

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA
AVALIAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO
BOMBEAMENTO DE ÁGUA**

JOSÉ FERNANDO PRESENÇO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP
Setembro de 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA
AVALIAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO
BOMBEAMENTO DE ÁGUA**

JOSÉ FERNANDO PRESENÇO

Orientador : Prof. Dr. Odivaldo José Seraphim

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP
Setembro de 2007

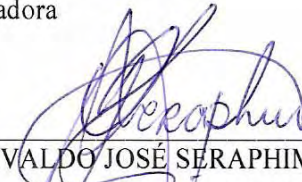
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "DESENVOLVIMENTO DE UMA SISTEMA DE CONTROLE PARA
AVALIAÇÃO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO
BOMBEAMENTO DE ÁGUA"**

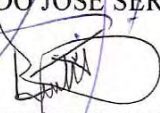
ALUNO: JOSÉ FERNANDO PRESENÇO

ORIENTADOR: PROF. DR. ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM

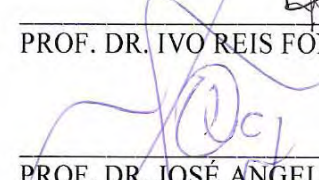
Aprovado pela Comissão Examinadora



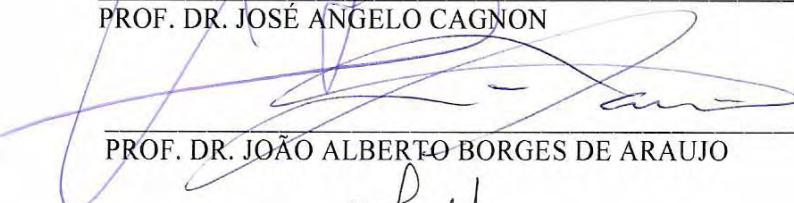
PROF. DR. ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM



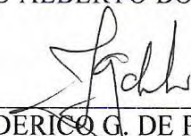
PROF. DR. IVO REIS FONTES



PROF. DR. JOSÉ ANGELO CAGNON



PROF. DR. JOÃO ALBERTO BORGES DE ARAUJO



PROF. DR. FREDERICO G. DE P. F. IELO

Data da Realização: 14 de setembro de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P933d **Presenço, José Fernando, 1958-**
Desenvolvimento de um sistema de controle para avaliação de fontes de energias renováveis no bombeamento de água / José Fernando Presenço. - Botucatu : [s.n.], 2007. x, 141 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007

Orientador: Odivaldo José Seraphim

Inclui bibliografia

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Bombas hidráulicas. 3. Controladores programáveis. 4. Bombeamento de água. I. Seraphim, Odivaldo José. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	01
1.1 SUMMARY	03
2 INTRODUÇÃO	04
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
3.1 Energia renovável e não renovável.....	08
3.2 Fontes renováveis.....	09
3.3 Energia eólica.....	09
3.3.1 Tipos de aerogeradores	11
3.3.2 Velocidade do vento	13
3.3.3 Variação da velocidade do vento com a altura	13
3.3.4 Influência da superfície do terreno na velocidade do vento	14
3.3.5 Disponibilidade de energia	15
3.3.6 Fator de capacidade.....	15
3.3.7 Medição da velocidade do vento.....	17
3.4 Energia solar	18
3.4.1 Geração fotovoltaica	19
3.4.2 Silício monocristalino	19
3.4.3 Silício policristalino	21
3.4.4 Silício amorfo.....	22
3.4.5 Módulo fotovoltaico.....	23
3.4.6 Características elétricas dos módulos fotovoltaicos	23
3.4.7 Eficiência do módulo fotovoltaico.....	25
3.4.8 Configuração dos sistemas fotovoltaicos.....	26
3.4.9 Medição da radiação solar	26
3.4.10 Piranômetros	27
3.5 Baterias	28
3.5.1 Tensões em uma bateria.....	28
3.6 Controlador lógico programável	29
3.6.1 Partes constituintes de um CLP	32
3.7 Sistemas híbridos	33

3.8 Bombeamento de água com sistemas eólicos	34
3.8.1 Avaliação do potencial eólico	35
3.8.2 Equipamentos e mecanismos eólicos para bombeamento de água.....	37
3.9 Bombeamento de água com sistema fotovoltaico.....	38
3.9.1 Equipamentos para sistemas fotovoltaicos de bombeamento	41
4 MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1 Material.....	44
4.1.1 Localização física.....	44
4.1.2 Sistema hidráulico.....	45
4.1.3 Aerogerador	49
4.1.4 Painéis solares.....	50
4.1.5 Equipamentos de medições meteorológicas	53
4.1.6 Equipamentos do sistema de controle.....	58
4.2 Métodos.....	59
4.2.1 Sistema automatizado de operação com CLP	59
4.2.2 Avaliação das características hidráulicas e energéticas do sistema painel solar-bomba Shurflo em ligação direta	61
4.2.3 Avaliação do potencial eólico no local do experimento	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1 Sistema automatizado com CLP	65
5.1.1 Comandos para monitoração de dados	70
5.2 Avaliação do sistema painel solar-bomba Shurflo em ligação direta	71
5.3 Desempenho do sistema eólico.....	82
5.4 Horários de efetivo funcionamento.....	83
6 CONCLUSÃO	84
6.1 Automatização com controlador lógico programável.....	84
6.2 Avaliação hidráulico energética do painel solar ligado na bomba Shurflo	85
6.3 Avaliação do sistema eólico.....	86
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
APÊNDICE 01 Programa em linguagem Ladder aplicado no sistema de automação	97
APÊNDICE 02 Dados meteorológicos e hidráulicos semanais registrados	106
APÊNDICE 03 Horários de efetivo funcionamento do sistema solar direto.....	133
APÊNDICE 04 Método para determinação da altura manométrica	136
APÊNDICE 05 Valor de correntes, temperatura e índice pluviométrico mensal.....	139

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Aerogerador Savonius	11
Figura 2 – Aerogerador Darrieus	11
Figura 3 – Aerogerador de eixo horizontal	12
Figura 4 – Aerogerador de pás múltiplas	12
Figura 5 – Silício Monocristalino	20
Figura 6 - Silício Policristalino	21
Figura 7 - Curva característica $V \times I$	24
Figura 8 - Curva característica Potência x Voltagem	24
Figura 9 – Partes constituintes do CLP	32
Figura 10 – Laboratório de Energização Rural , FCA, Unesp.....	45
Figura 11 – Bomba Shurflo – 8000.....	46
Figura 12 - Hidrômetro Eletrônico	46
Figura 13 - Layout do Sistema Hdráulico (Elevação)	47
Figura 14 – Sistema Hidráulico	48
Figura 15 – Caixa Superior com Sensores e Solenóide	48
Figura 16 – Aerogerador AIR – X , 400 W	49
Figura 17 – Painél Policristalino , S 70 , Shel	51
Figura 18 - Painel Heliodinâmica, 45 W	52
Figura 19 – Painel Siemens , SP65	52
Figura 20 – Torre para instalação de equipamentos meteorológicos.....	53
Figura 21 – Anemômetro RM-Young Winder Monitor	53
Figura 22 - Sonda Termo Higrômetro HMP45C	56
Figura 23 – Datalogger CRX 22 , Campbel.....	57
Figura 24 – Dispositivos elétricos utilizados	58
Figura 25 – Caixas de Acondicionamento do Equipamento Elétrico	58
Figura 26 – Fontes de energia utilizada	59
Figura 27 - Medição de corrente com resistor Shunt.....	62
Figura 28 – Sistema de alimentação das bombas.....	66
Figura 29 – Mapa de utilização do CLP	66

Figura 30 – Volume bombeado x Radiação média por período	73
Figura 31 – Relação entre radiação média x volume bombeado	73
Figura 32 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês abril/2006	74
Figura 33 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês abril/2006	74
Figura 34 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês maio/2006	74
Figura 35 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês maio/2006	74
Figura 36 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês junho/2006	75
Figura 37 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês junho/2006	75
Figura 38 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês julho/2006	75
Figura 39 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês julho/2006	75
Figura 40 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês agosto/2006	76
Figura 41 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês agosto/2006	76
Figura 42 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês setembro/2006	76
Figura 43 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês setembro/2006	76
Figura 44 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês outubro/2006	77
Figura 45 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês outubro /2006	77
Figura 46 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês novembro/2006	77
Figura 47 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês novembro/2006	77
Figura 48 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês dezembro/2006	78
Figura 49 – Volume bombeado x Energia Consumida, mês dezembro /2006	78
Figura 50 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês janeiro/2007	78
Figura 51 – Volume Bombeado x Energia Consumida, mês janeiro/2007	78
Figura 52 – Radiação Média x Volume bombeado, mês fevereiro/2007	79
Figura 53 – Volume Bombeado x Energia Consumida, mês fevereiro/2007	79
Figura 54 – Radiação Média x Volume Bombeado, mês março/2007	79
Figura 55 – Volume Bombeado x Energia Consumida, mês março/2007	79
Figura 56 - Coeficiente mensal r (l/w/m ² .)	80
Figura 57 – Coeficiente K (wh/l)	81
Figura 58 – Velocidade média do vento por mês	82
Figura 59 – Esquema para determinação do horário de efetivo funcionamento	83
Figura 60 – Dados característicos da bomba Shurflo 8000	138
Figura 61 – Correntes máximas registradas por semana	140
Figura 62 – Temperaturas médias mensais	141
Figura 63 – Índice pluviométrico mensal	141

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Fator de rugosidade do terreno.....	14
Tabela 2 - Classificação da velocidade dos ventos por Beaufort.....	35
Tabela 3 – Características da Bomba Shurflo 8000.....	45
Tabela 4 – Especificações Técnicas do Aerogerador	50
Tabela 5 – Características Elétricas do módulo fotovoltaico Shell- 1000W/m2	50
Tabela 6 - Características Elétricas módulo fotovoltaico Heliodinâmica -1000W/m2	51
Tabela 7 – Características Elétricas do módulo fotovoltaico Siemens, SP65.....	52
Tabela 8 - Especificações técnicas do anemômetro.....	54
Tabela 09 - Especificações técnicas do piranômetro	55
Tabela 10 – Especificações técnicas da sonda termo higrômetro.....	56
Tabela 11 - Especificações técnicas do datalogger.....	57
Tabela 12 – Seleção de modo de operação	67
Tabela 13 – Operação do sistema em modo automático.....	67
Tabela 14 – Determinação da fonte, conforme prioridade	68
Tabela 15 – Acionamento de saída real no modo automático	68
Tabela 16 – Comandos para reinício de escaneamento	68
Tabela 17 – Comandos utilizados para modo manual	69
Tabela 18 – Comando para reset geral.....	69
Tabela 19 – Comandos para níveis máximo e mínimo.....	69
Tabela 20 – Comandos para determinação de fluxo.....	70
Tabela 21 - Valores das variáveis hidráulicas e energéticas por mês	72
Tabela 22 – Relação Volume Bombeado x Radiação Média Mensal.....	80
Tabela 23 – Relação entre energia consumida e volume bombeado	81
Tabela 24 – Velocidade do vento no local de teste.....	82
Tabela 25 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 2 a 4,2006.....	107
Tabela 26 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 9 a 15/4,2006	107
Tabela 27 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 16 a 22/4,2006	108
Tabela 28 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 23 a 29/4,2006	108
Tabela 29 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 30 a 6/5,2006	109
Tabela 30 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 7 a 13/5,2006	109

Tabela 31 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 14 a 20/5,2006	110
Tabela 32 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 21 a 27/5,2006	110
Tabela 33 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 28 a 3/6,2006	111
Tabela 34 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 4 a 10/6,2006	111
Tabela 35 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 11 a 17/6,2006	112
Tabela 36 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 18 a 24/6,2006	112
Tabela 37 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 25 a 1/7,2006	113
Tabela 38 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 2 a 8/7,2006	113
Tabela 39 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 9 a 15/7,2006	114
Tabela 40 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 16 a 22/7,2006	114
Tabela 41 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 23 a 29/7,2006	115
Tabela 42 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 30 a 5/8,2006	115
Tabela 43 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 6 a 12/8,2006	116
Tabela 44 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 13 a 19/8,2006	116
Tabela 45 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 20 a 26/8,2006	117
Tabela 46 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 27 a 2/9,2006	117
Tabela 47 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 3 a 9/9,2006	118
Tabela 48 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 10 a 16/9,2006	118
Tabela 49 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 17 a 23/9,2006	119
Tabela 50 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 24 a 30/9,2006	119
Tabela 51 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 1 a 7/10,2006	120
Tabela 52 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 8 a 14/10,2006	120
Tabela 53 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 15 a 21/10,2006	121
Tabela 54 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 22 a 28/10,2006	121
Tabela 55 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos, 29 a 4/11,2006	122
Tabela 56 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 5 a 11/11,2006	122
Tabela 57 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 12 a 18/11,2006	123
Tabela 58 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 19 a 25/11,2006	123
Tabela 59 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 26 a 2/12,2006	124
Tabela 60 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 3 a 9/12,2006	124
Tabela 61 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 10 a 16/12,2006	125
Tabela 62 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 17 a 23/12,2006	125
Tabela 63 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 24 a 30/12,2006	126
Tabela 64 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 31/12 a 6/1,2007	126

Tabela 65 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 7 a 14/1,2007	127
Tabela 66 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 15 a 21/1,2007	127
Tabela 67 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 22 a 27/1,2007	128
Tabela 68- Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 4 a 10/2,2007	128
Tabela 69 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 11 a 17/2,2007	129
Tabela 70 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 18 a 24/2,2007	129
Tabela 71 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 25/2 a 3/3,2007	130
Tabela 72 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 4 a 10/3,2007	130
Tabela 73 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 11 a 17/3,2007	131
Tabela 74 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 18 a 24/3,2007	131
Tabela 75 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 26/3 a 1/4,2007	132
Tabela 76 - Horários de efetivo funcionamento, 2 a 8/4 de 2006.....	134
Tabela 77 – Horários de efetivo funcionamento, 9 a 15/4 de 2006	134
Tabela 78 – Horários de efetivo funcionamento, 16 a 22/4 de 2006	135
Tabela 79 – Horários de efetivo funcionamento, 23 a 29/4 de 2006	135
Tabela 80 - Valores das correntes máximas, em amperes, registradas por semana.....	140
Tabela 81 – Potência média gerada, em Watts, pelo painel solar	141

1 RESUMO

A utilização de sistemas energéticos alternativos, nos dias atuais, é uma necessidade de caráter urgente devido aos problemas que o planeta vem enfrentando como o aquecimento global, efeito estufa e a perda da camada de ozônio.

A limitação das fontes de energias convencionais é outro problema que terá de ser equacionado para o futuro da humanidade; deve-se considerar que as pessoas estão habitando, cada vez mais, locais afastados e desprovidos de infra-estrutura energética.

Aplicando-se tecnologias como as de automação e controle podemos solucionar esse problema; portanto, o trabalho visou a aplicação de um equipamento de uso industrial, o Controlador Lógico Programável, em sistemas de energia renováveis, notadamente o sistema de geração eólica e a geração fotovoltaica, usados para bombeamento de água, objetivando-se um controle automático e mais eficiente nos locais onde haja disponibilidade simultânea dessas fontes, baseados em critério de prioridade pré-estabelecido.

Fez-se, também, uma avaliação do potencial hidráulico e energético dos sistemas de energia fotovoltaico e eólico utilizados no sistema automático de bombeamento de água no local de realização do experimento para as condições físicas pré-estabelecidas.

Os resultados mostraram que o sistema de controle utilizando o CLP é viável, possui confiabilidade e o programa desenvolvido em linguagem Ladder pode ser adaptado para a utilização com várias fontes de energia disponíveis em um determinado local.

O sistema fotovoltaico de bombeamento direto, que utilizou um painel solar policristalino de 70 Watts ligado a uma bomba Shurflo 8000, mostrou-se eficiente com vazões significativas em quase todos os meses.

O sistema eólico de bombeamento indireto, utilizando um mini aerogerador de 400 Watts alimentando uma bateria ligada à bomba Shurflo, não demonstrou capacidade energética suficiente para utilização nesse tipo específico de aplicação.

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR EVALUATION OF RENEWABLE POWER PLANTS IN THE WATER PUMPING. Botucatu, 2003. 141p.

Tese (Tese em Agronomia, Área de concentração – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSÉ FERNANDO PRESENÇO

Adviser: PROF. DR. ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM

SUMMARY

The use of alternative energy systems in the current days is an urgent necessity due to the problems that the planet is facing as the heating and loss of ozone layer. The scarcity of conventional energy is another problem that must be solved for the future of humanity. It must be considered that the people are inhabiting places moved away not always with available energy. The application of technologies as automation and control can help us to solve this problem. Therefore, this work aimed at apply an equipment of industrial usage, the Programmable Logical Controller, PLC, in alternative energies systems, as eolic generation and fotovoltaic generation used for water pumping, aiming the automatic control and the efficiency in the places where it has simultaneous availability of these sources, based in criterion of priority that previously established itself between them. It was made a hydraulic and energetic evaluation of the energy system, eolic and fotovoltaic, used in the automatic control system of pumping, in the place of accomplishment of the experiment, according to previously established physical conditions. The results have shown that the control system using the PLC is practicable and has trustworthiness. The program developed can be adapted for the use with several power plants in a specific application place. The fotovoltaic system of pumping, using a polycrystalline of 70 Watts connected to a pump Shurflo 8000, showed to be efficient with significant flows in almost all the months. The eolic system of pumping, using an eolic generator of 400 Watts assembled in place of experiment, did not demonstrate energetic capacity for use in this specific type of application.

Keywords: Automatic system, renewable energy, water pumping.

2 INTRODUÇÃO

Há aproximadamente 750.000 anos até a Revolução Industrial, houve pouca evolução na maneira de se utilizar a energia. Com a industrialização, a necessidade de se ter energia aumentou e novas fontes foram introduzidas. Disseminou-se o uso do carvão mineral e uma era de combustíveis fósseis foi iniciada. A invenção de máquinas, no século XIX, lançou a base para a introdução da moderna sociedade de consumo, caracterizada por uma intensidade energética nunca vista na história da humanidade. Logo, foi estabelecido o fim da era representada por aproveitamentos hidráulicos, eólicos e queima de madeira em pequena escala. Assim, foram necessários novos combustíveis com maior poder energético, sendo o petróleo aquele que reuniu o maior potencial. Iniciou-se a chamada fase líquida, que se mantém até os dias de hoje. Após a Segunda Guerra Mundial, a energia nuclear parecia ser uma alternativa promissora, mas com problemas de armazenamento dos resíduos radioativos e com o acidente nuclear na Ucrânia, na Usina de Chernobyl, em 1986, ela sofreu vários questionamentos.

Mas, todas as atividades humanas sobre a Terra levam a mudanças no meio ambiente. E, sem dúvida, muitos desses impactos são provenientes da geração e uso de energia. Avaliações estatísticas sobre o uso de energia nos tempos atuais mostram que 86% do consumo provem de fontes não renováveis, Petróleo, Gás Natural, Energia Nuclear e os restantes 14% de fontes renováveis sendo que 53% desse consumo ocorre em 24 países chamados de desenvolvidos. Esta enorme dependência de fontes não renováveis tem acarretado preocupação permanente com o esgotamento destas fontes e com a emissão de dióxido de carbono - CO₂ - na atmosfera. Especialistas acreditam que o aumento da temperatura média da biosfera terrestre seja devido a este acréscimo de CO₂ e outros gases, efeito conhecido como efeito estufa.

Vários países já se comprometeram com algum tipo de controle destas emissões, mesmo que até o momento, estas ações tenham ficado mais ao nível da retórica do que de ações efetivas. O Protocolo de Kyoto, que entrou em vigor no início deste ano, exige que os países mais desenvolvidos reduzam suas emissões de gases do efeito estufa em aproximadamente 5% até 2012, com bases nas emissões de 1990. Os Estados Unidos da América, responsáveis por mais de 35% das emissões de CO₂ entre os países industrializados, estão fora do acordo por acreditar que ele é prejudicial para sua economia e injusto por não impor metas de redução também aos países em desenvolvimento, como o Brasil. Os EUA propõem, como alternativa, o investimento em novas tecnologias, capazes de reduzir as emissões sem prejudicar o crescimento econômico. Imaginando-se que os 47% dos países ditos subdesenvolvidos ou em desenvolvimento possam atingir maiores níveis de desenvolvimento na economia mundial, o consumo de energia e a emissão de CO₂ acabarão inviabilizando a vida na Terra, a menos que se explorem e se desenvolvam outras fontes, preferencialmente fontes renováveis de energia tais como Solar, Eólica e Biomassa .

Dentro desse ponto de vista, para podermos desenvolver países ou regiões subdesenvolvidas, a aplicação dessas fontes renováveis se faz necessário e imprescindível, não só para a população desses locais, mas para toda a humanidade.

Uma necessidade básica dessas pessoas é o consumo de água, de forma individual ou coletiva, para higiene, consumo ou irrigação. Em regiões afastadas, isoladas, não providas de energia elétrica, a obtenção deste bem é difícil e, muitas vezes, feito de forma arcaica, a partir de rios e poços. Para poder-se aproveitar melhor esse bem e dar melhor qualidade de vida às pessoas, devem ser instalados dispositivos que são usados em regiões desenvolvidas, como bombas de água e chuveiros. Acontece que nem sempre há interesse por parte das companhias de distribuição de energia elétrica em levar essa energia a essas comunidades. Logo, o melhor aproveitamento da água fica comprometido. A alternativa tecnológica é a aplicação de energia renovável, tais como a energia solar, a energia eólica e a biomassa. A aplicação de forma individual de cada uma dessas fontes renováveis já é bem difundida e estudada. Cada uma possui características próprias de desempenho. A combinação delas formando um sistema chamado de híbrido para abastecer essas comunidades é uma alternativa relevante, pois na falta de uma dessas fontes, outra pode suprir o abastecimento aumentando a capacidade energética do sistema; para isso, o momento de intervenção de cada fonte não pode ocorrer de modo aleatório, mas de modo programado, baseado na fonte com maior eficiência em um determinado momento do dia. Isto é conseguido com a aplicação de sistemas automatizados de controle, que por sua vez, devem ser energizados pelas mesmas fontes alternativas renováveis que serão aplicadas no abastecimento da comunidade.

Com a aplicação de varias fontes renováveis, combinadas com um sistema automatizado de controle, como um CLP, a disponibilidade de água atingirá uma boa eficiência durante todo período do dia. Logo, a qualidade de vida pode aumentar de forma significativa. Portanto, este trabalho tem como objetivos:

I) Desenvolver um sistema automatizado, usando Controlador Lógico Programável, aplicável em sistemas com mais de uma fonte de energia, que deve escolher entre fontes de energia renováveis disponíveis no local de aplicação, qual a que acrescenta maior eficiência para um determinado momento, baseado num sistema de tomada de decisão com critério de prioridade pré-definido.

II) Avaliar o potencial energético e hidráulico da fonte solar e da fonte eólica utilizada no sistema de automação desenvolvido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É de conhecimento que cada indivíduo tem um padrão de consumo. Da comida que comemos até os automóveis que conduzimos afetam nossa vida; logo, quanto mais pessoas vivem na Terra, maior será o consumo de energia, de água e consequentemente maiores serão as emissões de gases para produzirmos esses bens. Talvez essas sejam as três variáveis de uma equação que terá de ser resolvida para não inviabilizarmos a vida na Terra.

Segundo BEN (2005), o Produto Interno Bruto Mundial deverá crescer a uma taxa de 2,92% ao ano (aa.) no período de 2000 a 2025. Os países industrializados deverão crescer a uma taxa de 2,36 % aa., os em desenvolvimento, a 4,5% aa. e países em reestruturação, a 4,21% aa. A população mundial terá um crescimento médio de 1,03% aa. e atingirá 7.840 milhões de habitantes em 2025. Os países desenvolvidos apresentam taxas de 0,46% aa., os em desenvolvimento de 1,23% aa. e os em estruturação de -0,24% aa. Os países em desenvolvimento, com as maiores taxas de crescimento econômico, chegarão em 2025 com 28% do PIB mundial e com uma renda per capita de US\$ 2871. Os países industrializados, com uma renda per capita de US\$ 41.984 representarão ainda 68% do PIB mundial em 2025. Ainda, segundo BEN 2005, nesse cenário, a demanda mundial de energia- referência – 2004 chega a 15.697 milhões de toneladas equivalentes de petróleo no ano de 2025, apresentando taxa média de crescimento de 1,09% aa. no período, pois há um maior esforço de racionalização do uso da energia em relação a períodos anteriores. São pequenas as variações na estrutura de participação das fontes de energia na oferta mundial. O gás natural aumentou a participação fazendo com que o carvão mineral tivesse seu uso

diminuído. O petróleo e a energia nuclear apresentam pequena perda de participação e as fontes renováveis, hidráulica, biomassa, eólica e solar mantêm a participação.

As emissões de CO₂ - Dióxido de Carbono - chegam a 37.127 milhões de toneladas em 2025. Para os países em desenvolvimento é esperada uma redução neste indicador de – 0,05% aa. Os países em estruturação reduzem em – 0,15% aa. Os industrializados, espera-se que mantenham os níveis atuais de emissão. Para o Brasil é previsto um crescimento de 3,63% aa; a população deve crescer a uma taxa de 0,96% aa. e o PIB brasileiro deve atingir 3,2% do PIB mundial nesse período, com uma renda per capita de US\$ 9.611 para uma população de 216 milhões de pessoas. O consumo de energia estimado para 2025 é de 346 milhões de tep, com taxa de crescimento de 2,42% aa.; o país chega a 2025 consumindo 2,2% da energia mundial, mas com apenas 1,93 % das emissões totais de CO₂ pela utilização de energia. A ONU prevê que em 2050 mais de 45% da população mundial não poderá contar com a porção mínima individual de água para necessidades básicas. Segundo dados estatísticos existem hoje 1,1 bilhão de pessoas praticamente sem acesso à água doce. Estas mesmas estatísticas projetam o caos em pouco mais de 40 anos. Os dados que são utilizados pela mídia mundial são: De toda a água disponível na Terra, 97,6% está concentrada nos oceanos. A água fresca corresponde aos 2,4% restantes; destes 2,4%, somente 0,31% não estão concentrados nos pólos na forma de gelo. Resumindo: de toda a água na superfície da terra, menos de 0,02% está disponível em rios e lagos na forma de água fresca pronta para consumo. (Jacobi, 2002)

O principal uso de água é na agricultura. As águas públicas, que precisam tratamento e transporte têm uma distribuição diferente; aproximadamente 60% desta água será usada para fins domésticos, 15% para fins comerciais e 13% em indústrias. O restante para fins públicos e outras necessidades.

3.1 Energia Renovável e Não Renovável

Considera-se fonte de energia toda substância como petróleo, carvão, urânio e biomassa, capaz de produzir energia em processos de transformação, combustão, fissão nuclear, como também as formas de energia solar, gravitacional, energia das ondas, hidráulica, e dos gases; energia eólica, energia geotérmica, cuja transformação em outras formas de energia pode ser realizada em larga escala. Considerando-se as fontes de energia hoje conhecidas, podemos classificá-las em dois tipos: fontes primárias, originadas de processos fundamentais da natureza, como a energia dos núcleos dos átomos ou a energia gravitacional e, secundárias, derivadas das primeiras, representando apenas transformações ou diferentes formas

daquelas, tais como a energia da biomassa, energia solar, a das marés e energia gravitacional. (Silva & Cavaliero, 2003)

As fontes geradoras de energia atualmente conhecidas e exploradas, são dividida em renováveis e não renováveis:

Energia renovável: é aquela que, num prazo de tempo muito longo, não esgota a sua reserva:

Energias não renováveis: são aquelas originadas de fontes fósseis como o petróleo.

As energias renováveis são cada vez mais utilizadas porque permitem um desenvolvimento mais sustentável, são menos poluentes e evitam a dependência de energéticos fósseis esgotáveis. Esta dependência dos combustíveis fósseis além de aumentar o efeito estufa do planeta nos torna mais vulneráveis com relação ao maior reservatório mundial: o Oriente Médio (Palz, 2002).

3.2 Fontes Renováveis

Os sistemas convencionais de fornecimento de energia, desenvolvidos principalmente através de unidades de produção e distribuição altamente centralizadas nem sempre apresentam a melhor opção para satisfazer as necessidades dos consumidores, principalmente as do setor rural. Isto se deve em parte à elevada dispersão das populações das zonas rurais e às baixas demandas de energia, já que as atividades econômicas destas populações, em geral, são muito reduzidas. O fornecimento de energia para o setor rural através de métodos convencionais pode ter custo elevado, pois o transporte e a distribuição acabam se tornando mais dispendiosos do que a própria geração de energia.

Com a escassez das fontes convencionais de produção de energia outras opções devem ser consideradas, como a utilização de recursos energéticos renováveis, que apresentam múltiplas vantagens: possibilitam o uso da mão de obra local, não degradam o meio ambiente e facilitam a possibilidade econômica de energia útil em pequena escala para aplicações como a ligação de aparelhos elétricos tais como TV, Rádio e também para o bombeamento de água, tanto para consumo próprio como para irrigação. (Silva, 2003)

As fontes renováveis estão sendo utilizadas e seu emprego está cada vez mais difundido. Cabe destacar a Energia Eólica e Energia Solar.

3.3 Energia Eólica

O uso de energia eólica no mundo tem crescido muito nos últimos anos, em virtude de uma série de fatores, entre os quais se destacam a disseminação da tecnologia, o

aperfeiçoamento das máquinas, os custos decrescentes de investimentos e em particular a procura por fontes energéticas limpas e renováveis cuja exploração resulte em pequenos impactos ambientais. Em várias regiões do mundo, órgãos governamentais e a iniciativa privada têm investindo fortemente nessa fonte de energia, desde a produção em larga escala, até a produção de energia elétrica para atender pequenas comunidades ou fazendas individuais.

No Brasil, a utilização de energia eólica, assim como de outras fontes de energia renovável, tem sido impulsionada, além dos fatores já mencionados, pela necessidade do aumento da oferta de energia elétrica para atender a demanda provocada pelo crescimento econômico. Comparada com outras fontes de geração renováveis, o aproveitamento da energia eólica, em locais com evidências objetivas de ventos é de rápida implantação, podendo ser, inclusive, uma alternativa a demandas de curto prazo.

As medições já realizadas indicam que o Brasil possui um grande potencial eólico com características que contribuem para melhorar a qualidade de nossa matriz energética. Em regiões do Norte e do Nordeste brasileiro, onde já existam outros sistemas de geração de energia elétrica, as hidrelétricas, o comportamento dos ventos facilita a sua complementariedade, visto que o período em que o volume de água das represas é menor é aquele em que obtemos os melhores ventos. Por outro lado, existem regiões que não são assistidas por qualquer outra forma de geração de energia ou sistemas de geração para os quais os custos de transporte de combustível ou de implantação de linhas de transmissão é muito elevado, mas que apresentam bons indicativos de vento, podendo a energia eólica ser usada como fonte principal de energia. A energia eólica poderá ser usada para atender a duas finalidades : o bombeamento de água e a geração de eletricidade. (Sá e Lopes, 2001).

O combustível do sistema de energia eólica é o vento, movimento do ar na atmosfera terrestre. Esse movimento do ar é gerado principalmente pelo aquecimento da superfície da Terra nas regiões próximas ao Equador e pelo resfriamento nas regiões próximas aos pólos; dessa forma, os ventos das superfícies frias circulam dos pólos em direção ao Equador para substituir o ar quente tropical que, por sua vez, desloca-se para os pólos. O vento é influenciado pela rotação da Terra, provocando variações sazonais na sua intensidade e direção, e pela topografia do local. Para se utilizar a energia dos ventos de forma eficiente na geração, é necessário medir-se a intensidade e a direção desses ventos. Essas medições são feitas com anemômetros instalados a 10 metros do solo. O conhecimento da velocidade média do vento é fundamental para a estimativa da energia produzida, pois os aerogeradores começam a girar numa determinada velocidade de vento, cut-in, e param de girar quando a velocidade ultrapassa determinado valor de segurança, cut-out; também se utiliza a velocidade do vento para dimensionar o sistema de armazenamento. Qualquer corpo

exposto ao vento absorve parte de sua energia. No entanto, para um aerogerador, é necessário que este absorva o máximo de energia possível com um mínimo de massa e que haja um meio de retirar essa energia. A porcentagem de energia dos ventos que pode ser transformada em energia elétrica é muito baixa. Mesmo os sistemas mais modernos não conseguem converter mais de 59,3% da energia total dos ventos. (Albadó, 2002)

3.3.1 Tipos de aerogeradores



Figura 1 –Aerogerador Savonius

Aerogeradores de eixo vertical: Esse tipo de aerogerador possui um eixo vertical e aproveita o vento que vem de qualquer direção. São mais indicados para moagem de grãos, recargas de baterias e irrigação. Entre os aerogeradores com eixo vertical, o Savonius, figura 1 e o Darrieus, figura 2, são os mais usados (CERPCH,2006)



Figura 2 – Aerogerador Darrieus

Aerogeradores de eixo horizontal : São utilizados para bombeamento de água e geração de eletricidade. Dependem da direção do vento e podem ter uma a quatro pás. Para funcionar, a velocidade tem que variar de 35 a 30 km.h^{-1} e estar livre de obstáculo a uma altura de 5 m do chão.(CERPCH,2006)



Figura 3 – Aerogerador eixo horizontal.

Aerogeradores de pás múltiplas ou cata-ventos: Possuem de 16 a 32 pás e chegam a ter 15 m de altura. São bastante encontrados em fazendas americanas, por isso também são conhecidos como moinhos americanos. São mais usados para o bombeamento de água e produzem baixa potência devido ao número elevado de pás, conforme figura 4.



Figura 4 – Aerogerador de pás múltiplas.

3.3.2 Velocidade do vento

As turbinas atuais começam a funcionar quando o vento alcança uma velocidade de $5,2 \text{ m.s}^{-1}$ e atingem rendimento máximo com ventos entre $11,1 \text{ m.s}^{-1}$ e $13,3 \text{ m.s}^{-1}$; param de funcionar quando os ventos atingem $27,7 \text{ m.s}^{-1}$. Os lugares ideais para instalação de aerogeradores são aqueles que apresentam ventos com velocidade média anual de no mínimo $5,8 \text{ m.s}^{-1}$. (Albadó,2002)

Por ser um fenômeno natural, o vento pode variar dependendo do dia e da estação do ano. Para um bom aproveitamento do vento não se deve ter nenhum obstáculo, tais como morros, mata fechada, prédios, etc. Os ventos que sopram em escala global e aqueles que se manifestam em pequena escala são influenciados por diferentes aspectos entre os quais se destacam a altura, a rugosidade, os obstáculos e o relevo.

3.3.3 Variação da velocidade do vento com a altura

Analisando-se o perfil da velocidade dos ventos, desde a superfície do solo até uma determinada altura, percebe-se que estes se tornam mais uniformes à medida que se afastam da superfície e atingem maiores velocidades; conhecendo-se a velocidade do vento a uma determinada altura em relação ao solo, é possível estimar qual seria a velocidade do vento a uma nova altura, como é mostrado na equação 1:

$$\text{Vel} (z) = [\text{Vel} (z_0) \times (H(z) / H(z_0))]^n \quad (1)$$

onde :

$\text{Vel} (z)$ - Velocidade do vento a ser estimada na altura desejada, em m.s^{-1}

$\text{Vel} (z_0)$ - Velocidade do vento medida a uma altura conhecida, em m.s^{-1}

$H(z)$ - Altura em que se deseja estimar a velocidade do vento, em metros

$H(z_0)$ - Altura na qual foi medida a velocidade do vento, em metros

n - Parâmetro relacionado com a rugosidade da superfície local.

3.3.4 Influência da rugosidade da superfície e dos obstáculos do terreno na velocidade do vento.

Segundo Sá e Lopes (2001), a rugosidade refere-se ao conjunto de elementos formado por árvores, arbustos, vegetação rasteira e pequenas construções sobre a superfície do solo, que, em conjunto, oferecem resistência a passagem do vento além de desviar a trajetória; portanto, o valor do coeficiente de rugosidade de uma superfície dependerá da altura e da forma como esses elementos encontram-se distribuídos em uma determinada área. São considerados obstáculos a passagem do vento os elementos de dimensões conhecidas que causam redução na sua velocidade. As pedras e as rochas de grandes dimensões, os morros, as edificações, as torres maciças e as agrupamentos de árvores de grandes alturas podem ser considerados, entre outros, como obstáculos.

Tabela 1 – Fator de rugosidade do terreno

DESCRIÇÃO DO TERRENO	FATOR DE RUGOSIDADE (n)
Terreno sem vegetação	0,10
Terreno gramado	0,12
Terreno cultivado	0,19
Terreno com poucas árvores	0,23
Terreno com muitas árvores	0,26
Florestas	0,28
Zonas urbanas sem edifícios altos	0,32

Fonte : Energia Eólica, Artliber, 2002

Os obstáculos não apenas obstruem o movimento dos ventos, como também atuam modificando a distribuição de sua velocidade. Os obstáculos causam perturbações no vento, tanto no sentido horizontal como vertical. Pode-se dizer que o vento incidente em um rotor eólico, instalado na altura do obstáculo e a uma distância igual a dez vezes a altura do mesmo, terá a sua velocidade reduzida entre 50 e 60%. Se o mesmo rotor eólico for instalado na mesma altura do obstáculo, mas a uma distância igual a 30 vezes a sua altura, o vento incidente terá a sua velocidade reduzida entre 15 e 20 % . Mantendo-se essa posição e elevando-se o rotor a uma altura igual a 3 vezes a altura do obstáculo , as perdas serão de 5%. O relevo também tem influência marcante na velocidade do vento. Assim sendo, recomenda-se, sempre que possível, instalar os sistemas eólicos em locais mais elevados, onde os ventos ocorrem de maneira mais concentrada.

3.3.5 Disponibilidade de energia

A disponibilidade de energia eólica está relacionada a vários fatores físicos e geológicos, dependendo da hora, do dia, estação do ano e de outros aspectos climáticos. Sabemos que o ar mais quente sobe na atmosfera e seu lugar é ocupado por uma massa de ar mais frio, com maior densidade. Essa diferença proporciona um deslocamento de massas denominado correntes de convecção. A esse movimento das massas está associada uma energia denominada Energia Cinética.

Segundo Palz (2002), a energia cinética é dada pela equação número 2,

$$E = \frac{m.v^2}{2} \quad (2)$$

onde:

m - massa de ar que atravessa a área A (m²) de varredura das pás em rotação

v – velocidade do vento (m.s⁻¹).

A massa m pode ser definida pela equação número 3:

$$m = A \cdot \rho \cdot v \quad (3)$$

onde ρ é a densidade do ar (Kg . m⁻³).

A potência eólica total (P) da massa de ar com velocidade v(m.s⁻¹), atravessando uma área A (m²), pode ser calculada pela equação 4, sendo a potência dada em Watts (W).

$$P = \frac{\rho.a.v^3}{2} \quad (4)$$

Deve-se notar que a potência eólica disponível é proporcional ao cubo da velocidade do vento. Assim, se a velocidade do vento cai de 20 % , a potência de saída é reduzida de quase 50 % . Considerando-se 0,3 o rendimento total do sistema elétrico e mecânico do aerogerador, teremos que aproximadamente 30% da potência disponível é convertida em potência elétrica, dada em Watts. (Albadó, 2002)

3.3.6 Fator de Capacidade (Cp)

Cp é chamado de fator de capacidade; é um número adimensional. É um dos elementos na medição da produtividade da geração de energia. Ele compara a produção atual do sistema num determinado período de tempo com a quantidade de energia que o sistema poderia ter

produzido em plena capacidade, para o mesmo período de tempo. (Albadó, 2002). Como a potência eólica é proporcional ao cubo da velocidade, locais distintos com mesma velocidade média anuais podem apresentar valores anuais de potência ou energia muito diferentes se tiverem diferentes frequências de distribuição de velocidades do vento. Isto determina o Fator de Capacidade da potência instalada, importante conceito para dimensionar o gerador eólico. Como exemplo extremo, compara-se um local que tem metade do tempo, $V = 0$ e, durante a outra metade, $V = 20\text{m.s}^{-1}$, com outro sítio onde a velocidade é sempre constante de 10m.s^{-1} . Ambos têm a mesma velocidade média anual, mas extraem valores diferentes de energia durante o ano, para cada Kw instalado.

Assim, instalada uma máquina de 1 Kw, que tem velocidade nominal de 10m.s^{-1} como média anual, ter-se-ia no primeiro caso fator de capacidade de 0,5, pois durante metade do tempo não há geração de energia. Na outra metade do tempo, há sempre geração de 1 Kw, embora fosse possível estar gerando oito vezes mais energia, o que mostraria um erro de dimensionamento da velocidade nominal de geração, já que se poderia estar gerando com velocidade nominal de 20m.s^{-1} . No segundo caso, o Fator de Capacidade seria igual a 1, sem desperdício de energia. Quanto mais uniforme for a velocidade do vento, mais próximo de 1 será o Fator de Capacidade. É importante salientar que sistemas de geração de energia eólica e solar têm em comum o fato de possuírem fatores de capacidade inferiores aos dos sistemas ditos convencionais, hídricos, térmicos, uma vez que, além de enfrentarem os mesmos tipos de paradas das convencionais, como manutenções preventivas e corretivas, faltas e falhas, são suscetíveis às contingências meteorológicas. (Campos, 2004). O Fator de Capacidade é fortemente influenciado pela velocidade média do vento. Quando C_p é utilizado para calcular a estimativa de energia gerada anualmente, é importante considerar o C_p na velocidade média do vento no local da instalação. A produção anual de energia é calculada pela equação 6 :

$$EG = P_i \cdot C_p \cdot 8760 \text{ h / ano} \quad (5)$$

onde:

EG é a energia gerada em Wh

C_p é o fator de capacidade

P_i é a potência instalada (W).

3.3.7 Medição da velocidade do vento

Para Castro (2004), idealmente, a caracterização do recurso eólico num local deve ser feita com base em medições realizadas em vários pontos da região de interesse para o aproveitamento da energia eólica e ao longo de um número significativo de anos. Na prática, a falta de tempo e de recursos financeiros leva a que as decisões sejam muitas vezes baseadas num único registro medido ao longo de apenas um ano.

Conforme a DWIA (2004), as medições das velocidades do vento se realizam normalmente usando um anemômetro de canecas. Estes anemômetros têm um eixo vertical e três canecas que capturam o vento. O número de revoluções por segundo pode ser registrado eletronicamente. Normalmente, o anemômetro é provido de um cata-vento para detectar a direção do vento.

Para Mastrangélio et al. (2004), os registros diários da direção vento permitem estabelecer para cada lugar um diagrama que permite conhecer os tempos relativos expressos em porcentagem, durante os quais o vento tem soprado em uma direção determinada. Comenta, ainda, que a direção recebe a designação do ponto cardeal de onde sopra. Chama-se direção oeste se a corrente de ar vem da região oeste.

Com relação aos equipamentos para medição da velocidade e direção do vento, Castro (2004) informa que é essencial que a instrumentação esteja bem exposta a todas as direções do vento, isto é, os obstáculos devem estar situados a uma distância de, pelo menos, dez vezes a sua altura. A medição do vento deve ser efetuada a uma altura próxima da altura a que vai ficar o cubo do rotor da turbina. De forma a permitir correlacionar os dados do local com os registros existentes em estações meteorológicas próximas, é desejável uma medida adicional à altura normalizada de 10 metros. A DWIA (2004) sugere que a frequência de amostragem dos dados de vento seja feita com médias em intervalos de 10 minutos para que seja compatível com os programas utilizados para análise de dados. Na avaliação do potencial eólico para bombeamento de água na Fazenda Lageado com uma velocidade média mensal do vento de $3,1 \text{ m.s}^{-1}$, é suficiente para produzir diretamente energia mecânica através de cataventos para bombear um volume diário na faixa de 110,09 litros a $6,61 \text{ m}^3$, em função da altura manométrica variando de 2 a 20m, respectivamente, devido a potência hidráulica gerada e do diâmetro das pás do rotor. O rotor de 3,28 m é capaz de bombear um volume diário de 110,09 litros a $11,01 \text{ m}^3$. O volume de água a ser bombeado é suficiente para uso direto do consumo humano ou de animais, para pequenos sistemas de irrigação ou ainda armazenado em reservatórios para uma posterior utilização por gravidade, dependendo sempre da altura manométrica e da quantidade de água solicitada pelo usuário.

3.4 Energia Solar

A Terra recebe anualmente $1,5 \times 10^{18}$ Kwh de energia solar, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período, constituindo-se, desta forma, numa enorme fonte energética (CRESESB, 1999). Considerando-se que o Sol está localizado a uma distância de aproximadamente 149×10^6 Km da Terra, a radiação solar é definida pela chamada constante solar, e tem valor de 1400 W / m^2 . A potência que atinge o solo é naturalmente menor, por causa da absorção operada pela atmosfera, que varia com a altura do Sol sobre o horizonte e, com condições atmosféricas, bem com a latitude sobre o nível do mar do local da medida. A espessura de atmosfera atravessada pelos raios solares varia entre um mínimo de 100 Km com o sol alto a cerca de 1130 Km com o Sol sobre o horizonte. Com relação à latitude, pode-se dizer que, quanto mais ela cresce, tanto mais o Sol permanece distante do zênite, ou seja, da vertical do local de observação, e tanto maior é a espessura mínima da atmosfera que os raios deverão atravessar, e maior a absorção atmosférica. Quanto à altura acima do nível do mar, é um fato muito conhecido, que o Sol no alto das montanhas é muito mais eficaz que o Sol das planícies, porque os raios não devem atravessar as camadas mais baixas da atmosfera, que são as mais densas. (Commeta, 2004). O ideal seria recolher a radiação solar fora da atmosfera.

Para Tomalsquim (2003), o sol como fonte de calor e luz, é uma das fontes de energia mais promissoras para se enfrentar as crises energéticas deste milênio, uma vez que existem várias técnicas disponíveis para o aproveitamento desta fonte energética. Para Oliveira (1997), uma consideração que pode ser feita, é a comparação entre a energia solar disponível e a área utilizada por uma usina hidrelétrica para gerar eletricidade. No caso de Itaipu, considerada uma usina hidrelétrica eficiente, em uma área alagada de $1,46 \times 10^9 \text{ m}^2$, foi instalada uma potência de 12,6 GW, que gerou cerca de 57,4 TWh de eletricidade no ano de 1993. Nesta mesma área, incide $2,4 \times 10^3$ TWh de energia solar radiante. Assumindo que a eficiência de conversão dos sistemas fotovoltaicos seja de 10%, a energia elétrica fotogerada por esta mesma área seria de 240 TWh, aproximadamente 4 vezes maior que a energia gerada por toda a Itaipu. Ainda, para o CEPTEL/CRESESB (1995), o aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para se enfrentar os desafios do novo milênio.

Antes de atingir o solo, as características da radiação solar (intensidade, distribuição espectral e angular) são afetadas por interações com a atmosfera devido aos efeitos de absorção e espalhamento. Estas modificações são dependentes da espessura da camada atmosférica, também identificada por um coeficiente denominado massa de ar (AM), e, portanto, do ângulo

Zenital do Sol, da distância Terra-Sol e das condições atmosféricas e meteorológicas (CEPEL/CRESESB, 2005).

3.4.1 Geração Fotovoltaica

A conversão direta da energia solar, gratuita, não poluente e inesgotável em energia elétrica, é feita através de módulos fotovoltaicos e denominada Energia Solar Fotovoltaica. Para Green et al.(2001), o efeito fotovoltaico, relatado pela primeira vez por Edmond Becquerel em 1839, decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais semicondutores na presença da luz, constituindo-se no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura do material. Entre os materiais mais usados para a conversão da radiação solar em energia elétrica destaca-se o silício. O efeito fotovoltaico dá-se em materiais denominados semicondutores, que se caracterizam pela presença de elétrons em duas bandas de energia, denominadas de banda de valência e de banda de condução, separadas por uma banda vazia denominada gap de energia. O semiconductor mais usado para células fotovoltaicas é o Silício (Si), sendo que células fotovoltaicas são essencialmente junções *pn* de Silício de grande área. A junção *pn* é a estrutura básica da microeletrônica, a partir a qual são construídos os diodos retificadores, transistores e circuitos integrados.

Quando a junção *pn* é excitada por fótons com energia superior à do gap, estes fótons transmitem a sua energia para elétrons da banda de valência, fazendo-os saltar para a banda de condução. Os elétrons excitados são arrastados pelo campo elétrico inerente à junção *pn*, de forma a produzir uma corrente elétrica através da junção. (CRESESB,2005)

As células fotovoltaicos podem ser construídas de Silício Monocristalino (mono-Si), Silício policristalino (poly-Si) ou Silício amorfo (a-Si), sendo que as duas primeiras tecnologias são as mais empregadas atualmente. Existem ainda outros materiais e tecnologias empregados na construção de células fotovoltaicas, mas estes são até o presente momento utilizados em escala experimental ou muito reduzida.

3.4.2 Silício Monocristalino

O silício monocristalino, conforme figura 5, é o material mais usado atualmente na confecção de módulos solares (Al-Ismaily & Probert, 1998). Esse material é basicamente o mesmo utilizado na fabricação de circuitos integrados para microeletrônica. As células são formadas de fatias de um único cristal, previamente crescidos e fatiadas. A grande

experiência na sua fabricação e pureza garante alta confiabilidade do produto e altas eficiências. Enquanto o limite teórico de conversão de luz solar em energia elétrica, para esta tecnologia é de 27%, valores na faixa de 12 a 16 % são encontrados em produtos comerciais. Devido às quantidades de material utilizado e a energia envolvida na sua fabricação, esta tecnologia apresenta sérias barreiras para redução de custos, mesmo em grandes escalas de produção. (CRESESB,1999). As células de silício monocristalino produzidas em laboratório atingiram eficiência de 22,8%, sob luz ordinária, chegando a 28,2%. (ELETROBRÁS, 1994). O recorde de conversão para células solares de silício monocristalino em laboratório é de 24 % , bastante próximo do máximo rendimento teórico. Os melhores módulos disponíveis no mercado, porém, têm eficiência máxima de 15 %; a diferença entre a eficiência da melhor célula de laboratório e módulos comerciais incluem perdas de interconexão entre as células no módulo fotovoltaico, área ativa do módulo fotovoltaico entre rendimento do processo produtivo. (Montenegro, 1999). A primeira célula de silício foi fabricada pelos laboratórios Bell no início dos anos 40, juntamente com a descoberta do transistor bipolar em 1948 , seguida pela rápida evolução do silício nos anos 50 , fechando a eficiência de conversão em energia em 15 % nos anos 60. O próximo grande passo nessa atividade ocorreu no início dos anos 70, com a incorporação de novas tecnologias desenvolvidas na área de microeletrônica , bem como desenvolvimento no design, a textura na superfície das células e a passividade dos contatos em alumínio. Na metade da década de 70, a eficiência fechou em 17 %. (Green et al.,2001). Progressos significativos foram alcançados recentemente com placas fotovoltaicas de silício, onde pesquisadores e fabricantes utilizam uma estrutura de tripla-junção; estes alcançam de início 15,2 % de eficiência e estabilizam em 13% em células de pequena área. Já a eficiência nas placas é de 10,2 % e em escala comercial a eficiência estabiliza em 8 % (Deng et al., 2000)

De acordo com Suzuki e Pereira (2000), a célula monocristalina, que é preparada a partir de um monocristal de silício, apresenta a maior eficiência de conversão fotovoltaica chegando, na atualidade, a um valor máximo de 27 % , sendo os valores típicos dentro do intervalo de 12 a 15 %.

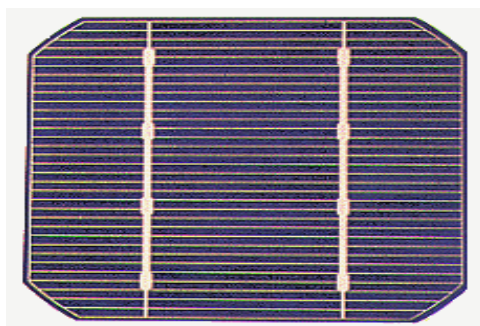


Figura 5 - Silício monocristalino

3.4.3 Silício Policristalino

O silício policristalino, também conhecido por multicristalino, são células fabricadas a partir do mesmo material que, ao invés de formar um único grande cristal, é solidificado em forma de um bloco composto de muitos pequenos cristais . A partir deste bloco são obtidas as fatias e fabricadas as células. Na prática, os produtos disponíveis alcançam eficiências muito próximas das oferecidas em células monocristalinas, mas a energia necessária para produzi – las é significativamente reduzida (CRESESB, 1999).

O silício policristalino, constituído por um número muito elevado de pequenos cristais de espessura de um cabelo humano, dispõe de uma cota de mercado de cerca de 30 % . As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de elétrons e encorajam a recombinação com as lacunas, o que reduz a potência de saída . Por esse motivo, os rendimentos em laboratório e em utilização prática não excedem a 18 %. Em contrapartida, o processo de fabricação é mais barato do que o do silício cristalino.(Castro, 2004).

Já se atinge com novas técnicas de fundição de células policristalinas eficiências de 15 a 19 % , enquanto que para filmes finos, a eficiência encontra-se em torno de 7 % (ELETROBRÀS, 1994).

Nos módulos fotovoltaicos de silício monocristalino e policristalino, se busca, hoje, aumentar o rendimento, que em laboratório é de 22% , em fabricação comercial de 17,5 % em média; também diminuir a espessura da lâmina de silício usada para fabricar a célula e reduzir o custo de produção via novas técnicas de produção (MME,2006). Atualmente, o silício policristalino conta com 50 % das células fabricadas no mundo, é a tecnologia fotovoltaica dominante (Oliveira,1997). Lorenzo (1994) comenta que, ao longo dos anos, o processo de fabricação das células de silício policristalino tem alcançado eficiência máxima de 12,5% em escalas industriais, sendo que atualmente estas células são comercializadas em larga escala.

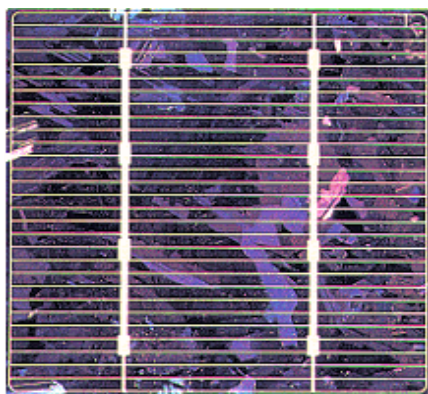


Figura 6- Silício Policristalino

3.4.4 Silício Amorfo

De acordo com Castro (2004), o silício amorfo não tem estrutura cristalina, apresentando defeitos estruturais que, em princípio, impediram a sua utilização em células fotovoltaicas, uma vez que aqueles defeitos propiciavam a recombinação dos pares elétrons-lacunas. No entanto, se ao silício amorfo for adicionada uma pequena quantidade de hidrogênio, por um processo chamado de hidrogenização, os átomos de hidrogênio combinam-se quimicamente de forma a minimizar os efeitos negativos dos defeitos estruturais. O silício amorfo absorve a radiação solar de uma maneira muito mais eficiente do que o silício cristalino, pelo que é possível depositar uma fina película de silício sobre um substrato, metal, vidro, plástico. Este processo de fabricação é ainda mais barato do que o do silício policristalino. Os rendimentos em laboratório são da ordem de 13 %, mas as propriedades conservadoras do material se deterioram com a utilização e os rendimentos descem para 6 % (Castro, 2004). Pesquisas tem sido feitas para estabilizar a performance deste material através de melhorias no desenho dos dispositivos, células multijunção e camadas mais finas. Com isso, a eficiência de conversão de módulos de silício amorfo estabilizado ultrapassa a barreira dos 10 %, significativamente maior que os valores assumidos anteriormente, entre 5 e 6 %.

Segundo Oliveira(1997), problemas relacionados com a estabilidade e performance dos geradores de silício amorfo fizeram com que as instalações fotovoltaicas , em geral , usassem o silício cristalino . O silício amorfo é, agora, usado em equipamentos de baixo consumo e em instalações de demonstrações.

Enorme progresso tem sido feito em anos recentes no número de materiais fotovoltaicos e intervenções em termos de eficiência de conversão. Eficiências na faixa de 18 a 24 % têm sido alcançadas na tradicional base de silício fabricado de ambos os materiais mono e policristalino. Alta eficiência (> 30 %) em células fotovoltaicas tem sido alcançadas na base de Arseneto de Gallium (GaAs) e ligas como Gallium Indium Phosphide (GaInP₂) . Grande avanço em eficiência, também tem sido alcançado em varias células de filme fino baseado em Silício amorfo (DEB, 1998).

Segundo Silva (2000), um dos fatores que impossibilitava a utilização de energia solar fotovoltaica em larga escala seria o alto custo das células. As primeiras células foram produzidas com o custo de US\$ 600,00/Wp, para programa espacial. Para Montenegro (2000), com a implementação do mercado e várias empresas voltadas para produção de células, o preço tem reduzido ao longo dos anos podendo ser encontrado ao custo médio de US\$ 8,00/Wp.

3.4.5 Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é composto de células conectadas em arranjos produzindo tensão e corrente em nível suficiente para o aproveitamento da energia elétrica gerada. Lorenzo (1994) comenta que, o módulo fotovoltaico é a unidade básica comercialmente disponível, proporcionando proteção mecânica e ambiental às células e permitindo a sua utilização exposta às intempéries, sendo, portanto, composto de células encapsuladas e conectadas eletricamente em série e/ou em paralelo, produzindo níveis de tensão e corrente adequados à utilização. Fraidenraich (1995) explica que a fotocélula requer o encapsulamento por vários motivos. Em primeiro lugar, para prover a necessária rigidez mecânica devido à fragilidade das células e à flexibilidade dos contatos que as interligam.

Em segundo lugar, à necessidade de proteger os contatos elétricos da umidade do ar. Além disso, o encapsulamento representa uma proteção a danos mecânicos provocados por queda de objetos e de granizos, pássaros e até mesmo atos de vandalismo e ainda permite a necessária isolamento elétrica da tensão gerada. Ainda para o autor, os módulos estão disponíveis em diversos níveis de tensão e potência, sendo que as potências são medidas em Watt-pico (Wp). Comercialmente estão disponíveis módulos na faixa de 10Wp a cerca de 300Wp. Os módulos fotovoltaicos são dispositivos bastante confiáveis e de grande durabilidade, sendo que a maioria dos fabricantes oferece uma garantia de 20 anos.

3.4.6 Características elétricas dos módulos fotovoltaicos

Para o CEPEL/CRESESB (2005), as principais características elétricas dos módulos fotovoltaicos são:

- Tensão de Circuito Aberto (V_{oc}): tensão entre os terminais de uma célula/módulo ou gerador fotovoltaico, quando a corrente em seus terminais é nula;
- Corrente de Curto Circuito (I_{sc}): corrente que circula por uma célula/módulo ou gerador fotovoltaico, quando a tensão em seus terminais é nula;
- Potência Máxima (P_{max}): Ponto da curva I-V para o qual o produto tensão x corrente é máximo;
- Tensão de Potência Máxima (V_{mp}): tensão que produz o ponto da curva I-V de máxima potência;
- Corrente de Potência Máxima (I_{mp}): é a corrente que produz o ponto da curva I-V de máxima potência.

Segundo Oliveira (1997), para avaliar e comparar o desempenho de módulos fotovoltaicos são feitas medidas de seu comportamento sobre condições controladas, denominadas condições padronizadas. Controlando-se os parâmetros de funcionamento dos módulos, pode-se verificar se seu comportamento está de acordo com o esperado. Dessa forma, os módulos fotovoltaicos são caracterizados através de medidas, nas condições padronizadas, da tensão de circuito aberto, V_{oc} , da corrente de curto circuito, I_{sc} e do ponto de máxima potência, P_{mp} , caracterizado pela corrente e tensão no ponto de máxima potência, I_{mp} e V_{mp} , conforme as figuras 7 e 8.

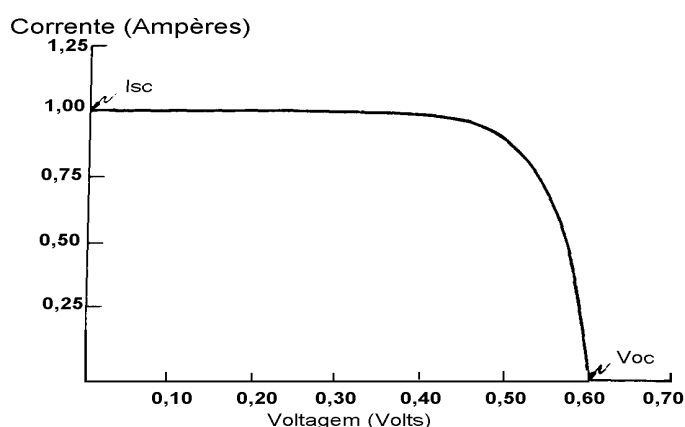


Figura –7 Curva característica V x I

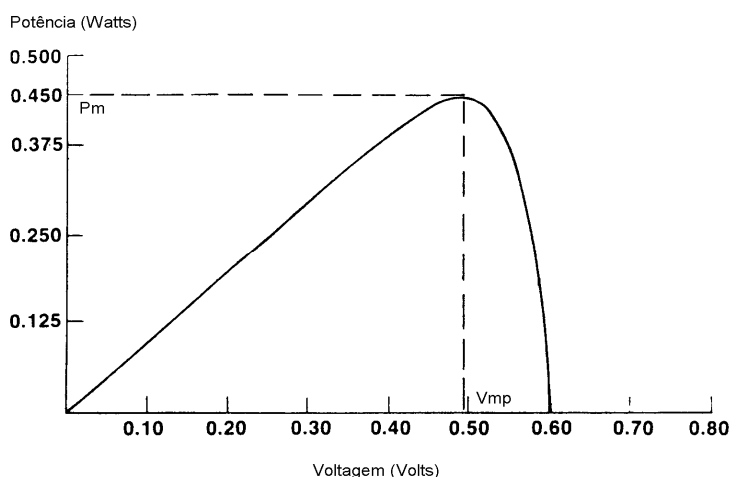


Figura 8 - Curva característica Potência x Tensão

Lorenzo (1994) informa que as condições padrão, STC, Standard Test Conditions, para se obter as curvas características dos módulos são definidas como irradiância de 1000Wm^{-2} , radiação solar recebida na superfície da Terra em dia claro, ao meio dia, temperatura de

25°C na célula (a eficiência da célula é reduzida com o aumento da temperatura), velocidade do vento de 1ms^{-1} e distribuição espectral (AM) 1,5. Entretanto, quando em operação, os módulos não se encontram nesta condição. Assim, estabeleceu-se uma outra condição, chamada Temperatura Nominal de Operação da Célula (TONC), definida como a temperatura que as células solares alcançam, quando se submete o módulo à irradiância de 800Wm^{-2} , temperatura ambiente de 20°C , velocidade do vento de 1ms^{-1} e distribuição espectral (AM) 1,5.

3.4.7 Eficiência do Módulo Fotovoltaico

Conforme o Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia, (Grupo FAE-UFPE, 1993), a eficiência máxima de conversão (η_{max}) do módulo fotovoltaico é calculada pela relação entre potência máxima transferida do sistema para a carga e a densidade de radiação solar coletada pelos módulos.

Conforme Camargo (2000), a eficiência do módulo fotovoltaico é a relação entre a energia produzida pela energia recebida no local.

Lorenzo (1994) cita que, a eficiência do módulo fotovoltaico, sob condições particulares de irradiância e temperatura, é calculada pela equação 7 :

$$\eta_{(Gi)} = \frac{P_{\text{MÁX}(Gi)}}{A \times G_i} \quad (6)$$

em que $P_{\text{MÁX}(Gi)}$ é a potência máxima do sistema , determinada para as condições particulares desejadas, A é a área da face ativa do módulo, G_i é a irradiância à qual foi submetido o módulo para fornecer o valor de potência máxima utilizado.

Segundo Silva(2000), o processo de determinação do potencial solar fotovoltaico para bombeamento de água estima-se por :

Recurso Solar: neste, se faz uma coletânea de dados da radiação solar média mensal diária fornecidos por uma estação meteorológica do local ou próxima a este. Desenha-se o gráfico da radiação solar. Em seguida determina-se a potência elétrica.

A potência elétrica de um sistema fotovoltaico formado por um módulo fotovoltaico e um inversor pode ser expressa pelas equações 8 ou 9 :

$$P_{EL-PV} = P_{NOM} * \frac{G_{dm}(\gamma, \beta)}{G_{REF}} * \eta_G * \eta_I \quad (7)$$

ou

$$P_{NOM} = \frac{P_{EL-PV}}{G_{DM}(\gamma, \beta) * \eta_G * \eta_i} \quad (8)$$

onde:

P_{EL-PV} - Potência elétrica do equipamento fotovoltaico (W);

P_{NOM} - Potência dos módulos fotovoltaicos (Wp). A potência nominal é determinada nas Condições Padrão de Medida (CPM), dadas por uma irradiância de 1.000 W.m^{-2} , a uma temperatura de célula de 25°C ;

$G_{dm}(\gamma, \beta)$ - Irradiância incidente no plano do módulo fotovoltaico (W.m^{-2}),

G_{REF} - Irradiância de referência em CPM ($=1000 \text{ W.m}^{-2}$);

η_G - Eficiência do módulo fotovoltaico;

η_I - Eficiência do inversor.

3.4.8 Configuração dos sistemas fotovoltaicos

O CEPEL/CRESESB (2005) apresenta quatro configurações possíveis para um sistema fotovoltaico isolado, denominadas tipo A, B, C e D:

Tipo A: alimentação de uma carga CC diretamente a partir de um banco de baterias, cuja carga é controlada por um controlador de carga;

Tipo B: alimentação de uma carga CA por meio de um inversor, conectado diretamente ao banco de baterias, cuja carga é controlada por um controlador de carga;

Tipo C: conexão direta de uma carga CC ao módulo fotovoltaico, no caso, uma bomba d'água com motor CC;

Tipo D: conexão de uma carga CA ao módulo fotovoltaico por meio de um inversor, no caso uma bomba d'água com motor CA.

O CEPEL/CRESESB(2005), informa ainda que os dois tipos de sistemas fotovoltaicos isolados, mais comuns, são os sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica e os sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água.

3.4.9 Medição da radiação solar

A medição da radiação solar, tanto a componente direta como a componente difusa na superfície terrestre é de maior importância para os estudos das influências das condições climáticas e atmosféricas. Com um histórico dessas medidas, pode-se viabilizar a instalação de sistemas térmicos e fotovoltaicos em uma determinada região garantindo o máximo aproveitamento

ao longo do ano onde as variações da intensidade da radiação solar sofrem significativas alterações (CEPEL/CRESESB, 2005).

O CEPEL/CRESESB (2005) informa ainda que, de acordo com as normas preestabelecidas pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia), são determinados limites de precisão para quatro tipos de instrumentos: de referência ou padrão, instrumentos de primeira, segunda e terceira classe. As medições padrões são: radiação global e difusa no plano horizontal e radiação direta normal.

3.4.10 Piranômetros

Segundo Oliveira (1997), os piranômetros fazem parte dos instrumentos destinados para avaliar a radiação solar global incidente em uma dada superfície. Denominados, eventualmente, como solarímetros, estes instrumentos medem a radiação solar global (direta + difusa). São instrumentos com os quais são feitas a maioria das medidas de radiação existentes. Existem basicamente dois tipos de piranômetros mais freqüentemente utilizados: piranômetros fotovoltaicos e piranômetros termelétricos.

O piranômetro fotovoltaico é aquele que utiliza uma célula fotovoltaica de silício monocristalino para coletar medidas solarimétricas. Estes piranômetros são largamente utilizados pois apresentam baixos custos. Pelas características da célula fotovoltaica, este aparelho apresenta limitações quando apresenta sensibilidade em apenas 60% da radiação solar incidente (CEPEL/CRESESB, 2005).

Segundo Oliveira (1997), o piranômetro termelétrico é aquele que utiliza como elemento sensível uma pilha termelétrica, constituída por termopares em série. Tais elementos geram uma tensão elétrica proporcional à diferença de temperatura entre suas juntas. Portanto, é possível relacionar a diferença de potencial medida na saída do instrumento com a radiação incidente. Os dois tipos de piranômetros termelétricos mais usados são:

Piranômetro do tipo branco e preto que possui um receptor pintado, alternadamente, de preto e branco. Neste caso, as juntas quentes da termopilha estão em contato com as superfícies negras, altamente absorventes. As pontas frias estão em contato com as superfícies brancas, de grande refletividade;

Piranômetro com toda a superfície receptora pintada de preto onde estão conectadas as juntas quentes. As juntas frias são associadas a um bloco de metal de grande condutividade térmica, colocadas no interior do equipamento, resguardadas da radiação solar e tendo aproximadamente a temperatura do ar.

3.5 Baterias

Segundo Albadó (2002), as baterias para utilização em sistemas de energia renovável, solar, eólico hídrico, são projetadas para ciclo de carga profunda. Há muitas marcas e tipos de baterias apropriadas para esses sistemas e é importante determinar a bateria correta conforme a configuração e a utilização do sistema desejado. Seguindo as recomendações apropriadas, o tempo de vida útil da bateria é de 5 a 10 anos, existindo alguns tipos que atingem 20 anos. A capacidade da bateria é medida em ampere-hora (Ah) e 1 Ah equivalente ao fornecimento de 1 A de corrente pelo período de uma hora, ou 2 A por meia hora. Um sistema de baterias de 12 V, com capacidade de 800Ah pode drenar 100 amperes de corrente durante 8 horas. Isso equivale a 1200 W de potência por 2 horas. Os tipos mais comuns de baterias utilizadas em sistemas eólicos são chumbo-ácida e alcalina. A bateria alcalina pode ser do tipo níquel-cádmio ou níquel – ferro. O tipo níquel-cádmio possui custo elevado e é poluente quando descartada diretamente no lixo. A bateria alcalina do tipo níquel-ferro não é muito utilizada com sistemas eólicos devido a alta tensão necessária para realizar o processo de carga.

O dimensionamento do banco de baterias depende da capacidade de armazenamento desejada, razão de descarga, razão de carga e a temperatura mínima do local onde a bateria será usada. A temperatura é um fator significativo para a bateria chumbo-ácido: em 4° C elas possuem capacidade de 75% ; em – 17 ° C , a capacidade é de 50% .

3.5.1 Tensões de uma Bateria

A tensão de uma bateria depende somente das propriedades químicas dos materiais das placas e do eletrólito, independente do volume ou quantidade do material ativo usado na confecção das placas. A maioria das baterias encontradas no mercado possui densidade de 1,215 Kg . m⁻³ e tensão de 2,065 V. A tensão nominal é a tensão que aparece nos terminais da bateria durante grande parte do tempo. A tensão de flutuação é a tensão com valor pouco acima da tensão nominal, tendo como função, manter a bateria em carga permanente, flutuação, para compensar a sua auto-descarga, manter carga plena e evitar a sulfatação das placas. A tensão de equalização tem valor superior à tensão de flutuação, com finalidade de compensar as diferenças de tensão ou densidade entre os elementos. A carga de equalização substitui a carga profunda com muitas vantagens, apesar do maior tempo de duração, não sobrecarregando as baterias, como ocorre na carga profunda. O tempo mínimo recomendado é de duas horas. A tensão de carga profunda é

superior à tensão de equalização e só deve ser aplicada por pessoal qualificado e supervisão permanente. Não é recomendável a aplicação de carga profunda em baterias que se encontram em boas condições operacionais. A tensão final de descarga é o valor da tensão de uma bateria, a partir da qual é considerada tecnicamente descarregada. À medida que a bateria se descarrega a tensão nos terminais diminui lentamente no início da descarga e bruscamente no final da descarga

Segundo Silva (2000), as baterias são utilizadas para armazenar energia gerada durante o período de insolação. Deste modo, tem-se energia durante 24 horas por dia, podendo ser usada a qualquer hora.

As baterias também servem para partir motores em corrente contínua, já que têm a capacidade de fornecer corrente elevada por um curto período de tempo, que não é possível com ligação direta aos módulos.

As baterias automotivas de 12 Volts de Corrente Contínua com eficiência de 90% permitem descarga diária de 15 a 20% de sua capacidade e, eventualmente, até 50%. Com utilização de 15 a 20% sua vida útil varia de 3 a 5 anos.

As baterias DEEP CYCLE permitem descarga diária em média de até 80 % de sua capacidade. Suas correntes são de 150 A, com vida em torno de 10 a 15 anos. São usadas onde se requer extrema confiabilidade com longos períodos de autonomia, como por exemplo, estações de microondas. Seu preço é em média 4 vezes maior que as baterias convencionais.

3.6 Controlador Lógico Programável

Segundo Natale (1995), o Controlador Lógico Programável consiste em um microcomputador para aplicações dedicadas à realização de tarefas específicas, para atender a uma determinada necessidade definida em projeto, ou seja, onde existir um sistema a ser controlado ou automatizado, existirá a possibilidade de seu emprego. Controlador Lógico Programável, ou Controlador Programável conhecido também por suas siglas CLP ou CP no Brasil e pela sigla de expressão inglesa Programmable Logic Controller, PLC. É um computador especializado, baseado num microprocessador que desempenha funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade. Geralmente as famílias de Controladores Lógicos Programáveis são definidas pela capacidade de processamento de um determinado número de pontos de Entradas e/ou Saídas (E/S). Segundo a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis para aplicações industriais. Segundo a NEMA, National Electrical Manufacturers Association, é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais

como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. O CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas caracterizados por eventos discretos, ou seja, com processos em que as variáveis assumem valores zero ou um, ou variáveis ditas digitais que só assumem valores dentro de um conjunto finito. Podem ainda lidar com variáveis analógicas definidas por intervalos de valores de corrente ou tensão elétrica. As entradas e/ou saídas digitais são os elementos discretos, as entradas e/ou saídas analógicas são os elementos variáveis entre valores conhecidos de tensão ou corrente.

Os CLP's tem uso muito difundido nas áreas de controle de processos ou de automação industrial. No primeiro caso a aplicação se dá nas indústrias do tipo contínuo, produtoras de líquidos, materiais gasosos e outros produtos, no outro caso a aplicação se dá nas áreas relacionadas com a produção em linhas de montagem, por exemplo na indústria do automóvel. Num sistema típico, toda a informação dos sensores é concentrada no controlador ,CLP, que de acordo com o programa em memória, define o estado dos pontos de saída conectados a atuadores. Tem capacidade de comunicação de dados via canais seriais. Com isto podem ser supervisionados por computadores formando sistemas de controle integrados. Softwares de supervisão controlam redes de Controladores Lógicos Programáveis.

Redes de campo abertas como PROFIBUS-DP são de uso muito comum com CLPs, permitindo aplicações complexas na indústria automobilística, siderúrgica, de papel e celulose, e outras. O CLP foi idealizado pela necessidade de poder se alterar uma linha de montagem sem que tenha de fazer grandes modificações mecânicas e elétricas; nasceu praticamente dentro da indústria automobilística, especificamente na Hydronic Division da General Motors, em 1968. Sob o comando do Engenheiro Richard Morley e seguindo uma especificação que refletia as necessidades de muitas indústrias manufatureiras. A idéia inicial do CLP foi de um equipamento com as seguintes características:

- 1 Facilidade de programação
- 2 Facilidade de manutenção com conceito plug-in;
- 3 Alta confiabilidade;
- 4 Dimensões menores que painéis de relês, para redução de custos;
- 5 Envio de dados para processamento centralizado;
- 6 Preço competitivo;

7 Expansão em módulos;

8 Mínimo de 4000 palavras na memória.

Podemos dividir os CLP's, historicamente, de acordo com o sistema de programação por ele utilizado:

1a. Geração: Os CLP's de primeira geração se caracterizam pela programação intimamente ligada ao hardware do equipamento. A linguagem utilizada era o Assembly que variava de acordo com o processador utilizado no projeto do CLP, ou seja, para poder programar era necessário conhecer a eletrônica do projeto. Assim a tarefa de programação era desenvolvida por uma equipe técnica altamente qualificada, gravando-se o programa em memória EPROM, sendo realizada normalmente no laboratório junto com a construção do CLP.

2a. Geração: Aparecem as primeiras “Linguagens de Programação” não tão dependentes do hardware do equipamento, possíveis pela inclusão de um “Programa Monitor “ no CLP, o qual converte as instruções do programa, verifica o estado das entradas, compara com as instruções do programa do usuário e altera o estados das saídas. Os terminais de programação eram na verdade Programadores de Memória EPROM. As memórias depois de programadas eram colocadas no CLP para que o programa do usuário fosse executado.

3a. Geração: Os CLP's passam a ter uma Entrada de Programação, onde um Teclado ou Programador Portátil é conectado, podendo alterar, apagar, gravar o programa do usuário, além de realizar testes no equipamento e no programa. A estrutura física também sofre alterações sendo a tendência para os Sistemas Modulares com Bastidores ou Racks.

4a. Geração: Com a popularização e a diminuição dos preços dos microcomputadores (normalmente clones do IBM PC), os CLP's passaram a incluir uma entrada para a comunicação serial. Com o auxílio dos microcomputadores a tarefa de programação passou a ser realizada nestes. As vantagens eram a utilização de várias representações das linguagens, possibilidade de simulações e testes, treinamento e ajuda por parte do software de programação, possibilidade de armazenamento de vários programas no micro.

5a. Geração: Atualmente existe uma preocupação em padronizar protocolos de comunicação para os CLP's, de modo a proporcionar que o equipamento de um fabricante interaja com o equipamento outro fabricante, como Controladores de Processos, Sistemas Supervisórios, Redes Internas de

Comunicação, proporcionando uma integração a fim de facilitar a automação, gerenciamento e desenvolvimento de plantas industriais mais flexíveis e normalizadas, fruto da chamada Globalização.

3.6.1 Partes constituintes de um CLP

O controlador programável possui um microprocessador que realiza as seguintes funções:

1. Processamento dos programas.
2. Varredura das entradas e saídas.
3. Programação das memórias externas.
4. Atende a entrada serial quando é colocado o terminal de programação.

Nos controladores programáveis, coloca-se o programa do usuário na memória EEPROM e na RAM a cópia do programa e os dados temporários do sistema, a qual diz-se que contém a imagem do processo de entrada e saída. Quando a alimentação é ligada, o controlador é posto em operação, o conteúdo da memória externa EEPROM é copiado na memória interna, RAM, e de lá executado juntamente com os dados do sistema ou imagem do processo de entrada e saída. A figura 9 representa as partes descritas, constituintes do CLP:

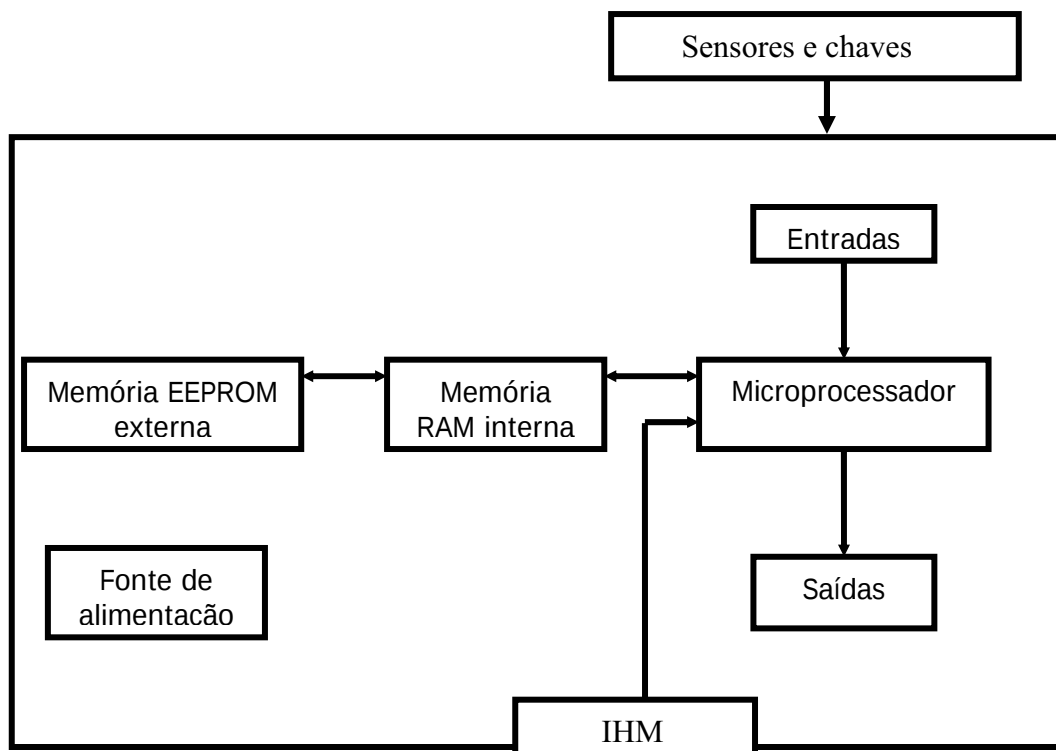


Figura 9 – Partes constituintes de um CLP

O controlador programável pode, ao mesmo tempo, automatizar uma grande quantidade de informação substituindo assim, o homem com mais precisão, confiabilidade, custo e rapidez. Muitas máquinas industriais requerem controle nos quais as entradas e saídas são sinais on-off. Em outras palavras, os estados são modelados como variáveis que apresentam somente dois valores distintos. Embora os sistemas tenham dinâmica, esta é ignorada pelo controlador. O resultado é um desempenho mais limitado, no entanto, com um controle mais simples. Exemplos do dia a dia destes sistemas são as máquinas de lavar louça, máquinas de lavar roupa, secadoras e elevadores. Nestes sistemas, as saídas podem ser sinais de 120 volts AC que alimentam motores, válvulas solenóides e luzes de indicação; ou então podem ser sinais DC que também podem ser utilizados para acionar válvulas, luzes de indicação, e indiretamente, para acionar motores.

Os sinais de entrada são sinais DC ou AC provenientes de chaves de interface com o usuário. Uma outra função principal nestes tipos de controladores é a temporização e a contagem de eventos. (Silveira et al,1999)

3.7 Sistemas Híbridos

Para Barbosa et al.(2004), considera-se um sistema híbrido aquele que utiliza conjuntamente mais de uma fonte de energia, dependendo da disponibilidade dos recursos energéticos locais, para geração de energia elétrica. A opção pelo hibridismo é feita de modo que uma fonte complemente a eventual falta da outra. Rosas e Estanqueiro (2003) informam que estes sistemas podem ser sistemas de geração eólicos combinados com sistemas fotovoltaicos, diesel ou hídricos, em que podem ou não ser usados sistemas de armazenamento de energia. Além disto, estes sistemas são usados para pequenas redes isoladas ou para aplicações especiais tais como bombeamento de água, carga de baterias, atendimento de pequenas comunidades e dessalinização, por exemplo. A dimensão destes sistemas varia entre 10 kW e 200 kW sendo os modelos criados e dimensionados especialmente para cada caso de estudo, o que justifica o elevado custo deste tipo de sistemas. Barbosa et al. (2004) afirmam que dentre as fontes energéticas utilizadas pelos sistemas híbridos, as que mais se sobressaem são a solar e a eólica, ambas de caráter renovável.

Rosas e Estanqueiro (2003) também avaliam que o objetivo destes sistemas é produzir o máximo de energia possível a partir das fontes renováveis, enquanto mantidas a qualidade da energia e a confiabilidade especificada para cada projeto.

A implantação com sucesso de um sistema híbrido de energia depende de pelo menos dois fatores: a confiabilidade da operação ao fornecimento de energia e o custo da

energia gerada. Quinlan(1996), cita que um dos primeiros sistemas híbridos foi do tipo eólico-diesel e instalado no Novo México, EUA, em 1977, com a capacidade de 200 kW de potência para geração eólica e com um sistema de geração diesel de 7,85 MW. Vale (2000) efetuou a monitoração de um sistema híbrido eólico-diesel para a geração de eletricidade.

Vários autores (Ladakakos et al., 1996; Manwell e McGowan, 1994; Kariniotakis et al., 1993; Infield et al., 1993) desenvolveram procedimentos e modelos para o dimensionamento integral e/ou a avaliação dos sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos-diesel; apesar disto, a grande maioria dos sistemas instalados continuaram sendo, quase totalmente, do tipo eólico-diesel.

3.8 Bombeamento de água com Sistemas Eólicos

No meio rural, o bombeamento de água é uma atividade muito importante e, portanto, faz-se necessária em todos os locais. A água, que é utilizada no abastecimentos de residências, estábulos e pocilgas, aviários, bebedouros, e em outros locais, normalmente é fornecida por meio de bombeamentos, onde são utilizadas bombas, centrífugas ou axiais, acionadas por motores elétricos ou de combustão interna, a diesel ou a gasolina, instalados próximos às fontes de água. A energia eólica pode representar uma solução técnica e econômica para essas situações, devendo para isso, apenas haver vento em quantidade satisfatória no local. A utilização de rotores multipás acionando bombas, já é muito utilizada no Brasil, e com sucesso, pois se trata de uma técnica simples, segura e de custo relativamente baixo. Esses sistemas permitem bombear até 3000 litros de água por hora, a profundidades até 60 metros e podem elevar água a alturas de mais de 50 metros, a distâncias até 2 Km, com custo de energia praticamente nulo, uma vez que a fonte de potência, que é o vento, é de graça. Esses sistemas eólicos podem ser instalados para bombear água de rios, lagos, açudes, poços freáticos ou artesianos. Dependendo do modelo do sistema eólico e da disponibilidade de vento no local um sistema deste consegue bombear até 20000 litros de água por dia. Entretanto, como o vento é incerto, e nem sempre ocorre todos os dias com intensidade e duração necessária, recomenda-se construir um depósito que permita armazenar maior quantidade de água possível (Silva, 2000).

3.8.1 Avaliação do potencial Eólico

O comportamento dos ventos é bastante variável em função da geografia local. É gerado pela ação de gradientes de pressão atmosférica, mas sofre influências de do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento e do atrito com a superfície terrestre. A energia cinética gerada pelas massas de ar em deslocamento é a Energia Eólica e é proporcional ao quadrado da velocidade do vento (Tubelis e Nascimento,1984). Segundo Roger (1977), um método muito prático para avaliação da velocidade do vento foi idealizado por Beaufort e constitui-se de um a escala de números índices. Cada número da escala Beaufort associa-se a uma velocidade do vento, assim como as características principais provocadas pelo movimento do ar. A tabela 2 mostra a classificação dos ventos quanto à velocidade.

Antes de implementar qualquer projeto para utilização de energia eólica em bombeamento de água, torna-se necessário a realização de análise detalhada do comportamento do vento a fim de identificar as áreas mais adequadas para o aproveitamento dessa energia.

Tabela 2 - Classificação da velocidade dos ventos por Beaufort

Força	Tipo	Velocidade(m/s)	Efeitos
0	Calma	0 – 0,3	Fumaça sobe na vertical
1	Brisa muito fraca	0,3 – 1,5	Fumaça c/ pequeno desvio
2	Brisa Fraca	1,5 – 3,0	Sente-se o vento
3	Brisa estabelecida	3,5 – 5,0	As folhas mexem
4	Brisa Forte	5,5 – 7,0	Folhas agitadas
5	Brisa Boa	8,0 – 10	Assobio sensível
6	Vento Fresco	11 - 13	Grandes árvores agitadas
7	Vento Forte	14 - 17	Ramos partidos

Fonte : Produza Energia a partir do vento,1977

A variação da velocidade do vento é registrada pelo anemômetro, de tal forma que o traçado por ele produzido conduz ao conhecimento das velocidades máximas, mínimas e médias além do tempo de duração do vento de determinada intensidade. (Silva,2000). Na prática, os anemômetros e anemógrafos mais comumente utilizados baseiam-se nos efeitos de rotação e variação de pressão. Estes instrumentos são empregados em conjunto com vários tipos de registradores, que podem indicar a velocidade instantânea ou a velocidade média por um certo

período de tempo (Mialhe,1980). Na obtenção de potência através de rotores eólicos, interessam os ventos de baixa altitude, que ocorrem a 30-60 metros acima do solo e que são afetados pela topografia e por obstruções da área onde se pretende instalar o aerogerador. Ainda, segundo Mialhe, uma das mais importantes características do vento, do ponto de vista do seu potencial para conversão em trabalho útil, é a variabilidade de sua velocidade. Num dado local qualquer, o vento pode, de um momento para o outro, variar sua velocidade de zero a 100 Km.h^{-1} ou mais e, no momento seguinte, baixar para 5 Km.h^{-1} ou mesmo voltar a zero. A magnitude dessas variações, bem como sua frequência, dependerá da tempestuosidade do vento, durante o intervalo de tempo de medida de velocidade. Assim, a partir de registros contínuos de velocidade, obtêm-se :

- *Velocidade Instantânea*: importante para projetos de motores eólicos, tendo em vista as características dos mecanismos de controle e a severidade das solicitações mecânicas que sofrerão o aerogerador e a torre aonde se acha instalado.

- *Velocidade média para os vários níveis de tempo*: a velocidade média horária, a velocidade média diária, a velocidade média mensal, a velocidade média anual que são importantes para a estimativa das potencialidades para uso da energia eólica num dado local.

Comparativamente com as aplicações de energia solar, por exemplo, o desempenho do gerador eólico é muito mais sensível às condições locais, pois enquanto no primeiro a geração é diretamente proporcional à radiação solar incidente, no segundo a geração é proporcional ao cubo da velocidade do vento (Silva,2000). A energia eólica vem sendo estudada no Brasil com um dos objetivos principais: o de atender os usuários rurais, seja para geração descentralizada de eletricidade ou para irrigação. Assim uma parte razoável dos projetos, referem-se a geradores de pequeno porte (2 KW) Entretanto existem grandes parques eólicos implantados no Brasil. Martins(1993) analisou o regime dos ventos da região de Botucatu , em cinco locais com altitudes bastante diferentes , por meio de estatísticas. A velocidade média predominante foi de $2,2 \text{ m.s}^{-1}$, com rajadas, médias de 30 Km.h^{-1} em todos os meses do ano. As velocidades máximas ocorrem no mês de setembro. Marques Junior et al (1995) analisaram os dados de ventos para a mesma região e concluíram que a velocidade média é de $6,25 \text{ Km.h}^{-1}$. Segundo Islame et al (1995), a turbina eólica pode ser útil para operar bombas de irrigação. Há muitos tipos de turbinas eólicas que são usadas para bombeamento de água e para geração de eletricidade. De acordo com Mishra e Sharma(1992), a energia eólica pode ser aproveitada em bombas para irrigação e outros propósitos. Assim, enorme quantidade de energia consumida para bombeamento pode ser poupada pela introdução de bomba de catavento. Segundo Tsutsui (1989), sob muitas circunstâncias, bombas a diesel não são necessariamente a melhor escolha, pois os custos de óleo combustível, contratação de técnicos habilitados para operar e manter os equipamentos são altos. Em vários países da Ásia, considerável esforço está sendo feito para o

desenvolvimento de aplicações de Sistemas Eólicos. Considerando-se o potencial de energia eólica no Brasil e no mundo, verifica-se que não possuímos sítios excelentes para tal aproveitamento; entretanto, em alguns locais como o Nordeste, podem ser implantadas usinas com capacidades de relativa expressão econômica. (Carvalho Junior, 1989).

3.8.2 Equipamentos e mecanismos eólicos para bombeamento de água

Catavento

O catavento, como qualquer outro tipo de máquina motora, no início de seu funcionamento consome uma certa potência, denominada potência de atrito, para vencer as resistências passivas geradas em seus componentes. Assim, uma certa velocidade mínima do vento é necessário para que o rotor eólico atinja sua plena capacidade em desenvolver sua potência utilizável, denomina-se Velocidade de Partida.

Por outro lado, em função das próprias características do rotor eólico, existe um limite máximo de velocidade do vento a partir do qual é comprometida a eficiência de operação e a integridade estrutural da instalação, que recebe a denominação de Velocidade Limite ou de Fechamento do aeromotor (Mialhe, 1980).

A fim de limitar a velocidade máxima de funcionamento, os motores eólicos são equipados com mecanismos controladores que, alterando a posição dos componentes receptores em relação à direção do vento, estabelecem um nível máximo de velocidade angular do rotor. Nos cataventos do tipo de roda-de-pás, o mecanismo controlador atua no leme de direção que, atingido o limite máximo de velocidade do vento, dobra-se numa posição paralela ao rotor; nessa situação a roda-de-pás passa da posição normal à direção do vento para uma posição paralela e, conseqüentemente, interrompe o processo. Nos aeromotores de hélice, o mecanismo altera o passo desta ou posiciona superfície de frenagem (*brake flaps*) na hélice.

O bombeamento d'água foi uma das primeiras aplicações da energia eólica convertida. Basicamente, um sistema de bombeamento é constituído por rotor eólico, bomba hidráulica, transmissão e dispositivo de controle (Araújo e Simões, 1986).

Um bom aeromotor, segundo o autor E. L. Lémonon, em sua obra *Les motereus a vent*, começa a funcionar com ventos de 2 a 2,5 m.s⁻¹ nos modelos para acionamento de bombas (cataventos) e com ventos de 3 a 4 m.s⁻¹ nos modelos destinados a mover geradores elétricos, moinhos e máquinas agrícolas.

Os componentes do equipamento são:

Conjunto Aeromotor

É principal componente, constitui-se numa caixa redutora que transforma o movimento rotativo gerado pelo vento em movimento alternativo retilíneo, por meio de seus eixos, engrenagem e biela. Os eixos de transmissão do redutor são montados sob rolamentos e o conjunto fica parcialmente submerso em óleo, que o mantém lubrificado.

Pás :

São fabricadas com chapas de aço galvanizado de bitola nº 20 e montadas sobre as cambotas de ferro chato.

Mecanismos de Frenagem :

No eixo do conjunto aeromotor há um dispositivo composto de barras articuladas e o leme, que aciona uma cinta de lona, comprimindo-a sob o tambor do cubo, impedindo o movimento do eixo das pás. A função dos mecanismos de frenagem é frear, interromper o funcionamento da máquina. Seu acionamento pode ser manual ou automático. Quando o rotor sofre fortes rajadas de vento, o leme dobra-se, descrevendo um ângulo de 90° em relação ao eixo das pás. Com esse movimento é acionado o dispositivo de frenagem, impedindo o movimento do rotor. O retorno do leme à disposição normal de trabalho é realizado por uma mola, ao cessar a forte pressão do vento.

Torre de Sustentação :

Tem a função de suportar os equipamentos eólicos e sua construção é geralmente feita com cantoneira de 40 mm. A torre é montada sobre blocos de concreto e sua estrutura assume sempre a forma piramidal, o que torna maior a resistência de sustentação.

3.9 Bombeamento de água com Sistema Fotovoltaico

Muitas propriedades e comunidades rurais no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, não são atendidas com energia elétrica, pois estão distantes das centrais de geração de eletricidade. Uma das formas de garantir o suprimento de energia elétrica nessas propriedades ou comunidades rurais isoladas seria a implantação de sistemas energéticos baseados em fontes alternativas de energia. Dentre elas, a energia solar é uma das mais promissoras, podendo ser utilizada no aquecimento de água por meio dos coletores termo solares e geração de eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos para iluminação e bombeamento de água. O dispositivo conversor da energia solar em eletricidade é a chamada célula fotovoltaica, e a associação dessas células compõe os chamados painéis fotovoltaicos. A maior ou menor capacidade de geração de energia

utilizando-se de painel fotovoltaico depende do arranjo dos painéis, em série ou paralelo, e da radiação solar local, a qual tem influência direta na corrente elétrica. Tal sistema pode ser acoplado diretamente a um motor elétrico e bomba centrífuga ou de diafragma para bombeamento de água nos momentos em que ocorre a disponibilidade de energia solar. Para Loxsom & Durongkaveroj (1994), um sistema fotovoltaico de bombeamento diretamente acoplado é constituído de três componentes principais: um conjunto fotovoltaico, um motor de corrente contínua e uma bomba d'água. O painel fotovoltaico converte energia solar em corrente elétrica que alimenta o motor, o qual é acoplado à bomba d'água. Quando o painel supre o motor com potência elétrica suficiente, ele produz torque mecânico e a bomba começa a trabalhar. O rendimento e capacidade de bombeamento dos sistemas fotovoltaicos são particularmente dependentes de certas condições de trabalho. Conforme Silva (2000), a radiação solar aplicada sobre o módulo gera energia elétrica para o bombeamento de água, e a vazão bombeada mantém relação com a altura manométrica e capacidade de geração dos módulos fotovoltaicos. Thomas (1987) esclarece que as bombas de diafragma e de pistão são as mais adaptadas e recomendadas aos sistemas fotovoltaicos diretamente acoplados, porque a produção independe da carga, sendo diretamente proporcional ao volume varrido pelo diafragma ou pelo pistão e por responderem melhor às variações de potência provocadas pela irradiância solar.

Kou et al. (1998), utilizando-se de um sistema SIEMENS M75 composto de dez módulos e uma bomba SCS 5.7-160 operando na combinação de seis módulos em série e quatro em paralelo, observaram que o sistema exigiu 300 W/m² para acionamento da motobomba de diafragma e que a vazão fornecida aumentava com a irradiância e diminuía com a carga. A máxima vazão verificada no estudo foi de 2,2 l/s livre de carga e a máxima altura manométrica vencida pelo sistema foi de 25 m com vazão de 0,5 l/s. Apesar de as motobombas de diafragma serem as mais adaptadas à aplicação direta em sistemas fotovoltaicos, ainda são raros os estudos relacionados ao seu comportamento operacional nessa condição de aplicação. Protogeropoulos & Pearce (2000) observaram o comportamento de uma motobomba SHURFLO 9325 de diafragma, operando a 12 e 24 V, acionada por módulos fotovoltaicos de diferentes potências. Nas condições de 12 V, a máxima vazão observada foi, aproximadamente, de 370 l/h a uma altura manométrica de 5 m. Sob as mesmas condições, verificou-se que os módulos de 110 e 165 Wp de potência não provocaram variações de vazão quando a irradiância alcançava 700 W/m². A eficiência hidráulica chegou próxima de 60% nas condições de 20 e 40 m de altura manométrica. Para a situação de operação em 24 V e 5 m de altura manométrica, a vazão instantânea ficou em torno de 500 l/h, com 110 Wp de potência e irradiância entre 700 e 1.000 W/m². A máxima eficiência hidráulica observada para tal tensão foi de 50% para altura manométrica de 40 a 50 mca.

A vazão de um sistema fotovoltaico de bombeamento diretamente acoplado depende de certas condições de funcionamento. Baseado nisso, Jafar (2000) analisou o comportamento de um desses sistemas (não especificado), operando em cinco alturas manométricas, variando de 2,9 a 13,8 m, com o objetivo de modelar o fluxo de água fornecido, concluindo que a vazão depende basicamente de dois fatores: da carga de bombeamento e da irradiância solar e que, em geral, a vazão aumenta com a irradiância solar, mas não linearmente.

Concluiu, também, que a equação de segunda ordem ajusta-se bem aos dados de vazão em relação à irradiância, porém, devido às inúmeras possibilidades de cargas de bombeamento, as equações são vinculadas a cada carga de trabalho. As necessidades da humanidade, em termos de consumo de energia elétrica, resultam na construção de usinas termelétricas, aproveitamento de combustíveis fósseis e biomassa, também das usinas hidroelétricas que exploram os sistemas fluviais, além da energia das marés e aerogeradores, todos utilizando a energia solar de forma indireta. (Müller, 1997). Sullivan et al. (1980) constataram que um equipamento fotovoltaico de 25 kW forneceu 100% de força necessária para uma bomba que armazenou água num reservatório para em seguida bombear para 32 ha de cereal completamente irrigado. Em uma das conclusões de Pathak et al. (1982), o sistema fotovoltaico tem alta comercialização. O forte dos fornecedores é que a maioria dos sistemas são apropriados para irrigação. O desenvolvimento de um baixo custo da tecnologia fotovoltaica determinará se esta opção encontrará uma extensa aceitação. O sistema fotovoltaico é altamente favorável para aplicação em lugares remotos com dificuldades ou alto custo de transmissão elétrica ou transporte de combustível. Ele pode ser instalado junto ao centro de consumo (Rodrigues, 1983). Ainda, de acordo com Rodrigues (1983), tem uma empresa brasileira fabricando sistemas fotovoltaicos. Esta empresa instalou em Caicó (RN), com apoio da SUDENE, sistemas fotovoltaicos de bombeamento d'água. Há outras instalações fotovoltaicas em Caucaia (CE), acionando sistema de irrigação por aspersão. Hoje praticamente 34% é usado em comunicações, 20% em bombas d'água e 15% em casas isoladas, todos em lugares

Para Radajewski (1987), de qualquer modo é um assunto diferente quando módulos fotovoltaicos tenham que ser usados para fornecer energia elétrica para refrigeração ou iluminação e, especialmente, para bombeamento de água. Uma determinada quantidade de energia é necessária para iluminação, refrigeração e bombeamento.

Isto significa que uma considerável quantidade de dinheiro poder ser poupada usando um mecanismo solar quando bombeamos água usando módulos fotovoltaicos. A vantagem do bombeamento d'água durante um período de radiação solar elevada é que pode ser armazenada em reservatórios, porque nem toda energia solar captada é requerida no momento.

Para Malhotro e Kaur (1989), a bomba fotovoltaica consiste em quatro partes, visor, célula solar, bomba e baterias. Para uso exclusivo de bombeamento de água, o sistema sem baterias é mais eficiente e o custo é menor do que um com energia armazenada. Segundo Ratajczak et al. (1991), os sistemas fotovoltaicos são muitas vezes comercializados como um invento de especial função, tipo luz, refrigeração, bombeamento de água etc. sendo que o bombeamento d'água era o uso predominante dos sistemas fotovoltaicos (PV) no setor agrícola.

Na avaliação do Plano 2015 da ELETROBRÁS (1994), em localidades remotas, longe da rede de distribuição de energia elétrica e para pequenas cargas, já é economicamente viável a utilização de painéis fotovoltaicos para alimentar estações de telecomunicação, para sinalização, iluminação e bombeamento d'água.

De acordo com Fedrizzi (1997), um sistema de bombeamento fotovoltaico consiste basicamente de gerador fotovoltaico, sistema de acondicionamento de potência, conjunto motobomba e equipamentos complementares.

3.9.1 Equipamentos para Bombeamento fotovoltaico

Gerador Fotovoltaico: é um conjunto de módulos fotovoltaicos que por sua vez são compostos de células de material semicondutor, chamados de Células Solares.

Célula Solar: são responsáveis pela conversão da energia através do fenômeno físico denominado "efeito fotovoltaico", que basicamente consiste em converter a radiação solar em energia elétrica. Comercialmente estas células são elaboradas à base de silício mono, policristalino e amorfo, assim como outros materiais, o telureto de cádmio (CdTe), arseniato de gálio (AsGa) e disselureto de cobre-indio (CIS), esse estão menos disponíveis no mercado. Foram também desenvolvidas células bifaciais as quais utilizam tanto a radiação solar global como a refletida pelo solo. Pode-se utilizar também, dispositivos concentradores para aumentar a intensidade da radiação incidente sobre a superfície da célula.

Módulo Fotovoltaico: é formado pela conexão em série de um determinado número de células para produzir tensões adequadas às aplicações elétricas. Uma vez tendo a configuração desejada, o conjunto é encapsulado com material especial que protege de possíveis danos externos. (Silva,2000)

Acondicionadores de Potência: são elementos eletrônicos utilizados na regulação do sistema, dentre eles encontram-se diodos, reguladores de carga, conversores, inversores, etc. São equipamentos que auxiliam um ótimo rendimento do sistema para cada aplicação concreta.

Sua aplicação é indicada para uma melhor confiabilidade de funcionamento e maior vida útil do sistema.

Diodos: são compostos que permitem o fluxo de corrente em uma única direção. Nos sistemas fotovoltaicos são basicamente utilizados de duas formas: como diodos de bloqueio, impedem que a bateria, caso exista na instalação, se descarregue através dos módulos fotovoltaicos, quando da ausência de luz solar, além de evitar que o fluxo de corrente se inverta entre os blocos de módulos associados em paralelo, quando ocorrer sombreamento total ou parcial de um ou mais módulos; e os diodos de *by pass*, protegem individualmente a cada módulo de possíveis danos ocasionados por sombreamento parcial do mesmo.

Regulador de Carga: tem a função de evitar que haja uma sobrecarga ou descarga da bateria, aumentando assim sua vida útil. A não utilização deste equipamento ou sua disfunção podem acarretar danos irreversíveis à mesma.

Conversores CC-CC: é um equipamento eletrônico que transporta uma potência de entrada a tensão contínua V "in", em potência diferente com tensão de saída também contínua de valor V "out", podendo ser a tensão de saída maior ou menor que a de entrada. O conversor CC-CC pode ser utilizado para substituir a bateria nos sistemas de bombeamento. Sua função neste caso é adaptar o funcionamento do motor ao gerador.

Inversores CC-CA: este equipamento converte a corrente contínua do gerador fotovoltaico e/ou das baterias, em corrente alternada, com a tensão desejada. É um elemento de grande importância quando se deseja otimizar a eletricidade gerada por módulos fotovoltaicos, principalmente quando se trata de algo mais que pequenas cargas CC requerendo-se cargas maiores em CA.

É um equipamento capaz de alterar a tensão e as características da corrente elétrica que recebe, transformando-a de maneira que resulte apta aos usos específicos.

Conjunto Motobomba: é especialmente projetado para trabalhar acoplado ao módulo ou ainda à bateria. A interação deste conjunto, de acordo com Langridge et al. (1996), resulta em vários percentuais de eficiência como: 31%, 39%, 43%, 45%, 46%, 49%, 50%.

De acordo com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica/Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (1995), coloca-se a seguir, resumidamente, os motores e bombas utilizadas nos sistemas fotovoltaicos:

Motores Elétricos: existem 3 tipos de motores utilizados em bombeamento solar fotovoltaico:

Motores em corrente alternada (CA), adicionam complexidade ao sistema, pois exigem a inclusão de um inversor para transformar a corrente contínua gerada pelo arranjo fotovoltaico, em corrente alternada, além de causar pequenas perdas de energia. Porém, possuem a vantagem de ter preços mais baixos e estão mais comumente disponíveis no mercado.

Motores em corrente contínua (CC) com escovas, são projetados para operarem por longo tempo.

Motores em corrente contínua (CC) sem escovas, possuem como vantagem o aumento da confiabilidade do sistema e reduzida necessidade de manutenção. Entretanto, eles são geralmente de pequeno tamanho.

Bombas Hidráulicas: as bombas utilizadas nos sistemas de bombeamento solar fotovoltaico são:

Bomba Centrífuga, adequada para aplicação que solicite grande volume de água e pequena altura manométrica.

Bomba Volumétrica, também chamada de deslocamento positivo, adequada quando se deseja atingir grande altura manométrica com pequeno ou moderado volume de água.

Equipamentos Complementares

São todos os sistemas de conexão elétrica e hidráulica bem como outros dispositivos utilizados no aprimoramento do funcionamento geral. Também podem ser os mecanismos de posição, acumuladores de água (tanque) e de energia elétrica (bateria), estruturas de suporte dentre outros. (Silva, 2000)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Localização Física

A pesquisa foi desenvolvida no Núcleo de Energias Alternativas e Renováveis (NEEAR) da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (FCA / UNESP), localizada no município de Botucatu, São Paulo, com localização geográfica definida pelas coordenadas 22° 51' 04'' Latitude Sul e 48° 26' 42'' Longitude Oeste; altitude média de 786 metros acima do nível do mar com clima subtropical úmido e temperatura média anual de 22° C . O laboratório utilizado para montagem e monitoração de dados meteorológicos, elétricos e hidráulicos, conforme figura 10, está instalado numa área cercada com alambrados, composto por módulos fotovoltaicos, um aerogerador instalado a 12 metros de altura e por uma estação meteorológica, composta de uma torre de 10 metros de altura, equipada com sensores e equipamentos de aquisição de dados.

A montagem dos módulos e do aerogerador foi executada pelos técnicos do NEEAR / FCA e a montagem da torre, dos sensores meteorológicos e do equipamento para aquisição de dados, pela empresa Campbell Scientific, da qual foi adquirido o sistema. O painel de controle do sistema automatizado e o sistema hidráulico, composto de caixas de água e canalização, foi montado por técnicos da FCA / Unesp



Figura 10 – Núcleo de Estudos de Energias Alternativas e Renováveis

4.1.2 O Sistema Hidráulico

O sistema hidráulico é composto de duas bombas de diafragma Shurflo 8000, figura 11, com características fornecidas na tabela 3, que tem como objetivo o recalque de água de duas caixas localizadas ao nível do chão, com volume de 100 litros cada caixa, para uma terceira caixa localizada a 6 metros de distância e a uma altura geométrica de 3 metros. A tubulação de recalque utilizada no sistema tem diâmetro de $\frac{3}{4}$ '' em PVC, e a tubulação de retorno, de 2''.

Tabela 3 – Características da Bomba Shurflo 8000

Modelo	Shurflo -8000-443-136
Vazão Nominal	6,5 l / min
Tensão Nominal	12 Vcc
Amperagem Nominal	7
Pressão Nominal	60 PSI (4,1 Bar)
Peso	2,07 Kg

Fonte: Catálogo Shurflo



Figura 11 – Bomba Shurflo - 8000

Na tubulação foram inseridos dois hidrômetros que monitoram a vazão fornecida por cada bomba. Também, foi colocado um hidrômetro eletrônico, desenvolvido na FCA, para medição da vazão de água. Este hidrômetro consta de um sensor indutivo, marca Balluf, localizado dentro da estrutura de um hidrômetro convencional, conforme figura 12, que gera os pulsos por volta do eixo rotativo do hidrômetro. A frequência de pulsos gerada é convertida, no CLP, em litros de água pelo programa desenvolvido para essa automação.

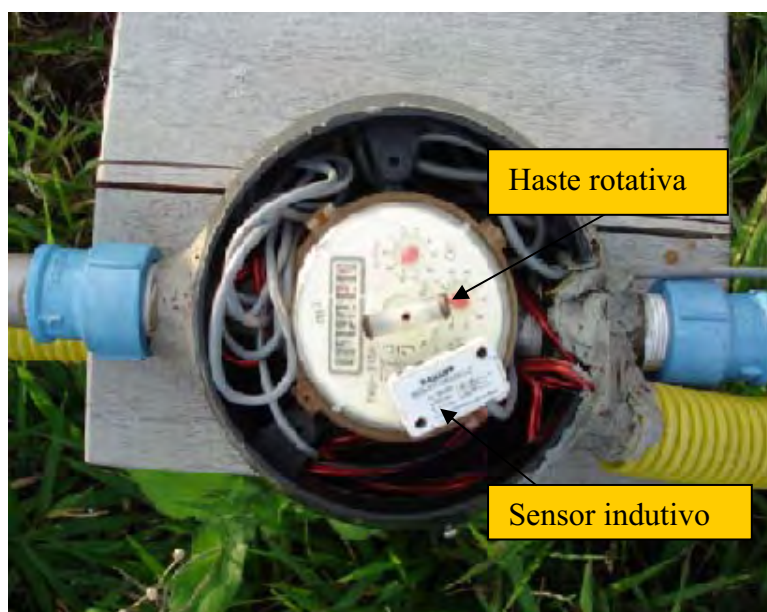


Figura 12 - Hidrômetro Eletrônico

O retorno da água ocorre por uma tubulação de 2'' de diâmetro ligada na parte inferior da caixa elevada. A descarga é controlada por dois sensores de nível, marca Icos, modelo LA16M-40, localizados na caixa superior, sendo um para indicar o nível mínimo de água e o outro para indicar o nível máximo de água. Quando o sensor de nível máximo é atingido, uma válvula solenóide, localizada na tubulação de descida, é acionada; sendo assim, a caixa é esvaziada até que o sensor de nível mínimo seja ativado e feche a válvula solenóide, reiniciando o bombeamento de água por uma das bombas. As figuras 13 e 14 mostram o layout da estrutura montada.

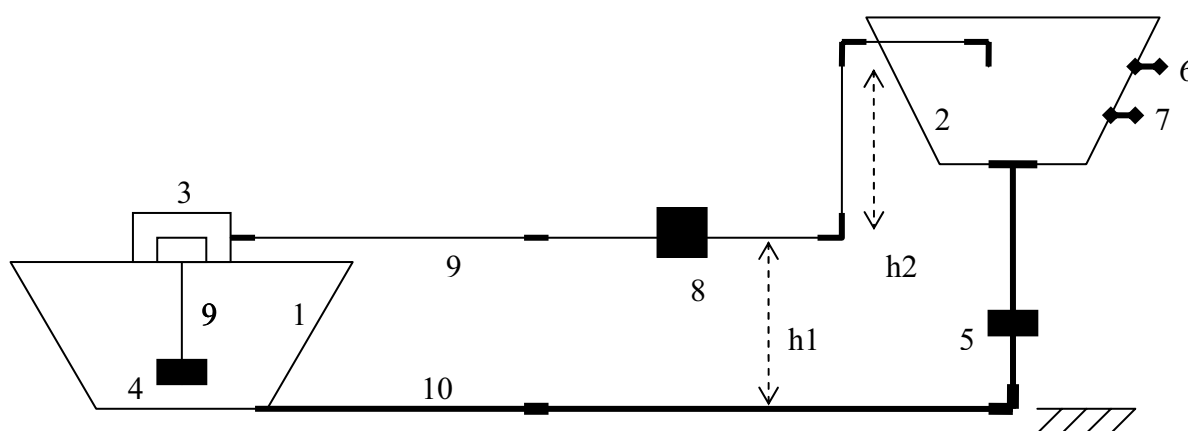


Figura 13 - Layout do Sistema Hidráulico(Elevação)

onde:

- 1;2 - Caixas de água, 100 litros.
- 3 - Conjunto Motobomba Shurflo e Hidrômetros .
- 4 - Válvula de pé com crivo, 3/4''.
- 5 - Válvula solenóide , 2'' , 24 VAC.
- 6 - Sensor de Nível Máximo , Icos.
- 7 - Sensor de Nível Máximo.
- 8 - Sensor de Vazão Eletrônico.
- 9 - Tubulação de sucção e recalque , 3/4'' .
- 10 - Tubulação de retorno, 2''.
- h1 - 0,5 m.
- h2 - 2,5 m .



Figura 14 – Sistema Hidráulico, bombas e caixa superior

O volume existente no corte de cone formado entre os dois sensores da caixa superior é de 62,7 litros. Portanto, toda vez que o sensor de nível superior é atingido, esse volume foi recalcado. O número de vezes de seu acionamento é registrado pelo CLP. A figura 15 mostra a caixa superior (Cx) com válvula solenóide e sensor.

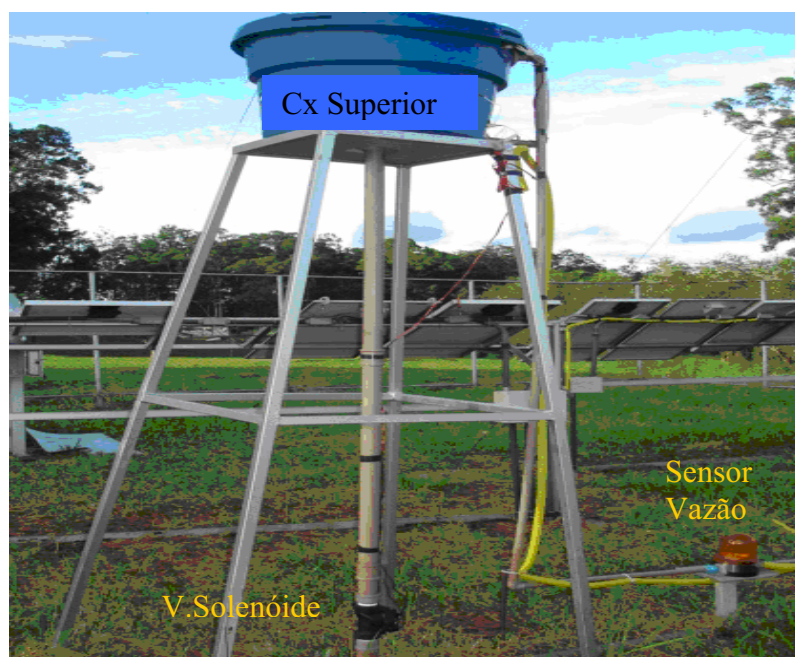


Figura 15 – Caixa Superior com Sensores e Solenóide

4.1.3 Aerogerador

Para desenvolvimento do sistema automatizado aplicado em energias alternativas, aproveitou-se um aerogerador, montado nas instalações do Laboratório de Energização Rural da FCA. O aerogerador existente é o modelo AIR – X, de 400 Watts de potência, AIR-X- 400, fabricado pela empresa norte americana Southwest Windpower, Inc.(Figura 16). Este aerogerador é utilizado para carregamento de baterias, não devendo, pelas suas características ser ligado diretamente a cargas consumidoras de energia .



Figura 16 – Aerogerador AIR – X, 400 W

Seu corpo é constituído de alumínio, visando aplicações em áreas marítimas e, também ajudar na dissipação de calor gerado pelo circuito interno. A hélice do rotor é composta de três pás, sendo construída com material termoplástico a base de carbono. O alternador utilizado é trifásico, sendo do tipo brushless, com ímãs de forte campo magnético colocados no rotor. O sinal AC gerado é retificado internamente por uma ponte retificadora, produzindo a saída DC para alimentar a bateria; possui um sistema de controle eletrônico que se utiliza de um microprocessador para monitoramento das variáveis necessárias. Monitora a voltagem na saída da turbina. Quando a máxima voltagem é atingida, um sistema de freio é acionado. Isso corta a voltagem de saída da turbina e a hélice é levada para uma baixa rotação. O freio permanece até que a voltagem caia levemente abaixo de 12,6 V. Nesse ponto o freio é liberado e a turbina volta a carregar a bateria. O aerogerador carregará a bateria até que o valor de referência ajustado seja atingido (14,1 V). Nesse instante, ele entra no chamado modo de regulação, cortando a saída automaticamente, interrompendo a sua rotação, não gerando mais nenhuma potência. Ela aguarda para retomar o carregamento quando a voltagem inferior for atingida. Esses valores podem ser ajustados através de um potenciômetro localizado no corpo do aerogerador. Há no aerogerador um sistema de proteção

contra sobre velocidade - Stall mode - que é ativado quando a velocidade do vento atinge $15,6 \text{ ms}^{-1}$; permanece nesse estado até que a mesma caia para $14,4 \text{ m.s}^{-1}$. Se forem detectadas velocidades acima de $22,3 \text{ m.s}^{-1}$, ele freia por um tempo de 5 minutos. A tabela 4 dá as características técnicas desse aerogerador.

Tabela 4 – Especificações Técnicas do Aerogerador

Diâmetro do rotor	1,17 m
Peso	6 Kg
Velocidade do vento inicial para rotação	3 m.s^{-1}
Potência média a $12,5 \text{ m.s}^{-1}$	400 W
Faixa de regulação	12 V a 14,1 V

Fonte: Manual do aerogerador, Shouthwest Windpower, 2001

4.1.4 Painéis Solares

O sistema de energia utilizou ao todo 4 painéis solares. Um painel para a alimentação direta da bomba hidráulica. Esse sistema é responsável pelo bombeamento constante da água para a caixa elevada.

As características hidráulicas e energéticas do sistema Pannel – Bomba é um dos objetivos do trabalho. O Pannel usado para alimentação da bomba Shurflo é um S70, Shell, Policristalino (figura 17), com as características apresentada na tabela 5:

Tabela 5 – Características Elétricas do módulo fotovoltaico Shell- 1000 W/m^2

Potencia Nominal (Wp)	Tensão Nominal (V)	Tensão de circuito aberto (V)	Corrente de curto circuito (A)
70	17	21,2	2,90

Fonte: Catálogo Shell



Figura 17 – Painei Policristalino, S 70 , Shell

Para a alimentação do sistema de controle, composto do CLP, inversor de frequência e o sistema de aquisição de dados meteorológicos, foram usados dois painéis de 45 W, monocristalinos, fabricação Heliodinâmica, modelo HM45D12, ligados em série para que o conjunto obtivesse a tensão nominal de saída de 24 V. As características são apresentadas na tabela 6 e na figura 18.

Tabela 6 - Características Elétricas do módulo fotovoltaico Heliodinâmica - 1000W/m²

Potência Nominal (Wp)	Tensão Nominal (V)	Tensão de Circuito aberto (V)	Corrente de curto circuito (A)
45	17	21	2,90

Fonte : Catálogo Heliodinâmica

Essa ligação foi necessária para poder-se manter o inversor de frequência em funcionamento, pois o mesmo bloqueia a saída quando a tensão de entrada cai abaixo de 11,5 volts e dispara o alarme, necessitando de rearme manual para novo funcionamento. Regulando-se, através de um regulador série variável pré-ajustado, a tensão de saída dos painéis de 24 V para 14 V, garantiu-se a tensão mínima na entrada do inversor; no período noturno, a bateria mantém o sistema em funcionamento.



Figura 18 - Painei Heliodinâmica, 45 W

Também foi utilizado um painei monocristalino, Siemens de 65 Watts - SP65-, como uma das alternativas para o sistema de energia. Esse painei tem como função manter carregada uma bateria de 12V, 150 Ah para alimentar, quando necessário, a bomba Shurflo nos ensaios realizados. A tabela 7 e a figura 19 mostram as características desse painei.

Tabela 7 – Características Elétricas do módulo fotovoltaico Siemens , SP65

Potência Nominal (W)	Tensão Nominal (V)	Tensão de circuito aberto (V)	Corrente de curto circuito (A)
65	16,5	21,4	4,50

Fonte: Catálogo Siemens



Figura 19 – Painei Siemens , SP65

4.1.5 Equipamentos de Medições Meteorológicas

Os equipamentos para medição das variáveis meteorológicas e de aquisição de dados do experimento foram instalados em uma torre UT930 da CAMPBELL, conforme ilustra a figura 20. A estrutura da torre é confeccionada em alumínio tubular, treliçada e montada sobre uma base triangular. A torre é composta por três seções, com altura total de 10 metros.



Figura 20 – Torre para instalação de equipamentos meteorológicos

A estação meteorológica é composta de: Anemômetro, Piranômetro, Termo higrômetro, Pluviômetro e Sistema de aquisição de dados. Foram utilizados no trabalho:

Anemômetro :

A velocidade e direção do vento instantânea foram medidas com o anemômetro RM-YOUNG WIND MONITOR da CAMPBELL mostrado na figura 21. O anemômetro foi instalado em uma torre a 10 metros do solo



Figura 21 – Anemômetro RM-Young Winder Monitor

A tabela 8 mostra as especificações técnicas do anemômetro utilizado no experimento:

Tabela 8- Especificações técnicas do anemômetro R.M. YOUNG WIND MONITOR

ANEMÔMETRO - R.M. YOUNG WIND MONITOR	
MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO	
Faixa	De 0 à 60ms^{-1} (216kmh^{-1}), sobrevivência a rajadas de 100ms^{-1} (360kmh^{-1})
Sensor	4 hélices de polipropileno de 18cm de diâmetro com revolução por passagem de ar.
Sensibilidade mínima	$1,0\text{ms}^{-1}$ ($3,6\text{kmh}^{-1}$)
Transdutor	Bobina estacionária montada centralmente, com resistência nominal de $2\text{K}\Omega$.
Sinal de saída	De 0 à 1,00 VDC para o alcance especificado.
DETERMINAÇÃO DA DIREÇÃO DO VENTO	
Faixa	360° mecânicos, 355° elétricos (5° em aberto)
Sensor	Cata-vento balanceado, com raio de rotação de 38cm.
Razão de amortecimento	0,3
Sensibilidade mínima	$1,1\text{ms}^{-1}$ (4kmh^{-1}) à 10° de deslocamento
Transdutor:	Potenciômetro de precisão com revestimento plástico com $10\text{K}\Omega$ de resistência ($\pm 20\%$), 0,25% de linearidade, expectativa de vida de 50 milhões de revoluções, à taxa de 1 watt à 40°C , 0 watts à 125°C .
Sinal de saída	De 0 à 1,00 VDC para 0 à 360° .

Fonte: Manual Campbell

Piranômetro

A irradiação solar foi medida com um piranômetro CM3-KIPP&ZONEN . O CM3 é um piranômetro de segunda classe, com precisão da ordem de 2%. A tabela 9 mostra as especificações técnicas desse dispositivo.

Tabela 9 - Especificações técnicas do piranômetro CM3 – KIPP&ZONEN.

PIRANÔMETRO - CM3 KIPP&ZONEN	
ESPECIFICAÇÕES	
Tempo de resposta 95%:	18 segundos
Não linearidade (à 1000 Wm^{-2})	< 2,5%
Erro direcional (à 1000 Wm^{-2})	< 25 Wm^{-2}
Dependência da sensibilidade em função da temperatura	> 6% (-10 to + 40°C)
Precisão esperada na soma diária	> 10%
Faixa espectral (50% dos pontos, nm)	305-2800nm
Sensibilidade	$10 - 35 \mu \text{VW}^{-1} \text{m}^{-2}$
Sinal de saída esperado em aplicação atmosférica	0 – 50mV
Impedância	79 - 200 (Ω)
Temperatura de operação	-40 to +80°C
Irradiância máxima	2000 Wm^{-2}
Sensor	Termopares de cobre-constantan interconectados em série, formando uma termopilha.

Fonte: Manual Campbell

Termo Higrômetro

A temperatura ambiente, cujos valores médios diários estão registrados nos anexos, foi coletada por meio de uma sonda termo higrômetro HMP45C da CAMPBELL conforme pode ser observado na figura 22. A sonda foi instalada dentro de um filtro de teflon para prover proteção com relação à ação direta da irradiância sobre os sensores, bem como impedir a entrada de água proveniente de precipitações pluviométricas. As especificações técnicas estão na tabela 10.



Figura 22 - Sonda Termo Higrômetro HMP45C

Tabela 10 – Especificações técnicas da sonda termo higrômetro HMP45C.

SONDA TERMO HIGRÔMETRO HMP 45 C	
Temperatura de operação	-40°C à 60°C
Temperatura de armazenamento	-40°C à 80°C
Comprimento da sonda	25,4cm
Diâmetro do corpo da sonda	2,5cm
Filtro	20cm em teflon
Diametro do filtro	1,9cm
Consumo de energia	< 4mA em 12 VDC
Tensão de suprimento	7 à 35VDC
Tempo de aquisição	0,15 segundos
SENSOR DE TEMPERATURA	
Sensor	Resistor de coeficiente positivo (PTC) com resistência de 1k Ω , IEC 751 1/3 Classe B
Faixa de medição de temperatura	-40°C à +60°C
Faixa do sinal de saída da temperatura	0,008 à 1,0 V

Fonte: Manual Campbell

Sistema de Aquisição de Dados

Foi utilizado um datalogger CR23X da CAMPBELL, mostrado na figura 23, para coletar e armazenar os dados enviados pelos sensores meteorológicos e elétricos.



Figura 23 – Datalogger CRX 22, Campbell

Tabela 11- Especificações técnicas do datalogger CR23X.

DATALOGGER - CR23X	
Taxa de execução do programa	O programa é sincronizado em tempo real até 100Hz
Entradas analógicas	12 entradas diferenciais ou 24 em terminal único. Precisão: $\pm 0,025\%$ de 0° a 40°C $\pm 0,05\%$ de -25° a 50°C Faixa de tensão: $\pm 5000\text{mV}$
Saídas analógicas	4 saídas ligadas, ativas somente durante a medição, uma de cada vez; 2 continuas. Precisão : $\pm 5\text{mV}$ de 0° a 40°C
Medidas de resistência	Precisão: $\pm 0,015\%$ de 0° a 40°C
Portas digitais	Faixa de tensão: $5\text{V} \pm 0,1\text{V}$ Resistência da saída: 500Ω Resistência da entrada: $100\text{k}\Omega$
Consumo de energia	Tensão: 11 a 16VDC - Corrente drenada :Aquisição de dados com display desligado – 2,5mA : Aquisição de dados com display ligado – 7mA Processamento – 45mA Medição analógica – 70mA

Fonte: Manual Campbell

4.1.6 Equipamentos do Sistema de Controle

Para o desenvolvimento do sistema de controle e alimentação foram utilizados os seguintes equipamentos, montados conforme figura 24:

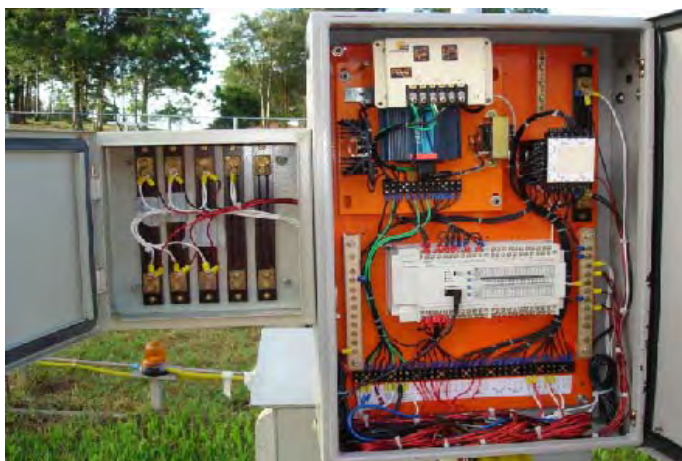


Figura 24 – Dispositivos elétricos utilizados

Controlador Lógico Programável, FP 56, Matsuhita, 127Vac.

Relês Schrack, 12 VCC, 10A.

Inversor de Frequência. PWZ, 300, Portawatts.

Resistores Shunt, 30A/150mV, Kron.

Baterias, 150 Ah, 12V, Ájax.

Controlador de Carga, Isolator, 20A, Isófoton.

Os dispositivos foram acondicionados em dois painéis elétricos, dispostos um ao lado do outro, conforme mostra a figura 25



Figura 25 – Acondicionamento do Equipamento Elétrico

4.2 Métodos

4.2.1 Sistema Automatizado de Operação com CLP

Um dos objetivos foi o desenvolvimento de um sistema de controle utilizando Controlador Lógico Programável para fazer a opção entre mais de uma fonte de energia alternativa disponível em um local para alimentar um sistema de bombeamento de água. Três fontes foram elaboradas para esse sistema, conforme figura 26, procurando-se aproveitar os equipamentos já existentes no Laboratório da FCA de Botucatu, sendo:

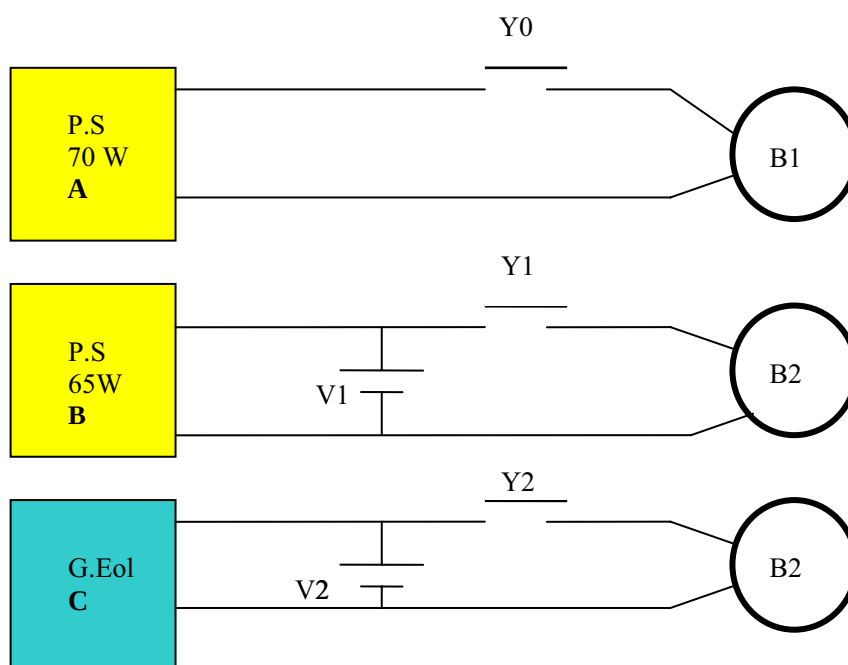


Figura 26 – Fontes de energia utilizadas

I) Painel Solar Policristalino, 70 W, alimentando diretamente uma bomba hidráulica Shurflo 8000, B1

II) Painel Solar Monocristalino, 65 W, alimentando uma bateria, V1, de 12 V, 150 Ah; esse sistema alimenta outra bomba Shurflo 8000, B2

III) Gerador Eólico, 400 W, alimentando outra bateria, V2 de 12V, 150 Ah, que alimenta bomba Shurflo 8000, B2

A opção por uma fonte deve obedecer a um critério pré-estabelecido de prioridade entre as fontes existentes. Esse critério deve ser aplicado no desenvolvimento do software do CLP, sendo que deve obedecer a seqüência:

- 1º - Fonte Solar Direta (A) – Saída Y0 do CLP
- 2º - Fonte Solar Indireta (B) – Saída Y1 do CLP
- 3º - Fonte Eólica Indireta (C) – Saída Y2 do CLP

O sistema automatizado deve possuir as seguintes características :

Operação Automática ou Manual: Faz com que a operação seja feita de uma maneira automática, onde a fonte que acionará a bomba seja a pré-estabelecida no software ou uma escolhida no painel de controle por um operador, operação manual.

Detecção e medida do fluxo de água na tubulação: Possibilita a mudança de fonte por esgotamento de energia e a medida instantânea da vazão.

Medição do tempo de funcionamento de uma fonte: Possibilita saber o tempo de contribuição de cada fonte para o sistema de bombeamento, habilitando estudos de eficiência e operacionalidade.

Fluxo constante de água entre as caixas inferiores e a superior: O sistema requer que haja sempre vazão entre as caixas, o que deve ser previsto com a interligação entre as mesmas; colocação de sensores de nível máximo e mínimo na caixa superior e válvula solenóide para esvaziamento e retorno de água.

Aquisição de dados: Possibilita a determinação do volume bombeado por cada dia de operação e o tempo de bombeamento por dia e por fonte.

Reinício automático: Deve prever a parada e o reinício das operações sempre que se chegar ao fim de um período estabelecido para o estudo de uma semana.

4.2.2 Avaliação das características hidráulicas e energéticas do sistema Paine Solar - Bomba Shurflo em ligação direta.

Deve ser feita uma avaliação hidráulica e energética da bomba Shurflo 8000, alimentada diretamente por um painel solar existente na FCA, Policristalino de 70 W, usada como fonte de energia alternativa no sistema. O painel deve ser mantido em todo período de teste de um ano numa posição fixa, tanto em direção (norte) como em inclinação (23°) na latitude local. A avaliação também deve ser feita para uma altura manométrica fixa, calculada e confirmada por ensaio:

- I) Aplica-se a tensão nominal na bomba, através de uma bateria selecionada por opção manual.
- II) Mede-se a vazão, em litros por minuto, com o uso do hidrômetro eletrônico e dos hidrômetros mecânicos.
- III) Mede-se a corrente elétrica nos terminais da Bomba com um amperímetro
- IV) Com os dados obtidos, plota-se os valores na curva da bomba fornecida pelo fabricante e determina-se a altura manométrica de operação para o local

Efetua-se o cálculo da perda de carga nos componentes do sistema, que considera a somatória da altura geométrica com as perdas localizadas nos componentes do sistema, dadas em metros de coluna de água (mca)

$$H_m = H_g + H_p \quad (9)$$

H_m : altura manométrica (mca).

H_g : altura geométrica (mca).

H_p : perdas localizadas (mca).

Os dados meteorológicos do local de teste são colhidos pelo equipamento de aquisição de dados, datalogger, que monitora a estação meteorológica existente no local. São monitorados os seguintes dados:

Radiação Solar

Temperatura do local

Umidade

Velocidade do vento.

Utiliza-se o datalogger para medir os seguintes dados elétricos:

Corrente consumida pela Bomba Shurflo: Através do uso de resistores shunt -Rsh- que convertem corrente em tensão aplicada em uma das entradas do datalogger.

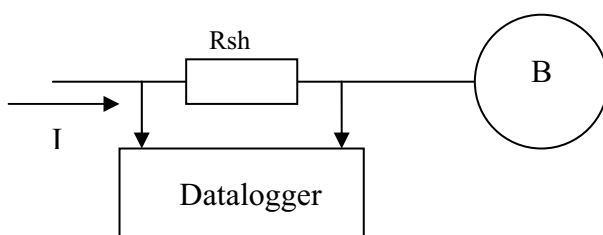


Figura 27 – Medição de corrente com resistor Shunt

Tensão da fonte, Painel Solar, aplicada na Bomba Shurflo: Utilizando, diretamente, uma entrada de tensão do datalogger ligada nos terminais da Bomba.

Início e fim de um período de intervalos de bombeamento: Utilizando uma entrada de tensão no datalogger e a entrada do sensor de fluxo do CLP; possibilidade de avaliar, para futuras aplicações, os horários de início e o fim de cada intervalo de bombeamento.

Através do CLP, Controlador Programável, temos:

Volume Bombeado em litros por dia: utilizando o hidrômetro com sensor eletrônico instalado no sistema hidráulico e, através do número de vezes de atuação do sensor de nível máximo, uma vez conhecido o volume de água armazenada entre os sensores de nível mínimo e nível máximo, 62,7 litros .

Horas de efetivo funcionamento no dia: o software do CLP determina quantas horas por dia a fonte funcionará somente com efetivo bombeamento Se há vazão, medir-se-á o tempo para cada período e

no fim de um dia (9 horas), obtemos o tempo total. Obteremos, com a soma dos dias, o tempo semanal e mensal.

A análise desse sistema objetiva avaliar, prioritariamente, num período de um ano, para cada mês, as seguintes características eletro - hidráulicas:

Volume total bombeado no mês, V_t : Medida direta do CLP, dados em litros.

Vazão média no mês:

$$Q_m = \frac{V_t}{h} \quad (10)$$

onde : V_t é o volume total bombeado em litros, h são as horas de efetivo funcionamento mensal.

A Energia, Wh , total consumida pela bomba: a energia é obtida por integração da potencia, considerando os intervalos de aquisição de dados programados no datalogger, a tensão aplicada pelo painel solar na bomba e a corrente consumida pela mesma bomba .

$$P = V \times I \quad (11)$$

onde: P é a potência em Watts, V é a tensão em volts e I é a corrente em amperes,

$$E_t = \sum_{n=0}^n \left(\int_0^t P(t) \times dt \right) \quad (12)$$

sendo n o número de intervalos de aquisição, t , para o período do dia considerado de 9 horas, 8 hs às 17 hs.

A radiação média do mês:

$$rad_m = \frac{rad_t}{nd} \quad (13)$$

onde : rad_t é a radiação total média do mês em $watts/m^2$ e nd é o número de dias.

A relação entre volume bombeado e radiação média para o mês:

$$r = \frac{V_t}{rad_m} \quad (14)$$

Volume médio diário:

$$V_d = \frac{V_t}{n_d} \quad (15)$$

onde V_t é o volume total em litros no mês e n_d é o número de dias.

A relação entre energia consumida, em W.h e volume bombeado, em litros:

$$K = \frac{W_h}{V_t} \quad (16)$$

4.2.3 Avaliação do potencial eólico no local do experimento

Com o uso do datalogger e do anemômetro, devem ser feitas análises da velocidade do vento no local buscando determinar o potencial para acionamento da bomba hidráulica Shurflo de maneira indireta, mantida por uma bateria.

Os dados coletados da velocidade do vento devem indicar se o local de teste é indicado para manter-se um gerador eólico como fonte de energia alternativa para bombeamento de água.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sistema Automatizado com CLP

No presente estudo, três de energia foram implementadas:

I) Fonte solar aplicada direto na carga (Solar Direto)

II) Fonte Solar carregando Bateria (Solar Indireto)

III) Fonte Eólica carregando Bateria (Eólica Indireta)

O acionamento das bombas se dá pelo Controlador Programável que, através do acionamento de relês ligados em suas saídas, as acionam para verificar a existência ou não de fluxo de água e, posteriormente, fixar a saída em uma determinada fonte, conforme critério de prioridade determinado. O programa de controle resultante foi desenvolvido em linguagem Ladder, para o CLP Matsuhita, FPC52 e se encontra no apêndice1. A figura 28 mostra o diagrama simplificado de ligação das bombas e a figura 29, o mapa de utilização das entradas e saídas do CLP.

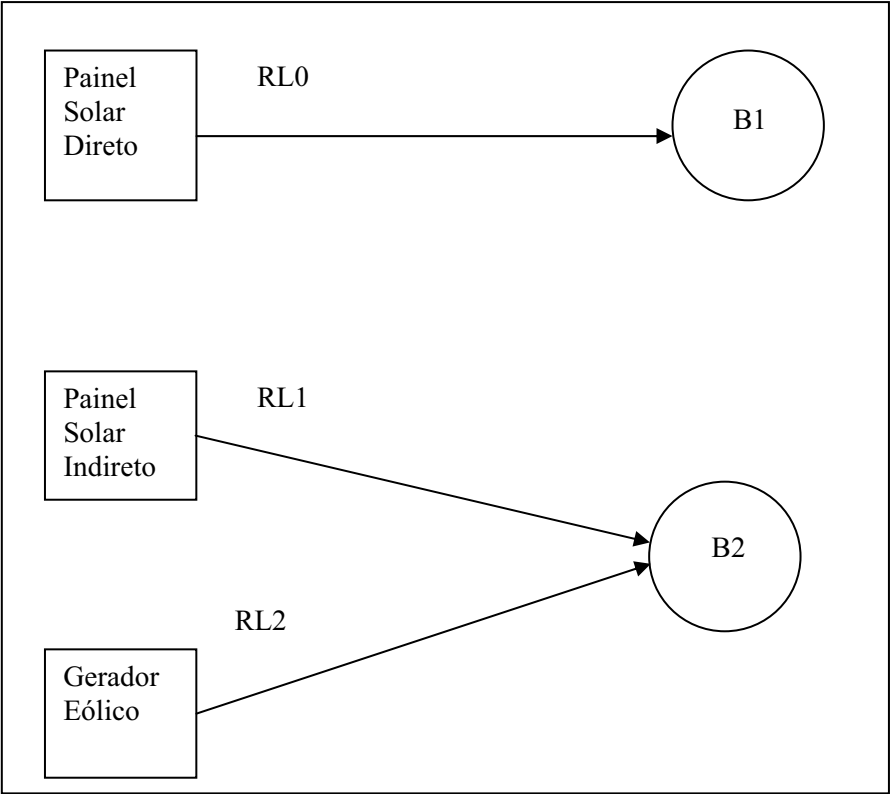


Figura 28 – Sistema de alimentação das bombas

	X		Y	
Aut/ Manual	0	C	0	Solar D
	1	L	1	Solar Ind
Nível Mínimo	2	P	2	Eólico Ind
Nível Maximo	3		3	
Pulsador Opção	4		4	Alarme
Fluxo	5		5	Datalg
	6		6	
Reset	7		7	Solenóide

Figura 29 – Mapa de utilização do CLP

O tipo de controle desenvolvido no programa possibilita a atuação automática ou manual: a ação da chave Opção, no painel de comando, envia o sinal para a entrada X0 do CLP; se ativada opera em modo manual; se desativada, opera em modo automático. A tabela 12 indica os comandos e as entradas e saídas utilizadas.

Tabela 12 – Seleção de modo de operação.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linha do Programa
X0	Opção entre operação manual ou Automático	R1 – R2	13

No modo automático, conforme tabela 13, o sistema faz uma varredura entre as três fontes, verifica a existência de energia em cada uma delas e opta por ligar uma, baseado no sistema de prioridades pré-definido.

Tabela 13 – Operação do sistema em modo automático.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linha do Programa	Temporizadores ou contadores utilizados
R2- R0	Operação do sistema em modo automático	R40-R50- R8-R9- R10-R11- R12-R13- R14-R15- R16-R17- R18-R19- R20	48 a 134	T0-T1-T2-T3- T4

A prioridade entre as fontes foi baseada na disponibilidade de energia verificada inicialmente para o local. Constatou-se que a energia solar é a que resultaria em maior rendimento (Siqueira, 2005). Portanto definiu-se a seqüência: solar direta, solar indireta e eólica indireta. Após a varredura e a verificação de prioridades, automaticamente o sistema memoriza a saída determinada no processo, conforme tabela 14.

Tabela 14 – Determinação da fonte, conforme prioridade.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linha do Programa	Temporizadores ou contadores utilizados
R14-R17- R20-R11	Escolha da fonte conforme prioridade	R21-R22- R23-R24- R25-R26- R27-R11	139 a 181	T0-T1-T2-T4

Após a memorização, uma saída real (Yn)do CLP é acionada ligando o relê (Rn) e ativando a bomba.

Tabela 15 – Acionamento de saída real no modo automático.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linha do Programa	Temporizadores ou contadores utilizados
R21-R22- R23-R24- R25-R26- R27	Acionamento de saída real no modo automático	Y0-Y1-Y2	139 a 258	T0-T1-T2-T4

O ciclo de busca de operação automática, chamado de varredura, pode se repetir em intervalos regulares estabelecidos ou a cada perda de potência da fonte. Esse tempo pré-estabelecido pode ser alterado pelo programador no temporizador (T3), de acordo com as condições locais, conforme tabela 16. No sistema montado, foi programado um tempo de 15 minutos.

Tabela 16 – Comandos para reinício de varredura.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linhas do Programa	Temporizadores ou contadores utilizados
X0-X7- Y7-R27	Determinar tempo para nova varredura	R28	192 a 202	T3

No modo manual, o operador define qual fonte vai operar, sendo essa opção feita pulsando-se um botão no painel de comando que envia sinais para a entrada X4 do CLP. Nesse modo de operação, a fonte fornece energia para as bombas por tempo indefinido, sempre necessitando da atuação do operador para cancelamento da opção, conforme tabela 17.

Tabela 17 – Comandos utilizados para modo manual

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linhas do Programa	Temporizadores ou contadores utilizados
R0- R1-X4 R80	Operação no modo manual	MC0- MCE0- R81-R82- R83-Y0- Y1-Y2	20 a 46	C121

Em ambos os modos de operação, há um botão de entrada (reset). Esse botão, quando ligado, envia sinal para a entrada X7 e faz com que toda a operação seja cancelada.

Tabela 18 – Comando para reset geral.

Entrada X7	Reset Geral
------------	-------------

No sistema montado, foi necessário garantir um fluxo contínuo de água entre a caixa superior e as inferiores. Para isso, foram instalados dois sensores de nível na caixa superior, X2 e X3, sendo um para indicação do nível inferior e o outro para indicação do nível máximo superior. Quando há o acionamento do sensor de nível máximo, o sistema é bloqueado e a caixa é esvaziada rapidamente através da válvula solenóide ligada na saída Y7 instalada na tubulação de descida de 2 polegadas de diâmetro. Ao ser atingido o sensor de nível mínimo, a válvula é bloqueada e inicia-se uma nova varredura para definição de uma fonte, conforme tabela 19.

Tabela 19 – Comandos para níveis máximo e mínimo.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linhas do Programa
X2-X3	Determinação dos níveis máximo e mínimo na caixa de água superior	R0-Y7	0 a 9

O sistema verifica, quando há varredura, a existência ou não de fluxo de água. A resposta é a existência de um fluxo de água na tubulação.

Isso é obtido na entrada X5 que recebe o sinal do sensor de fluxo eletrônico desenvolvido na FCA para essa aplicação. Se, em 10 segundos, não houver um pulso vindo do sensor, o programa no CLP entenderá como a não existência de fluxo; se houver um pulso, como a existência; caso haja água, a informação retorna para o programa memorizar na saída R45 como nível 1 ativado; caso não haja, a informação retorna como nível zero ficando R45 desativado, conforme tabela 20.

Tabela 20 – Comandos para determinação de fluxo.

Entradas utilizadas no CLP	Função	Saídas utilizadas no CLP	Linhas do Programa	Temporizadores ou contadores utilizados
X5	Existência ou não de fluxo de água na tubulação	R45	823 a 835	T66 C111

Um fluxo mínimo, chamado de fluxo de limiar, define a existência ou não de vazão. Nos ensaios realizados, determinou-se que 42 pulsos do sensor eletrônico equivalem a um litro de água. Logo, um pulso equivale a 0,0238 litros. Portanto, a vazão mínima estabelecida foi de 0,0238 litros em 10 segundos, o que nos dá 2,38 mililitros por segundo ou 0,142 litros por minuto, valor muito baixo que pode ser considerado como de não existência de fluxo. O valor mínimo de fluxo pode ser alterado, mudando-se a base de tempo do temporizador T66. Se diminuída, aumenta-se a vazão mínima requerida. Se aumentada, diminui-se a vazão mínima.

5.1.1 Comandos de monitoração de dados

Foram desenvolvidos comandos para que fosse possível a determinação de algumas variáveis no CLP. Como o sistema foi projetado para operar com três fontes de energia, foram acrescentados comandos no programa que permitiram medir grandezas. As grandezas determinadas para monitoração foram:

- Tempo de funcionamento de cada fonte por dia
- Volume bombeado por dia.

Para monitoração do tempo de funcionamento de uma fonte para cada dia da semana, foram utilizados os comandos de 268 a 383 do programa para estabelecer a base de tempo de um dia, chamada de marcação de dia. Os registros do número de horas foram obtidos através dos contadores do tipo up-down, nas linhas 405 a 429 e as informações transferidas para os registradores internos do CLP através dos comandos nas linhas 452 a 796. Registra-se o tempo em que há fluxo; após o período de sete dias, o sistema fica bloqueado, aguardando que as informações sejam arquivadas e todo o processo seja reiniciado.

Para monitoração do volume de água bombeado em um dia, foram utilizados os comandos da linha 837 a 906. O sensor eletrônico envia pulso relativos a vazão de água que são convertidos em litros pelo contador 112. Essa contagem de litros é feita pelo contador na linha 846 e armazenadas no registrador DT55. Através dos comandos de 857 a 899, são transferidos diariamente para seu respectivo contador. O comando na linha 906 é o de reset dos registradores. O período de operação determinado e aplicado nesse sistema foi de sete dias, ao final da qual o sistema se reinicia automaticamente, aguardando a coleta dos dados e o reinício de operação, o que é feito pelo operador; enquanto não houver a aquisição dos dados, o sistema fica inoperante. Esse período pode ser alterado, conforme a necessidade da operação. Se nenhuma fonte tiver condição de acionar a bomba, um alarme foi previsto para avisar o operador, usando a saída Y4, na linha 265 do CLP.

5.2 Avaliação do sistema painel solar – bomba Shurflo em ligação direta

Para essa avaliação, ligou-se um painel solar policristalino de 70W, diretamente em uma bomba Shurflo. Foi usada a saída Y0 do CLP, mantido o programa em modo manual de operação. A bomba utilizada foi a designada por B1, sendo os dados hidráulicos e de tempo de acionamento monitorados pelo CLP; os dados meteorológicos e energéticos foram monitorados pelo datalogger existente no local de teste. O período da avaliação foi de um ano, 12 meses, iniciado no mês de abril de 2006 e encerrado no mês de março de 2007. A coleta dos dados foi feita em períodos semanais, com valores diários e os resultados se encontram no anexo 2. Os parâmetros foram monitorados e calculados durante esse período, conforme metodologia especificada, são:

- 1- Radiação média por dia.
- 2- Volume bombeado de água por dia.
- 3- Energia consumida por dia.
- 4- Volume total bombeado em um mês.
- 5- Energia consumida em um mês.
- 6- Horas de efetivo bombeamento por dia.
- 7 – Horas de efetivo bombeamento por mês.
- 8- Radiação média do mês.
- 9- Volume médio diário bombeado no mês.
- 10- Vazão média do mês.
- 11 - Temperatura média do dia e do mês.

A tabela 21 nos dá os dados tendo como base referencia de tempo o período de um mês. Os resultados diários das variáveis se encontram no apêndice 2 deste trabalho.

Tabela 21 – Valores resultantes das variáveis hidráulicas e energéticas por mês

	Volume (Lt)	Energ (Wh)	hef (horas)	Radiação (W/m ²)	Q1 (Lt/dia)	Q2 (Lt/h)
Abr.06	37682	5246	167	588	1345	225
Mai.06	34262	4445	168	547	1223	211
Jun.06	30995	4012	162	510	1106	191
Jul.06	30140	3824	180	539	1076	167
Ago.06	36116	5128	167	565	1289	228
Set.06	35435	4970	162	560	1265	218
Out.06	30659	3444	144	538	987	191
Nov.06	33195	3797	156	558	1185	212
Dez.06	19701	2168	139	484	703	141
Jan.07	2089	3002	103	407	59	20
Fev.07	36657	4795	168	578	1202	200
Mar.07	30563	3425	149	541	1091	205

As figuras 30 e 31 mostram a relação entre o volume bombeado em decalitros por mês e a radiação média nesse período. A equação determinada na figura 31 é resultante da relação entre radiação e volume durante todo o período de teste.

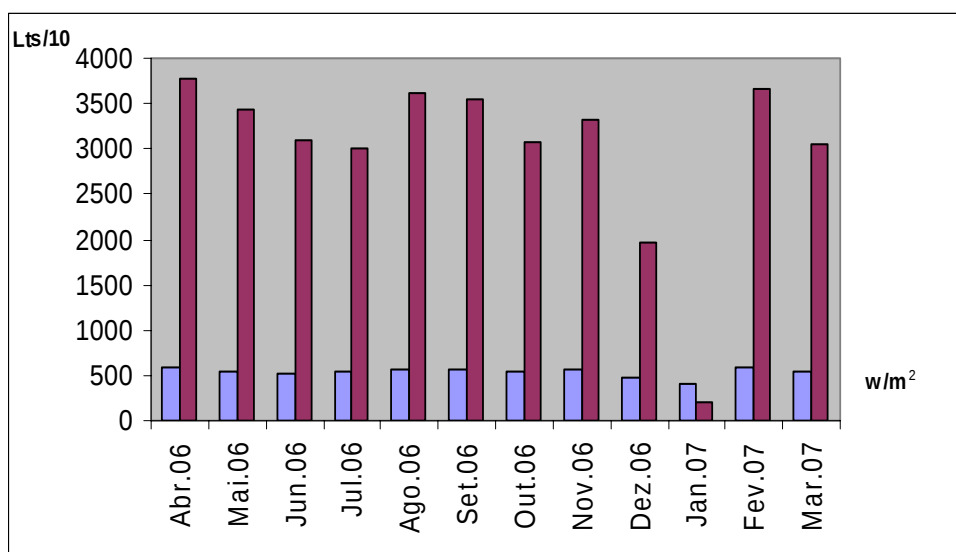


Figura 30 - Volume bombeado (Lts) e Radiação média (W/m²) por período

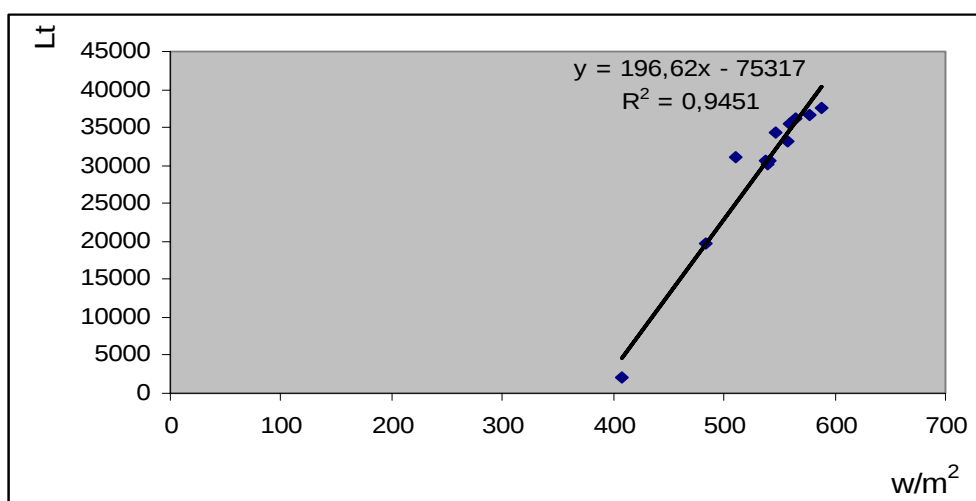


Figura 31 – Relação radiação média mensal x Volume bombeado

As figuras 32 a 55 são os resultados, para cada mês do período, base diária, da relação entre o volume bombeado e radiação média; consumo de energia e volume bombeado. A equação é o resultado do modelo, linear, para cada período.

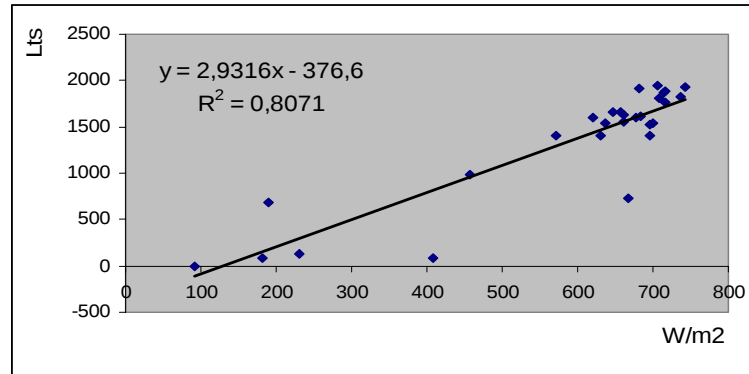


Figura 32 – Radiação média x Volume bombeado,abr.2006

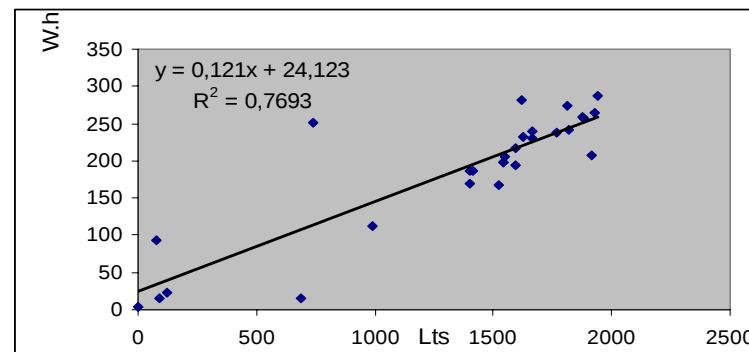


Figura 33 - Volume bombeado x energia,abr.2006

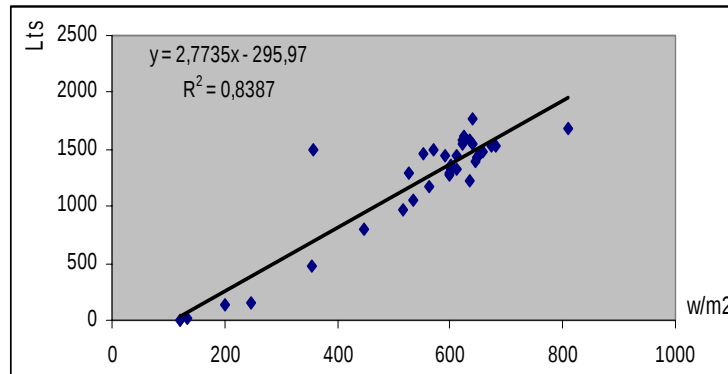


Figura 34 -Radiação média x volume bombeado, mai.2006

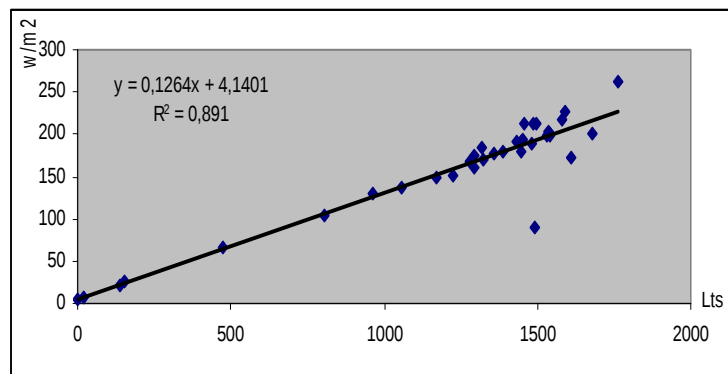


Figura 35 - Volume bombeado x energia, mai.2006

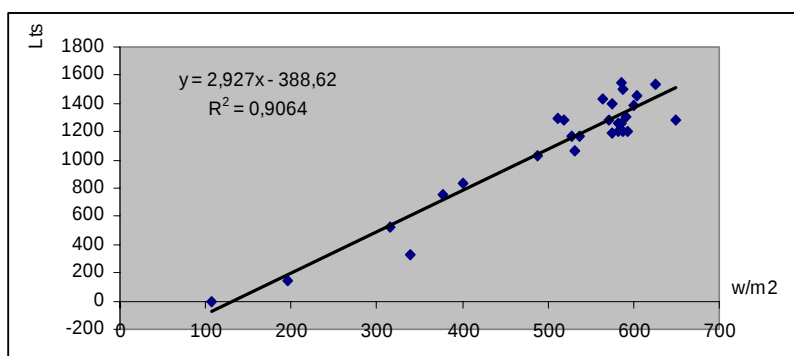


Figura 36 - Radiação média x volume bombeado, jun.2006

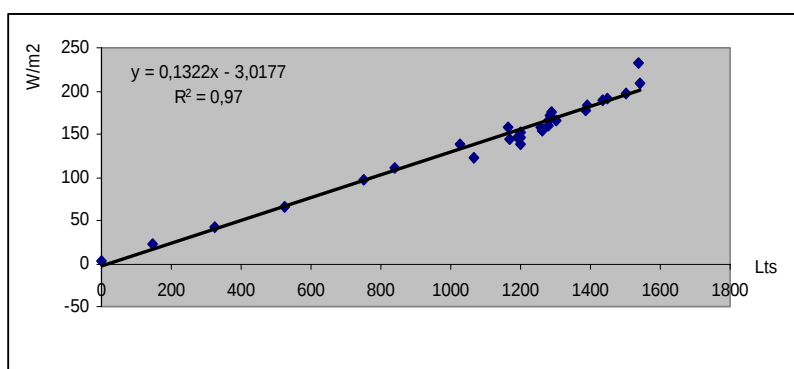


Figura 37 - Volume bombeado x energia consumida, jun.2006

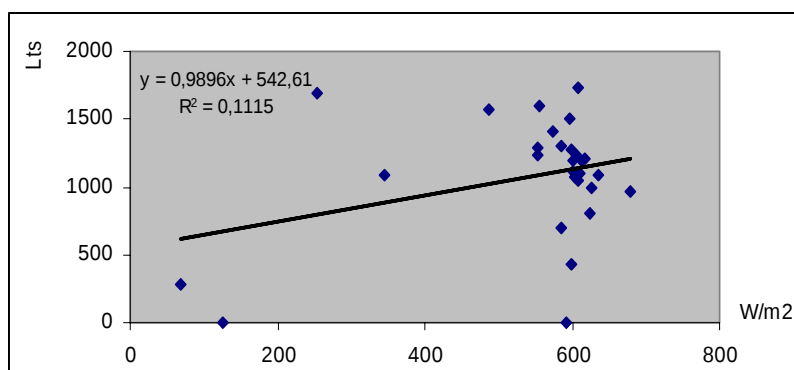


Figura 38- Radiação média x volume bombeado, jul.2006

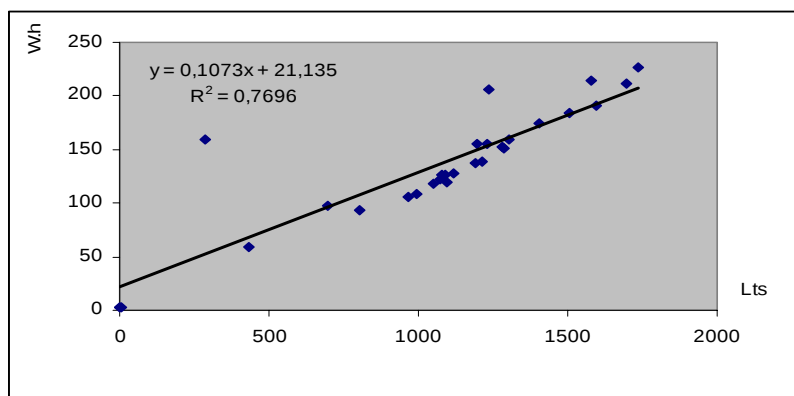


Figura 39 - Volume bombeado x energia consumida, jul.2006

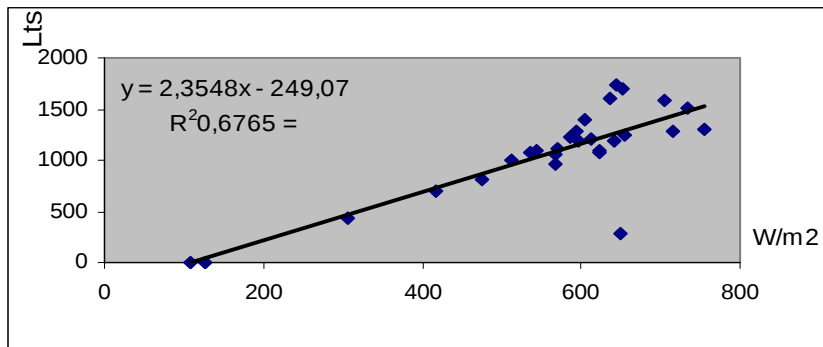


Figura 40 – Radiação média x volume bombeado, ago.2006

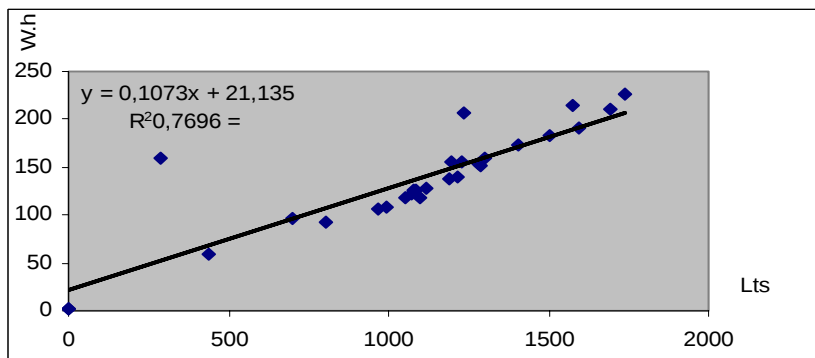


Figura 41 – Volume bombeado x energia consumida, ago.2006

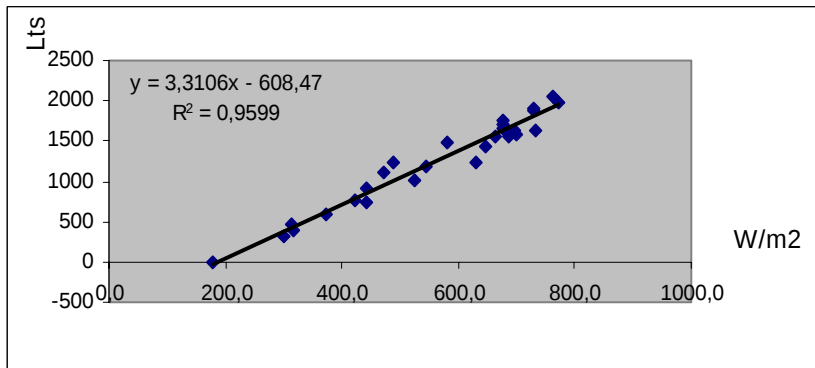


Figura 42 – Radiação média x volume bombeado, set.2006

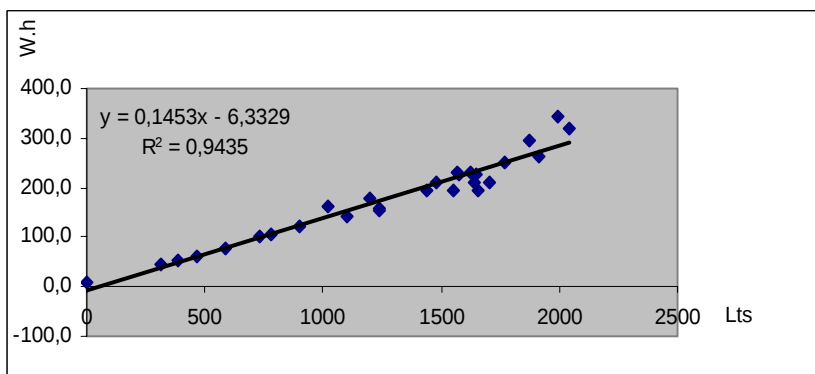


Figura 43 – Volume bombeado x energia consumida, set.2006

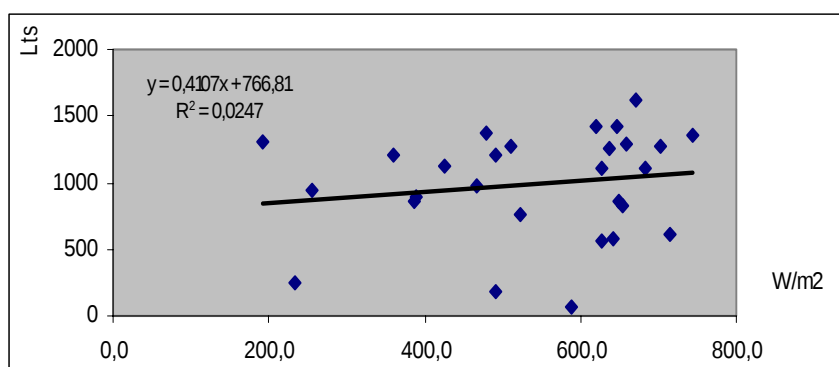


Figura 44 – Radiação média x volume bombeado, out.2006

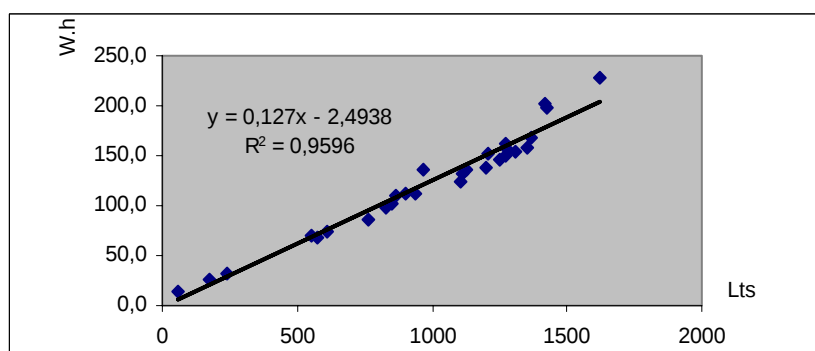


Figura 45 – Volume bombeado x energia consumida, out.2006

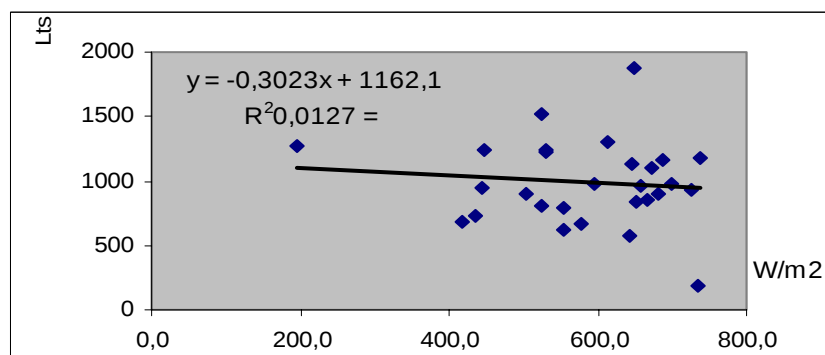


Figura 46 – Radiação média x volume bombeado, nov.2006

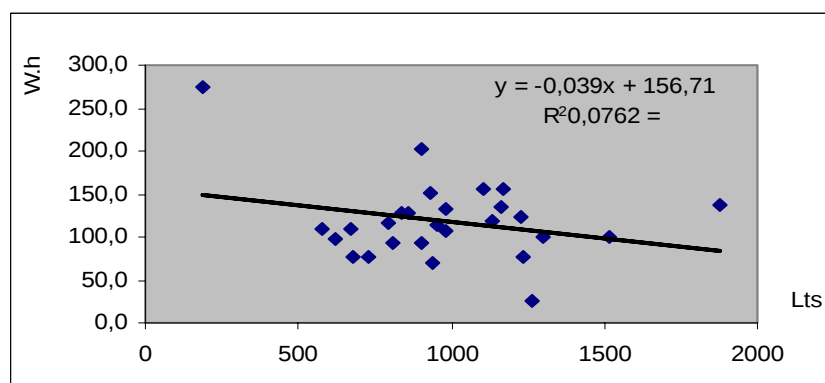


Figura 47 - Volume bombeado x energia consumida, nov.2006

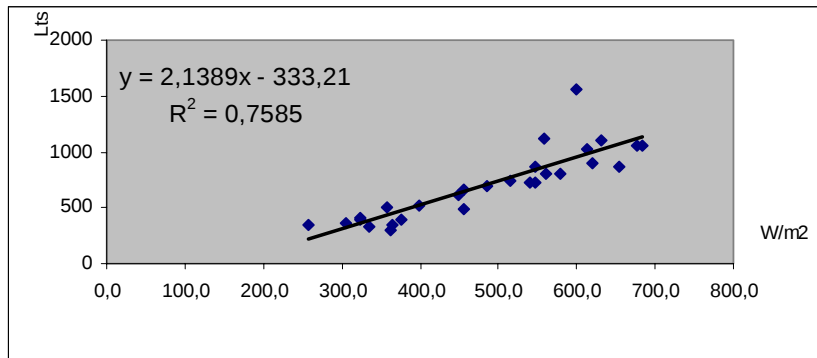


Figura 48 - Radiação média x volume bombeado, dez.2006

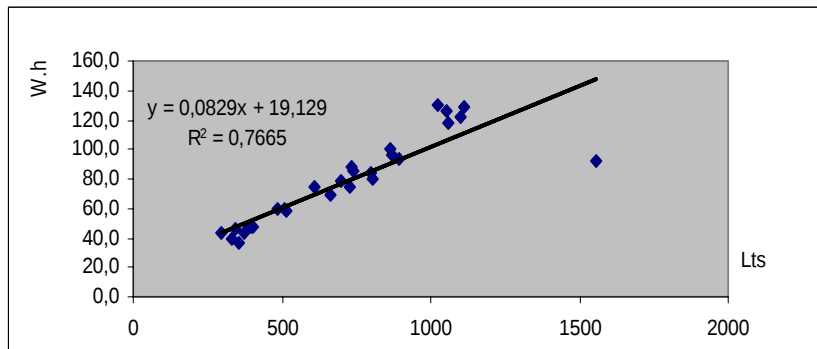


Figura 49– Volume bombeado x energia consumida, dez.2006

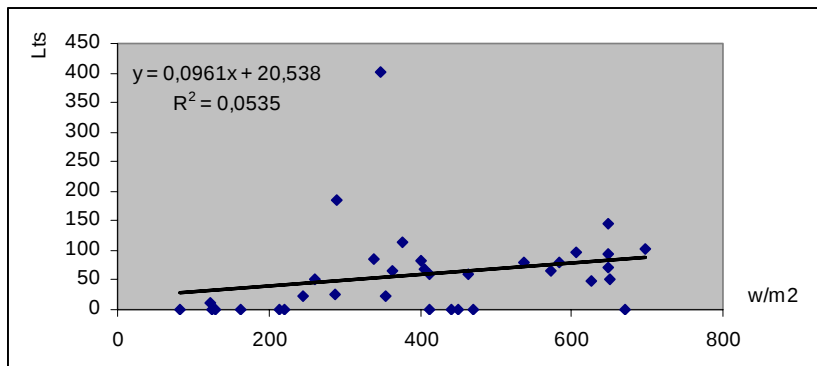


Figura 50 – Radiação média x volume bombeado, jan.2007

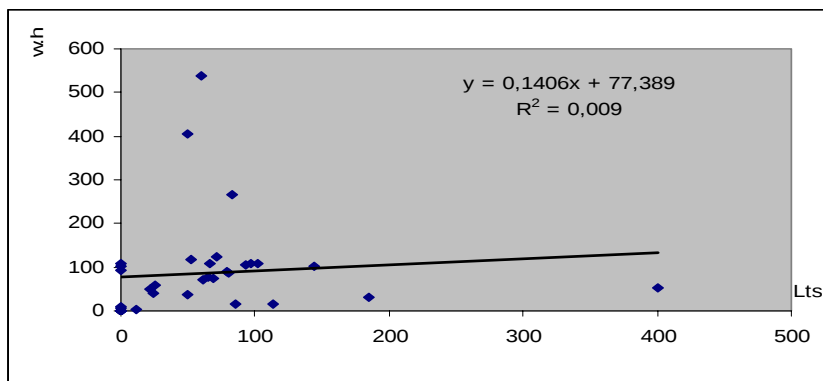


Figura 51 – Volume bombeado x energia consumida, jan 2007

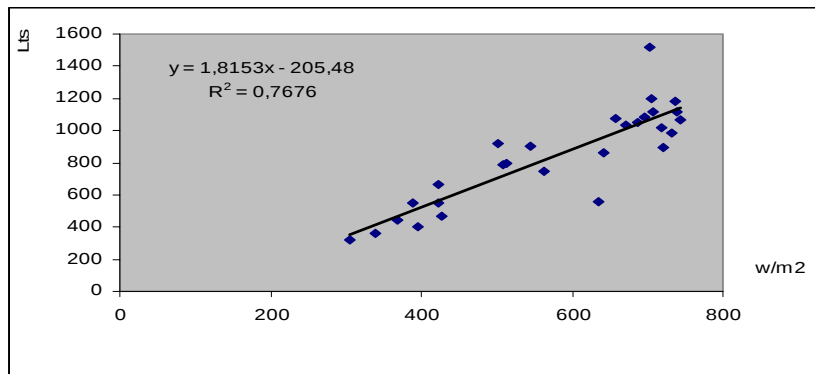


Figura 52 – Radiação média x volume bombeado, fev.2007

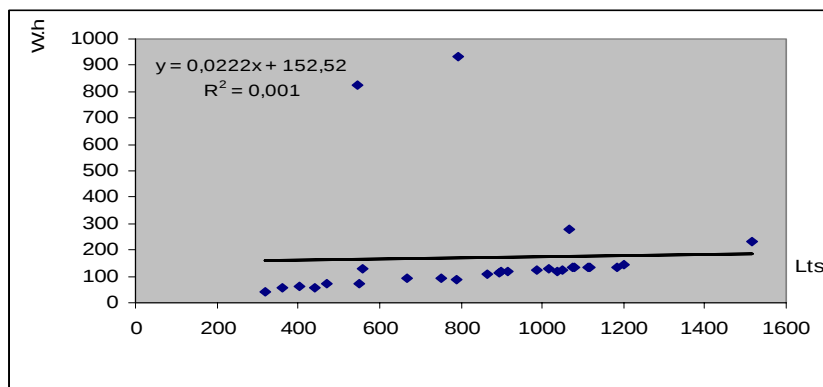


Figura 53 – Volume bombeado x energia, fev.2007

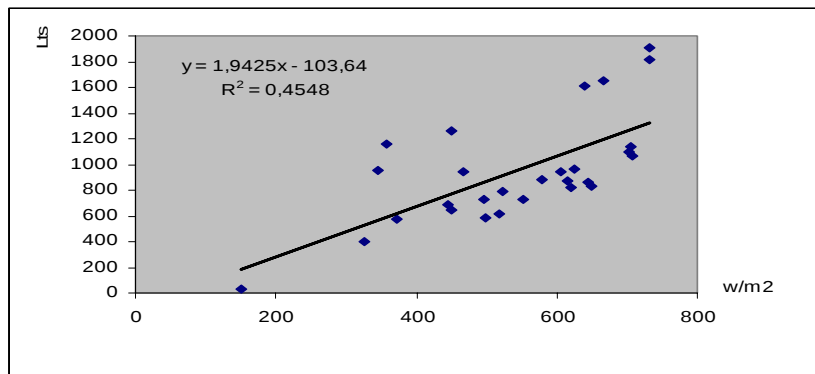


Figura 54 – Radiação média x volume bombeado, mar. 2007

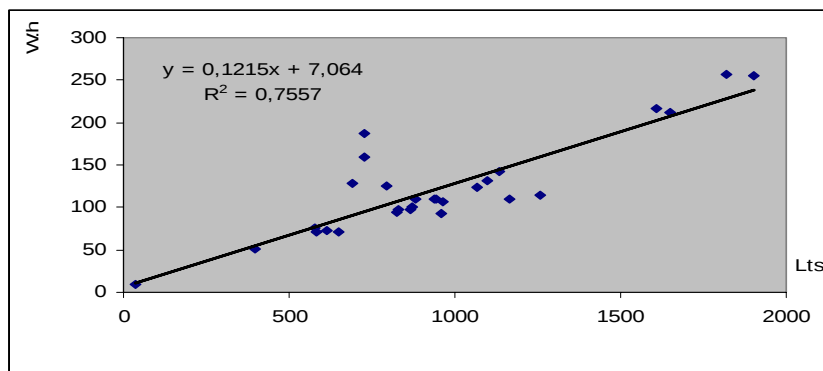


Figura 55 – Volume bombeado x energia, mar.2007

Para cada mês, a relação entre o volume bombeado e a radiação média do mês, r , é dada na tabela 22 e mostrada na figura 56.

Tabela 22 – Relação Volume Bombeado x Radiação Média Mensal

Mês	Volume (lts)	Radiação Média (W/m ²)	r (l/W/m ²)
4/06	37682	588	64,0
5/06	34262	547	62,6
6/06	30995	510	60,7
7/06	30140	539	55,9
8/06	36116	565	63,9
9/06	35435	560	63,2
10/06	30659	538	56,9
11/06	33195	558	59,4
12/06	19701	484	40,7
01/07	2089	407	5,1
02/07	36657	578	63,4
03/07	30563	541	56,4

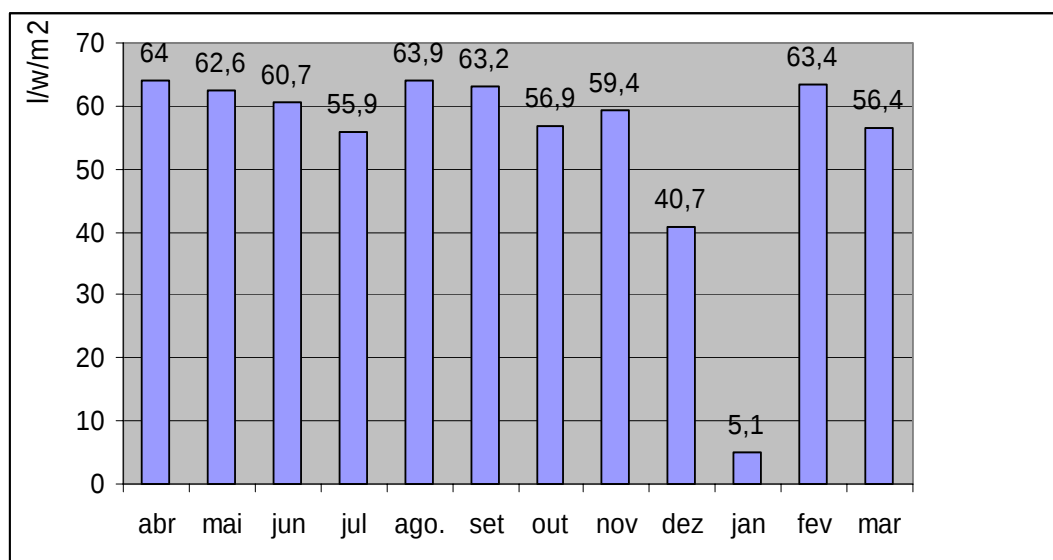


Figura 56 - coeficiente mensal r (l/w/m²)

Relacionando o volume bombeado e a energia para cada mês, obtemos os valores relacionados na tabela 23 e figura 57. O coeficiente K é a relação entre essas grandezas:

Tabela 23 – Relação entre energia consumida e volume bombeado

	Volume(l)	Energia (Wh)	$K = w.h / l$
Abr.06	37682	5246	0,139
Mai.06	34262	4445	0,129
Jun.06	30995	4012	0,129
Jul.06	30140	3824	0,126
Ago.06	31292	4102	0,131
Set.06	35435	4970	0,140
Out.06	27659	3444	0,124
Nov.06	26556	3037	0,114
Dez.06	19701	2168	0,110
Jan.07	2089	3002	1,43
Fev.07	33657	4795	0,142
Mar.07	26563	3425	0,13

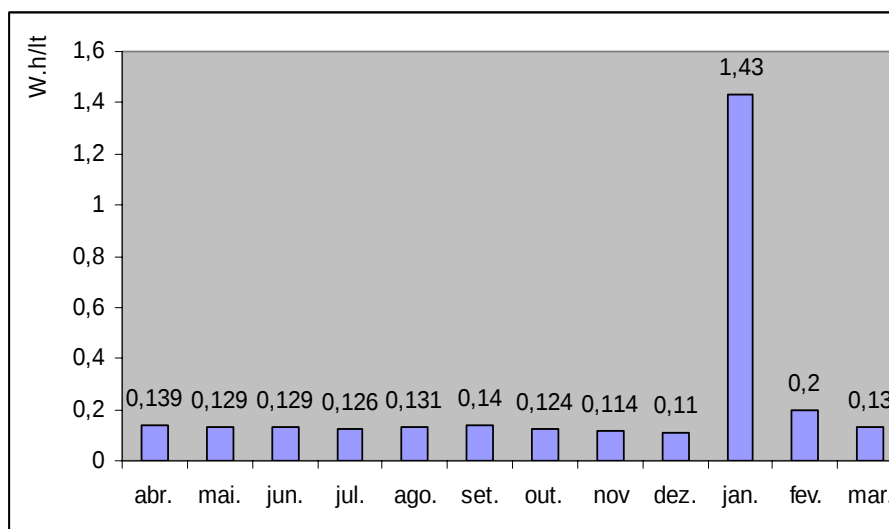


Figura 57 - Coeficiente K(Wh / l)

5.3 Desempenho do Sistema Eólico

A tabela 24 mostra o resultado da velocidade média do vento no local onde se encontra instalado o aerogerador, com o uso do datalogger. A figura 58 é o gráfico resultante.

Tabela 24 – Velocidade do vento no local do experimento (m/s).

	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem.4	Média mensal
Abr.06	2,1	1,8	2,6	2	2,1
Mai.06	1,9	2,5	2,1	2,3	2,2
Jun.06	1,6	2	1,9	2,3	1,9
Jul.06	1,6	2	1,9	1,4	1,7
Ago.06	2,5	1,7	2,1	2,5	2,2
Set.06	2,8	1,9	2,2	3,1	2,5
Out.06	1,8	2,1	3	2,2	2,2
Nov.06	3,2	2,5	2,2	2,3	2,5
Dez.06	1,8	2,5	1,6	2,2	2,2
Jan.07	1,9	2,3	2,3	2,2	2,1
Fev.07	2,0	2,2	1,9	2,4	2,1
Mar.07	2,1	2,4	2,5	2,5	2,3

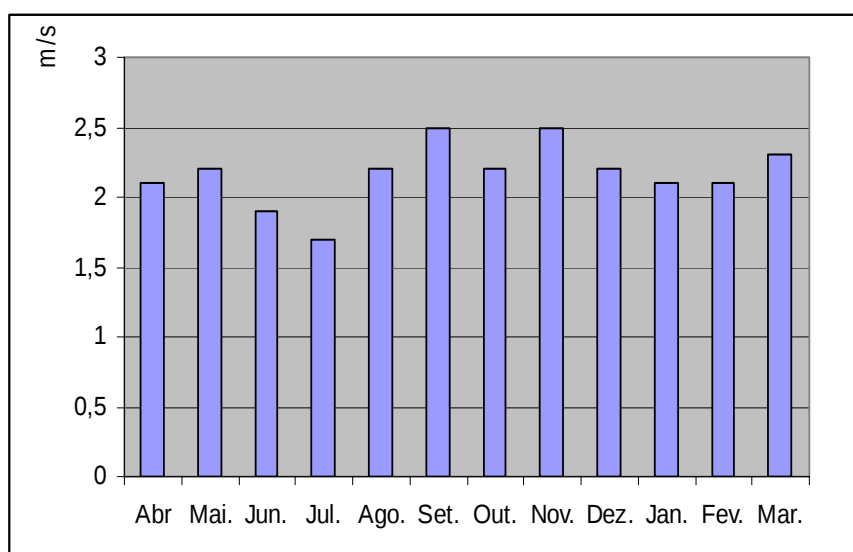


Figura 58 – Velocidade média do vento x mês

5.4 Horários de efetivo funcionamento

Aproveitando-se do uso do Controlador Programável e do Datalogger simultaneamente no trabalho, mostrou-se que é possível determinar os horários em que houve o bombeamento de água. O sensor eletrônico emite sinal só quando há fluxo de água. Essa informação é enviada ao CLP e usada em seu programa de controle, conforme figura 59. Logo, toda vez que o sinal estiver ON, uma saída de CLP, Y5, ativa uma entrada de tensão do datalogger que é constantemente monitorada com base no tempo aquisição. Os horários obtidos são diários e encontram-se registrados no apêndice, como exemplo, para quatro semanas de abril de 2006, para poder ser usado em futuros estudos e aplicações em sistemas.

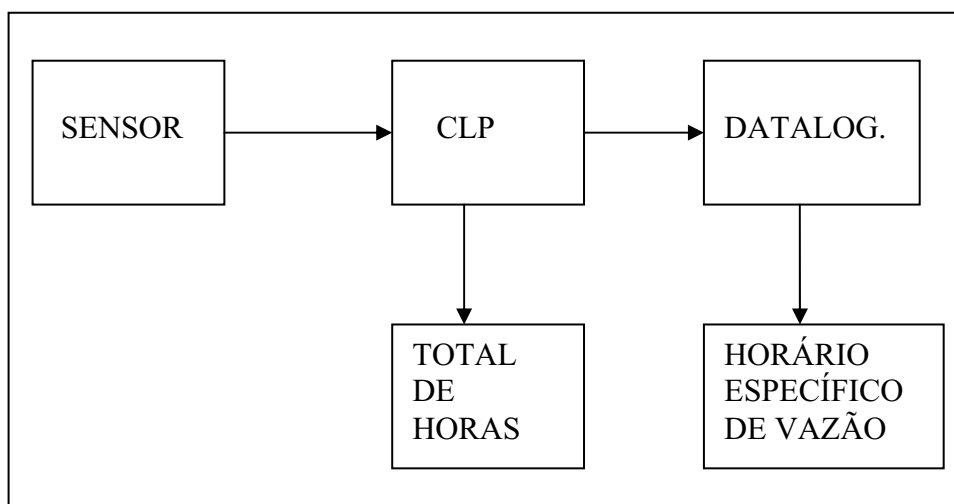


Figura 59 – Esquema para determinação do horário de efetivo funcionamento

6 CONCLUSÃO

6.1 Automação com controlador lógico programável

Nessa etapa, o trabalho mostrou que é possível e viável a utilização de um Controlador Lógico Programável, CLP, em aplicações no meio rural e integrado a sistemas de energia alternativa.

Em locais onde temos a disponibilidade de mais de uma fonte de energia renovável para o acionamento de sistemas de bombeamento de água, a escolha da fonte disponível em determinado momento pode ser feita sem a ação constante do homem, o que é característica de um sistema de controle automatizado de malha fechada.

Isso leva a uma operação com maior eficiência, aproveitando-se ao máximo a disponibilidade de energia do local. A escolha dessas três fontes para desenvolvimento da automação resulta de haver disponibilidade dos equipamentos no local de teste; os resultados observados nos testes de funcionamento mostraram que o sistema funcionou adequadamente dentro do que foi planejado devendo-se ressaltar que o CLP utilizado não foi o adequado para a aplicação, pois como o número de entradas e saídas utilizadas é pequeno, seria adequado utilizar um CLP de porte menor.

A vantagem da utilização de CLP nessa automação desenvolvida reside no fato de sua versatilidade de aplicação, pois se pode adaptar o sistema a qualquer exigência local, bastando modificar o software aplicado. O tempo de varredura entre as fontes e o tempo de duração

de um ciclo para nova varredura pode ser ajustado nos respectivos temporizadores. A vazão mínima considerada, chamada limiar, pode ser ajustada no programa. Os testes de funcionamento para a operação manual e automática foram repetidos durante todo o período, com diversas operações procurando-se a detecção de falhas. Observou-se que, para distâncias entre o CLP e a CPU maiores que 30 metros, o sistema apresentou falhas de comunicação, não se devendo utilizar a comunicação serial RS232 através de cabos. O problema é contornado com a utilização de fibras ópticas ou padrões alternativos de comunicação serial, como RS 485.

No presente estudo, desenvolveu-se o programa para ser aplicado até três fontes de energia alternativas, mas pode ser ampliado para um número maior de fontes, conforme a necessidade da aplicação. No programa foram inseridas linhas que permitiram a aquisição de dados utilizando as memórias internas do CLP. Isso torna o programa grande, com muitas linhas de programação. Mas, numa aplicação efetiva de somente controle, onde não será necessária a aquisição de dados, o programa fica reduzido permitindo a utilização de um CLP de menor porte. O custo de um CLP, do porte necessário para se fazer uma automação nesse tipo de aplicação é avaliado em R\$ 700,00. Os demais itens devem ser avaliados conforme a aplicação a ser realizada, tendo seus custos independentes de se aplicar ou não automação.

Industrialmente, o Controlador Lógico Programável já tem seu uso consagrado, sendo um equipamento de muita confiabilidade e versatilidade. Portanto, não se pode deixar de trazer esse instrumento de tecnologia para outros meios e aplicações, como agroindústrias e irrigação combinadas com a aplicação de energias alternativas. Cada aplicação específica deve ser desenvolvida, testada inicialmente em laboratório e depois no campo, seqüência que foi seguida neste trabalho.

6.2 Avaliação Hidráulico-Energética do painel solar ligado diretamente na bomba Shurflo

A tabela 23 mostra o resultado do volume bombeado pela radiação média de cada mês. A energia consumida pela bomba para o recalque de um determinado volume de água se encontra na tabela 24. Os meses de abril, agosto e setembro de 2006 foram os que apresentaram o maior volume bombeado de água. Isso foi resultado da maior incidência de radiação média no mês, comparativamente aos outros meses, combinando temperatura mais alta e baixo índice pluviométrico. Nos meses de junho e julho, apesar de boa incidência de radiação média, os volumes bombeados foram menores devido à queda na média das temperaturas, o que diminui a eficiência dos painéis solares. Nos meses de dezembro e janeiro os índices de radiação média foram baixos devido ao alto índice pluviométrico. Em fevereiro de 2007, houve uma melhora no volume

bombeado devido à incidência alta de radiação e temperatura. Em março, o índice pluviométrico foi alto, o que levou à diminuição do rendimento.

Os modelos lineares obtidos para cada mês, com suas respectivas equações, apresentadas nas figuras 32 a 55, demonstram para os meses de maio, junho, agosto, setembro e dezembro, uma boa aplicabilidade com o coeficiente de determinação R^2 de valor alto. Para os outros meses, a linearidade não demonstrou aplicabilidade, com R^2 de valor baixo. Um outro modelo matemático pode ser definido para melhor relacionar as variáveis volume bombeado (litros) e radiação média (W/m^2) nesses períodos.

A figura 56 relaciona a radiação média pelo volume bombeado, determinando o coeficiente r . Mostra que há uma relação linear entre as médias da radiação e o volume total considerando a média mensal de radiação. A equação resultante, figura 31, linearizada, apresentou um coeficiente de determinação alto, igual a 0,94; portanto, esse modelo indica que há uma relação direta entre a radiação e o volume bombeado para um sistema alimentado com painel solar diretamente considerando-se as médias mensais.

Observa-se na tabela 24 que a relação entre a energia consumida e o volume é um modelo que tende ser linear. Com exceção do mês de janeiro de 2007, todos os coeficientes K estão próximos de 0,127, média de todos os meses. Para o mês de janeiro, nota-se que, devido ao alto índice pluviométrico, o volume bombeado foi baixo, mas houve um consumo de energia vegetativo, insuficiente para acionar a bomba. Há circulação de corrente, porém, não o suficiente para gerar trabalho útil. Essa energia é desperdiçada nas bobinas da bomba em forma de calor.

O resultado mostrou que nos meses de baixo índice pluviométrico, onde outros sistemas de captação de água não são eficientes, o volume bombeado fica acima de 30.000 litros, podendo esse volume ser usado para consumo, irrigação e outras aplicações com custo somente de instalação e manutenção. A combinação painéis solares garantiria uma melhor regulação do sistema com acréscimo de vazão, mas isso exigiria um investimento inicial maior. O rendimento médio geral foi de 17%.

6.3 Avaliação do sistema eólico

Os resultados apresentados pelo sistema eólico, composto pelo aerogerador, bateria e bomba Shurflo, indicou que a velocidade média do vento para todos os meses, ficou abaixo de 3 m.s^{-1} , valor este recomendado pelo fabricante do equipamento para início de giro. Logo, observou-se que, quando ligada a bomba na bateria que deve ser recarregada pelo aerogerador, essa não suporta manter a bomba em funcionamento.

O balanço energético entre a energia consumida da bateria e a energia repostada pelo aerogerador não é suficiente para manutenção da carga por longo período. Portanto, o sistema de bombeamento mantido pelo aerogerador utilizado não é adequado para o local do teste, devendo-se optar sempre por outros sistemas com maior capacidade energética, preferencialmente a geração fotovoltaica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBADÓ, R. **Energia Eólica**. São Paulo, Editora Artiliber, 2002. 156 p.

ALMEIDA, L. M. G.; PERGIGÃO, M. S. D.; FRANCISCO, N. M. T. **Painéis solares activos**. Trabalho final de mecatrônica, 1999. Disponível em <<http://alumni.dee.uc.pt>>. Acesso em 04.06.2007.

AL-ISMAILY, H. A.; PROBERT, D. **Photovoltaic Electricity prospects in Oman**. *Applied Energy*. Londres, v.59, n.2-3, p.97-124, 1998

ARAÚJO, T. S., SIMÕES, R. J. **Energia eólica**. Brasília: ABEAS/MEC, 1986. 95p. (Fascículo do Curso Fontes Alternativas de Energia para a Agricultura).

BARBOSA, C. F. O., PINHO, J. T., SILVA, E. J. P., GALHARDO, M. A. B., VALE, S. B., MARANHÃO, W. M. A. Situação da geração elétrica através de sistemas híbridos no estado do Pará e perspectivas frente à universalização da energia elétrica. In: AGRENER 2004 - ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5, 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: NIPE/UNICAMP, 2004. 10p. CD-ROM

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Programa Nacional para o desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica. Plano Nacional de energias renováveis e biomassa.** São Paulo, 1996.121p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional.** Brasília, 2005. Disponível em: <[http/ / www.mme.gov.br/site/menu](http://www.mme.gov.br/site/menu) > Acesso em 29 set.2006.

CAMARGO, J. C., SILVA, E. P., APOLINÁRIO, F. R. Potencial fotovoltaico no uso rural para o Estado de São Paulo. In: AGRENER 2000 - ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: NIPE/UNICAMP, 2000. 5p. CD-ROM.

CAMPOS, F.G. R. de. **Geração de Energia a partir de fonte eólica com gerador assíncrono conectado a conversor estático duplo.** São Paulo, 2004. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 120 p.

CARVALHO JÚNIOR, A.V. **Alternativas energéticas para geração elétrica.** In: La ROVERE, E.L., Robert, M. Tecnologias energéticas alternativas: Subsídios para uma política científica e tecnológica. Montevideu: Rostlac, 1989. p. 1-58.

CASTOR, R.M.G. **Introdução a Energia Fotovoltaica.** Disponível em <[http//enerp4.ist.utl.pt](http://enerp4.ist.utl.pt)>. Acesso em:25 julh.2004

CASTRO, R. M. G., **Energias renováveis e produção descentralizadas – introdução à energia eólica.** Portugal: IST, 2004. 82p.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Sistemas fotovoltaicos: manual de engenharia.** Rio de Janeiro: 1995. 207p.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: 1999. 204p.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Eólica**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: 08 nov. 2005

CENTRO DE REFERÊNCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. **Energia eólica**. Disponível em < <http://www.cerpch.unifei.edu.br> >. Acesso em 05. julh. 2007

COMETTA, E. **Energia Solar - Utilização e Empregos Práticos**. São Paulo: Hemus, 127p. 2004.

DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. **Wind Speed Measurement: Anemometers**. Disponível em: <<http://www.windpower.org/en/tour/wres/wndspeed.htm>>. Acesso em: 20 out. 2004.

DEB, S. K. Recent developments in high efficiency photovoltaic cells. **Renewable energy**. Londres, n.15, p.467_472, 1998. Disponível em: <<http://probe.usp.br/pdflinks/04010518331429481.pdf>>. Acesso em : 06.set. 2004.

DENG, X. et al. Amorphus silicon and silicon germanium materials for high efficiency triple junction solar cells. **Solar Energy Materials & Solar Cells**. Londres, n62, p89-95, 2000. Disponível em <<http://probe.usp.br>> acesso em 06 set. 2005.

ELETROBRÁS. **Plano Nacional de Energia Elétrica 1993/2015: Plano 2015**. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em< <http://probe.usp.br/pdflinks/04010311272008232.pdf>>. Acesso em 06.set.2004

FIORENTINO, J. de J. **Catálogo e descrição bibliográfica: avaliação técnica social de projetos de eletrificação rural com sistemas fotovoltaicos em três comunidades do estado de Mato Grosso**. Botucatu: Ed. UNESP, 2000. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de São Paulo. 2000.

FRAIDENRAICH, N. **Energia Solar - Fundamentos e Tecnologias de Conversão Helio-termoelétrica e Fotovoltaica**. Recife: 1995, 471p.

FEDRIZZI, M. C. **Fornecimento de água com sistemas de bombeamento fotovoltaicos**. São Paulo, 1997.161p. Dissertação (Mestrado em Energia/Politécnica) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.

GOLDEMBERG, J. **Energia nuclear: vale a pena?** São Paulo: Scipione, 48p. 1997

GREEN, M. A. et al. **Progress and outlook for high-efficiency crystalline silicon solar cells. Solar Energy Materials & Solar Cells.** Londres, n.65, p.9-16, 2001. Disponível em: <<http://probe.usp.br/pdflinks/04010518571229661.pdf>> Acesso em: 6. set. 2004.

HANSEN, J. C., 1999. Keys to success for wind power in isolated power systems. In: 1999 EWEC - European Wind Energy Conference, 1999, França. **Proceedings...**New Delhi: Allied Publishers Ltd., 1999, 6p.

IRANI, T. O Petróleo é nosso - O futuro da energia no Brasil. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 21 abr. 2006. Especial, pH1-pH2

ISLAME, M. Q., ISLAM, S. M. N., ISLAM, A. K. M. S, RAZZAQUE, M.M. **Application of wind energy for irrigation in Bangladesh.** Agricultural Mecanization in Asia, Africa and Latin America, v.26, n.2, p.24-8, 1995.

INFIELD, D. G., LUNDSAGER, P. ET AL., Engineering design tools for wind diesel systems: presentation and validation of the logistic modelling package. In: 1993 ECWEC - European Community Wind Energy Conference, 1993, Lübeck-Travemünde. **Proceedings...**Bedford: H. S. Stephens & Associates, 1993. 4p.

JACOBI, P. **A água no mundo.** Disponível em <<http://www.geologo.com.br.htm>>. Acesso em 10. set. 2005

JAFAR, M. A. **A model for small-scale photovoltaic solar water pumping.** Renewable Energy, Oxford, v.69, n.1-2, p.85-90, 2000

KARINIOTAKIS, G., STAVRAKAKIS, G., NOGARET E; BORDIER M. Advanced modelling and identification of autonomous wind-diesel power systems. Application on the French Island Désirade. In: 1993 ECWEC - European Community Wind Energy Conference, 1993, Lübeck-Travemünde. **Proceedings...**Bedford: H.S. Stephens & Associates, 1993. 4p.

KOU, Q.; KLEIN, S. A; BECKMAN, W. A. **A method for estimating the long-term performance-coupled pv pumping systems**. Solar Energy, Oxford, v.64, n.1-3, p.33-40, 1988.

LADAKAKOS, P. D., ANDROUTSOS, A. I., PAPADOPOULOS, M. P., 1996. A probabilistic model for evaluating the performance of wind-diesel power systems. In: 1996. EUWEC- European Union Wind Energy Conference, 1996, Goteborg. **Proceedings...**Bedford: H.S. Stephens & Associates, 1996. 4p.

LORENZO, E. **Eletricidade Solar: Ingenieria de los Sistemas Fotovoltaicos**. Espanha: Artes Gráficas Galas, 1994. 338p

LOXOM, F; DURONGKAVEROJ, P. **Estimating the performance of a photovoltaic pumping system**. Solar Energy. Oxford, v.52, n.2, p.215-19. 1994.

MALHOTRA, K. S., KUAR, M. **Selecion of appropriate solar pump for agricultural applications**. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, v.20, n.1, p.45-8, 1989.

MANWELL, J. F., MCGOWAN, J. G., A combined probabilistic/time series model for wind diesel systems simulation. **Solar Energy**, n.53, v.6, p.481-90. 1994.

MARQUES JÚNIOR, S., VALADÃO, L. T., VIEIRA, A. R. R., MOURA, M. V. T. **Análise dos dados de vento para a região de Botucatu - SP utilizando a distribuição beta**. Rev. Bras. Agrometeorol., v.3, p.129-32, 1995.

MARTINS, D. O Comportamento dos ventos na região de Botucatu - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1993, Ilhéus. **Anais...**Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.815-25.

MARTINS, D. Determinação do potencial eólico na região de Botucatu - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1993, Ilhéus. **Anais...**Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993b. p.826-39.

MASTRÁNGELO, S.; IANNINI, R.; GONZALEZ, J. **Energía Eólica. Teoría y Características de Instalaciones. Buenos Aires.** Disponível em:< <http://www.cnea.gov.ar/xxi/energe/b13/eolica1.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2004.

MIALHE, L.G. **A energia dos ventos - Máquinas motoras na agricultura.** São Paulo: EDUSP, 1980. v.1, p.74-93.

MISHRA, S. P.; SHARMA, K.N. **Utility of windmill in coastal belt of Orissa.** Agricultural Mecanization in Asia, Africa and Latin America, v.23, n.4, p.47-9, 1992.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS (CERPCH). **Energia Eólica: Tipos de Aerogeradores.** Disponível em: <www.cerpch.unifei.edu.br/fontes_renovaveis/eolica.htm> Acesso em 28.jul.2006.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de energias - 2030.** Disponível em: < www.mme.gov.br> acesso em 05.07.2007

MONTENEGRO, A. A., **Fontes não Convencionais de Energia.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1999. 208p.

MÜLLER, R. Energia solar fotovoltaica - fonte de energia inesgotável. In: ENERSHOW'97: FEIRA E CONGRESSO, 1997, São Paulo. **Trabalhos apresentados...** São Paulo: MM Editora, 1997. p.51-7.

NATALE, F. **Automação Industrial.** Ed. Érica, São Paulo,1995 . 312p.

OLIVEIRA, S. H. F.de. **Catálogo e descrição bibliográfica : dimensionamento de sistemas autônomos : ênfase na eletrificação de residências de baixo consumo.** São Paulo: EDUSP, 1997. 240p. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, USP,1997.

OLIVEIRA, S. H. F. de. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos: Ênfase na Eletrificação de Residências de Baixo Consumo.** Botucatu, 2002. 112p. Dissertação (mestrado em Energia). PIPGE/USP.

PALZ, WOLFANG. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo. Ed. Hemus, 358 p. 2002.

PATHAK, B. S.; ENGIRA, R. M.; MANNAN, K. D. **Energy efficiency of power system options for irrigation**. Agricultural Mecanization in Asia, Africa and Latin America. v.13, n.4, p.75-8, 1982.

PROTOGEROPOULOS, C.; PEARCE, S. **Laboratory evaluation and system sizing charts for a second generation direct PV-powered, low cost submersible solar pump**. Solar Energy, Oxford, v.68, n.5, p.453-74, 2000

QUINLAM, P. J. A. Time series of modeling hybrid wind photovoltaic diesel power systems. **Master`s degree thesis**. University of Wisconsin, Madison, EUA.1996

RADAJEWSKI, W. **Water-driven solar tracking mechanism**. Energy Agriculture, v.6, n.2, p.167-76, 1987

RODRIGUES, C. R. **Solução energética**. São Paulo: Editora Unidas, 1983. 360p.

ROSAS, P. A. C., ESTANQUEIRO, A. I., **Guia de Projeto Elétrico de Centrais Eólicas**. Recife: CBEE, 2003. 62p.

ROGER, R. **Produza energia do vento**. s.l.: s.n., 1997. 134p

RATAJCZAK, A. F.; KASZETA, W. J.; PARKER, B. F. **Agricultural applications of photovoltaic systems**. Solar Energy in Agriculture of the Series Energy in World Agriculture, v.4, p.115-55, 1991.

SÁ, A. L., LOPES, J. D. S. **Energia eólica para geração de eletricidade e bombeamento de água**. Viçosa, CPT, 2001. p.10, p. 49, p51.

SILVA, C. D. e. **Eficiência da conversão de radiação solar em energia elétrica por módulos fotovoltaicos**. Botucatu, 2003. Tese de Doutorado – FCA, Universidade Estadual Paulista. 166p.

SILVA, C. D.e. **Avaliação do Potencial das Energias Solar e Eólica para Acionamento de Pequenos Sistemas de Bombeamento na Fazenda Lageado**. Botucatu, 2000. 89p. Dissertação (mestrado em Agronomia). UNESP/FCA.

SILVA, C. D. e. **Potência gerada e eficiência dos módulos fotovoltaicos em função da radiação global incidente para bombeamento de água**. In: Seminário de energia na agricultura, 2000, Uberaba. p. 92-97

SILVA, E. P. da.; CAVALIERO, C. K. N. **Perspectivas para as fontes renováveis de energia no Brasil**. Disponível em< www.unicamp.br/unicamp_hoje/ju/fevereiro2003.html> acesso em 7 set. 2005.

SILVA, E. P. **Fontes de Energia**. Disponível em<www.comciência.com.br/reportagem/shtml>. Acesso em 7 set. 2005.

SILVA. C. D. e. **Catálogo e descrição bibliográfica: Avaliação do potencial das energias solar e eólica para acionamento de pequenos sistemas de bombeamento na Fazenda Lageado**. Botucatu, SP: EDUNESP, 2000. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, 2000.

SIQUEIRA, J. A. **Desempenho da geração de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico de pequeno porte para energização rural**. Tese de doutorado, FCA, Unesp. 2005.

SILVEIRA, P. R da.; SANTOS, W. E. dos. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo. Érica, 1ª ed. 230 p.

SULLIVAN, N. W., THOMPSON, T.L.; FISCHBACH, P.E.; HOPKINSON, R.F. Management of solar cell power for irrigation. **Trans. ASAE** (Am. Soc. Agric. Eng.), v.23, p.919-23, 1980.

SUZUKI, C. K.; PEREIRA, J. T. V. Energia solar e produção de silício metálico baseado no programa QITS (Quaras Industrial Tarde Sustem). In. Agrener 2000 – Encontro de Energia no Meio Rural L, 3, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: NIPE/UNICAMP 2000. 1 CD-ROM.systems. **Master's degree thesis**, University of Wisconsin, Madison, EUA, 1996

THOMAS, M. G. **Water pumping; the solar alternative**. Center Fotovoltaic Systems Design. (S.L.:s.n.), 1987. 67p.

TSUTSUI, H. **Water lifting devices with renewable energy for agriculture in Asia developing countries with emphasis on the chinese experience**. J. Irrig. Eng. Rural Planning, n.17, p.31-47, 1989.

TOMALSQUIM, M. T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003, 515p.

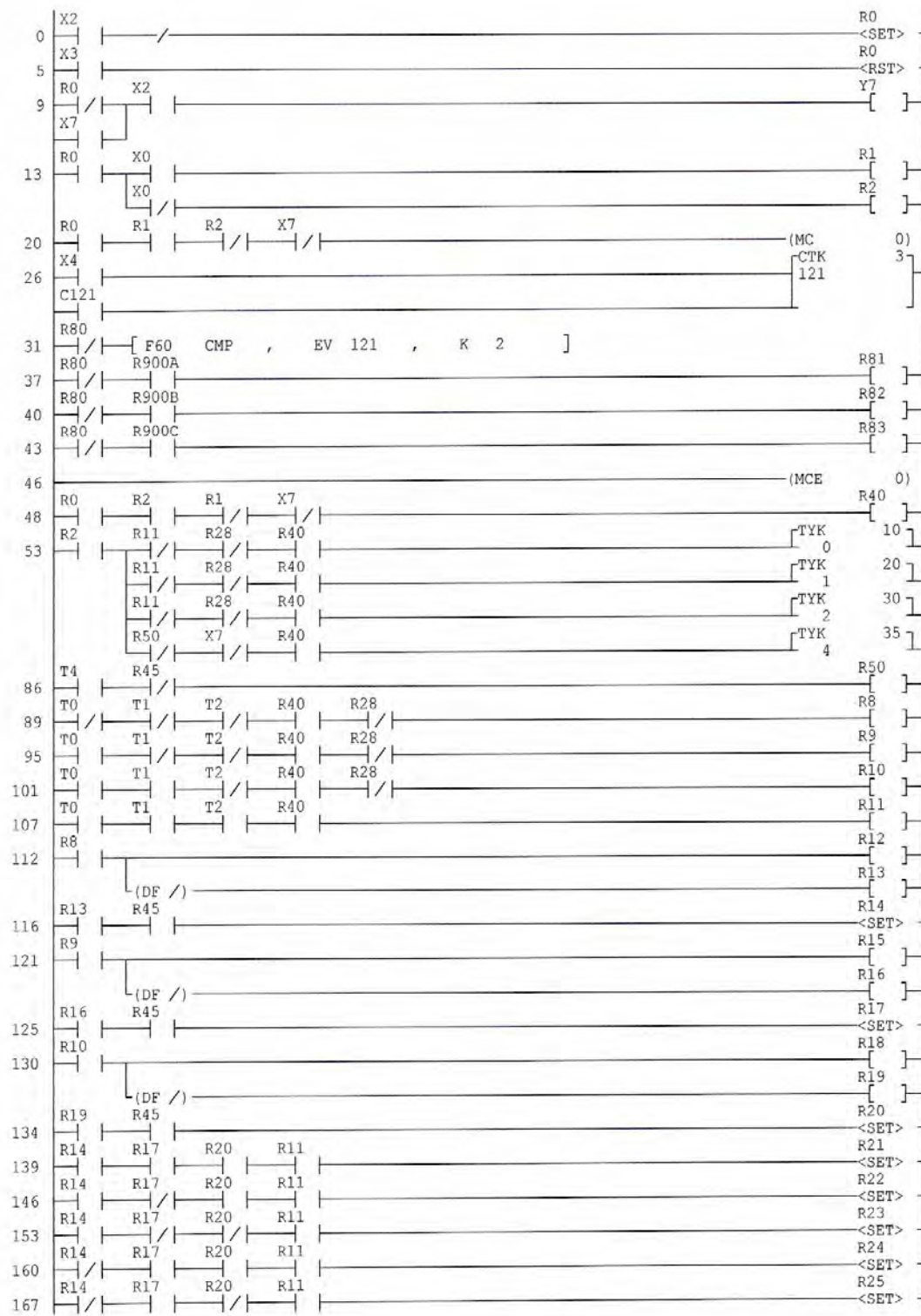
TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374 p.

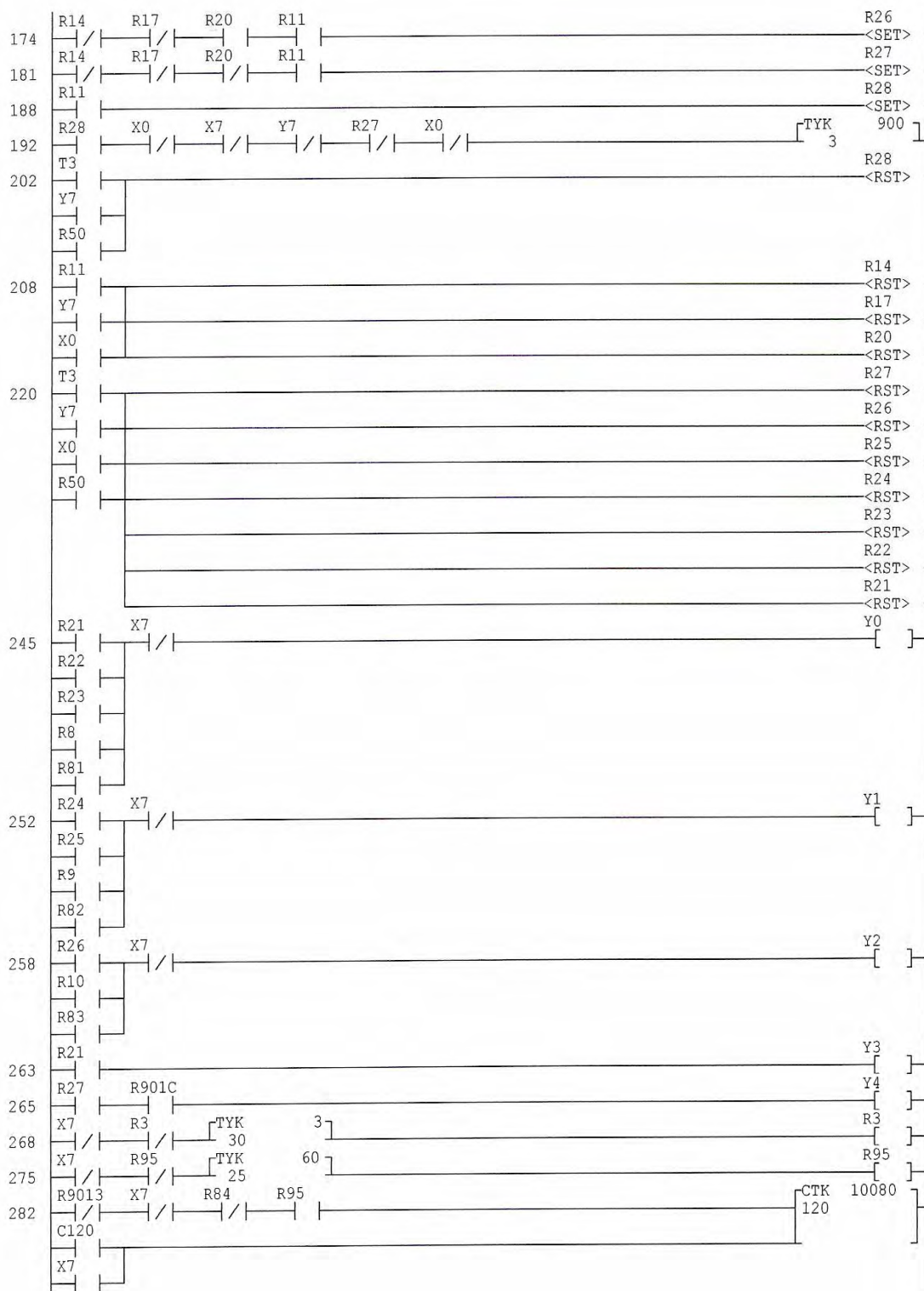
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **O Sol**. Disponível e <<http://if.ufrgs.br>> acesso em 05.07.2007

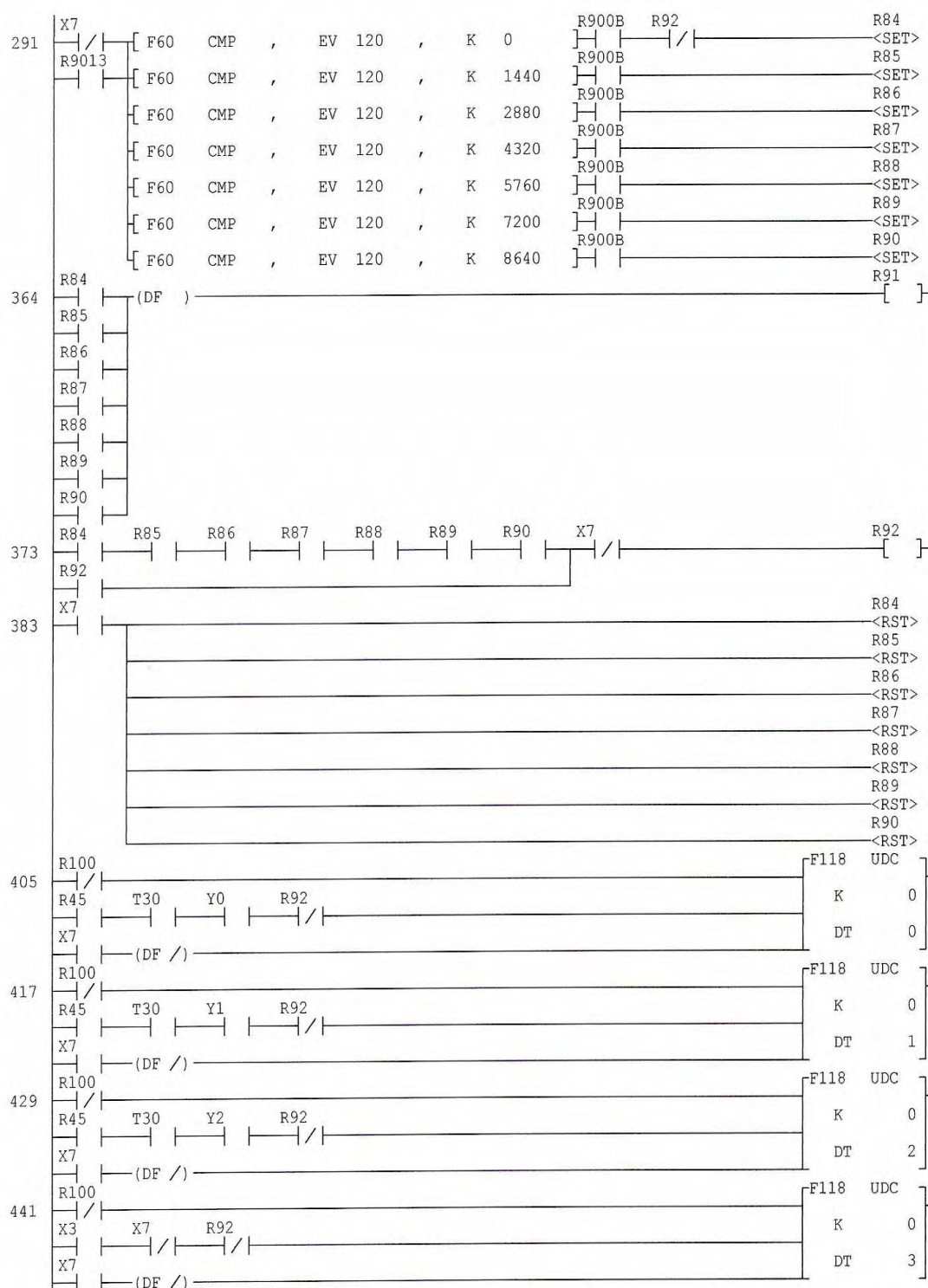
VALE, S. B., Monitoração e análise de um sistema híbrido eólico-diesel para wind diesel systems simulation. **Solar Energy**, n.53, v.6, p.481-90, 1994.

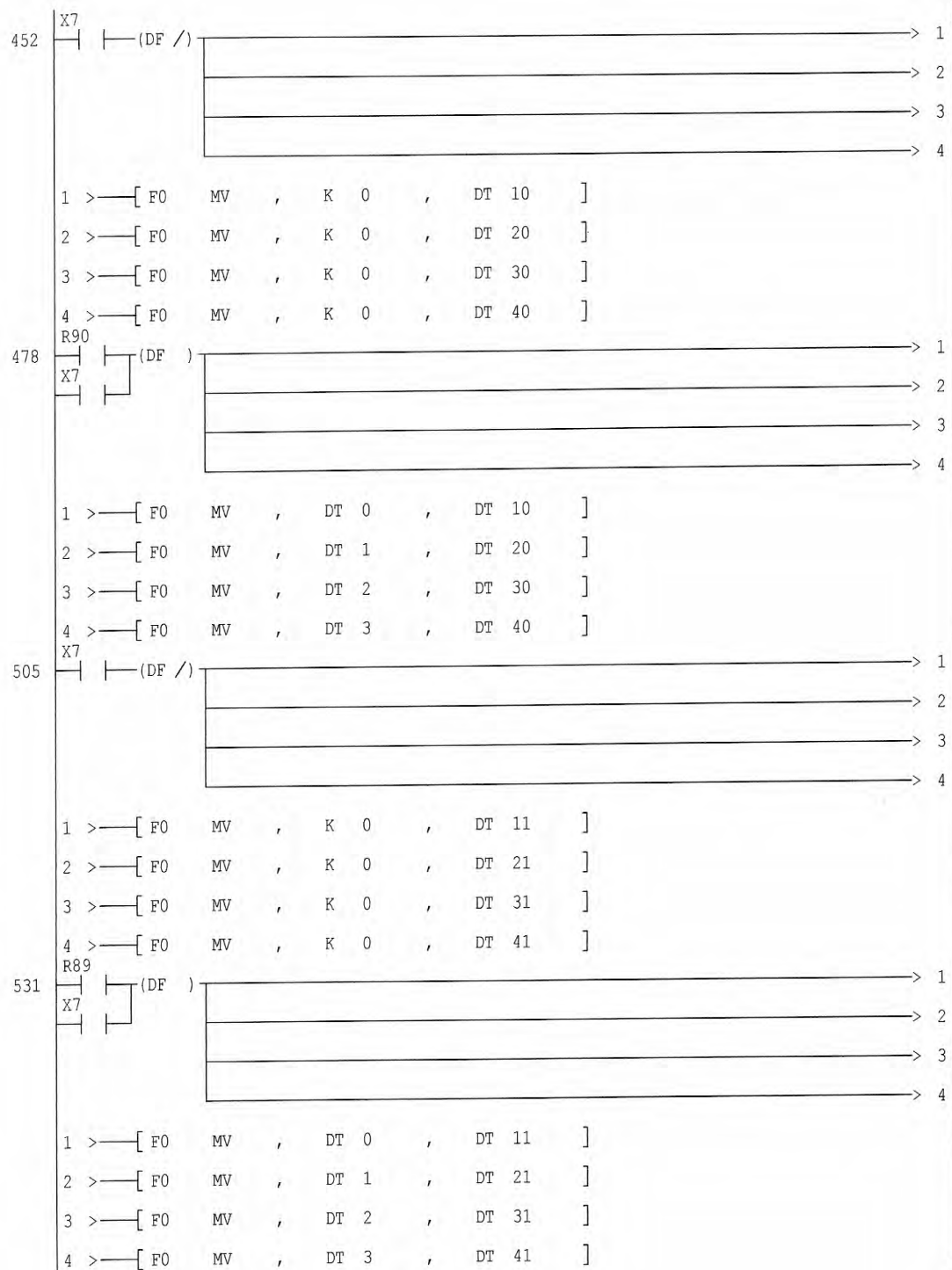
VALE, S. B. **Monitoração e Análise de um sistema híbrido-diesel para geração de eletricidade**. Belém, 2000, 107p. Dissertação (mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Pará.

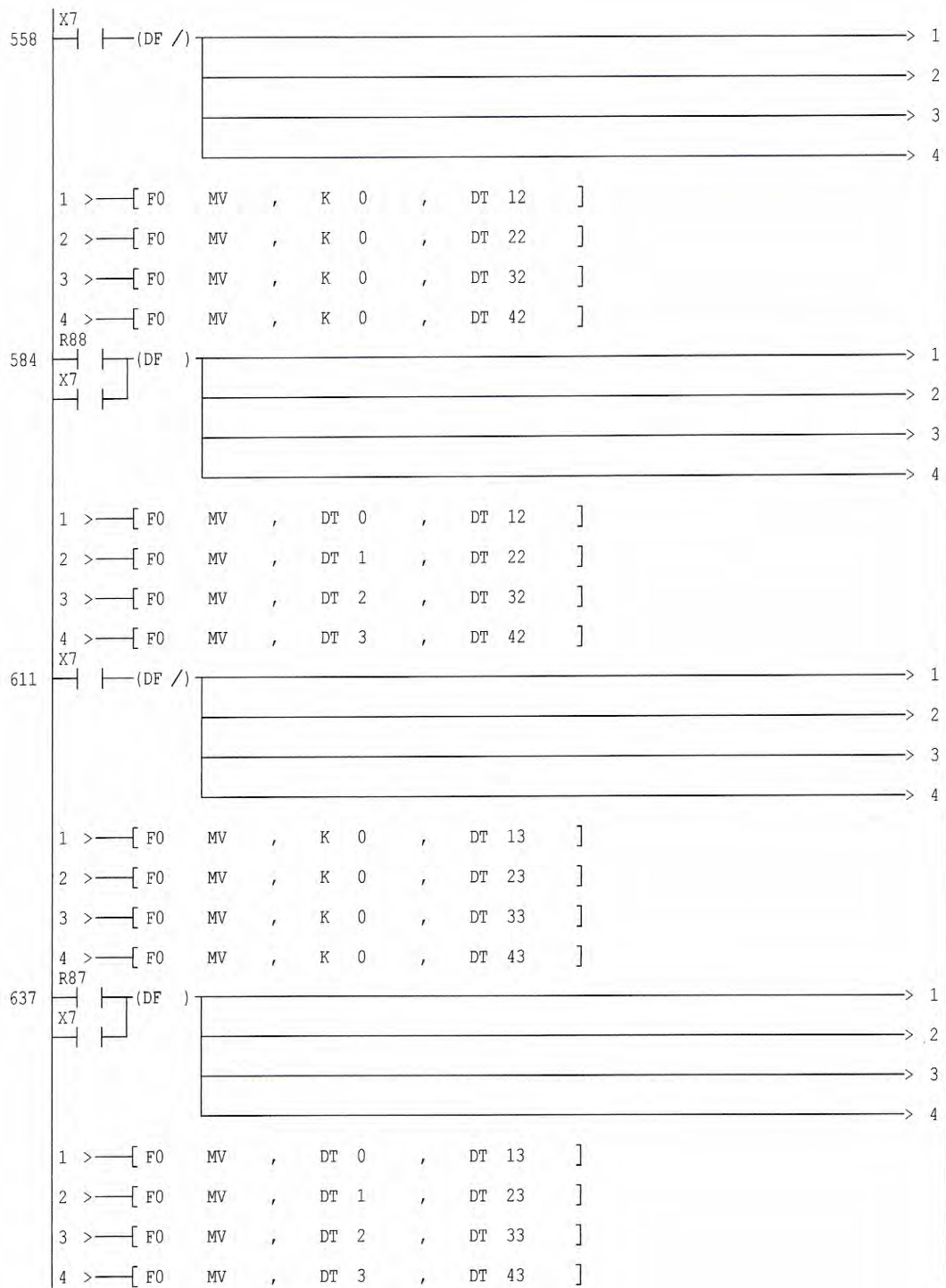
APÊNDICE 1 : PROGRAMA EM LINGUAGEM LADDER, APLICADO NO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DESENVOLVIDO

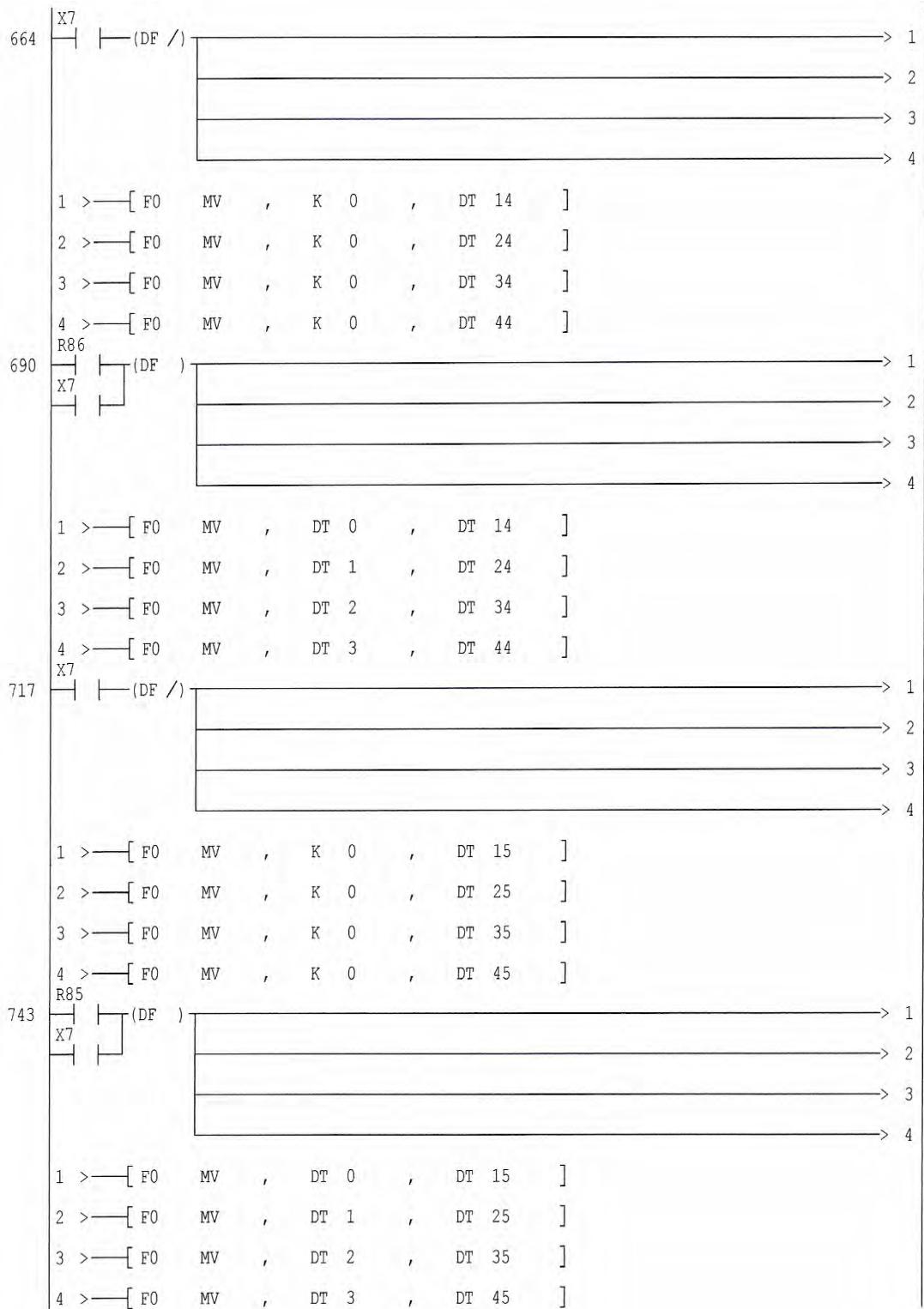


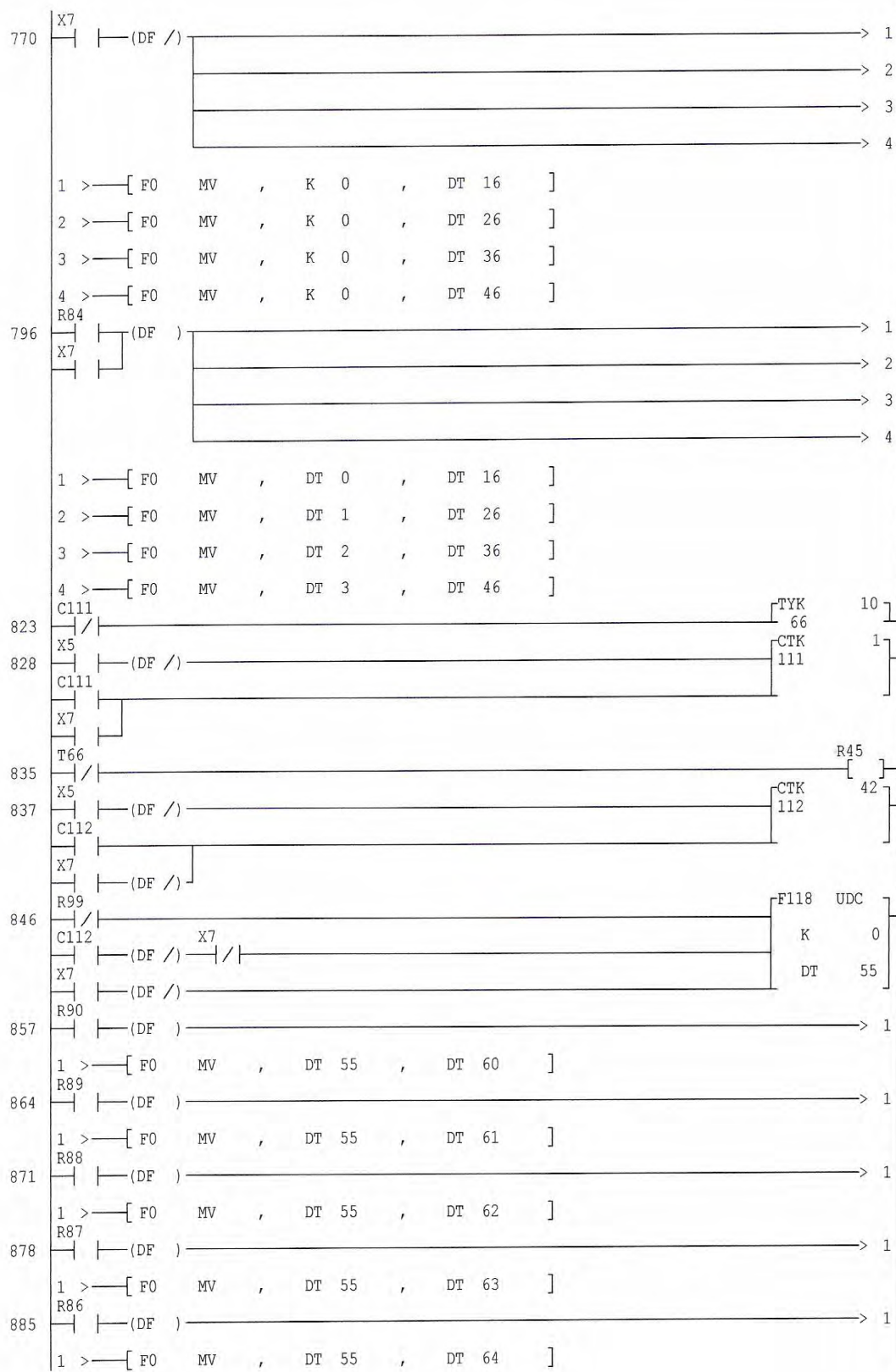


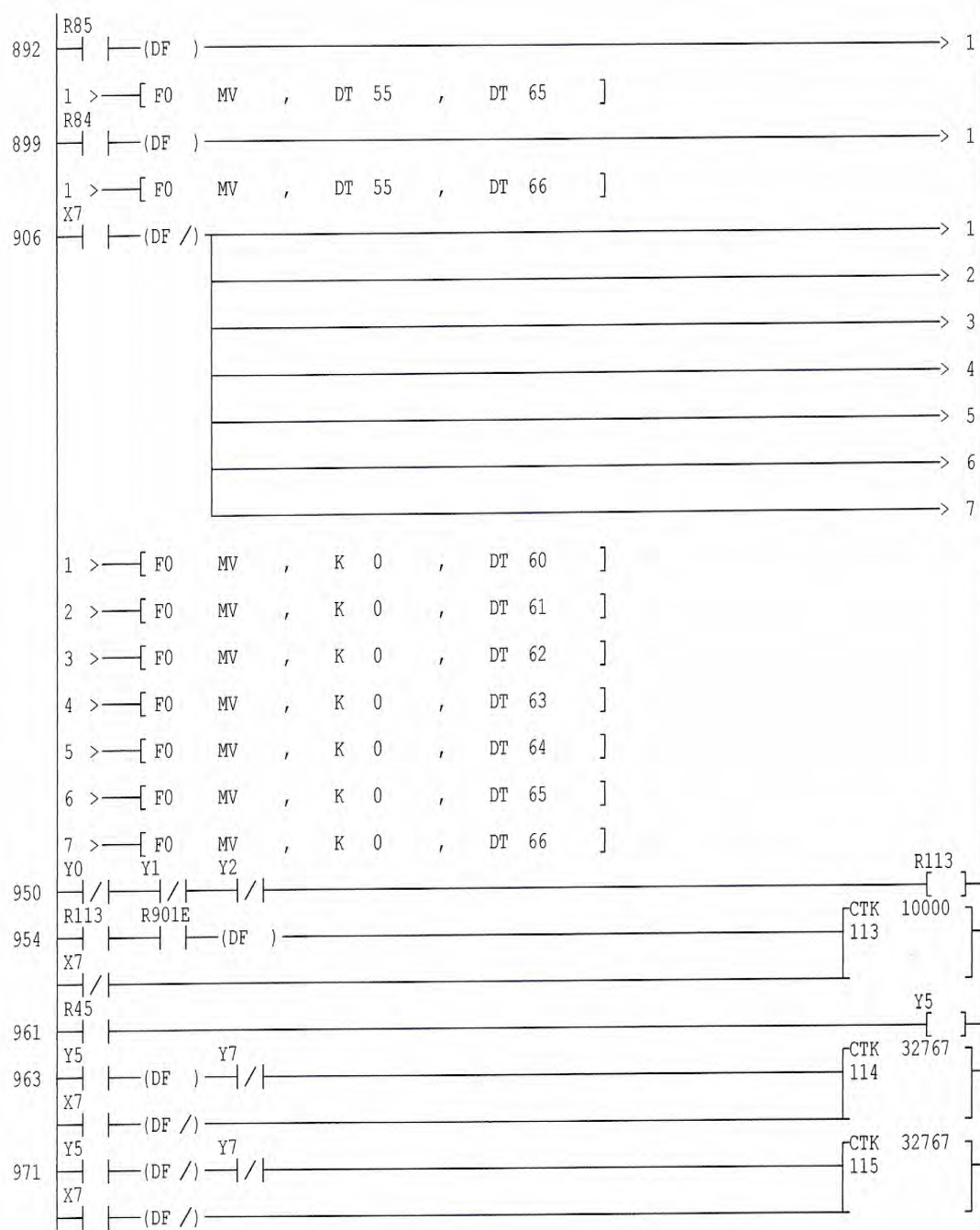












**APÊNDICE 02 - DADOS METEOROLÓGICOS E HIDRÁULICOS, SEMANAIS,
REGISTRADOS NO PERÍODO DE TESTE**

Tabela 25 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 2-8/4

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	717,6	736,0	742,9	458,3	91,4	230,5	181,7	451,2	médio
	1096,0	998,0	1011,0	856,0	381,9	581,9	792,0	816,7	máximo
	52,3	47,3	47,5	86,9	3,5	56,6	40,2	47,8	mínimo
Temperatura (°C)	24,0	23,5	22,9	21,8	19,1	20,2	21,7	21,9	
	26,8	26,1	25,7	24,3	20,0	22,7	23,9	24,2	
	19,3	19,4	17,8	17,6	18,5	18,0	19,5	18,6	
Umidade (%)	68,8	64,9	61,9	74,2	96,4	92,7	90,4	78,5	
	82,5	78,9	84,7	85,2	98,6	99,3	95,5	89,2	
	60,2	54,4	48,9	67,7	91,5	82,1	82,3	69,6	
Vel. vento (m/s)	2,5	3,0	2,9	2,0	1,6	1,8	1,2	2,1	
	4,2	5,1	4,8	3,6	3,2	2,8	2,6	3,8	
	1,0	1,2	1,4	1,2	0,3	1,0	0,2	0,9	total
Volume bombeado (litros)	1883,0	1821,0	1928,0	987,0	0,0	123,0	89,0	975,9	6831,0
Corrente (A)	3,3	3,2	3,3	2,3	0,5	1,3	1,0	2,1	
	4,4	4,3	4,5	3,7	2,1	3,2	3,2	3,6	
	0,7	1,1	1,5	0,5	0,0	0,3	0,3	0,6	
Voltagem (V)	8,1	7,8	8,3	4,6	0,5	1,4	1,0	4,5	
	11,9	11,7	12,4	10,2	1,2	7,9	7,5	9,0	
	0,2	0,7	1,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3	
Potência consumida (W)	28,3	26,7	29,3	12,5	0,4	2,5	1,7	14,5	
	52,6	50,8	56,1	37,9	2,5	25,4	23,8	35,6	
	0,2	0,7	1,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3	total
Energia (W.h)	256,7	242,4	265,7	113,8	3,3	22,9	15,4	131,5	920,4
Horas de efetivo bombeamento diário	7,8	7,6	7,9	5,9	0,0	1,2	0,8	4,5	31,2

Tabela 26 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 9-15/4

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	630,8	571,6	661,5	717,9	647,6	696,8	696,8	660,4	médio
	1128,0	1171,0	1076,0	1001,0	1083,0	970,0	970,0	1057,0	máximo
	68,3	45,0	95,3	35,7	66,6	80,0	80,0	67,3	mínimo
Temperatura (°C)	24,6	23,8	23,8	25,5	25,5	24,7	24,7	24,7	
	27,7	25,8	25,8	27,7	27,9	28,1	28,1	27,3	
	20,4	19,8	19,6	21,4	19,4	19,3	19,3	19,9	
Umidade (%)	72,6	71,6	59,1	52,7	55,6	62,2	62,0	62,2	
	89,1	86,9	84,0	67,8	86,7	86,7	86,3	83,9	
	58,3	63,7	46,8	44,6	45,6	44,1	44,1	49,6	
Vel. vento (m/s)	1,3	2,2	2,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,8	
	2,3	4,6	4,4	3,7	4,0	3,4	3,4	3,7	
	0,5	1,0	1,0	0,1	0,4	0,6	0,6	0,6	total
Volume bombeado (litros)	1411,0	1398,0	1625,0	1769,0	1655,0	1401,0	1526,0	1540,7	10785,0
Corrente (A)	2,7	2,8	3,1	3,2	2,9	2,8	2,8	2,9	
	4,2	4,4	4,7	4,2	4,1	3,5	3,5	4,1	
	0,4	0,7	0,7	1,4	0,5	0,5	0,5	0,7	
Voltagem (V)	6,2	6,2	7,2	7,7	6,9	6,5	6,5	6,7	
	11,2	12,0	12,5	11,3	11,4	9,2	9,2	11,0	
	0,1	0,3	0,2	1,1	0,1	0,2	0,2	0,3	
Potência consumida (W)	20,5	20,5	25,6	26,3	22,4	19,5	20,5	22,2	
	46,8	52,4	58,3	47,4	46,2	31,6	31,6	44,9	
	0,1	0,3	0,2	1,1	0,1	0,2	0,2	0,3	total
Energia (W.h)	186,3	185,9	232,2	238,5	231,4	169,2	168,7	201,7	1412,1
Horas de efetivo bombeamento diário	6,0	6,5	6,4	7,2	7,0	6,8	6,7	6,7	46,6

Tabela 27 - Dados Energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 16-22/4

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	190,9	408,1	667,6	683,5	708,7	681,4	620,6	565,8	médio
	533,7	815,0	1085,0	1081,0	979,0	952,0	1061,0	929,5	máximo
	30,1	125,5	60,6	127,3	79,2	61,3	105,9	84,3	mínimo
Temperatura (°C)	18,5	18,8	19,0	20,1	20,8	23,6	25,9	20,9	
	20,3	20,5	21,7	23,1	23,7	27,2	28,2	23,5	
	16,1	16,8	14,8	14,5	16,0	17,9	21,2	16,8	
Umidade (%)	85,3	75,8	67,8	65,8	62,3	56,2	64,8	68,3	
	96,1	84,6	80,0	82,4	80,7	80,6	84,5	84,1	
	63,9	69,2	59,5	48,3	43,1	42,2	50,0	53,7	
Vel. vento (m/s)	1,9	3,5	3,8	2,9	2,5	1,6	1,8	2,6	
	2,9	5,1	6,4	4,4	5,0	3,7	5,2	4,7	
	0,2	2,1	2,0	1,4	0,8	0,4	0,9	1,1	total
Volume bombeado (litros)	690,0	80,0	737,0	1617,0	1810,0	1917,0	1594,0	1206,4	8445,0
Corrente (A)	1,1	2,1	3,2	3,3	3,3	3,0	3,0	2,7	
	3,0	4,0	4,8	4,9	4,6	4,2	4,4	4,3	
	0,2	0,7	0,3	0,7	0,5	0,4	1,3	0,6	
Voltagem (V)	0,9	3,7	7,2	8,0	8,3	7,0	6,6	6,0	
	6,5	10,4	12,2	13,1	12,2	11,2	11,2	11,0	
	0,0	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,8	0,2	
Potência consumida (W)	1,6	10,3	27,8	30,9	30,1	22,9	21,4	20,7	
	19,5	41,4	58,8	64,2	56,3	46,9	48,6	47,9	
	0,0	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,8	0,2	total
Energia (W.h)	14,9	94,0	252,4	281,1	273,2	208,4	194,0	188,3	1317,8
Horas de efetivo bombeamento diário	0,7	4,2	4,5	6,5	7,0	7,8	7,2	5,4	37,9

Tabela 28 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 23-29/4

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	714,8	706,5	657,2	637,7	678,5	701,4	662,6	679,8	médio
	958,0	958,0	922,0	948,0	953,0	992,0	928,0	951,3	máximo
	110,7	97,7	90,9	105,9	43,2	29,1	108,0	83,6	mínimo
Temperatura (°C)	25,1	24,2	24,3	26,5	21,9	20,7	22,2	23,5	
	28,3	27,3	28,1	28,0	24,5	23,2	25,7	26,4	
	19,5	20,4	18,8	22,1	17,4	16,5	16,8	18,8	
Umidade (%)	57,2	53,3	68,5	48,8	65,1	60,6	62,7	59,4	
	91,3	71,6	87,9	71,9	80,1	77,8	80,1	80,1	
	32,7	35,0	52,5	41,6	56,2	47,7	46,3	44,6	
Vel. vento (m/s)	1,8	1,9	1,9	1,7	2,8	2,4	1,7	2,0	
	4,1	3,6	4,1	3,7	4,5	4,3	3,5	4,0	
	0,2	0,5	0,8	0,0	0,8	0,8	0,3	0,5	total
Volume bombeado (litros)	1877,0	1941,0	1663,0	1452,0	1596,0	1540,0	1552,0	1660,1	11621,0
Corrente (A)	3,3	3,5	3,2	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	
	4,1	4,6	4,3	4,4	4,6	4,0	3,9	4,3	
	1,3	1,2	0,7	0,8	0,2	1,2	0,9	0,9	
Voltagem (V)	8,1	8,4	7,3	6,5	7,0	6,9	6,9	7,3	
	10,7	12,1	11,0	11,5	11,7	10,3	10,2	11,1	
	0,9	0,8	0,2	0,4	0,1	0,6	0,5	0,5	
Potência consumida (W)	28,5	31,7	26,5	21,7	23,8	21,8	22,6	25,2	
	44,0	56,0	47,1	49,5	53,4	40,9	39,6	47,2	
	0,9	0,8	0,2	0,4	0,1	0,6	0,5	0,5	total
Energia (W.h)	258,5	288,0	240,3	197,0	216,0	198,1	205,6	229,1	1603,5
Horas de efetivo bombeamento diário	8,2	7,9	6,9	6,4	7,0	7,6	7,5	7,4	51,5

Tabela 29 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 30/4-6/5

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	602,1	611,4	674,3	810,9	358,1	624,3	598,0	611,3	médio
	989,0	904,0	915,0	980,0	575,2	961,0	901,0	889,3	máximo
	105,3	44,6	105,0	424,8	54,9	55,7	54,0	120,6	mínimo
Temperatura (°C)	23,2	24,4	23,5	18,7	20,3	18,7	18,0	21,0	
	26,0	26,5	25,9	21,8	20,7	21,8	21,0	23,4	
	18,5	20,3	18,3	12,7	19,5	13,4	12,4	16,4	
Umidade (%)	62,9	57,9	43,6	40,1	49,1	63,9	64,0	54,5	
	85,1	77,0	71,3	61,3	51,6	86,7	87,0	74,3	
	43,5	48,1	23,2	24,6	47,0	48,2	48,0	40,4	
Vel. vento (m/s)	1,2	1,2	2,1	1,6	1,8	2,8	2,7	1,9	
	2,6	2,3	4,7	4,1	2,6	4,6	4,3	3,6	
	0,3	0,1	0,6	0,5	1,0	1,2	1,1	0,7	total
Volume bombeado (litros)	1359,0	1322,0	1531,0	1677,0	1489,0	1612,0	1295,0	1469,3	10285,0
Corrente (A)	2,9	2,8	3,0	3,4	2,3	2,8	2,7	2,8	
	3,8	3,7	4,2	4,0	3,4	4,3	4,2	3,9	
	1,0	0,3	0,7	2,3	0,3	0,4	0,4	0,8	
Voltagem (V)	6,2	6,0	6,8	7,9	4,9	5,9	5,8	6,2	
	9,7	9,1	11,0	10,0	8,3	10,4	10,3	9,8	
	0,5	0,1	0,2	2,2	0,1	0,1	0,1	0,5	
Potência consumida (W)	19,6	18,8	21,9	27,6	13,3	19,0	18,2	19,8	
	37,3	32,7	46,2	38,4	27,9	44,4	34,0	37,3	
	0,5	0,1	0,2	2,2	0,1	0,1	0,4	0,5	total
Energia (W.h)	177,7	170,6	198,5	200,3	90,0	172,9	160,5	167,2	1170,5
Horas de efetivo bombeamento diário	6,9	6,5	7,5	7,8	7,7	8,0	6,5	7,3	50,9

Tabela 30 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos ,de 7-13/5

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	447,7	534,3	656,9	516,4	680,1	654,9	634,1	589,2	médio
	968,0	1008,0	936,0	940,0	926,0	998,0	997,0	967,6	máximo
	53,6	25,3	36,7	30,2	24,9	29,7	44,0	34,9	mínimo
Temperatura (°C)	18,5	19,3	19,4	19,2	19,5	18,0	18,4	18,9	
	20,3	21,8	22,3	21,7	21,7	20,0	21,0	21,2	
	15,4	15,3	14,4	14,2	13,3	14,2	13,8	14,4	
Umidade (%)	68,0	71,2	63,5	61,2	50,4	67,5	62,9	63,5	
	80,8	83,4	83,0	82,2	70,6	83,3	86,7	81,4	
	60,2	62,0	50,0	40,1	40,4	60,9	47,4	51,6	
Vel. vento (m/s)	3,1	2,7	2,6	2,0	1,6	2,7	2,4	2,5	
	5,1	4,2	4,5	3,9	3,7	3,9	3,7	4,1	
	1,4	0,8	0,7	0,5	0,4	1,7	0,9	0,9	total
Volume bombeado (litros)	807,0	1055,0	1488,0	963,0	1535,0	1483,0	1223,0	1222,0	8554,0
Corrente (A)	2,2	2,5	3,1	2,5	3,0	2,9	2,6	2,7	
	3,9	3,9	4,1	4,0	4,1	3,9	3,6	3,9	
	0,4	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	
Voltagem (V)	3,9	5,0	6,7	4,6	6,9	6,6	5,5	5,6	
	9,8	9,6	10,0	10,1	10,5	9,8	9,5	9,9	
	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	
Potência consumida (W)	11,5	15,1	23,3	14,3	22,4	20,9	16,8	17,8	
	37,9	37,6	40,7	40,5	42,8	37,7	34,1	38,8	
	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	total
Energia (W.h)	104,5	137,3	211,6	130,0	203,7	189,7	152,4	161,3	1129,2
Horas de efetivo bombeamento diário	4,7	5,7	6,7	5,1	7,5	7,5	6,3	6,2	43,4

Tabela 31 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos , de 14-20/5

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	601,1	644,8	650,5	641,4	622,0	562,2	200,9	560,4	médio
	1060,0	1023,0	905,0	899,0	877,0	875,0	731,0	910,0	máximo
	25,4	35,4	45,7	47,8	49,8	33,1	31,7	38,4	mínimo
Temperatura (°C)	19,2	20,8	20,7	22,4	21,8	24,0	20,0	21,3	
	19,9	21,8	21,3	23,1	24,9	24,7	18,6	22,0	
	12,9	14,1	13,8	14,0	15,8	18,8	15,5	15,0	
Umidade (%)	65,1	67,1	65,6	66,5	59,4	48,6	76,6	64,1	
	86,5	86,1	82,2	85,7	82,8	66,0	87,7	82,4	
	50,8	53,3	55,1	47,2	40,2	35,8	61,8	49,2	
Vel. vento (m/s)	2,5	2,5	2,8	2,2	1,5	1,6	1,9	2,1	
	4,2	4,3	4,4	3,8	2,4	3,0	3,3	3,6	
	0,9	0,9	0,4	0,3	0,5	0,4	0,7	0,6	total
Volume bombeado (litros)	1319,0	1390,0	1449,0	1543,0	1542,0	1168,0	136,0	1221,0	8547,0
Corrente (A)	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,5	1,2	2,6	
	4,5	3,8	3,9	3,7	3,7	3,6	3,8	3,9	
	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,5	
Voltagem (V)	6,0	6,3	6,5	6,8	6,8	5,3	1,0	5,5	
	11,1	9,6	9,7	9,6	9,5	9,5	8,5	9,6	
	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	
Potência consumida (W)	20,3	19,7	21,1	21,9	22,0	16,3	2,4	17,7	
	50,3	36,9	37,8	35,0	35,0	34,0	32,1	37,3	
	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	total
Energia (W.h)	184,0	179,4	191,6	198,5	200,0	147,9	21,4	160,4	1122,7
Horas de efetivo bombeamento diário	6,3	7,3	7,1	7,7	7,4	6,0	0,9	6,1	42,7

Tabela 32 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos, de 21- 27/5

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	248,6	134,6	122,0	354,9	591,8	599,8	613,8	380,8	médio
	655,5	516,9	321,0	1121,0	963,0	864,0	854,0	756,5	máximo
	60,4	18,5	25,4	26,3	98,1	59,1	55,8	49,1	mínimo
Temperatura (°C)	22,3	21,2	20,0	17,1	20,0	22,2	24,0	21,0	
	22,0	22,0	21,0	18,6	21,1	22,8	26,4	22,0	
	16,9	15,0	13,0	14,3	13,7	13,9	16,9	14,8	
Umidade (%)	76,1	92,4	88,8	77,9	73,4	72,0	55,0	76,5	
	80,1	97,6	92,5	85,6	86,4	86,2	81,2	87,1	
	71,3	88,4	83,9	71,9	67,0	60,3	37,5	68,6	
Vel. vento (m/s)	1,0	2,5	3,6	3,6	2,5	1,7	1,3	2,3	
	1,8	3,6	4,7	5,2	3,8	2,9	2,3	3,5	
	0,3	1,5	2,4	1,5	1,0	0,0	0,1	1,0	total
Volume bombeado (litros)	154,0	19,0	0,0	476,0	1454,0	1279,0	1445,0	689,6	4827,0
Corrente (A)	1,4	0,8	0,7	1,8	2,9	2,7	2,8	1,9	
	3,4	2,9	1,7	3,9	4,2	3,8	3,6	3,4	
	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	
Voltagem (V)	1,3	0,5	0,6	2,8	6,4	5,8	6,4	3,4	
	8,1	4,0	1,2	9,7	10,4	9,6	9,2	7,4	
	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
Potência consumida (W)	2,9	0,6	0,5	7,4	21,3	18,4	19,8	10,1	
	27,2	11,7	2,0	37,7	43,8	36,5	32,9	27,4	
	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	total
Energia (W.h)	26,2	5,9	4,5	67,3	193,2	167,0	179,6	92,0	643,8
Horas de efetivo bombeamento diário	1,1	0,2	0,0	3,3	7,1	6,2	7,4	3,6	25,3

Tabela 33 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos; de 28/5 a 3/6

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	634,0	639,1	553,5	570,4	623,7	647,0	528,3	599,4	médio
	879,0	893,0	828,0	848,0	874,0	915,0	780,0	859,6	máximo
	36,8	27,3	29,6	28,5	23,6	37,3	48,8	33,1	mínimo
Temperatura (°C)	24,7	21,7	24,0	25,2	20,3	18,3	18,5	21,8	
	27,4	24,8	26,8	27,7	23,1	20,9	21,8	24,6	
	18,7	16,5	16,4	18,8	15,6	13,9	13,6	16,2	
Umidade (%)	47,1	62,4	54,6	46,6	70,5	58,9	69,9	58,6	
	68,8	86,6	83,1	71,7	89,7	72,1	86,3	79,8	
	31,9	41,1	41,9	34,0	61,7	47,4	59,1	45,3	
Vel. vento (m/s)	1,3	2,4	1,0	2,3	3,2	3,3	3,1	2,4	
	2,6	4,5	2,1	4,8	5,6	5,8	5,3	4,4	
	0,2	0,3	0,0	0,8	1,7	1,5	1,6	0,9	total
Volume bombeado (litros)	1580,0	1763,0	1459,0	1497,0	1589,0	1431,0	1296,0	1516,4	10615,0
Corrente (A)	3,0	3,3	2,9	2,9	3,1	2,9	2,8	3,0	
	4,4	4,5	4,4	4,3	4,6	4,1	3,9	4,3	
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	
Voltagem (V)	7,0	7,8	6,5	6,8	7,1	6,5	6,0	6,8	
	11,5	11,8	11,4	11,4	11,7	10,5	9,4	11,1	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	
Potência consumida (W)	23,9	28,9	23,3	23,5	25,0	21,1	19,1	23,5	
	50,3	52,4	49,5	48,4	53,1	43,4	35,8	47,6	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	total
Energia (W.h)	216,6	262,8	212,0	213,6	226,7	191,8	173,9	213,9	1497,4
Horas de efetivo bombeamento diário	7,4	7,5	6,1	6,4	7,1	7,3	6,7	6,9	48,5

Tabela 34 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos ,de 4-10/6

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	575,4	107,8	511,0	585,4	601,1	572,4	564,0	502,4	médio
	844,0	270,4	871,0	835,0	872,0	900,0	937,0	789,9	máximo
	42,2	10,1	17,6	17,5	24,2	26,9	37,5	25,1	mínimo
Temperatura (°C)	21,7	18,6	20,8	21,9	21,8	21,4	22,9	21,3	
	24,4	19,7	23,6	24,7	23,9	24,2	25,2	23,7	
	15,4	17,7	16,2	16,7	17,8	15,7	16,8	16,6	
Umidade (%)	55,3	70,7	69,6	62,1	55,1	52,7	49,6	59,3	
	78,6	84,1	89,7	86,0	76,8	76,6	69,5	80,2	
	46,0	60,8	55,9	41,6	36,2	35,7	36,1	44,6	
Vel. vento (m/s)	1,3	0,6	2,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,6	
	2,5	2,0	4,5	2,7	3,0	3,0	2,8	2,9	
	0,3	0,0	0,2	0,7	0,6	0,5	0,0	0,3	total
Volume bombeado (litros)	1191,0	0,0	1290,0	1543,0	1387,0	1278,0	1437,0	1160,9	8126,0
Corrente (A)	2,6	0,6	2,7	3,0	2,8	2,7	2,8	2,5	
	3,6	1,5	4,3	4,2	3,8	4,2	4,0	3,7	
	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
Voltagem (V)	5,4	0,4	5,8	6,8	6,2	5,8	6,4	5,3	
	9,2	0,7	11,0	10,4	9,1	11,1	10,2	8,8	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	
Potência consumida (W)	16,1	0,3	19,4	23,1	19,5	18,3	20,9	16,8	
	33,6	0,9	47,3	43,6	34,1	46,9	40,9	35,3	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	total
Energia (W.h)	146,4	2,3	176,1	209,8	176,9	166,1	189,5	152,4	1067,0
Horas de efetivo bombeamento diário	6,5	0,0	6,4	7,1	7,3	6,1	6,8	5,7	40,2

Tabela 35 - Dados energéticos, Meteorológicos e Hidráulicos de 11-17/6

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	315,2	519,0	604,1	575,8	592,1	593,4	528,7	532,6	médio
	861,0	894,0	855,0	846,0	838,0	842,0	909,0	863,6	máximo
	35,8	32,8	28,7	28,9	29,4	35,0	35,9	32,3	mínimo
Temperatura (°C)	20,0	19,4	20,4	19,0	20,0	19,0	18,6	19,5	
	23,1	21,0	23,9	23,7	25,3	20,0	21,6	22,6	
	18,4	14,9	14,2	16,0	16,7	15,0	13,9	15,6	
Umidade (%)	50,3	72,6	65,4	54,5	45,7	56,6	67,2	58,9	
	62,0	91,1	90,6	80,7	67,8	69,5	90,3	78,8	
	43,9	61,3	45,8	41,8	36,8	38,2	51,4	45,6	
Vel. vento (m/s)	1,0	3,1	2,5	1,4	1,1	2,3	2,6	2,0	
	1,9	4,4	4,8	2,4	2,4	4,4	4,9	3,6	
	0,0	1,3	0,4	0,5	0,1	0,4	1,1	0,5	total
Volume bombeado (litros)	524,0	1283,0	1450,0	1392,0	1302,0	1198,0	1166,0	1187,9	8315,0
Corrente (A)	1,7	2,6	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	
	3,8	4,0	4,0	4,1	3,8	3,5	4,1	3,9	
	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Voltagem (V)	2,7	5,9	6,5	6,4	6,1	5,7	5,5	5,5	
	9,6	9,9	10,4	10,7	9,7	8,6	9,8	9,8	
	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	7,3	18,9	21,2	20,3	18,2	16,6	17,4	17,1	
	35,9	40,0	41,5	43,6	37,0	29,6	40,0	38,2	
	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	66,7	171,6	192,7	184,7	165,1	151,1	157,9	155,7	1089,8
Horas de efetivo bombeamento diário	3,5	6,6	7,2	7,2	7,3	6,8	6,2	6,4	44,6

Tabela 36 - Dados energéticos, Meteorológicos e Hidráulicos , de 18-24/6

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	585,7	532,3	582,5	587,4	377,3	536,6	583,0	540,7	médio
	830,0	804,0	827,0	832,0	1000,0	824,0	836,0	850,4	máximo
	38,0	37,1	40,0	44,0	28,1	48,7	50,5	40,9	mínimo
Temperatura (°C)	18,9	19,0	21,1	21,1	19,3	20,0	19,0	19,8	
	20,6	20,8	21,1	22,0	23,2	23,3	24,0	22,1	
	14,5	15,2	14,7	17,3	17,4	17,2	15,7	16,0	
Umidade (%)	66,4	61,0	47,9	49,4	47,1	56,2	61,9	55,7	
	84,4	88,5	77,9	69,9	64,2	72,8	86,4	77,7	
	53,4	46,2	34,4	33,0	34,5	44,8	45,8	41,7	
Vel. vento (m/s)	2,9	1,7	1,4	1,7	1,0	2,3	2,5	1,9	
	5,6	3,1	2,9	3,1	2,0	4,3	3,9	3,6	
	0,8	0,6	0,2	0,7	0,1	1,0	0,4	0,5	total
Volume bombeado (litros)	1256,0	1066,0	1199,0	1199,0	753,0	1167,0	1263,0	1129,0	7903,0
Corrente (A)	2,6	2,4	2,5	2,6	2,0	2,5	2,6	2,5	
	3,5	3,2	3,1	3,6	3,9	3,6	3,6	3,5	
	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	
Voltagem (V)	5,8	5,0	5,5	5,6	3,7	5,3	5,7	5,2	
	8,7	7,3	8,2	8,9	9,9	8,8	9,0	8,7	
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	17,3	13,5	15,2	16,2	10,7	15,9	16,9	15,1	
	30,0	22,4	25,6	31,5	38,9	31,5	32,9	30,4	
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	157,3	122,7	138,3	147,5	97,2	144,6	153,6	137,3	961,1
Horas de efetivo bombeamento diário	7,2	6,8	7,3	5,2	4,0	5,8	6,7	6,1	43,0

Tabela 37 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos , de 25/6 a 1/7

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	339,6	196,3	650,9	625,0	487,0	587,4	400,4	469,5	médio
	963,0	824,0	917,0	1000,0	900,0	842,0	1017,0	923,3	máximo
	47,6	2,3	35,8	60,5	25,2	68,5	35,8	39,4	mínimo
Temperatura (°C)	22,1	17,1	15,7	14,3	15,7	18,8	18,6	17,5	
	25,0	19,7	18,9	16,8	18,5	22,6	21,7	20,5	
	16,8	14,0	9,9	9,7	10,0	13,0	13,9	12,5	
Umidade (%)	58,3	85,8	53,1	64,9	68,0	66,1	72,7	67,0	
	68,3	96,8	85,0	82,5	90,6	85,7	90,1	85,6	
	49,7	74,1	34,8	53,8	58,5	48,7	60,4	54,3	
Vel. vento (m/s)	1,7	2,7	1,6	4,2	2,4	1,7	1,7	2,3	
	3,0	8,1	2,5	5,8	4,6	3,7	3,5	4,5	
	0,3	0,8	0,4	1,8	0,6	0,1	0,0	0,6	total
Volume bombeado (litros)	323,0	148,0	1279,0	1536,0	1026,0	1500,0	840,0	950,3	6652,0
Corrente (A)	1,7	1,0	2,7	3,1	2,3	2,9	2,0	2,2	
	3,1	3,3	3,5	4,6	3,8	3,8	4,0	3,7	
	0,3	0,0	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2	0,2	
Voltagem (V)	2,1	1,1	5,9	7,0	4,7	6,7	4,0	4,5	
	7,0	7,3	8,1	12,3	9,5	9,7	10,1	9,1	
	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	
Potência consumida (W)	4,8	2,5	17,5	25,6	15,2	21,8	12,3	14,2	
	21,8	24,0	27,9	56,6	35,2	36,0	39,1	34,4	
	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	total
Energia (W.h)	43,8	22,9	159,3	232,9	138,3	197,6	111,3	129,4	906,0
Horas de efetivo bombeamento diário	2,4	1,1	7,5	6,8	5,1	7,0	4,5	4,9	34,3

Tabela 38 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos, de 2-8/7

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	125,9	591,2	585,0	598,8	602,9	574,9	554,9	519,1	médio
	371,9	928,0	839,0	852,0	877,0	817,0	854,0	791,3	máximo
	6,8	82,7	62,3	57,9	43,7	74,1	92,7	60,0	mínimo
Temperatura (°C)	16,0	17,3	19,8	17,3	18,2	19,0	20,0	18,2	
	16,9	20,1	22,2	23,8	23,0	24,9	26,7	22,5	
	15,1	12,9	13,6	14,9	14,7	14,6	19,2	15,0	
Umidade (%)	90,7	74,4	65,8	57,7	57,9	53,4	47,4	63,9	
	97,0	91,1	86,8	80,9	81,1	83,8	63,1	83,4	
	83,3	60,5	56,0	46,2	43,7	37,2	38,4	52,2	
Vel. vento (m/s)	0,9	2,7	1,3	1,2	2,2	1,2	1,5	1,6	
	1,9	5,0	2,2	2,5	4,2	2,5	2,4	2,9	
	0,0	1,0	0,3	0,0	0,9	0,1	0,2	0,4	total
Volume bombeado (litros)	0,0	1589,0	1654,0	1511,0	1360,0	1203,0	1297,0	1230,6	8614,0
Corrente (A)	0,7	3,1	3,2	3,0	2,8	2,6	2,7	2,6	
	2,2	4,5	4,4	4,0	4,2	3,5	4,5	3,9	
	0,0	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,3	
Voltagem (V)	0,4	7,2	7,3	6,8	6,2	5,4	5,9	5,6	
	0,9	11,6	11,6	10,3	10,3	8,5	11,4	9,2	
	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	
Potência consumida (W)	0,4	25,3	27,0	22,6	20,0	15,5	19,5	18,6	
	2,0	51,2	50,9	41,3	43,0	29,3	50,7	38,3	
	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	total
Energia (W.h)	3,7	230,1	245,1	205,4	181,5	140,9	177,0	169,1	1183,8
Horas de efetivo bombeamento diário	0,0	7,4	6,9	7,3	7,1	7,1	6,2	6,0	42,1

Tabela 39 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 9-15/7

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	556,1	254,8	609,0	599,3	627,4	607,7	611,3	552,2	médio
	878,0	727,0	861,0	845,0	873,0	853,0	871,0	844,0	máximo
	45,5	2,7	114,6	81,5	56,2	66,2	65,9	61,8	mínimo
Temperatura (°C)	21,0	18,0	20,0	20,1	18,5	18,7	18,3	19,2	
	28,2	19,4	24,6	25,5	24,6	25,1	23,3	24,4	
	19,2	15,9	15,3	17,1	17,7	16,4	16,6	16,9	
Umidade (%)	49,4	92,9	75,1	60,5	49,2	52,5	59,1	62,7	
	63,8	97,8	97,2	91,2	65,0	72,7	75,2	80,4	
	41,9	87,9	62,1	45,4	38,5	41,9	42,9	51,5	
Vel. vento (m/s)	2,0	2,3	2,6	1,6	1,5	1,4	2,7	2,0	
	3,2	4,1	5,0	2,7	2,6	2,5	4,5	3,5	
	0,7	0,3	0,9	0,2	0,5	0,5	1,0	0,6	total
Volume bombeado (litros)	1047,0	253,0	1178,0	1144,0	1457,0	1243,0	1187,0	1072,7	7509,0
Corrente (A)	2,4	1,4	2,6	2,5	2,9	2,6	2,6	2,4	
	3,3	3,6	3,3	3,1	4,5	3,6	3,1	3,5	
	0,2	0,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	
Voltagem (V)	4,9	1,6	5,3	5,1	6,5	5,7	5,3	4,9	
	7,6	7,7	7,7	6,8	10,9	8,9	7,3	8,1	
	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	13,3	3,7	14,8	13,8	21,0	16,3	14,6	13,9	
	24,7	27,5	25,6	19,7	48,6	32,1	22,6	28,7	
	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	121,0	33,3	134,4	125,2	190,7	147,7	133,0	126,5	885,3
Horas de efetivo bombeamento diário	6,3	1,9	7,3	7,3	7,8	7,6	7,3	6,5	45,5

Tabela 40 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 16-22/7

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	635,8	612,6	679,5	346,1	617,1	601,4	604,0	585,2	médio
	895,0	870,0	850,0	546,4	869,0	853,0	868,0	821,6	máximo
	74,5	66,0	64,7	115,5	59,1	70,1	73,8	74,8	mínimo
Temperatura (°C)	19,2	19,7	20,1	24,7	22,1	24,3	24,9	22,1	
	22,2	22,8	24,0	25,0	25,0	27,0	28,1	24,9	
	14,3	14,4	14,4	23,9	16,0	16,5	17,8	16,8	
Umidade (%)	61,9	58,1	60,5	28,2	43,1	35,6	33,4	45,8	
	84,2	75,4	85,8	29,4	62,2	60,4	59,4	65,2	
	39,7	44,5	36,3	27,2	31,6	25,7	22,4	32,5	
Vel. vento (m/s)	2,9	1,8	1,4	2,6	1,3	1,3	1,7	1,9	
	4,8	3,3	2,3	4,0	2,5	2,3	3,0	3,2	
	0,8	0,4	0,6	1,4	0,4	0,1	0,4	0,6	total
Volume bombeado (litros)	1213,0	1363,0	1348,0	1122,0	1238,0	1241,0	1332,0	1265,3	8857,0
Corrente (A)	2,7	2,8	2,9	2,1	2,6	2,7	2,8	2,6	
	3,5	3,7	4,1	2,8	3,5	3,6	3,6	3,6	
	0,4	0,4	0,4	0,9	0,3	0,3	0,3	0,4	
Voltagem (V)	5,5	6,1	6,5	4,0	5,6	5,7	6,1	5,6	
	8,3	9,1	10,0	6,5	8,9	8,8	9,1	8,7	
	0,2	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	
Potência consumida (W)	16,0	18,9	21,0	9,9	15,6	16,9	18,7	16,7	
	28,7	33,1	41,0	18,2	31,6	31,8	32,8	31,0	
	0,2	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	total
Energia (W.h)	145,1	171,8	133,0	18,1	141,4	153,6	169,7	133,2	932,7
Horas de efetivo bombeamento diário	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,1	7,1	7,3	51,4

Tabela 41 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 23-29/7

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	623,7	596,9	586,2	552,7	486,3	606,0	69,8	503,1	médio
	870,0	846,0	857,0	832,0	865,0	889,0	155,4	759,2	máximo
	80,5	76,5	109,2	133,7	97,8	122,8	22,2	91,8	mínimo
Temperatura (°C)	20,1	21,1	19,1	19,1	20,1	21,1	19,0	19,9	
	28,3	29,0	28,2	28,7	28,8	30,0	20,2	27,6	
	19,9	19,1	18,5	18,8	18,5	20,3	19,8	19,3	
Umidade (%)	30,4	30,1	31,2	27,8	31,7	37,7	88,0	39,6	
	43,8	49,4	57,0	53,6	47,4	63,9	89,4	57,8	
	24,0	25,6	22,2	17,0	26,3	30,0	86,4	33,1	
Vel. vento (m/s)	1,6	1,4	1,2	1,5	1,5	1,7	0,7	1,4	
	2,6	2,8	2,4	2,6	2,6	2,9	1,1	2,4	
	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,2	total
Volume bombeado (litros)	1478,0	1244,0	1139,0	1264,0	1248,0	1263,0	0,0	1090,9	7636,0
Corrente (A)	2,9	2,6	2,6	2,7	2,6	2,9	0,4	2,4	
	4,3	3,5	3,5	3,9	4,1	4,0	0,9	3,5	
	0,3	0,4	0,6	0,7	0,5	0,7	0,1	0,5	
Voltagem (V)	6,7	5,7	5,3	5,8	5,7	6,5	0,3	5,1	
	11,2	8,5	8,8	10,0	10,9	10,3	0,5	8,6	
	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	21,9	16,5	15,5	17,8	17,1	20,5	0,1	15,6	
	48,2	29,5	30,5	39,5	44,3	40,4	0,4	33,3	
	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	199,3	149,8	141,0	162,1	154,9	166,0	0,2	139,0	973,3
Horas de efetivo bombeamento diário	7,5	7,5	6,5	6,6	6,8	6,1	0,0	5,9	41,0

Tabela 42 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 30/7 a 5/8

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	108,0	127,4	416,9	305,7	597,2	605,9	587,1	392,6	médio
	346,9	377,2	916,0	720,0	930,0	883,0	876,0	721,3	máximo
	5,3	19,7	67,2	61,6	79,1	125,2	86,3	63,5	mínimo
Temperatura (°C)	11,9	11,7	16,6	16,3	18,8	20,7	24,6	17,2	
	13,0	12,6	19,4	18,8	22,1	23,9	27,8	19,6	
	11,2	10,6	11,9	13,5	13,8	15,6	18,3	13,6	
Umidade (%)	89,4	88,7	81,6	81,7	71,9	69,8	49,3	76,1	
	96,2	91,1	93,6	93,2	88,2	89,4	73,4	89,3	
	83,5	86,4	73,9	72,3	59,5	57,3	35,9	67,0	
Vel. vento (m/s)	3,3	3,0	2,1	3,0	2,5	1,8	1,8	2,5	
	5,0	4,7	3,1	4,5	4,1	3,1	3,0	3,9	
	1,2	1,7	1,2	2,1	1,2	0,7	0,6	1,2	total
Volume bombeado (litros)	2,0	3,0	697,0	435,0	1195,0	1404,0	1232,0	709,7	4968,0
Corrente (A)	0,6	0,7	2,1	1,7	2,6	2,7	2,6	1,8	
	1,9	2,0	4,1	3,4	4,0	3,6	3,5	3,2	
	0,0	0,1	0,4	0,4	0,6	0,8	0,5	0,4	
Voltagem (V)	0,3	0,4	3,6	2,6	5,7	6,3	5,6	3,5	
	1,7	1,5	10,3	8,0	11,2	10,1	9,6	7,5	
	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	0,3	0,3	10,7	6,6	17,1	19,2	17,1	10,2	
	3,2	2,8	41,9	27,5	45,0	36,3	32,7	27,1	
	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	2,7	2,9	97,0	59,6	155,0	174,2	155,2	92,4	646,7
Horas de efetivo bombeamento diário	0,0	0,1	4,0	3,5	6,1	6,6	5,4	3,7	25,6

Tabela 43 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 6-12/8

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	636,6	652,3	643,0	595,3	512,3	567,5	544,1	593,0	médio
	873,0	891,0	872,0	1030,0	971,0	967,0	907,0	930,1	máximo
	121,7	120,0	120,2	80,3	57,9	93,8	111,1	100,7	mínimo
Temperatura (°C)	26,9	25,6	25,7	25,1	26,4	25,4	25,7	25,8	
	28,8	28,2	28,1	28,0	29,2	29,2	28,4	28,6	
	20,3	19,9	19,5	20,2	19,9	19,5	19,3	19,8	
Umidade (%)	35,6	37,2	40,2	30,6	35,9	45,6	38,5	37,7	
	58,7	55,6	62,5	39,6	52,3	65,0	59,0	56,1	
	27,3	25,9	29,3	26,8	28,0	32,2	29,1	28,4	
Vel. vento (m/s)	1,2	1,7	1,5	2,0	1,5	2,3	1,4	1,7	
	2,5	2,8	2,7	2,9	2,7	4,3	2,5	2,9	
	0,0	0,8	0,0	0,9	0,2	0,8	0,5	0,4	total
Volume bombeado (litros)	1595,0	1694,0	1736,0	1280,0	994,0	1051,0	1095,0	1349,3	9445,0
Corrente (A)	2,8	3,0	3,0	2,6	2,2	2,4	2,4	2,6	
	3,6	3,9	4,0	3,8	3,4	3,1	3,1	3,6	
	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,6	0,8	0,7	
Voltagem (V)	7,0	7,3	7,6	5,8	4,7	4,9	5,1	6,1	
	10,2	11,4	11,7	10,6	8,7	8,2	8,0	9,8	
	0,3	0,4	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	
Potência consumida (W)	21,1	23,3	24,9	16,9	12,1	13,1	13,1	17,8	
	36,7	44,3	46,9	40,3	29,7	25,6	24,8	35,5	
	0,3	0,4	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	total
Energia (W.h)	191,5	211,7	226,2	153,2	109,7	118,7	119,1	161,4	1130,1
Horas de efetivo bombeamento diário	7,4	7,4	7,4	6,4	6,0	6,3	7,0	6,8	47,9

Tabela 44 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 13-19/8

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	624,7	642,9	568,6	622,4	613,4	569,2	536,9	596,9	médio
	943,0	921,0	863,0	879,0	892,0	907,0	1013,0	916,9	máximo
	89,2	101,1	67,0	70,7	86,4	66,0	40,8	74,4	mínimo
Temperatura (°C)	27,1	27,6	28,5	27,7	25,7	23,1	22,5	26,0	
	29,7	30,6	31,0	32,0	28,8	27,4	25,8	29,3	
	22,5	22,4	22,6	18,4	22,3	17,7	18,5	20,6	
Umidade (%)	34,7	34,2	30,1	38,0	55,8	62,5	65,7	45,9	
	49,9	49,9	43,9	81,7	71,4	82,0	75,7	64,9	
	27,2	24,3	23,4	22,0	44,3	45,2	53,6	34,3	
Vel. vento (m/s)	1,4	1,8	1,4	1,9	3,0	2,6	2,7	2,1	
	3,3	3,1	2,6	3,3	4,5	5,2	4,9	3,8	
	0,3	0,4	0,4	0,9	0,9	0,5	0,6	0,6	total
Volume bombeado (litros)	1081,0	1191,0	965,0	1086,0	1213,0	1119,0	1075,0	1104,3	7730,0
Corrente (A)	2,5	2,6	2,3	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4	
	3,4	3,3	2,9	3,2	3,4	3,3	3,3	3,3	
	1,2	1,1	0,5	0,6	0,5	0,4	0,2	0,6	
Voltagem (V)	5,2	5,6	4,7	5,2	5,6	5,2	4,9	5,2	
	8,9	9,1	7,3	8,0	9,1	9,3	9,7	8,8	
	0,7	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	
Potência consumida (W)	14,0	15,3	12,0	14,0	15,3	14,1	13,4	14,0	
	30,0	30,5	21,5	23,9	30,9	31,3	30,6	28,4	
	0,7	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	total
Energia (W.h)	126,8	138,9	108,7	126,7	139,1	128,5	122,1	127,3	890,8
Horas de efetivo bombeamento diário	6,6	6,8	6,5	6,6	6,4	6,3	5,9	6,4	45,0

Tabela 45 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 20-26/8

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	475,0	735,1	756,0	716,1	706,8	655,7	650,1	670,7	médio
	1005,0	999,0	1023,0	976,0	956,0	905,0	945,0	972,7	máximo
	109,2	107,5	111,9	100,7	102,9	97,1	96,8	103,7	mínimo
Temperatura (°C)	23,1	17,6	16,6	21,0	23,6	25,8	26,7	22,1	
	26,3	21,0	20,9	25,5	27,7	29,4	30,3	25,9	
	18,4	12,2	9,1	13,5	16,5	17,7	19,8	15,3	
Umidade (%)	42,1	45,4	38,6	32,6	24,6	34,2	31,6	35,6	
	68,0	74,9	71,3	60,5	38,5	66,0	42,4	60,2	
	15,6	27,8	19,1	19,4	17,7	18,3	25,2	20,4	
Vel. vento (m/s)	3,9	2,3	2,5	1,8	3,0	1,9	2,3	2,5	
	6,0	4,1	5,1	3,4	5,9	2,9	4,4	4,5	
	1,8	0,9	0,8	0,4	0,7	0,6	0,9	0,9	total
Volume bombeado (litros)	803,0	1503,0	1302,0	1285,0	1577,0	1238,0	287,0	1142,1	7995,0
Corrente (A)	2,2	2,9	2,8	2,7	3,0	2,7	1,8	2,6	
	3,4	4,0	3,4	3,3	3,9	3,5	3,4	3,6	
	0,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	0,6	1,1	
Voltagem (V)	4,0	6,9	6,2	6,1	7,6	8,3	9,8	7,0	
	8,4	10,9	8,0	8,8	10,7	12,6	13,4	10,4	
	0,6	1,5	1,0	0,8	0,8	0,5	0,2	0,8	
Potência consumida (W)	10,3	20,3	17,6	16,6	23,6	22,7	17,6	18,4	
	27,3	43,5	26,1	29,5	41,2	33,4	31,8	33,3	
	0,6	1,5	1,0	0,8	0,8	0,5	0,2	0,8	total
Energia (W.h)	93,8	184,5	159,9	151,1	214,7	206,5	160,1	167,2	1170,7
Horas de efetivo bombeamento diário	5,3	8,1	7,9	7,9	7,8	7,4	7,2	7,4	51,5

Tabela 46 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 27/8 a 2/9

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	532,2	631,1	603,3	766,7	607,5	417,4	461,0	574,2	médio
	1024,0	939,0	1070,0	1026,0	922,0	954,0	1204,0	1019,9	máximo
	43,2	70,4	88,9	57,5	62,9	11,1	62,4	56,6	mínimo
Temperatura (°C)	21,1	21,0	14,5	18,2	23,3	21,2	20,9	20,0	
	24,3	24,7	16,5	21,9	27,6	25,1	24,3	23,5	
	15,9	16,2	12,6	11,4	14,4	17,2	14,7	14,6	
Umidade (%)	65,8	63,0	70,6	47,6	49,3	77,4	70,6	63,5	
	95,6	80,5	85,7	78,5	70,7	90,9	98,5	85,8	
	44,2	48,6	61,2	31,2	40,4	62,1	53,7	48,8	
Vel. vento (m/s)	2,2	2,3	3,4	4,7	1,4	2,2	3,4	2,8	
	4,3	5,0	5,1	7,4	2,5	5,5	7,3	5,3	
	1,1	0,5	1,7	2,8	0,2	0,6	0,9	1,1	total
Volume bombeado (litros)	1208,0	1365,0	1359,0	1946,0	1406,0	855,0	837,0	1282,3	8976,0
Corrente (A)	2,4	2,8	2,9	3,6	2,9	1,9	2,3	2,7	
	4,3	3,7	4,8	4,9	3,8	3,9	4,4	4,3	
	0,2	0,5	0,6	1,4	0,4	0,1	0,4	0,5	
Voltagem (V)	5,6	6,3	6,4	8,9	6,5	4,1	4,3	6,0	
	11,2	10,0	12,1	12,9	10,6	10,3	12,0	11,3	
	0,0	0,1	0,1	0,8	0,2	0,0	0,1	0,2	
Potência consumida (W)	18,2	20,6	22,5	34,2	21,2	13,1	14,1	20,6	
	47,8	36,8	58,0	62,9	40,0	39,8	52,3	48,2	
	0,0	0,1	0,1	0,8	0,2	0,0	0,1	0,2	total
Energia (W.h)	165,2	187,5	204,1	310,9	192,4	119,1	127,8	186,7	1307,1
Horas de efetivo bombeamento diário	5,7	6,1	5,8	7,8	6,2	4,0	4,1	5,7	39,7

Tabela 47 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 3-9/9

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	730,6	523,7	770,7	762,2	728,1	676,7	580,8	681,8	médio
	1002,0	1094,0	1040,0	1037,0	1001,0	951,0	996,0	1017,3	máximo
	50,3	68,1	36,4	43,1	65,6	58,2	100,0	60,2	mínimo
Temperatura (°C)	20,8	16,8	13,4	15,4	19,1	22,3	24,6	18,9	
	23,7	19,6	16,3	19,1	23,3	26,9	26,9	22,2	
	14,1	13,1	8,5	8,7	12,2	14,8	20,4	13,1	
Umidade (%)	38,9	58,3	45,8	52,3	57,8	56,7	45,0	50,7	
	88,5	84,6	69,7	74,2	78,5	83,5	57,3	76,6	
	23,6	48,2	31,0	38,3	47,8	40,4	38,2	38,2	
Vel. vento (m/s)	2,0	2,5	2,8	4,0	3,6	2,5	2,5	2,8	
	3,9	5,0	4,9	6,1	6,0	4,5	5,9	5,2	
	0,4	0,7	1,3	2,1	1,3	0,8	1,3	1,1	total
Volume bombeado (litros)	1874,0	1021,0	1990,0	2045,0	1916,0	1768,0	1479,0	1727,6	12093,0
Corrente (A)	3,3	2,5	3,6	3,7	3,4	3,2	2,9	3,2	
	4,6	4,9	4,6	4,9	4,6	4,4	4,4	4,6	
	1,2	0,4	1,5	1,3	0,9	0,8	0,6	1,0	
Voltagem (V)	8,3	5,0	9,0	9,4	8,6	7,8	6,7	7,8	
	12,2	12,8	12,8	13,1	12,3	11,7	11,7	12,4	
	1,0	0,1	1,0	0,9	0,4	0,4	0,2	0,5	
Potência consumida (W)	29,0	17,9	34,9	37,7	32,4	27,5	23,0	28,9	
	54,8	62,2	57,8	62,8	56,4	50,7	52,2	56,7	
	1,0	0,1	1,0	0,9	0,4	0,4	0,2	0,5	total
Energia (W.h)	263,7	162,8	317,5	342,7	294,0	249,7	208,7	262,7	1839,0
Horas de efetivo bombeamento diário	8,1	4,5	7,8	7,9	7,6	7,4	6,3	7,1	49,4

Tabela 48- Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 10-16/9

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	470,9	677,0	680,9	677,7	687,1	662,7	312,0	595,5	médio
	917,0	934,0	939,0	935,0	943,0	930,0	849,0	921,0	máximo
	60,3	47,0	46,4	54,1	51,8	67,6	9,3	48,1	mínimo
Temperatura (°C)	22,6	27,9	29,5	29,4	30,2	31,4	18,9	27,1	
	26,2	30,9	32,1	32,4	32,6	33,9	22,2	30,0	
	17,5	22,2	24,6	24,5	25,2	26,2	15,5	22,2	
Umidade (%)	55,3	35,6	29,7	29,5	21,9	22,8	86,1	40,1	
	77,1	54,3	50,3	49,3	31,9	30,8	98,1	56,0	
	40,4	26,8	22,4	19,0	15,0	18,5	70,3	30,3	
Vel. vento (m/s)	1,5	1,4	1,4	1,7	1,8	2,2	3,6	1,9	
	2,4	2,6	2,6	2,8	3,2	3,6	5,4	3,2	
	0,3	0,4	0,2	0,5	0,5	0,4	1,9	0,6	total
Volume bombeado (litros)	1100,0	1655,0	1650,0	1708,0	1568,0	1549,0	469,0	1385,6	9699,0
Corrente (A)	2,4	3,1	2,9	3,1	2,9	2,9	1,6	2,7	
	4,3	4,4	4,0	4,3	3,6	3,6	3,8	4,0	
	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	
Voltagem (V)	5,2	7,5	7,4	7,5	7,0	6,8	2,5	6,3	
	11,2	11,6	10,5	11,8	9,6	9,7	9,3	10,5	
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	15,5	25,2	23,1	25,3	21,4	21,3	6,8	19,8	
	47,1	49,4	41,4	50,7	34,6	35,0	35,4	41,9	
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	140,9	228,5	209,9	230,2	194,8	193,9	61,4	179,9	1259,6
Horas de efetivo bombeamento diário	5,9	7,4	8,0	7,5	7,8	7,2	3,3	6,7	47,1

Tabela 49 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 17-23/9

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	372,8	441,0	646,3	177,2	544,7	421,1	487,8	441,6	médio
	880,0	926,0	1065,0	406,5	1092,0	1038,0	932,0	905,6	máximo
	64,2	67,3	102,4	8,7	47,4	63,9	-0,4	50,5	mínimo
Temperatura (°C)	18,8	19,1	21,8	18,8	22,2	21,1	25,6	21,1	
	21,9	23,2	24,9	23,0	25,2	24,3	28,7	24,4	
	13,6	14,4	16,4	16,8	15,5	16,3	17,4	15,8	
Umidade (%)	85,7	79,1	59,8	86,7	61,7	61,8	55,5	70,0	
	99,1	98,3	80,6	97,7	91,5	75,4	90,3	90,4	
	73,4	57,5	47,5	69,4	45,4	48,7	45,3	55,3	
Vel. vento (m/s)	1,9	3,0	2,7	2,1	2,1	1,6	1,9	2,2	
	2,9	4,5	5,5	9,3	4,3	4,4	11,4	6,0	
	1,2	1,7	1,0	0,4	0,9	0,5	0,4	0,9	total
Volume bombeado (litros)	585,0	901,0	1442,0	0,0	1197,0	776,0	1236,0	876,7	6137,0
Corrente (A)	2,0	2,2	2,9	1,0	2,6	2,2	2,4	2,2	
	3,5	3,9	4,1	2,3	4,6	4,0	3,7	3,7	
	0,3	0,4	0,6	0,0	0,4	0,4	0,0	0,3	
Voltagem (V)	3,2	4,4	6,6	0,8	5,6	4,0	5,6	4,3	
	9,0	10,1	10,7	1,5	12,4	10,8	9,7	9,2	
	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	8,7	13,6	21,3	1,0	19,7	11,8	17,3	13,3	
	31,9	39,4	43,3	3,4	56,6	43,8	35,6	36,3	
	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	78,7	123,6	193,5	9,1	178,8	107,0	157,5	121,2	848,1
Horas de efetivo bombeamento diário	3,8	4,2	6,8	0,0	5,0	4,4	6,0	4,3	30,2

Tabela 50 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 24-30/9

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	441,5	696,7	731,9	700,0	629,9	316,8	300,7	545,4	médio
	1180,0	1026,0	1047,0	1008,0	1053,0	1009,0	750,0	1010,4	máximo
	50,8	39,3	43,5	47,1	92,0	49,0	26,0	49,7	mínimo
Temperatura (°C)	17,2	20,3	20,7	22,7	24,2	20,6	18,9	20,7	
	19,2	23,7	24,3	26,3	27,3	23,4	21,0	23,6	
	14,9	14,8	14,5	16,2	17,3	18,3	15,9	16,0	
Umidade (%)	80,2	63,9	58,1	59,8	53,3	71,7	77,8	66,4	
	96,9	83,2	78,0	80,9	83,0	78,5	87,5	84,0	
	69,9	52,3	44,4	48,4	40,3	61,0	71,7	55,4	
Vel. vento (m/s)	3,0	2,8	4,2	3,2	1,7	3,2	3,8	3,1	
	5,0	4,5	7,5	6,3	3,5	4,7	5,4	5,3	
	1,9	1,5	2,4	1,0	0,4	2,1	2,3	1,7	total
Volume bombeado (litros)	734,0	1636,0	1626,0	1572,0	1237,0	387,0	314,0	1072,3	7506,0
Corrente (A)	2,1	3,0	3,0	2,9	2,6	1,6	1,6	2,4	3,910833
	3,9	4,5	4,0	3,9	3,5	3,8	3,4	3,8	6,786667
	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,1	0,3	6,86
Voltagem (V)	3,8	7,3	7,3	6,9	5,6	2,4	2,2	5,1	6,796667
	10,3	12,1	10,5	10,1	9,4	9,4	8,4	10,0	6,288333
	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	2,440833
Potência consumida (W)	11,4	25,3	25,1	23,2	17,0	6,0	4,8	16,1	2,498333
	40,2	54,0	41,7	38,9	33,1	35,7	28,1	38,8	
	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	103,2	229,5	228,2	210,5	154,1	54,7	43,8	146,3	1024,2
Horas de efetivo bombeamento diário	3,9	6,7	6,8	6,8	6,3	2,4	2,5	5,1	35,4

Tabela 51 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 1-7/10

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	192,3	510,8	491,3	637,1	492,7	524,5	359,2	458,3	médio
	608,3	1149,0	1098,0	1001,0	973,0	1101,0	881,0	973,0	máximo
	13,5	40,6	45,8	90,6	69,1	106,9	63,4	61,4	mínimo
Temperatura (°C)	19,8	23,5	23,8	25,5	24,7	24,0	23,7	23,6	
	21,6	26,0	27,8	29,5	27,8	26,8	27,5	26,7	
	17,0	17,8	18,2	19,2	20,7	18,6	19,4	18,7	
Umidade (%)	82,8	72,4	70,6	61,8	75,8	75,3	75,4	73,4	
	96,9	98,8	94,8	85,4	88,5	98,8	95,9	94,2	
	76,9	62,0	51,8	42,9	63,4	63,7	50,0	58,7	
Vel. vento (m/s)	1,5	1,7	2,0	1,9	1,8	1,6	1,9	1,8	
	4,0	2,9	4,3	4,1	2,6	4,0	5,4	3,9	
	0,3	0,6	0,4	0,0	0,1	0,2	0,4	0,3	total
Volume bombeado (litros)	61,0	899,0	862,0	1365,0	937,0	854,0	611,0	798,4	5589,0
Corrente (A)	1,1	2,2	2,1	2,6	2,2	2,2	1,8	2,0	
	3,2	3,7	3,9	3,6	3,5	3,6	3,3	3,6	
	0,1	0,2	0,2	0,6	0,4	0,6	0,3	0,3	
Voltagem (V)	1,0	4,4	4,2	6,1	4,5	4,3	3,2	3,9	
	7,4	9,8	9,9	9,6	9,1	8,5	8,3	8,9	
	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	1,6	12,3	12,2	18,4	12,3	11,3	8,1	10,9	
	23,5	36,6	38,8	34,6	31,6	30,6	27,4	31,9	
	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	14,5	111,9	110,5	167,4	111,8	102,2	73,6	98,8	691,8
Horas de efetivo bombeamento diário	0,6	5,1	4,4	6,5	5,4	5,7	3,6	4,5	31,3

Tabela 52 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 8-14/10

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	684,3	641,7	627,3	653,5	234,1	426,1	659,9	561,0	médio
	1060,0	1059,0	1042,0	1099,0	851,0	1109,0	1098,0	1045,4	máximo
	51,7	54,4	48,7	82,3	37,9	64,6	54,9	56,4	mínimo
Temperatura (°C)	23,8	23,9	25,1	26,0	21,8	23,4	25,5	24,2	
	27,0	27,8	28,4	28,9	23,9	26,1	28,5	27,2	
	17,8	17,4	19,8	21,5	19,0	19,5	20,4	19,3	
Umidade (%)	68,1	66,3	63,6	56,5	90,6	79,0	66,5	70,1	
	89,7	84,1	82,3	69,1	98,6	96,2	83,1	86,2	
	54,7	55,1	50,5	46,8	81,4	66,9	54,0	58,5	
Vel. vento (m/s)	2,5	3,0	2,2	1,6	1,1	2,1	2,5	2,1	
	4,2	5,6	3,8	2,7	2,5	3,7	5,0	3,9	
	1,2	1,2	0,9	0,5	0,3	0,9	1,0	0,8	total
Volume bombeado (litros)	1311,0	1276,0	1204,0	1248,0	177,0	761,0	1202,0	1025,6	7179,0
Corrente (A)	2,5	2,5	2,5	2,5	1,3	1,9	2,4	2,2	
	3,7	3,7	3,6	3,4	3,2	3,2	3,2	3,4	
	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3	0,3	
Voltagem (V)	5,9	5,8	5,5	5,7	1,3	3,7	5,5	4,8	
	9,9	9,9	9,8	9,0	7,8	8,1	8,3	9,0	
	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	17,0	17,9	16,8	16,1	2,8	9,6	15,2	13,6	
	36,7	36,9	34,5	30,9	24,9	26,0	26,9	31,0	
	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	154,7	162,1	153,0	146,4	25,1	87,0	137,7	123,7	866,1
Horas de efetivo bombeamento diário	6,6	6,0	5,5	6,7	1,3	4,7	6,6	5,3	37,4

Tabela 53 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 15-21/10

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	589,2	388,3	387,2	478,5	255,5	649,1	715,9	494,8	médio
	1009,0	1128,0	1104,0	955,0	842,0	1093,0	1042,0	1024,7	máximo
	54,5	95,3	39,8	137,6	64,8	54,0	40,2	69,4	mínimo
Temperatura (°C)	25,0	25,4	21,2	21,7	18,7	21,5	21,5	22,1	
	29,4	27,4	23,1	24,5	20,5	23,9	24,1	24,7	
	20,4	21,4	18,2	17,6	16,3	16,9	17,0	18,3	
Umidade (%)	70,6	73,3	76,5	73,1	88,3	66,9	55,4	72,0	
	84,8	90,6	83,9	84,9	96,8	83,6	73,2	85,4	
	52,5	66,2	70,9	65,7	82,6	57,5	42,7	62,6	
Vel. vento (m/s)	2,0	2,1	3,8	3,9	2,4	3,4	3,3	3,0	
	4,5	4,0	5,3	5,4	4,2	5,6	6,3	5,0	
	0,0	0,8	2,6	2,5	1,4	2,2	1,7	1,6	total
Volume bombeado (litros)	1113,0	573,0	555,0	826,0	240,0	1130,0	1281,0	816,9	5718,0
Corrente (A)	2,3	1,8	1,9	2,3	1,3	2,4	2,6	2,1	
	3,9	3,7	3,6	3,3	3,2	3,4	3,7	3,5	
	0,3	0,5	0,2	0,8	0,4	0,3	0,2	0,4	
Voltagem (V)	5,1	3,1	3,0	4,1	1,7	5,3	5,8	4,0	
	10,5	10,0	9,4	8,0	7,2	8,7	9,4	9,0	
	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	14,5	7,5	7,7	10,8	3,6	15,0	17,1	10,9	
	40,8	37,0	34,0	26,7	22,8	29,2	34,4	32,1	
	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	131,8	68,4	70,0	98,4	32,8	136,1	155,5	99,0	693,0
Horas de efetivo bombeamento diário	5,6	3,7	3,8	5,6	1,7	5,4	6,6	4,6	32,4

Tabela 54 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 22-28/10

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	745,7	703,4	628,0	646,0	619,3	467,2	671,3	640,1	médio
	1027,0	1065,0	1312,0	1096,0	1073,0	1006,0	1169,0	1106,9	máximo
	48,1	119,2	50,6	73,1	41,1	92,0	48,9	67,6	mínimo
Temperatura (°C)	22,8	22,4	23,4	26,3	27,7	25,0	24,3	24,6	
	26,4	24,7	26,3	29,6	30,9	29,8	28,8	28,1	
	16,0	16,7	17,9	19,6	22,1	17,9	18,1	18,3	
Umidade (%)	42,8	42,0	57,7	52,0	54,9	66,9	62,5	54,1	
	70,9	65,6	74,4	76,1	80,7	89,2	84,7	77,4	
	27,5	31,4	50,0	38,0	36,8	53,1	41,9	39,8	
Vel. vento (m/s)	2,5	3,2	2,2	1,6	2,1	1,7	2,5	2,2	
	4,3	5,2	4,5	3,0	3,2	2,9	4,0	3,9	
	0,7	1,5	0,5	0,6	0,9	0,4	1,2	0,8	total
Volume bombeado (litros)	1351,0	1275,0	1108,0	1428,0	1418,0	968,0	1625,0	1310,4	9173,0
Corrente (A)	2,6	2,6	2,3	2,8	2,7	2,3	3,0	2,6	
	3,2	3,3	3,0	4,4	4,5	4,5	4,2	3,9	
	0,3	0,7	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	
Voltagem (V)	6,0	5,7	5,1	6,5	6,4	4,7	7,3	6,0	
	8,1	8,5	7,6	12,1	12,7	12,0	11,5	10,4	
	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	17,3	16,5	13,6	21,9	22,2	15,0	25,0	18,8	
	26,0	27,3	23,0	52,7	56,5	53,4	47,9	41,0	
	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	157,2	149,8	123,3	198,5	201,6	136,1	227,3	170,6	1193,9
Horas de efetivo bombeamento diário	7,0	6,7	6,6	6,3	5,6	4,6	6,9	6,2	43,6

Tabela 55 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 29/10 a 4/11

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	736,0	682,2	674,1	529,6	196,6	524,2	649,6	570,3	médio
	1032,0	1118,0	1007,0	1004,0	638,6	1025,0	1052,0	982,4	máximo
	45,9	109,6	87,6	90,5	2,3	108,8	84,5	75,6	mínimo
Temperatura (°C)	24,3	25,7	29,8	28,1	22,3	24,6	26,5	25,9	
	28,5	29,9	32,9	31,5	25,6	27,6	29,5	29,4	
	17,6	17,8	24,3	22,6	19,2	19,9	21,9	20,5	
Umidade (%)	47,9	46,3	33,9	56,8	89,3	75,2	63,3	59,0	
	68,9	81,3	48,7	72,2	97,1	96,2	79,2	77,7	
	29,3	28,6	24,9	37,7	75,5	59,5	49,8	43,6	
Vel. vento (m/s)	2,8	1,8	2,0	2,5	2,0	2,1	2,7	2,3	
	6,6	4,0	3,9	4,9	6,2	3,2	4,7	4,8	
	0,8	0,5	0,6	1,2	0,3	1,0	1,1	0,8	total
Volume bombeado (litros)	1879,0	1519,0	1264,0	1105,0	191,0	899,0	1226,0	1154,7	8083,0
Corrente (A)	3,2	2,8	2,5	2,3	1,1	2,2	2,4	2,4	
	4,6	4,3	3,6	3,5	2,8	3,0	3,6	3,6	
	0,3	0,6	0,5	0,5	0,0	0,6	0,5	0,4	
Voltagem (V)	8,2	6,8	6,0	5,1	1,4	4,3	5,5	5,3	
	12,1	11,6	9,9	8,8	6,7	7,3	9,2	9,4	
	0,0	0,4	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	
Potência consumida (W)	30,3	22,2	17,1	13,5	2,7	11,1	15,0	16,0	
	55,4	49,4	35,7	31,1	19,0	22,0	32,7	35,0	
	0,0	0,4	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	total
Energia (W.h)	275,0	201,4	155,4	122,3	24,7	100,6	136,6	145,1	1016,0
Horas de efetivo bombeamento diário	7,3	7,2	7,1	6,9	1,6	5,6	6,8	6,1	42,4

Tabela 56 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 5-11/11

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	650,7	503,1	665,9	596,8	737,6	645,5	612,3	630,3	médio
	1181,0	902,0	1091,0	1150,0	1032,0	1165,0	1177,0	1099,7	máximo
	189,2	225,2	171,5	88,4	189,8	122,9	223,3	172,9	mínimo
Temperatura (°C)	25,2	25,5	22,6	20,2	21,2	18,8	19,5	21,8	
	28,8	28,6	25,0	23,6	25,7	22,1	22,6	25,2	
	19,4	20,0	20,1	15,8	14,3	13,9	14,3	16,8	
Umidade (%)	62,3	69,2	66,1	64,0	56,4	61,8	52,9	61,8	
	79,2	80,9	80,4	83,4	75,8	78,6	76,4	79,2	
	50,2	60,2	50,7	49,6	43,1	48,3	39,1	48,7	
Vel. vento (m/s)	2,9	1,9	3,6	3,7	3,3	3,6	3,5	3,2	
	5,8	3,5	5,1	5,9	6,3	5,6	5,2	5,3	
	1,2	0,7	2,2	2,1	1,5	1,5	2,2	1,6	total
Volume bombeado (litros)	1172,0	837,0	1131,0	900,0	1301,0	984,0	860,0	1026,4	7185,0
Corrente (A)	2,4	2,3	2,4	2,2	2,7	2,4	2,3	2,4	
	3,1	2,9	3,2	3,3	3,5	3,5	3,3	3,2	
	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	
Voltagem (V)	5,3	4,2	5,2	4,4	6,0	4,8	4,3	4,9	
	7,5	7,2	8,3	8,4	9,1	8,5	8,0	8,1	
	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5	0,4	0,7	0,5	
Potência consumida (W)	14,0	10,1	14,1	11,6	17,2	13,0	11,1	13,0	
	21,6	20,2	26,0	28,1	31,4	29,7	25,4	26,1	
	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5	0,4	0,7	0,5	total
Energia (W.h)	127,2	92,0	128,0	105,8	156,6	118,1	100,8	118,4	828,5
Horas de efetivo bombeamento diário	7,0	6,2	6,6	5,6	7,0	6,0	5,7	6,3	44,1

Tabela 57 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 12-18/11

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	643,0	554,8	552,8	727,0	525,2	444,9	448,6	556,6	médio
	1110,0	1061,0	1123,0	1149,0	1079,0	991,0	1017,0	1075,7	máximo
	129,5	148,2	119,9	136,3	87,6	132,7	20,5	110,7	mínimo
Temperatura (°C)	20,2	21,6	21,8	24,9	28,0	29,6	30,5	25,2	
	23,2	25,2	26,1	29,7	31,2	33,4	35,2	29,1	
	14,8	16,5	16,8	18,0	23,5	25,9	26,2	20,2	
Umidade (%)	54,1	54,9	63,0	54,3	49,7	45,7	42,8	52,1	
	77,0	76,8	81,5	85,9	63,7	60,8	63,8	72,8	
	45,1	41,0	45,6	33,0	37,1	31,8	30,1	37,7	
Vel. vento (m/s)	3,9	3,5	3,0	2,0	1,8	1,9	1,8	2,5	
	5,6	4,9	5,2	3,6	3,0	3,5	4,8	4,4	
	1,9	1,8	1,5	0,5	0,4	0,8	0,6	1,1	total
Volume bombeado (litros)	939,0	811,0	929,0	1234,0	795,0	581,0	624,0	844,7	5913,0
Corrente (A)	2,3	2,3	2,3	2,6	2,1	1,9	1,9	2,2	
	3,1	3,6	4,4	3,9	3,0	2,9	3,0	3,4	
	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6	0,7	0,1	0,6	
Voltagem (V)	4,5	4,1	4,6	5,7	3,9	3,2	3,3	4,2	
	7,8	9,3	11,6	10,7	7,6	7,3	7,4	8,8	
	0,2	0,4	0,2	0,5	0,1	0,5	0,0	0,3	
Potência consumida (W)	12,0	10,8	12,8	16,8	10,3	7,7	8,4	11,2	
	24,2	33,1	50,9	41,6	22,6	21,3	21,8	30,8	
	0,2	0,4	0,2	0,5	0,1	0,5	0,0	0,3	total
Energia (W.h)	109,1	97,8	116,4	152,3	93,2	70,3	75,9	102,1	715,0
Horas de efetivo bombeamento diário	5,7	4,9	5,4	6,5	5,0	3,8	4,0	5,1	35,4

Tabela 58 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 19-25/11

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	577,9	418,7	435,3	658,5	698,3	686,4	530,4	572,2	médio
	1009,0	1082,0	1123,0	1024,0	1202,0	1021,0	1043,0	1072,0	máximo
	16,7	18,4	78,7	92,8	142,0	163,3	146,0	94,0	mínimo
Temperatura (°C)	26,0	24,1	21,6	24,8	26,9	26,8	26,4	25,2	
	30,8	26,8	25,2	28,4	29,9	31,7	29,6	28,9	
	20,2	19,8	17,7	18,1	22,6	18,7	21,7	19,8	
Umidade (%)	73,0	75,4	77,0	60,6	39,4	50,8	67,3	63,4	
	96,4	88,8	88,6	86,0	48,1	62,4	87,1	79,6	
	53,5	65,9	64,3	47,7	35,1	38,2	46,3	50,2	
Vel. vento (m/s)	2,5	1,3	2,4	1,8	3,2	2,0	2,0	2,2	
	4,6	3,8	4,0	2,9	6,1	3,9	3,5	4,1	
	0,6	0,3	1,1	0,6	1,4	0,4	0,5	0,7	total
Volume bombeado (litros)	955,0	673,0	680,0	984,0	1247,0	1161,0	729,0	918,4	6429,0
Corrente (A)	2,1	1,8	1,9	2,3	2,5	2,5	2,0	2,2	
	3,0	2,9	3,3	3,1	3,1	3,8	3,0	3,2	
	0,1	0,1	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9	0,5	
Voltagem (V)	4,5	3,4	3,5	4,8	5,5	5,5	3,7	4,4	
	7,7	7,4	8,6	7,8	8,2	10,2	7,4	8,2	
	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	
Potência consumida (W)	12,0	8,4	8,4	12,5	14,6	14,9	9,0	11,4	
	22,0	21,7	28,2	24,2	25,5	38,4	21,6	25,9	
	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	total
Energia (W.h)	109,0	76,0	76,5	113,7	132,9	135,7	81,6	103,6	725,4
Horas de efetivo bombeamento diário	5,3	4,9	4,5	5,5	7,2	6,4	4,8	5,5	38,6

Tabela 59 - Dados energéticos, Meteorológicos, Hidráulicos de 26/11a 2/12

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	241,1	429,7	285,8	346,1	504,7	763,5	718,4	469,9	médio
	1095,0	1096,0	1021,0	1084,0	1194,0	1018,0	1046,0	1079,1	máximo
	8,4	22,6	52,2	32,9	152,1	253,5	182,2	100,6	mínimo
Temperatura (°C)	22,1	24,1	24,3	23,6	24,8	23,8	24,9	23,9	
	25,5	29,3	27,3	27,3	26,9	26,7	29,1	27,4	
	19,7	19,6	20,6	20,4	22,1	19,1	18,5	20,0	
Umidade (%)	90,3	78,2	78,8	85,4	74,2	61,4	62,1	75,8	
	99,1	98,9	89,5	97,5	83,9	79,4	80,2	89,8	
	76,6	47,4	66,2	70,5	66,1	49,2	50,2	60,9	
Vel. vento (m/s)	1,5	1,4	1,4	1,2	3,3	4,4	3,3	2,3	
	5,2	2,5	2,3	3,2	4,6	6,3	5,2	4,2	
	0,3	0,2	0,1	0,1	1,9	2,4	1,2	0,9	total
Volume bombeado (litros)	620,0	660,0	635,0	690,0	780,0	1010,0	1190,0	797,9	5585,0
Corrente (A)	1,2	1,7	1,8	1,9	1,9	1,7	1,8	1,7	
	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,8	
	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Voltagem (V)	1,4	3,1	1,7	1,8	3,4	3,2	3,1	2,5	
	7,2	7,1	6,8	7,3	7,4	7,5	7,5	7,3	
	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	3,0	7,6	3,0	3,1	3,2	3,3	3,1	3,8	
	21,0	20,8	20,9	21,0	22,0	20,7	22,0	21,2	
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	total
Energia (W.h)	27,6	68,9	70,0	6,4	80,0	125,0	136,0	73,4	513,8
Horas de efetivo bombeamento diário	3,8	4,2	4,1	5,2	5,1	6,3	6,2	5,0	34,9

Tabela 60 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 3-9/12

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	399,4	306,0	358,1	323,4	324,6	631,5	546,1	412,7	médio
	1075,0	1085,0	992,0	936,0	1163,0	1074,0	1111,0	1062,3	máximo
	15,8	23,4	51,1	7,3	34,5	238,7	71,8	63,2	mínimo
Temperatura (°C)	23,9	22,4	23,2	23,7	21,6	23,4	22,1	22,9	
	28,0	26,6	25,9	26,9	24,9	27,2	26,7	26,6	
	17,9	20,1	20,2	21,0	18,2	18,6	18,1	19,1	
Umidade (%)	78,8	90,1	83,7	84,9	84,0	67,9	77,9	81,0	
	98,3	99,1	98,6	97,5	98,1	82,6	91,5	95,1	
	59,2	68,9	64,8	67,8	68,7	55,9	62,6	64,0	
Vel. vento (m/s)	1,5	2,0	1,5	1,9	1,5	2,5	2,0	1,8	
	2,9	4,1	2,4	3,4	2,8	5,2	3,2	3,4	
	0,1	0,7	0,7	0,7	0,3	0,8	0,8	0,6	total
Volume bombeado (litros)	517,0	370,0	507,0	404,0	392,0	1099,0	863,0	593,1	4152,0
Corrente (A)	1,7	1,3	1,8	1,6	1,5	2,4	2,2	1,8	
	3,3	2,9	3,0	2,9	3,3	3,0	3,1	3,1	
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,8	0,4	0,3	
Voltagem (V)	2,8	2,1	2,9	2,3	2,2	5,2	4,1	3,1	
	8,5	7,1	7,1	7,1	7,9	7,3	7,8	7,5	
	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	
Potência consumida (W)	6,5	4,8	6,6	5,2	5,2	13,5	11,1	7,5	
	28,1	20,7	20,5	20,3	26,0	21,4	23,7	22,9	
	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	total
Energia (W.h)	58,9	43,5	59,8	47,7	47,1	122,4	100,5	68,6	479,9
Horas de efetivo bombeamento diário	3,5	2,7	4,2	13,8	3,1	7,0	5,2	5,6	39,4

Tabela 61 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 10-16/12

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	684,2	676,5	559,4	613,2	336,4	455,9	546,4	553,1	médio
	1098,0	1046,0	1158,0	1057,0	985,0	1046,0	1150,0	1077,1	máximo
	221,0	186,6	106,7	194,9	36,1	46,1	123,5	130,7	mínimo
Temperatura (°C)	25,2	24,5	24,1	25,5	23,5	25,1	26,0	24,8	
	28,9	27,5	27,1	28,1	27,6	29,2	30,2	28,4	
	20,1	20,0	18,9	20,4	20,1	21,0	21,7	20,3	
Umidade (%)	69,5	64,4	66,9	66,8	84,9	80,7	70,2	71,9	
	84,5	77,3	83,1	81,8	96,5	98,7	90,6	87,5	
	54,7	54,5	57,7	58,3	63,7	60,2	53,5	57,5	
Vel. vento (m/s)	2,6	3,5	3,4	3,0	1,7	1,4	1,6	2,5	
	3,7	4,7	6,0	4,7	3,4	2,5	3,0	4,0	
	1,6	2,0	1,8	1,7	0,8	0,7	0,5	1,3	total
Volume bombeado (litros)	1061,0	1054,0	1114,0	1023,0	329,0	663,0	728,0	853,1	5972,0
Corrente (A)	2,4	2,5	2,3	2,4	1,6	1,8	2,1	2,2	
	2,9	3,5	3,6	3,6	2,9	2,8	3,1	3,2	
	0,7	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3	0,6	0,5	
Voltagem (V)	5,0	5,0	5,1	4,9	2,0	3,3	3,7	4,1	
	7,4	9,2	9,8	10,0	7,4	7,2	7,9	8,4	
	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,3	0,2	
Potência consumida (W)	13,0	13,9	14,3	13,8	4,4	7,6	8,6	10,8	
	21,6	32,2	34,9	35,7	21,7	19,9	24,3	27,2	
	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,3	0,2	total
Energia (W.h)	118,3	126,1	129,5	130,2	40,3	69,4	75,1	98,4	689,0
Horas de efetivo bombeamento diário	6,6	5,8	6,1	5,7	2,5	4,6	5,1	5,2	36,4

Tabela 62 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 17-23/12

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	600,0	653,7	619,7	376,9	258,8	362,4	364,4	462,3	médio
	1118,0	1077,0	1055,0	1046,0	952,0	1102,0	1177,0	1075,3	máximo
	31,1	129,1	103,2	101,4	9,0	62,8	52,6	69,9	mínimo
Temperatura (°C)	27,8	28,8	28,1	25,1	21,9	24,7	23,7	25,7	
	30,6	32,1	31,5	28,9	26,6	27,2	27,4	29,2	
	24,4	24,5	23,4	22,0	19,5	21,4	20,3	22,2	
Umidade (%)	66,9	60,8	67,2	76,2	89,8	80,9	85,8	75,4	
	77,3	81,2	83,2	90,8	98,6	93,9	99,1	89,2	
	54,4	41,3	51,5	50,9	61,7	67,6	68,1	56,5	
Vel. vento (m/s)	2,0	1,4	1,8	2,2	1,7	1,2	0,8	1,6	
	3,8	2,3	2,7	3,5	3,9	2,2	3,7	3,2	
	0,7	0,3	0,1	1,0	0,6	0,2	0,0	0,4	total
Volume bombeado (litros)	1558,0	868,0	892,0	399,0	353,0	293,0	345,0	672,6	4708,0
Corrente (A)	2,0	2,2	2,1	1,8	1,2	1,8	1,7	1,8	
	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	3,0	2,9	
	0,2	0,5	0,5	0,6	0,1	0,4	0,3	0,4	
Voltagem (V)	4,2	4,4	4,3	2,4	1,8	2,2	2,3	3,1	
	7,7	7,1	7,1	7,3	6,7	6,6	6,8	7,0	
	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	10,2	10,6	10,3	5,3	4,0	4,8	5,1	7,2	
	22,3	19,4	19,5	20,9	19,0	18,4	20,1	19,9	
	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	92,9	96,4	94,0	48,4	36,7	43,8	46,0	65,5	458,2
Horas de efetivo bombeamento diário	5,2	5,7	5,6	2,9	2,6	2,2	3,0	3,9	27,2

Tabela 63 - Dados energéticos , Meteorológicos, Hidráulicos de 24-30/12

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	455,1	514,2	541,0	486,8	580,9	560,1	449,8	512,6	médio
	1059,0	1120,0	1055,0	1169,0	1118,0	1057,0	935,0	1073,3	máximo
	112,4	132,6	39,1	66,0	105,1	186,9	120,6	109,0	mínimo
Temperatura (°C)	25,6	26,4	25,8	25,8	25,4	24,5	24,2	25,4	
	28,9	30,2	29,4	29,4	29,3	28,1	27,4	29,0	
	21,4	21,6	20,8	22,0	21,2	21,0	20,3	21,2	
Umidade (%)	78,5	71,4	73,0	74,2	71,5	69,6	74,3	73,2	
	96,4	82,9	94,3	88,3	88,3	81,8	85,0	88,1	
	61,3	55,6	60,9	55,2	53,1	52,3	65,0	57,6	
Vel. vento (m/s)	1,9	1,9	2,1	1,3	2,1	3,3	2,6	2,2	
	2,9	5,7	3,0	3,1	3,2	5,0	4,6	3,9	
	0,7	0,6	0,9	0,1	1,1	1,7	0,9	0,8	total
Volume bombeado (litros)	487,0	737,0	731,0	698,0	806,0	799,0	611,0	695,6	4869,0
Corrente (A)	1,9	2,0	2,1	1,9	2,0	2,1	2,0	2,0	
	2,9	2,9	3,1	2,9	3,1	2,9	2,9	2,9	
	0,6	0,7	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	
Voltagem (V)	3,0	4,0	3,8	3,7	4,0	4,0	3,5	3,7	
	6,8	7,6	7,4	7,0	7,7	7,1	6,9	7,2	
	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	
Potência consumida (W)	6,6	9,4	9,7	8,8	9,8	9,3	8,2	8,8	
	18,1	20,4	21,5	20,1	23,6	20,3	19,2	20,5	
	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	total
Energia (W.h)	60,1	85,8	88,1	79,5	89,3	84,7	74,1	80,2	561,7
Horas de efetivo bombeamento diário	4,4	6,4	4,8	5,4	5,4	5,7	4,4	5,2	36,5

Tabela 64 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 31.12 a 6.1/2007

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	121,8	129,1	163,1	348,5	289,6	81,8	125,4	179,9	médio
	350,7	360,4	396,9	1062,0	1048,0	210,7	354,4	540,4	máximo
	15,8	20,3	24,3	41,8	22,6	28,0	28,4	25,9	mínimo
Temperatura (°C)	20,4	20,3	20,1	22,3	22,5	20,2	20,2	20,9	
	21,3	21,1	20,8	25,9	25,6	20,9	20,9	22,3	
	19,6	19,6	19,6	20,0	20,2	19,8	19,2	19,7	
Umidade (%)	99,2	99,3	99,0	92,8	93,6	98,5	99,3	97,4	
	99,2	99,4	99,4	99,4	99,2	99,2	99,4	99,3	
	99,1	99,1	98,3	74,9	79,2	95,0	99,2	92,1	
Vel. vento (m/s)	1,9	1,4	1,5	1,3	1,5	1,7	1,8	1,6	
	3,5	2,6	3,0	5,0	2,5	2,8	3,3	3,2	
	0,0	0,0	0,3	0,1	0,5	0,7	0,5	0,3	total
Volume bombeado (litros)	11,0	0,0	0,0	401,0	185,0	0,0	0,0	85,3	597,0
Corrente (A)	0,7	0,7	0,9	1,5	1,4	0,0	0,0	0,8	
	2,1	2,0	2,2	3,0	3,0	0,0	0,0	1,7	
	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	
Voltagem (V)	0,5	0,8	0,8	2,6	1,6	0,0	0,0	0,9	
	1,2	1,3	1,5	7,0	7,2	0,0	0,0	2,6	
	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
Potência consumida (W)	0,5	0,7	0,9	5,8	3,3	0,0	0,0	1,6	
	2,6	2,7	3,2	20,7	20,8	0,0	0,0	7,1	
	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	total
Energia (W.h)	4,6	6,3	8,6	52,9	30,0	0,0	0,0	14,6	102,3
Horas de efetivo bombeamento diário	0,1	0,0	0,0	3,0	1,7	0,0	0,0	0,7	4,9

Tabela 65 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 7/1 a 14/1, 07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	627,0	402,1	650,3	411,2	213,6	470,7	220,4	427,9	médio
	975,0	674,7	1129,0	1152,0	1063,0	990,0	854,0	976,8	máximo
	122,5	76,8	110,5	81,5	9,7	106,7	4,1	73,1	mínimo
Temperatura (°C)	25,3	22,3	24,0	23,5	22,4	26,0	22,4	23,7	
	28,4	24,8	28,2	28,1	26,1	29,5	27,4	27,5	
	20,6	19,7	19,3	18,5	20,3	21,3	19,8	19,9	
Umidade (%)	69,3	63,2	53,2	73,9	94,6	79,2	89,1	74,6	
	92,5	66,2	72,1	78,9	99,1	97,9	97,1	86,3	
	47,7	58,5	44,2	62,8	81,1	62,0	65,3	60,2	
Vel. vento (m/s)	2,3	2,4	3,1	1,7	2,4	2,0	2,1	2,3	
	4,1	3,9	5,1	3,0	5,8	3,9	6,8	4,7	
	0,7	0,9	1,4	0,6	0,7	0,4	0,0	0,7	total
Volume bombeado (litros)	43,0	83,0	52,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	178,0
Corrente (A)	1,6	1,6	1,6	1,5	0,0	0,0	0,0	0,9	
	2,0	2,4	2,5	2,2	0,0	0,0	0,0	1,3	
	0,6	0,4	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	
Voltagem (V)	8,2	4,9	7,5	6,2	0,0	0,0	0,0	3,8	
	10,5	10,2	10,6	10,7	0,0	0,0	0,0	6,0	
	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	13,5	8,3	12,8	10,2	0,0	0,0	0,0	6,4	
	17,4	18,0	18,9	18,5	0,0	0,0	0,0	10,4	
	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	122,6	75,5	116,0	92,4	0,0	0,0	0,0	58,1	406,6
Horas de efetivo bombeamento diário	4,1	6,7	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	15,5

Tabela 66 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 15/1a 21/1, 07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	288,3	260,7	605,1	648,3	648,0	405,4	353,4	458,5	médio
	963,0	618,1	1220,0	1136,0	1075,0	1054,0	1087,0	1021,9	máximo
	52,0	95,4	61,0	70,4	126,4	34,3	9,1	64,1	mínimo
Temperatura (°C)	24,1	21,0	22,7	24,8	26,8	24,9	23,4	24,0	
	27,1	23,2	26,3	29,5	29,9	29,0	27,2	27,4	
	21,7	19,4	18,0	18,4	22,0	21,2	20,4	20,2	
Umidade (%)	86,5	84,4	76,4	69,5	68,6	82,5	91,3	79,9	
	97,5	89,1	87,5	89,1	85,4	97,8	98,5	92,1	
	74,2	76,6	67,6	52,9	55,6	63,7	75,3	66,5	
Vel. vento (m/s)	1,2	3,0	2,7	1,5	1,7	1,5	1,4	1,9	
	3,6	4,6	4,6	2,4	3,1	3,1	7,8	4,2	
	0,0	0,9	1,1	0,3	0,5	0,4	0,0	0,5	total
Volume bombeado (litros)	54,0	50,0	97,0	93,0	71,0	69,0	22,0	65,1	456,0
Corrente (A)	0,8	1,4	1,5	1,6	1,6	1,3	1,2	1,3	
	2,9	2,6	3,0	2,8	2,8	2,3	2,5	2,7	
	0,0	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	
Voltagem (V)	2,5	2,6	7,1	7,1	7,3	5,3	3,4	5,0	
	10,2	9,6	10,8	10,4	10,5	10,5	10,8	10,4	
	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	4,3	4,1	11,9	11,6	11,9	8,3	6,2	8,3	
	19,3	18,6	18,8	17,9	17,7	17,6	17,9	18,2	
	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	39,4	37,5	108,1	105,4	122,9	75,4	48,6	76,7	537,2
Horas de efetivo bombeamento diário	2,0	3,7	6,6	6,5	5,1	13,3	1,6	5,6	38,9

Tabela 67 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 22/1a 27/1, 07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	363,6	411,8	463,5	584,0	697,4	537,6	671,4	532,8	médio
	968,0	1094,0	1125,0	1061,0	1043,0	1101,0	1078,0	1067,1	máximo
	13,6	7,5	22,0	75,4	125,6	79,2	133,1	65,2	mínimo
Temperatura (°C)	23,7	23,8	24,4	25,0	26,3	24,7	25,4	24,7	
	26,6	27,4	28,5	28,6	30,7	28,7	28,7	28,5	
	20,9	20,5	20,6	19,8	20,7	21,4	20,5	20,6	
Umidade (%)	88,4	88,2	84,2	76,7	69,6	73,5	68,5	78,4	
	98,9	99,1	98,6	91,5	87,6	83,9	82,8	91,8	
	73,8	68,7	67,0	65,2	52,1	61,0	54,0	63,1	
Vel. vento (m/s)	1,4	1,7	1,4	1,9	1,5	2,5	2,2	1,8	
	2,1	2,6	2,7	3,8	2,9	4,1	3,9	3,1	
	0,4	0,9	0,1	0,2	0,5	1,4	0,7	0,6	total
Volume bombeado (litros)	54,0	60,0	61,0	79,0	102,0	80,0	0,0	62,3	436,0
Corrente (A)	1,3	1,4	1,2	1,4	1,6	1,5	1,6	1,4	
	2,4	2,6	2,2	2,1	3,2	2,6	2,7	2,6	
	0,1	0,0	0,1	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	
Voltagem (V)	4,7	4,8	4,9	6,1	7,3	5,7	7,2	5,8	
	10,4	10,5	10,6	10,2	10,2	10,4	10,4	10,4	
	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	7,7	8,0	7,9	10,0	12,0	9,4	11,8	9,5	
	18,5	19,1	19,5	17,6	17,3	18,0	18,1	18,3	
	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	69,5	72,8	71,7	90,7	108,7	85,3	107,6	86,6	606,5
Horas de efetivo bombeamento diário	4,0	4,3	4,2	5,4	6,7	13,3	6,2	6,3	44,1

Tabela 68 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 4/2 a 10/2/07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	696,6	508,9	634,8	428,1	369,4	394,4	563,2	513,6	médio
	987,0	917,0	1138,0	1319,0	1136,0	1065,0	1117,0	1097,0	máximo
	108,5	18,2	65,5	84,0	35,2	25,9	123,5	65,8	mínimo
Temperatura (°C)	25,3	25,8	25,0	25,5	23,7	23,8	27,3	25,2	
	29,9	29,9	29,4	28,6	27,5	27,5	29,9	28,9	
	19,8	20,4	19,5	22,2	20,5	20,2	23,1	20,8	
Umidade (%)	62,7	70,6	75,2	75,2	87,0	87,2	67,5	75,0	
	77,7	91,6	98,2	87,1	97,8	98,4	82,7	90,5	
	45,1	54,5	57,1	61,4	71,2	70,1	53,3	59,0	
Vel. vento (m/s)	2,2	1,8	1,8	1,3	1,4	1,3	1,6	1,6	
	4,8	5,0	3,5	2,2	2,8	2,3	2,8	3,3	
	0,6	0,5	0,4	0,2	0,3	0,1	0,5	0,4	total
Volume bombeado (litros)	0,0	0,0	560,0	470,0	443,0	0,0	750,0	317,6	2223,0
Corrente (A)	0,0	0,0	0,0	1,9	1,5	1,9	2,1	1,1	
	0,0	0,0	0,3	2,8	3,2	3,7	3,2	1,9	
	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,1	0,6	0,2	
Voltagem (V)	0,0	0,0	0,0	3,3	2,5	2,7	3,8	1,8	
	0,0	0,0	0,9	6,6	7,1	8,7	7,4	4,4	
	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,1	
Potência consumida (W)	0,0	0,0	0,0	7,8	6,2	6,9	9,9	4,4	
	0,0	0,0	0,3	18,4	22,5	32,2	23,7	13,9	
	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,1	total
Energia (W.h)	0,0	0,0	0,0	71,0	56,0	62,9	90,3	40,0	280,2
Horas de efetivo bombeamento diário	0,0	0,0	5,0	3,2	3,3	0,0	5,4	2,4	16,9

Tabela 69 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 11/2 a 17/2/07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	305,6	743,0	739,6	686,5	737,4	706,0	703,8	660,3	médio
	899,0	1058,0	1128,0	1183,0	1129,0	1071,0	1033,0	1071,6	máximo
	3,5	126,6	129,5	70,5	113,0	108,6	105,6	93,9	mínimo
Temperatura (°C)	23,7	21,8	22,2	23,3	24,2	26,0	27,7	24,1	
	28,0	24,9	25,9	27,3	28,7	30,4	31,5	28,1	
	20,3	17,5	16,9	17,7	18,6	19,6	21,8	18,9	
Umidade (%)	76,6	66,3	62,5	66,8	67,0	63,2	61,3	66,2	
	95,2	85,4	79,3	80,3	82,2	84,5	80,8	84,0	
	58,4	51,1	49,1	52,5	48,8	41,9	45,4	49,6	
Vel. vento (m/s)	3,9	4,0	3,2	2,5	2,4	1,6	1,4	2,7	
	9,2	5,8	4,9	4,3	4,3	4,1	2,2	5,0	
	1,2	2,0	1,1	0,8	0,9	0,4	0,5	1,0	total
Volume bombeado (litros)	400,0	1068,0	1114,0	1049,0	1183,0	1199,0	1514,0	1075,3	7527,0
Corrente (A)	1,5	2,5	2,6	2,4	2,6	2,6	3,2	2,5	
	3,1	3,0	3,5	3,3	3,5	4,2	4,5	3,6	
	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	
Voltagem (V)	2,1	4,8	5,0	4,7	5,1	5,3	6,8	4,8	
	6,0	6,6	7,8	7,3	8,0	10,2	10,6	8,1	
	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	5,0	13,4	14,5	13,5	14,6	16,2	25,8	14,7	
	17,0	19,4	27,6	24,0	27,7	42,8	47,6	29,4	
	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	45,3	121,6	132,1	122,3	132,7	146,8	234,1	133,6	934,9
Horas de efetivo bombeamento diário	3,1	6,9	7,0	6,6	15,4	6,8	6,8	7,5	52,7

Tabela 70 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 18/2 a 24/2/07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	657,8	513,5	423,3	642,0	718,3	732,6	720,0	629,6	médio
	1155,0	1120,0	1030,0	1088,0	1090,0	1043,0	1115,0	1091,6	máximo
	87,4	56,2	17,0	12,4	105,3	120,4	142,9	77,4	mínimo
Temperatura (°C)	28,5	24,6	24,4	25,6	26,7	27,3	28,7	26,6	
	31,5	28,5	28,2	29,7	30,0	30,4	31,1	29,9	
	24,6	20,3	20,8	20,6	21,8	22,4	23,9	22,0	
Umidade (%)	63,6	78,5	80,8	74,6	65,6	58,4	50,1	67,4	
	75,6	93,4	94,7	94,1	84,3	78,5	77,9	85,5	
	50,2	60,9	65,8	57,5	46,2	40,3	36,1	51,0	
Vel. vento (m/s)	1,0	2,0	1,7	2,1	1,9	1,8	1,3	1,7	
	2,2	3,6	3,0	3,5	3,1	2,8	2,6	3,0	
	0,0	0,4	0,5	0,9	0,7	0,6	0,0	0,4	total
Volume bombeado (litros)	1194,0	795,0	550,0	863,0	1015,0	987,0	893,0	899,6	6297,0
Corrente (A)	2,8	2,2	1,8	2,4	2,6	2,5	2,5	2,4	
	4,5	3,8	3,5	3,3	3,4	3,7	3,0	3,6	
	0,4	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	
Voltagem (V)	5,8	3,9	3,0	4,4	5,0	4,9	4,6	4,5	
	10,6	8,4	7,6	7,2	7,9	8,1	6,6	8,1	
	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,1	
Potência consumida (W)	19,7	10,9	7,7	12,1	14,3	13,6	12,2	12,9	
	48,0	31,9	26,7	23,2	27,2	30,1	19,7	29,5	
	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,1	total
Energia (W.h)	179,2	99,2	70,4	109,6	129,4	123,2	111,3	117,5	822,2
Horas de efetivo bombeamento diário	6,5	5,6	4,3	6,0	14,9	6,9	6,5	7,2	50,7

Tabela 71 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 25/2 a 3/3/07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	544,1	389,3	339,8	423,5	502,2	706,8	671,4	511,0	médio
	1204,0	1057,0	1079,0	1193,0	1177,0	1048,0	1000,0	1108,3	máximo
	79,4	148,4	86,5	29,4	80,3	45,9	58,7	75,5	mínimo
Temperatura (°C)	26,5	23,3	22,9	23,7	25,5	27,3	27,7	25,3	
	29,7	26,6	26,2	26,9	28,4	29,9	30,9	28,4	
	22,9	19,5	18,6	20,4	20,5	23,3	23,2	21,2	
Umidade (%)	60,5	76,7	82,2	80,4	72,9	60,2	55,9	69,8	
	74,7	95,1	99,1	92,3	93,6	82,9	67,2	86,4	
	44,2	59,1	66,5	70,5	57,2	47,1	43,0	55,4	
Vel. vento (m/s)	1,5	1,6	1,4	1,6	1,7	1,7	2,5	1,7	
	3,9	3,1	2,8	3,5	3,5	2,7	4,0	3,4	
	0,1	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	1,1	0,4	total
Volume bombeado (litros)	795,0	546,0	360,0	666,0	915,0	1117,0	1036,0	776,4	5435,0
Corrente (A)	2,3	2,1	1,9	2,0	2,4	2,5	2,4	2,2	
	3,9	3,8	3,8	5,1	4,4	3,4	3,0	3,9	
	0,5	0,8	0,5	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	
Voltagem (V)	4,1	3,1	2,3	3,5	4,5	5,3	4,9	3,9	
	8,7	8,3	8,6	12,0	10,7	8,2	6,7	9,0	
	0,1	0,6	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	
Potência consumida (W)	12,1	8,2	6,1	10,2	13,1	14,5	13,2	11,1	
	33,1	31,4	33,2	60,7	46,7	28,1	20,1	36,2	
	0,1	0,6	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	total
Energia (W.h)	109,8	74,8	55,4	93,0	118,7	131,7	119,7	100,5	703,2
Horas de efetivo bombeamento diário	5,6	4,2	2,3	4,1	6,0	15,4	6,7	6,3	44,3

Tabela 72 - Dados meteorológicos e hidráulicos, 4/3 a 10/3/07

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	702,1	707,3	704,1	625,2	615,8	649,7	517,0	645,9	médio
	1025,0	1016,0	994,0	1038,0	970,0	1115,0	1089,0	1035,3	máximo
	50,2	50,8	92,9	45,9	59,0	123,9	43,3	66,6	mínimo
Temperatura (°C)	27,1	27,7	28,4	28,3	27,4	29,1	26,0	27,7	
	29,9	30,9	30,9	32,0	31,5	31,9	30,4	31,1	
	21,5	22,8	24,9	24,0	21,0	24,7	21,1	22,9	
Umidade (%)	62,4	51,9	46,8	55,2	61,6	53,1	69,0	57,1	
	82,1	71,0	54,8	67,1	86,5	73,1	89,0	74,8	
	49,2	33,5	36,8	42,3	40,2	39,6	49,1	41,5	
Vel. vento (m/s)	2,1	1,4	1,9	1,4	1,8	1,8	1,9	1,8	
	3,9	2,4	3,7	2,8	3,1	3,7	4,9	3,5	
	0,7	0,0	0,7	0,1	0,5	0,5	0,2	0,4	total
Volume bombeado (litros)	1098,0	1065,0	1136,0	962,0	870,0	832,0	615,0	939,7	6578,0
Corrente (A)	2,5	2,4	2,6	2,3	2,1	2,3	1,8	2,3	
	3,2	2,9	3,3	3,1	3,1	3,4	2,8	3,1	
	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,8	0,2	0,4	
Voltagem (V)	5,2	5,1	5,4	4,4	4,2	4,1	3,1	4,5	
	7,7	6,6	7,9	7,2	6,6	8,2	6,2	7,2	
	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,0	0,1	
Potência consumida (W)	14,4	13,5	15,7	11,7	11,0	10,8	7,9	12,2	
	25,0	18,9	26,0	22,1	19,7	28,0	17,1	22,4	
	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,0	0,1	total
Energia (W.h)	131,2	123,0	142,2	106,5	99,9	98,0	72,0	110,4	772,7
Horas de efetivo bombeamento diário	6,9	7,1	6,7	5,9	14,0	5,5	4,3	7,2	50,3

Tabela 73 – Dados meteorológicos e hidráulicos, 11/3 a 17/3, 2007

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	522,6	449,3	552,5	357,2	495,5	344,8	446,1	452,6	médio
	1142,0	1164,0	1065,0	1087,0	1187,0	1107,0	1071,0	1117,6	máximo
	100,2	49,2	34,6	9,4	23,7	21,4	89,1	46,8	mínimo
Temperatura (°C)	24,9	26,2	22,4	25,2	24,5	25,0	24,3	24,6	
	28,5	29,0	25,7	28,9	27,3	28,2	27,0	27,8	
	22,4	21,6	18,7	20,8	21,4	21,3	21,8	21,2	
Umidade (%)	73,5	70,0	88,1	76,9	79,6	76,9	80,1	77,9	
	83,1	87,7	98,9	96,2	88,9	94,6	94,5	92,0	
	59,8	57,8	74,4	60,8	68,4	61,7	66,6	64,2	
Vel. vento (m/s)	1,4	1,4	1,3	2,1	1,4	1,8	1,1	1,5	
	4,4	2,5	3,2	3,9	2,5	5,5	2,1	3,5	
	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	total
Volume bombeado (litros)	792,0	1260,0	729,0	1164,0	725,0	958,0	692,0	902,9	6320,0
Corrente (A)	2,2	2,7	1,8	2,3	2,0	2,1	1,9	2,1	
	4,9	4,8	4,4	4,6	4,7	4,5	4,4	4,6	
	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	
Voltagem (V)	3,8	5,7	3,6	5,2	3,5	4,3	3,4	4,2	
	12,7	12,7	12,1	12,1	12,8	12,4	12,1	12,4	
	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	12,5	20,6	12,0	17,6	10,2	14,1	11,3	14,0	
	61,6	61,6	53,1	55,5	60,4	55,3	53,0	57,2	
	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	113,7	187,1	109,2	159,5	92,4	127,7	102,9	127,5	892,5
Horas de efetivo bombeamento diário	3,6	5,2	2,9	4,9	3,7	4,1	2,8	3,9	27,2

Tabela 74- Dados meteorológicos e hidráulicos, 18/3 a 24/3 /2007

Váriavel \ Dia	I	II	III	IV	V	VI	VII	Média	
Rad (w/m2)	620,3	679,7	708,3	676,6	298,0	383,8	522,6	555,6	médio
	1161,0	1132,0	1030,0	1087,0	968,0	1113,0	1127,0	1088,3	máximo
	72,0	43,6	51,8	48,2	44,0	53,7	39,5	50,4	mínimo
Temperatura (°C)	23,3	24,7	25,5	25,7	23,9	24,6	25,8	24,8	
	26,1	27,6	28,7	28,5	27,0	27,4	28,2	27,6	
	19,2	20,2	20,2	21,1	19,8	20,6	22,5	20,5	
Umidade (%)	69,3	66,4	66,1	68,6	80,5	77,2	70,6	71,2	
	83,9	82,3	79,6	80,6	97,9	96,9	89,8	87,3	
	58,6	54,4	53,9	56,2	67,2	64,2	56,7	58,7	
Vel. Vento (m/s)	3,1	2,5	2,4	2,0	1,4	1,6	1,4	2,1	
	5,1	4,7	4,5	3,2	2,5	3,6	2,3	3,7	
	1,2	0,9	0,8	1,0	0,5	0,4	0,5	0,7	total
Volume bombeado (litros)	1387,0	1609,0	1712,0	1652,0	462,0	481,0	968,0	1181,6	8271
Corrente (A)	2,8	3,0	3,2	3,0	1,6	1,8	2,3	2,5	
	4,7	4,5	4,6	4,6	4,2	4,2	4,0	4,4	
	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Voltagem (V)	6,3	7,0	7,5	7,2	2,5	2,9	4,6	5,4	
	12,7	11,7	11,6	11,6	11,0	11,0	10,0	11,4	
	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	22,5	25,0	28,2	25,8	6,4	8,5	13,7	18,6	
	60,0	52,1	53,3	53,2	45,8	44,3	39,7	49,8	
	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	204,7	227,3	256,1	234,6	58,6	76,9	124,6	169,0	1182,73
Horas de efetivo bombeamento / dia	5,8	6,5	6,7	6,8	3,1	2,9	5,1	5,3	

Tabela 75 -Dados meteorológicos e hidráulicos, 26/ 3 a 1/ 4, 2007

Dia Váriavel	I	II	III	IV	V	VI	VII	média semanal	
Rad (w/m2)	371,1	468,0	665,3	150,5	638,5	733,0	731,7	536,9	médio
	1047,0	1037,0	1093,0	763,0	1125,0	1024,0	1030,0	1017,0	máximo
	61,1	99,5	70,0	4,1	35,3	46,3	41,9	51,2	mínimo
Temperatura (°C)	21,8	23,9	25,8	20,5	23,0	23,6	23,8	23,2	
	23,8	25,8	28,5	22,0	25,5	26,6	26,7	25,6	
	19,2	21,0	20,9	18,8	19,2	19,0	19,0	19,6	
Umidade (%)	78,6	71,4	68,5	96,7	73,6	70,6	67,2	75,2	
	88,2	81,4	84,7	98,6	85,0	83,0	79,9	85,8	
	69,5	65,0	59,2	89,8	66,1	62,1	58,2	67,1	
Vel. vento (m/s)	2,9	2,8	1,8	1,3	2,7	2,9	2,9	2,5	
	4,0	5,1	3,3	6,2	4,4	5,7	5,4	4,9	
	2,0	0,8	0,9	0,3	1,0	1,2	1,0	1,0	total
Volume bombeado (litros)	577,0	943,0	1647,0	35,0	1607,0	1819,0	1904,0	1218,9	8532,0
Corrente (A)	2,0	2,3	2,9	0,9	3,0	3,3	3,2	2,5	
	4,2	3,9	4,6	3,7	4,4	4,5	4,4	4,3	
	0,3	0,6	0,4	0,0	0,2	0,4	0,4	0,3	
Voltagem (V)	3,1	4,4	7,2	0,6	7,1	7,9	8,1	5,5	
	11,2	10,9	12,7	9,5	12,0	12,6	12,0	11,6	
	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	
Potência consumida (W)	8,4	12,0	23,3	1,0	23,8	28,3	28,1	17,9	
	46,9	43,1	58,7	35,0	53,4	57,2	53,3	49,7	
	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	total
Energia (W.h)	76,2	109,1	211,9	9,4	216,6	257,2	254,8	162,2	1135,1
Horas de efetivo bombeamento diário	3,6	5,7	7,2	0,2	7,2	7,4	7,8	5,6	39,1

APÊNDICE 03 - HORÁRIOS DE EFETIVO FUNCIONAMENTO

Tabela 76 - Horários de efetivo funcionamento, 2 a 8/4 de 2006

DIA	HORARIOS		
2	8:40-12:35	12:45-13:00	13:10-16:45
3	8:40-14:15	14:25-16:35	
4	8:35-9:30	9:40-14:35	14:45-16:50
5	9:30-14:05	14:40-14:55	15:10-16:05
6	Zero		
7	14:20-14:25 16:10-16:20	14:35-14:50	15:25-15:40
8	13:35-13:45	14:55-15:05	

Tabela 77 – Horários de efetivo funcionamento, 9 a 15/4 de 2006

DIA	HORÁRIOS		
9	8:25-8:30 11:55-12:30 13:30-15:40	8:50-9:00 12:40-12:55	9:15-14:45 13:05-13:20
10	8:20-12:20 16:20-16:25	12:35-14:50	15:00-16:10
11	8:25-15:35	15:45-15:50	
12	8:30-14:20	14:30-16:10	
13	8:25-13:50 16:00-16:05	14:05-14:20 16:25-16:30	14:35-15:50
14	8:30-13:10	13:20-15:40	15:55-16:10
15	8:30-13:10	13:20-15:40	15:55-16:10

Tabela 78 – Horários de efetivo funcionamento, 16 a 22/4 de 2006

DIA	HORÁRIOS		
16	15:10-15:30	15:40-15:45	16:00-16:10
17	8:35-10:35	10:50-11:05	14:05-16:00
18	10:45-15:10	15:20-15:25	
19	8:35-8:45 9:55-15:05	9:10-9:15 15:20-15:35	9:25-9:45 15:50-16:05
20	9:10-13:00 14:05-14:15	13:10-13:25 14:25-16:45	13:35-13:50
21	8:25-14:10	14:30-16:50	
22	8:25-15:50		

Tabela 79 – Horários de efetivo funcionamento, 23 a 29/4 de 2006

DIA	HORÁRIOS		
23	8:25-16:45		
24	8:30-16:40		
25	8:35-14:20	14:30-15:35	
26	8:35-13:00 15:00-15:20	13:15-13:30 15:35-15:50	14:20-14:45
27	8:40-14:50	15:05-16:00	
28	8:45-12:15	12:25-16:35	
29	8:40-16:25		

APÊNDICE 04 – MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA

1- Altura Manométrica

O sistema hidráulico foi montado para uma altura manométrica fixa e pré-determinada. A altura manométrica consiste na soma da altura geométrica (Hg) acrescida das perdas (Hp) na tubulação de sucção e recalque.

$$H_m = H_g + H_p$$

Da montagem, temos um Hg de 3 m. Considerando-se para o cálculo de Hp, valores tabelados, obtemos :

- a) Tubulação – (L = 8,4 m) – Hp = 0,15 mca
- b) Válvula de pé com crivo – Hp = 9,5 mca
- c) Joelho 90° (3) – Hp = 3,6 mca
- d) T (90°) - Hp = 0,8 mca

$$H_p (\text{total}) = 14,05 \text{ mca}$$

$$H_m = 14,05 + 2,5 = 16,52 \text{ mca}$$

Para confirmação dos cálculos, foi feito um ensaio, onde aplicou-se a tensão nominal, 12 Vcc, na bomba Shurflo e mediu-se a corrente consumida (4,3 A). Com o valor registrado, obtivemos, através da tabela anexa fornecida pelo fabricante, a pressão resultante, cujo valor resultou semelhante ao calculado.

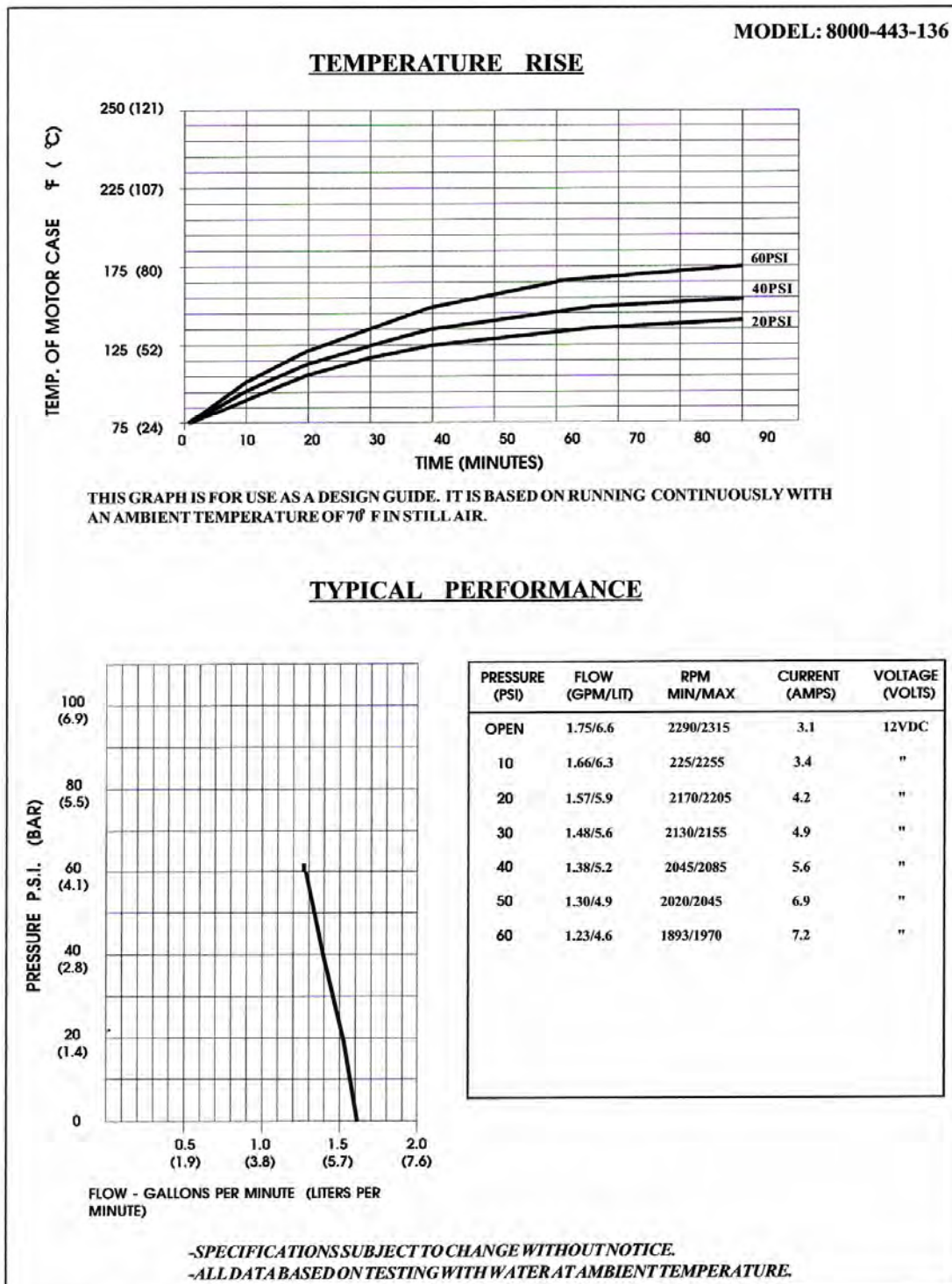


Figura 60 – Dados característicos da Bomba Shurflo 8000

**APÊNDICE 05 – VALORES DE CORRENTE, TEMPERATURAS E ÍNDICE
PLUVIOMÉTRICO NO PERÍODO DE TESTE**

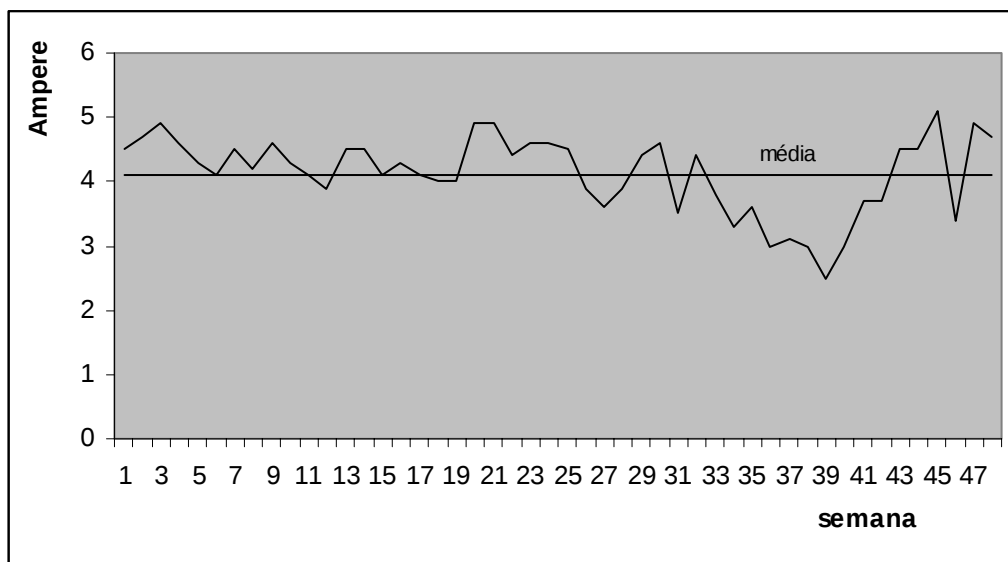


Figura 61 – correntes máximas registrada por semana

Tabela 80 - Valores das correntes (médias das máximas), em amperes (A)

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Abr.	4,5	4,7	4,9	4,6
Mai.	4,3	4,1	4,5	4,2
Jun.	4,6	4,3	4,1	3,9
Jul.	4,5	4,5	4,1	4,3
Ago.	4,1	4,0	4,0	4,9
Set.	4,9	4,4	4,6	4,5
Out.	3,9	3,6	3,9	4,4
Nov.	4,6	3,5	4,4	3,8
Dez.	3,3	3,6	3,0	3,1
Jan.	3,0	2,5	3,0	3,7
Fev.	3,7	4,5	4,5	5,1
Mar.	3,4	4,9	4,7	4,2

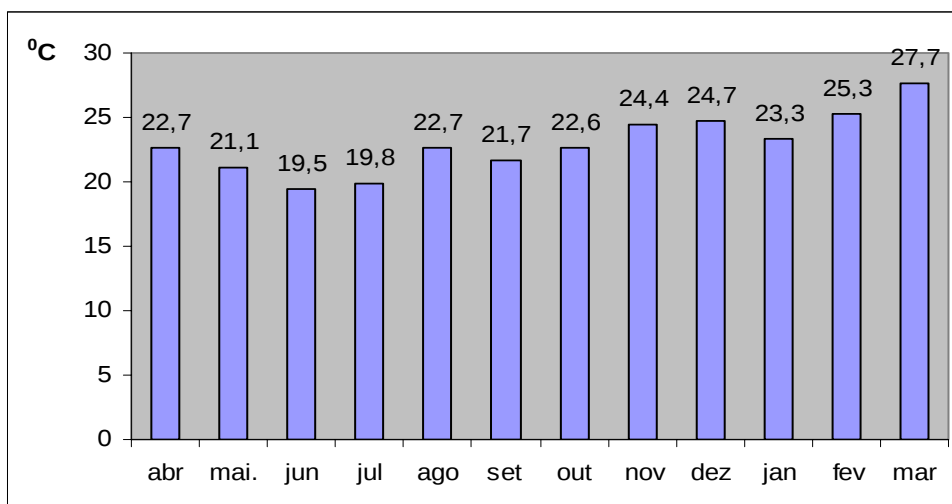


Figura 62 - Temperaturas mensais médias, (°C)

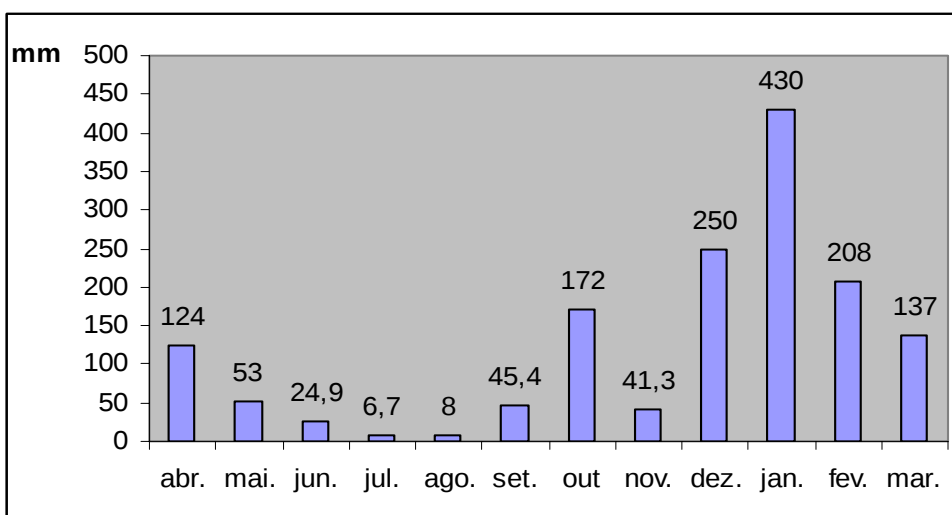


Figura 63 – Índice pluviométrico mensal, 2006 e 2007

Tabela 81 – Potência média gerada em Watts pelo painel solar

Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
20,65	16,35	15,8	16,2	15,1	19,5
Out.	Nov.	Dez.	Jan./07	Fev./07	mar/07
13,5	9,85	8,5	8	10,7	15,6