

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

ANTONIO ABÍLIO DA COSTA COUTINHO

MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA NÓS DE REDES *MESH* SEM FIO COM
MÚLTIPLOS SALTOS

Niterói

2008

ANTONIO ABÍLIO DA COSTA COUTINHO

MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA NÓS DE REDES *MESH* SEM FIO COM
MÚLTIPLOS SALTOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre, Área de Concentração: Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. LUIZ CLÁUDIO SCHARA MAGALHÃES, PhD

Niterói

2008

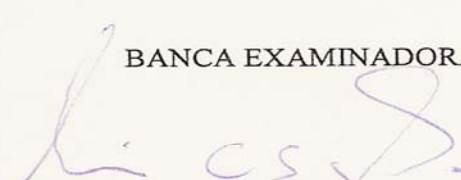
ANTONIO ABÍLIO DA COSTA COUTINHO

MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA *NÓS* DE REDES *MESH* SEM FIO COM
MÚLTIPLOS SALTOS

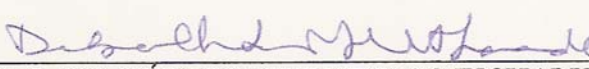
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre, Área de Concentração: Sistemas de Telecomunicações.

Aprovado em 09 de maio de 2008

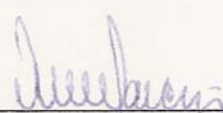
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. LUIZ CLÁUDIO SCHARA MAGALHÃES - Orientador
Universidade Federal Fluminense



Prof^a. Dr^a. DÉBORA CHRISTINA MUCHALUAT SAADE
Universidade Federal Fluminense



Prof. Dr. ANILTON SALLES GARCIA
Universidade Federal do Espírito Santo

Niterói
2008

RESUMO

A utilização de redes sem fio vem crescendo de maneira vertiginosa, porém, em contraste com as redes com fio, a utilização de energia é recurso crítico, quando os dispositivos sem fio são alimentados por bateria, tanto em dispositivos móveis quanto quando pontos de acesso são instalados em áreas onde não há disponibilidade de energia elétrica, por exemplo: estações de comunicação e aquisição de dados em áreas rurais e hostis. Pesquisas recentes mostram que somente pequenas melhorias na capacidade de energia das baterias são esperadas num futuro próximo. Portanto, para instalar redes sem fio utilizando equipamentos comercialmente disponíveis, embora muitos desses dispositivos ainda utilizem tecnologias primitivas, necessita-se controlar e reduzir o consumo total de energia de modo a maximizar a utilização da bateria sem comprometer a eficiência da comunicação. Há três caminhos para o problema. O primeiro caminho é utilizar energia solar e/ou eólica para recarregar as baterias. O segundo caminho é gerenciar os nós, quando inativos, para entrarem num ciclo “dormir/acordar” minimizando o impacto na transmissão de dados. O terceiro caminho é gerenciar os nós para desligar durante um período de tempo, visando maior redução no consumo de energia da bateria, sem impactos significativos na comunicação. O objetivo principal deste trabalho é apresentar um estudo de viabilidade técnica e o desenvolvimento de um protótipo que permita a utilização de redes *mesh* sem fio de múltiplos saltos, utilizando tecnologia Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) e padrão IEEE 802.11a/b/g, em regiões onde não há disponibilidade de energia elétrica.

Palavras-chave: Redes sem fio. Redes *mesh* de múltiplos saltos. Baterias. Energia solar. Energia Eólica.

ABSTRACT

The deployment of wireless networks is growing at a very fast rate, however, in contrast with wired networks, energy consumption is a critical resource when wireless devices are battery powered. This happens both in mobile nodes and when they are installed in areas where there is no electrical power available, as for example: in communication stations and data acquisition at rural areas. Recent research show that only small improvements in the energy capacity of batteries are expected in a near future. Therefore, to install wireless networks using commercially available devices, we need to control and to reduce the total energy consumption so as to maximize the battery utilization without jeopardizing the communication efficiency. There are three solutions for the problem. The first is to utilize solar energy and/or the energy of the wind to recharge the batteries. The second is to manage the network nodes when they are in the idle state to go in a “sleep/wake up” cycle minimizing the impact in the data transmission. The third is to manage the nodes to power-off for a period of time aiming at greater reduction of battery consumption, without meaningful impact in communication. The main objective of this work is to present a feasibility technical study and a prototype development so that multiple hops wireless mesh networks, using Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) and IEEE 802.11a/b/g standard can be used in regions where there isn't electrical power available.

Key words: Wireless networks. Mesh networks of multiple hops. Batteries. Solar energy. Wind energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Diagrama de blocos do módulo de sobrevivência proposto.....	25
Figura 3.2 – Ciclo ativo/inativo (<i>on/off</i>) dos nós	26
Figura 4.1 – Diagrama para captação da energia solar e/ou eólica.....	27
Figura 4.2 – Célula solar. (a) Circuito elétrico equivalente	30
(b) Símbolo esquemático	30
Figura 4.3 – Curva característica de uma célula solar	31
Figura 4.4 – Circuito equivalente da bateria.....	38
Figura 4.5 – Kit RD2ED2.....	42
Figura 4.6 – Conversor Analógico/Digital CONVAD02.....	43
Figura 4.7 – Conectores e Sinais utilizados	44
Figura 4.8 – Detecção da falta de energia.....	44
Figura 4.9 – Fluxograma: módulo de controle de energia e ciclo “ <i>on/off</i> ”	45
Figura 4.10 – Registrador R2, estado de energia do nó local.....	46
Figura 4.11 – Registrador R4, estado de energia de nó remoto.....	47
Figura 4.12 – Conector JP1 na placa-mãe do roteador LinkSys Wrt54G.....	48
Figura 4.13 – Conector JP1 e sinais disponíveis	48
Figura 4.14 –Circuito complementar da porta de comunicação serial RS-232.....	49
Figura 5.1 – Posição do protocolo MAC na arquitetura de rede TCP/IP.....	51
Figura 5.2 – Funções <i>socket</i> TCP para cliente-servidor	54
Figura 5.3 – Fluxo de envio e recebimento de mensagens.....	56
Figura 5.4 – Fluxograma da aplicação cliente.....	60
Figura 5.5 – Fluxograma da aplicação servidor	61
Figura 6.1 – Módulo de sobrevivência: sistema de controle de carga.....	63
Figura 7.1 – Protótipo de testes: módulo de sobrevivência.....	72
Figura 7.2 – Ciclo de testes – situação 1.....	74
Figura 7.3 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 1.....	75
Figura 7.4 – Ciclo de testes - situação 2	77
Figura 7.5 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 2.....	78
Figura 7.6 – Ciclo de testes - situação 3	80
Figura 7.7 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 3.....	81
Figura 7.8 – Ciclo de testes - situação 4	83
Figura 7.9 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 4.....	84
Figura 7.10 – Ciclo funcional do roteador na rede <i>mesh</i> sem fio.....	86
Figura 7.11 – Descarga da bateria: monitoração do roteador Wrt54G – rede <i>mesh</i>	86
Figura 7.12 – Descarga da Bateria: Testes funcionais e Monitoração	87
Figura 7.13 – Descarga da Bateria: Testes funcionais adicionais.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Estado de carga para bateria de 12 volts	40
Tabela 5.1 – Tabela do ‘Status’ de Energia	57
Tabela 5.2 – Tabela do ‘Status’ de Energia atualizada	58
Tabela 8.1 – Resumo das autonomias da bateria.....	94
Tabela 10.1 - Evolução tecnológica comparativa de Células Solares.....	106
Tabela 10.2 – Irradiação media mensal e anual em KWh/m ² no Brasil	107
Tabela 10.3 – Fabricantes e modelos de painéis solares fotovoltaicos.....	114
Tabela 10.4 – Fabricantes e modelos de controladores de carga.....	120
Tabela 10.5 – Fabricantes e modelos de baterias utilizadas em sistemas solares.....	122
Tabela 10.6 – Resultados da descarga da bateria – Situação 1 (t_stby=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)	170
Tabela 10.7 – Resultados da descarga da bateria – Situação 1 (t_stby=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)	171
Tabela 10.8 – Resultados da descarga da bateria – Situação 2 (t_RfOff=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)	172
Tabela 10.9 – Resultados da descarga da bateria – Situação 2 (t_RFOff=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)	173
Tabela 10.10 – Resultados da descarga da bateria – Situação 3 (t_OnOff=1m,t_Tx=2m,t_Rx=2m)	174
Tabela 10.11 – Resultados da descarga da bateria – Situação 3 (t_OnOff=2m,t_Tx=2m,t_Rx=2m)	175
Tabela 10.12 – Resultados da descarga da bateria – Situação 4 (t_dif=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)	176
Tabela 10.13 – Resultados da descarga da bateria – Situação 4 (t_dif=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)	177
Tabela 10.14 – Resultados da descarga da bateria – Roteador <i>Linksys Wrt54G</i>	178

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS

A/D	Analógico/Digital
AGM	Absorbed Glass Mat
AP	Access Point
ATIM	Ad-hoc Traffic Indication Message
BSD	Berkeley Software Distribution
CBPM	Communication-Based Power Management
CPU	Central Processor Unit
DC	Direct Current
DCF	Distributed Coordination Function
DPM	Dynamic Power Management
FF	Fill Factor
FV	Fotovoltaico
GPS	Global Position System
HD	Hard Disk
I/O	Input/Output
IP	Internet Protocol
IPSM	Improved Power Saving Mechanism
ISET	International Solar Electric Technology
ISM	Industrial, Scientific and Medical
MAC	Medium Access Control
MPPT	Maximum Power Point Tracking
N/D	Não Disponível
PECVD	Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition
PSM	Power Saving Mechanism
PWM	Pulse Width Modulation
QoS	Quality of Service
RAM	Random Access Memory
RF	Rádio Frequência
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UDP	User Datagram Protocol
UFF	Universidade Federal Fluminense
VRLA	Valve Regulated Lead Acid
Wi-Fi	Wireless Fidelity

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampère
A _c	Área da célula solar (m ²)
Ah	Ampère-hora
a-Si	silício amorfo
C	Capacidade da bateria
C/20	Capacidade da bateria em relação ao tempo de descarga de 20 horas
Cd	Cádmio
CdTe	<i>Cadmium Telluride</i> (Cádmio Telúrio)
CIGS	<i>Copper Indium Gallium Diselenide</i>
C _p	Quantidade de carga removida da bateria
c-Si	silício mono-cristalino
Cu	Cobre
D	Deficiência de carga na bateria ($11,58 \leq \text{Voltagem Bateria} < 12,32\text{V}$)
dBm	Decibel-miliwatt
E	Energia solar incidente
E	Tem Energia
F	Falta Energia ($12,50\text{V} \leq \text{Voltagem Bateria} \leq \text{Voltagem Normal}$)
FF	Fator de Fornecimento (<i>Fill Factor</i>)
Ga	Gálio
h	Hora
H	Tempo de descarga relacionado com a especificação da bateria
I	Corrente de descarga
I _m	Corrente máxima
I _{mp}	Corrente de máxima potência
In	Índio
I _{sc}	Corrente de curto-circuito
J/Kg	Joule/Quilograma
k	Constante de Peukert
mA	Miliampère
mc-Si	Silício poli-cristalino (multi-cristalino)
mm	Milímetro
μs	Microsegundo
mW	Miliwatt
η	Eficiência de conversão de energia solar
N1	Nó 1

N2	Nó 2
OnOff	Dispositivo de comunicação desligado
P_m	Potência elétrica máxima
P_{mp}	Potência no ponto de máxima potência
R2	Registrador 2 do micro-controlador, família 8051
R4	Registrador 4 do micro-controlador, família 8051
RFoff	Interface de rádio frequência desabilitada
R_i	Resistência interna da bateria
Rx	Recepção
Se	Selênio
sty	Standby
t	Tempo de descarga
t_OnOff	Tempo de dispositivo de comunicação desligado
t_Rfoff	Tempo de interface de rádio frequência desabilitada
t_Rx	Tempo de recepção
t_sty	Tempo de ociosidade
t_Tx	Tempo de transmissão
Te	Telúrio
Tx	Transmissão
V	Voltagem baixa da bateria ($12,32V \leq \text{Voltagem Bateria} < 12,50V$)
V	Volt
Vdc	Voltagem de corrente direta
V_m	Voltagem máxima
V_{mp}	Voltagem de máxima de potência
V_{oc}	Voltagem de circuito aberto
V_p	Voltagem no ponto de máxima potência
V_t	Voltagem nos terminais da bateria
W	Watt
W/Kg	Watt/Quilograma
W/m^2	Watt/metro quadrado
Wh/m2	Watt-hora/metro quadrado
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	TRABALHOS RELACIONADOS.....	20
2.1	SUMÁRIO.....	23
3	MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA NÓS DE REDES <i>MESH</i> COM MÚLTIPLOS SALTOS	24
3.1	SUMÁRIO.....	26
4	SISTEMA DE CARGA E CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO BATERIAS.....	27
4.1	MÓDULO DE ENERGIA SOLAR E/OU EÓLICA.....	28
4.1.1	MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO (FV).....	28
4.1.2	TURBINA EÓLICA	34
4.1.3	CONTROLADOR DE CARGA DE BATERIA	34
4.1.4	BATERIA	36
4.2	MÓDULO DE CONTROLE DE ENERGIA E CICLO <i>ON/OFF</i>	41
4.2.1	HARDWARE	41
4.2.2	SOFTWARE: PROGRAMA DE MONITORAÇÃO E CONTROLE DE CICLO	44
4.3	MÓDULO ROTEADOR/PONTO DE ACESSO	47
4.4	SUMÁRIO.....	49
5	PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA.....	51
5.1	CONCEITO	53
5.2	DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA	55

5.3	FLUXOGRAMA DA APLICAÇÃO “PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA”	60
5.4	SUMÁRIO	61
6	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE DE CARGA E CONSUMO DE ENERGIA USANDO BATERIAS	63
6.1	DIMENSIONAMENTO DAS CARGAS UTILIZADAS	64
6.2	ESTIMATIVA DE CORRENTE E ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DO PAINEL SOLAR	66
6.3	DIMENSIONAMENTO DA BATERIA	66
6.4	DIMENSIONAMENTO DO MÓDULO SOLAR	67
6.5	ESPECIFICAÇÃO DO CONTROLADOR DE CARGA DA BATERIA	68
6.6	SUMÁRIO	69
7	TESTES PARAMÉTRICOS FUNCIONAIS E MONITORAÇÃO	70
7.1	TESTES PARAMÉTRICOS FUNCIONAIS	73
7.1.1	SITUAÇÃO 1	73
7.1.2	SITUAÇÃO 2	76
7.1.3	SITUAÇÃO 3	79
7.1.4	SITUAÇÃO 4	81
7.2	MONITORAÇÃO DO CONSUMO DA BATERIA EM NÓ DA REDE <i>MESH</i> SEM FIO –UFF	84
7.3	TESTES FUNCIONAIS ADICIONAIS	87
7.4	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	89
7.5	SUMÁRIO	94
8	CONCLUSÃO	96
8.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
8.2	CONCLUSÃO	98
8.3	CONTRIBUIÇÃO	98
8.4	TRABALHOS FUTUROS	99

9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
10	APÊNDICE	105
10.1	EVOLUÇÃO TECNOLOGIA COMPARATIVA DE CÉLULAS SOLARES	106
10.2	IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL	107
10.3	FABRICANTES E RESPECTIVOS MÓDULOS SOLARES FV DISPONÍVEIS NO MERCADO INTERNACIONAL	114
10.4	FABRICANTES E RESPECTIVOS CONTROLADORES DE CARGA PARA SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	120
10.5	FABRICANTES E RESPECTIVOS MODELOS DE BATERIAS UTILIZADAS EM SISTEMAS SOLARES	122
10.6	LISTAGEM DO PROGRAMA DE CONTROLE E CICLO “On/Off”	126
10.7	LISTAGEM DA APLICAÇÃO “PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA”	136
10.7.1	CLIENTE TCP	136
10.7.2	SERVIDOR TCP.....	156
10.8	DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 1	170
10.9	DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 2	172
10.10	DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 3	174
10.11	DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 4	176
10.12	DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES – ROTEADOR LINKSYS WRT54G	178

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, atividades de pesquisa têm sido dedicadas à redução do consumo de energia dos equipamentos utilizados em redes sem fio. Deste modo, tem contribuído com significativas mudanças na tecnologia dos circuitos eletrônicos utilizados, *hardware*, na melhoria da eficiência das baterias e no desenvolvimento de programas de gerenciamento do consumo de energia, *software*. Pesquisas recentes têm investigado mecanismos de conservação de energia nas várias camadas da pilha de protocolos, incluindo roteamento, controle de acesso ao meio e protocolos de transporte [1].

A redução no consumo de energia resume-se, basicamente, a três níveis de gerenciamento: no uso da bateria, na potência de transmissão e na potência do sistema.

O gerenciamento da bateria ocorre na escolha da tecnologia, capacidade e utilização; já o esquema da potência de transmissão se dá pela otimização do nível de potência dos nós da rede, isto é, os nós próximos necessitam de menos potência para alcançar seus vizinhos do que aqueles que se encontram mais distantes; e, a gestão da potência do sistema sobrevive à necessidade de reduzir a potência dos componentes periféricos dos nós (CPU, interfaces, memórias, HD's, etc), bem como, utilizar a estratégia de reduzir a potência nas várias camadas da arquitetura.

As redes sem fio, utilizando tecnologia 802.11a/b/g e certificação Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) [22], [26], [27], [30], estão cada vez mais populares e vêm sendo empregadas com vantagem em edifícios de escritórios, aeroportos, comunidades residenciais, comunicação e aquisição de dados em áreas rurais e hostis e em muitas outras aplicações.

O padrão 802.11 foi homologado para operar na banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), (902 – 928MHz, 2.4 – 2.4835GHz e 5.15 – 5.825GHz) e potência de até 1 watt, de

modo que as redes sem fio que operam nesta banda não necessitam de licença para serem utilizadas. Em contrapartida, estão mais sujeitas a interferências provocadas por equipamentos que se utilizam dessa banda de frequência, apesar do padrão 802.11 utilizar técnicas de transmissão na camada física, como a dispersão do espectro (*Spread Spectrum*) e a banda estreita (*Narrowband*), que podem minimizar o fenômeno da interferência.

Os dispositivos utilizados em redes sem fio 802.11 podem operar no modo estação-base, chamado de ponto de acesso ou AP (*Access Point*) e faz parte das redes sem fio denominadas de redes com infra-estrutura. Nesta modalidade toda a comunicação passa pela estação-base. No modo *Ad-hoc* (*ad hoc*), os dispositivos transmitem diretamente uns para os outros, isto é, a comunicação entre eles independem de uma estação-base.

A tecnologia das redes sem fio está evoluindo para uma topologia de rede denominada *mesh*.

A rede *mesh* sem fio é uma topologia de rede capaz de encaminhar muitas conexões para muitas outras conexões, em que cada nó que constitui a rede *mesh* tem a capacidade de receber, transmitir e rotear informações, bem como, dinamicamente, é capaz de atualizar e otimizar essas conexões.

As redes *mesh* empregam topologia de malha completa ou parcial. Na topologia de malha completa cada nó é conectado para cada um dos outros nós da rede. Já na topologia de malha parcial determinados nós são conectados para alguns dos outros nós, mas não para todos.

Em redes *mesh* sem fio os dispositivos utilizados são fixos, isto é, as mudanças de topologia não ocorrem com frequência, mas poderão ocorrer por falha, manutenção ou inclusão de nós.

Independente dos modos de operação, os equipamentos atualmente disponíveis, são de fácil instalação, configuração e interconexão à rede. Portanto, de grande mobilidade, de modo que, cada vez mais são dependentes da capacidade limitada e vida útil da bateria, o que tem motivado o desenvolvimento de novas tecnologias, protocolos da camada MAC (*Medium Access Control*) e aplicações que permitem a redução do consumo de energia.

Portanto, a questão-problema que se faz refletir é como utilizar equipamentos de rede sem fio em áreas que não dispõem de energia elétrica?

Para responder a esta questão é proposto o desenvolvimento de um sistema que permita gerenciar a redução de consumo de energia.

Neste contexto, o propósito deste trabalho é apresentar: MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA NÓS DE REDES *MESH* COM MÚLTIPLOS SALTOS, um estudo de viabilidade técnica e o desenvolvimento de um protótipo que permita a utilização de redes *mesh* sem fio de múltiplos saltos, utilizando roteadores sem fio *Wrt54* da *LinkSys* ou similares, em regiões onde não há disponibilidade de energia elétrica.

A motivação do presente estudo está em poder aliar o conhecimento adquirido com as tecnologias disponíveis de forma a contribuir com a integração social, qualidade de vida e economias regionais, em áreas remotas onde não há disponibilidade de energia elétrica.

As dificuldades e o isolamento dessas áreas com os meios de comunicação fortaleceram a idéia de se desenvolver mecanismos e instalar sistemas simples e de baixo custo que permitam disponibilizar dados, áudio e vídeo nessas comunidades.

Em razão do trabalho preparatório para o projeto, surgiu também a oportunidade de poder contribuir com o desenvolvimento e implantação de sistema de comunicação e supervisão, para as torres e linhas de transmissão e distribuição de energia em alta voltagem, a ser implementado pela ANEEL na região da floresta Amazônica e outras áreas afins, onde não há disponibilidade de energia elétrica de baixa voltagem.

Para atender a essas necessidades os equipamentos utilizados têm que ser alimentados por baterias, as quais têm uma capacidade e vida útil limitada e, portanto, limitação no uso do sistema. O tempo de uso pode ser prolongado à medida que se aumenta a capacidade da bateria, porém, esta prática é onerosa e impraticável quando se propõem sistemas de uso ininterrupto.

Em razão da ininterrupção de uso, as baterias que fornecem energia ao sistema deverão ser recarregadas ou trocadas periodicamente. A recarga poderá ser realizada por moto-geradores, mas, como o sistema proposto deve ser de baixo custo e, também, atender necessidades de áreas remotas de difícil acesso, a opção foi usar a energia solar e/ou eólica como fontes alternativas de energia para recarregar as baterias. Atualmente, a tecnologia das células solares permite converter com eficiência a energia dos raios solares em energia elétrica DC (*Direct Current*).

Neste cenário, o módulo de sobrevivência está fundamentado nas seguintes razões:

- ✓ Capacidade energética limitada;
- ✓ Confinado ao uso de bateria;
- ✓ Dificuldade na substituição de baterias;
- ✓ Falta de coordenador central.

O módulo de sobrevivência proposto é constituído por painel solar e/ou turbina eólica, controlador de carga, bateria e sistema de controle e comunicação que constituem um nó da rede sem fio de múltiplos saltos. O desenvolvimento do módulo de sobrevivência segue a metodologia de pesquisa nas áreas das tecnologias que serão aplicadas no desenvolvimento dos sub-módulos de co-geração de energia e gerenciamento na redução do consumo, de modo a assegurar a autonomia de energia para o módulo de sobrevivência, conforme é demonstrado no decorrer do trabalho.

Contudo, um projeto não se encerra quando culminam as atividades. Ao lado do planejamento e execução do projeto, a avaliação cria uma dimensão estratégica, porque, entre outras coisas, permite o aprimoramento das ações.

Portanto, o que faz refletir em relação a esta proposta é: As ações idealizadas pelo projeto “Módulo de sobrevivência para nós de redes *mesh* sem fio com múltiplos saltos” estão atendendo aos objetivos a que se propõem? E, portanto, os seus resultados estão atingindo os níveis de eficiência, eficácia e efetividade?

Para responder a estas questões são propostos os seguintes objetivos:

- Geral

Identificar e avaliar os resultados do projeto “Módulo de sobrevivência para nós de rede *mesh* sem fio com múltiplos saltos”, investigando sua eficiência, eficácia e efetividade.

- Específico
 - ✓ Analisar, a partir da fundamentação teórica, o módulo de sobrevivência, bem como, identificar as complexidades inerentes ao uso das tecnologias envolvidas;
 - ✓ Averiguar se o módulo supre energia aos sistemas ininterruptamente;
 - ✓ Identificar se os objetivos de reduzir custo por Energia/Peso, ou seja, utilizar baterias de dimensões reduzidas para suprir energia por longo período de tempo, foram atingidos;
 - ✓ Investigar se o método usado para coordenar a comunicação dos nós da rede para entrarem no modo de economia de energia é eficiente;
 - ✓ Identificar o impacto do projeto na demanda de serviços na rede de comunicação sem fio;
 - ✓ Propor sugestões, à luz da pesquisa, para melhoria do projeto “Módulo de sobrevivência para nós de rede *mesh* sem fio com múltiplos saltos”.

Este trabalho justifica-se pela importância estratégica que a avaliação tem para os projetos voltados à comunicação de redes sem fio, utilizadas em áreas rurais e hostis onde não há disponibilidade de energia elétrica. Além de apresentar o desempenho das ações implementadas, é geralmente a partir dos resultados obtidos que novas aplicações são delineadas. Portanto, este trabalho visa a contribuir com esta temática, apresentando os resultados obtidos pelo projeto “módulo de sobrevivência para nós de rede *mesh* sem fio com múltiplos saltos”, nas condições estabelecidas.

O presente estudo está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2 são revistos trabalhos relacionados ao gerenciamento do consumo de energia em redes sem fio com tecnologia IEEE 802.11; o capítulo 3 apresenta o conceito do módulo de sobrevivência para nós de redes *mesh* com múltiplos saltos; o capítulo 4 trata do módulo de controle de carga e consumo de energia usando baterias; o capítulo 5 versa sobre o protocolo de sobrevivência; o capítulo 6 discorre sobre o dimensionamento do sistema de controle de carga e consumo de energia usando baterias; o capítulo 7 cuida dos testes paramétricos funcionais e monitorações; e, o capítulo 8 refere-se à avaliação dos resultados e conclusão.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

O crescente uso de redes sem fio, e sua interdependência com equipamentos alimentados por bateria, tem motivado pesquisas no campo de redução do consumo de energia e eficiência no uso de baterias.

Estudos recentes têm proposto mecanismos de redução de consumo de energia: na camada MAC. JUNG e VAIDYA [14] propõem IPSM (*Improved Power Saving Mechanism*), um mecanismo que melhora a eficiência de energia do PSM (*Power Saving Mechanism*) especificado para o componente DCF (*Distributed Coordination Function*) da camada MAC do padrão IEEE 802.11, onde o tempo é dividido em intervalos de referência denominados *beacons*. No início de cada intervalo, cada nó permanece “acordado” por um período de tempo, chamado de janela ATIM (*Ad-hoc Traffic Indication Message*). Durante esse período os nós trocam pacotes de controle para saberem se necessitam permanecer acordados para o resto do intervalo *beacon*. Em detrimento dos resultados de pesquisas anteriores que mostraram que o tamanho da janela ATIM tem impacto significativo no consumo de energia e na vazão alcançada pelos nós, o estudo propõe um mecanismo de ajuste da janela ATIM para melhorar a conservação de energia do PSM, permitindo que os nós entrem no estado “dormir” durante o intervalo *beacon*, se eles terminaram todas as transmissões que foram explicitamente anunciadas durante a janela ATIM, contribuindo, desta forma, para um melhor desempenho e redução de consumo de energia no modo PSM do padrão IEEE802.11. O estudo não levou em consideração o problema de sincronização e considerou que os intervalos *beacon* iniciam e terminam aproximadamente ao mesmo tempo em todos os nós, de modo que poderá ser de implementação complexa e apresentar resultados inesperados, além de necessitar de *hardware* que suporte o modo PSM para a eficaz redução de consumo de energia.

Na arquitetura de comunicação no nível do sistema. LAHIRI, RAGHUNATHAN e DEY [16] propõem CBPM (*Communication-Based Power Management*), uma metodologia de gerenciamento de energia que se baseia na arquitetura de comunicação, para regular a execução dos vários componentes do sistema, de modo a adaptar o perfil de energia ao tempo de utilização visando melhorar a eficiência de descarga da bateria. Isto é, o CBPM exerce controle dinâmico regulador sobre os componentes do sistema, bloqueando proativamente a execução de componentes selecionados, forçando-os a ir para o estado ocioso, para prevenir o uso ineficiente da bateria com o mínimo de impacto no desempenho do sistema. CHUNG, et al. [6] propõem DPM (*Dynamic Power Management*), uma metodologia que tem o objetivo de reduzir o consumo de energia dos sistemas eletrônicos através do desligamento seletivo de recursos ociosos do sistema. BENINI, BOGLIOLO e MICHELI [2] relatam técnicas de projeto para DPM no nível de sistema. O DPM engloba um conjunto de técnicas que alcança o cálculo de eficiência de energia pelo desligamento seletivo dos componentes do sistema que se encontram no estado ocioso e pela reconfiguração dinâmica do sistema, de modo a fornecer serviços solicitados e níveis de eficiência, com um número mínimo de componentes ativos ou carga mínima para tais componentes. Os estudos mostram haver interdependência de *hardware* e *software*, portanto, de implementação complexa.

No controle da potência de transmissão. MONKSY et al. [21] investigaram o efeito do controle de potência de transmissão em redes *Ad-hoc* sem fio com diferente número de saltos entre origem e destino na redução do consumo de energia e na capacidade da rede. A redução de consumo de energia é alcançada minimizando o nível de potência de transmissão e que está diretamente relacionada com o consumo de potência da interface RF (Rádio Freqüência). Os nós próximos necessitam de menos potência para se comunicarem do que aqueles que se encontram mais distantes. O estudo mostra que a interface sem fio deve suportar o controle de potência de transmissão.

Na tecnologia das baterias. CHIASSERINI e RAO [5] propõem um modelo detalhado de bateria eletroquímica e um modelo simples estocástico que captura os aspectos fundamentais da bateria. O modelo estocástico é então igualado com o modelo eletroquímico e usado para investigar técnicas de gerenciamento da bateria que podem melhorar a eficiência de energia em equipamentos de rádio de comunicação. O esquema de gerenciamento da bateria explora o conhecimento do estado da descarga das células que compõem a bateria. Na prática, a eficiência da bateria pode ser alcançada através do processo de equalização da

bateria periodicamente, que consiste em aumentar a voltagem de carga para 15 volts ou mais para baterias de 12 volts ou 30 volts para baterias de 24 volts.

No uso da energia solar. McCHESNEY [18] propõe o uso de pequenos sistemas fotovoltaicos para fornecer energia a dispositivos de baixa potência que operam em áreas onde não há disponibilidade de energia elétrica. O estudo considera apenas a capacidade de armazenamento da(s) bateria(s).

Muitas outras pesquisas relativas aos campos relacionados, foram realizadas e muitas outras ainda estão em andamento, incluindo a tecnologia de fabricação de circuitos eletrônicos e sistemas.

Embora as pesquisas relacionadas tenham demonstrado bom desempenho na economia de energia e eficiência no uso de baterias, os resultados são teóricos e obtidos através de simulações, de forma que, na prática, mostram ser de difícil implementação.

O trabalho proposto, MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA NÓS DE REDES *MESH* SEM FIO COM MÚLTIPLOS SALTOS, difere dos trabalhos relacionados por:

- considerar equipamentos de rede sem fio, disponíveis comercialmente, que não são dotados do mecanismo de gerenciamento para redução de consumo de energia da bateria, porém, não invalida incorporar tais dispositivos dotados desse mecanismo, o que contribuirá ainda mais para a economia de energia e vida útil da bateria;
- utilizar energia solar e/ou eólica para recarregar a bateria;
- gerenciar e avisar aos nós da rede sobre as condições de carga da bateria;
- coordenar o estado de economia dos nós da rede para desabilitar o módulo RF ou desligar os nós.

Em virtude do trabalho proposto estar direcionado para um *hardware* que tem limitações quanto ao gerenciamento na redução de consumo de energia e potência de

transmissão, algumas questões que têm relação com os trabalhos relacionados ficaram em aberto. Entre elas está a avaliação na redução de consumo através do gerenciamento da potência de transmissão em função da proximidade ou afastamento dos nós da rede, e, a de poder aferir a redução de consumo pelo desligamento seletivo dos componentes do sistema que se encontram no estado ocioso, bem como, pelo controle dinâmico regulador sobre os componentes do sistema, bloqueando proativamente a execução de componentes selecionados, forçando-os a ir para o estado ocioso.

2.1 SUMÁRIO

Neste capítulo foi feita uma abordagem sobre alguns estudos relacionados com o gerenciamento na redução de consumo de energia e eficiência no uso de baterias, com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento do trabalho proposto: “módulo de sobrevivência para nós de redes *mesh* sem fio com múltiplos saltos”. Os estudos relacionados propõem mecanismos de redução de consumo de energia na camada MAC, na arquitetura de comunicação no nível do sistema, no controle da potência de transmissão, na tecnologia das baterias e no uso da energia solar. No próximo capítulo serão abordados o conceito e arquitetura do módulo de sobrevivência.

3 MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA PARA NÓS DE REDES *MESH* COM MÚLTIPLOS SALTOS

Conceitualmente, MÓDULO DE SOBREVIVÊNCIA é um sistema autônomo, dotado de co-geração de energia e comunicação sem fio, desenvolvido para constituir os nós¹ de redes sem fio de múltiplos saltos em regiões onde não há disponibilidade de energia elétrica.

Fazem parte do módulo de sobrevivência:

- roteador/ponto de acesso sem fio *LinkSys Wrt54G* ou similar, com sistema operacional *linux openWrt*, protocolos de roteamento e acesso: processa condições da rede, roteamento e comunicação;
- protocolo de sobrevivência: aplicação instalada no roteador/ponto de acesso, que informa aos outros módulos na rede suas condições de energia, bem como, gerencia e/ou coordena os estágios de economia de energia do(s) módulo(s);
- bateria: fornece energia ao módulo de sobrevivência;
- sistema de carga e controle de consumo da bateria: processa recarga da bateria através do uso de energia solar e/ou eólica, monitora a falta de energia, controla o consumo e informa ao roteador, através de interface serial, as condições de energia.

¹ Neste trabalho *nó* e *módulo de sobrevivência* são sinônimos

A Figura 3.1 mostra o diagrama em blocos do sistema proposto.

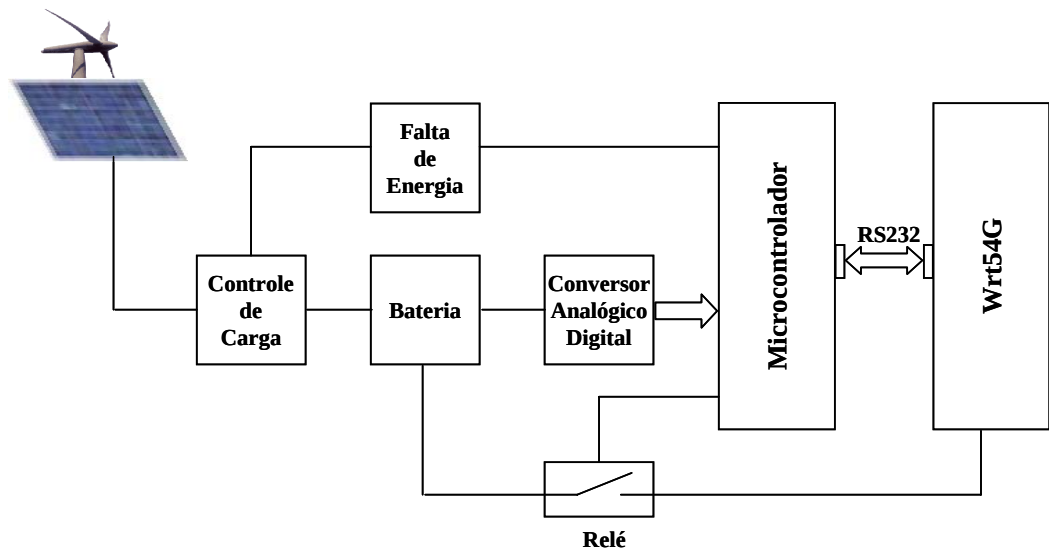


Figura 3.1 – Diagrama de blocos do módulo de sobrevivência proposto

A energia fornecida ao módulo provém de bateria recarregada pela energia solar e/ou eólica. Para aumentar o tempo de utilização das baterias, no caso da falta de energia de carga, isto é, a ausência de raios solar e/ou vento, o módulo de sobrevivência (nó) ficará inativo nos períodos em que não houver comunicação e definidos por um ciclo “on/off”, que permita a redução significativa de consumo sem prejudicar a eficiência na comunicação.

Cada nó irá para o estado inativo ou ciclo “off”, somente quando não houver qualquer comunicação entre os nós e permanece neste estado por um período de tempo que permita reduzir o consumo de energia da bateria substancialmente sem, entretanto, perturbar o acesso dos usuários.

Para que todos os nós (módulos de sobrevivência) da rede operem de forma sincronizada, foram desenvolvidas uma aplicação de controle de ciclo e uma aplicação de controle de comunicação, que permitem que todos os nós sejam ativados/desativados simultaneamente.

A Figura 3.2 mostra a forma como o módulo de sobrevivência deve operar no caso de falta de energia.

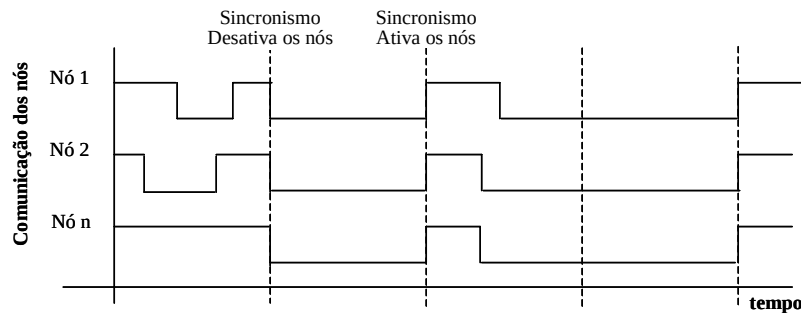


Figura 3.2 – Ciclo ativo/inativo (*on/off*) dos nós

Como se pode observar, na ausência de energia de carga e para efeito do gerenciamento na redução de consumo de energia da bateria, todos os módulos de sobrevivência (nós da rede) devem ficar inativos ou desligados por um período de tempo previamente definido, ao término do qual todos os nós deverão ser reativados ou religados sincronizadamente, isto é, de modo simultâneo. O período de tempo de inatividade e/ou desligamento é definido em função da capacidade de carga disponível na bateria, que é a responsável pelo funcionamento e autonomia do módulo de sobrevivência.

3.1 SUMÁRIO

Este capítulo versou sobre conceito do módulo de sobrevivência, a definição dos elementos que compõem sua arquitetura e a forma como uma aplicação de controle de ciclo e uma aplicação de controle de comunicação devem atuar para que os nós possam ser ativados/desativados de maneira síncrona. A arquitetura do módulo de sobrevivência é composta por vários sub-módulos e diferentes áreas do conhecimento tecnológico. Os conceitos e tecnologias envolvidas com o módulo de sobrevivência são abordadas no próximo capítulo.

4 SISTEMA DE CARGA E CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO BATERIAS

O sistema de carga e controle do consumo de energia, parte integrante do módulo de sobrevivência, foi idealizado para fornecer voltagem compatível e autonomia para o módulo de sobrevivência.

A energia fornecida ao módulo provém de bateria recarregada pela energia solar, através de células solares, e/ou energia eólica. A *Figura 4.1* mostra o diagrama para captação de energia e carga da bateria

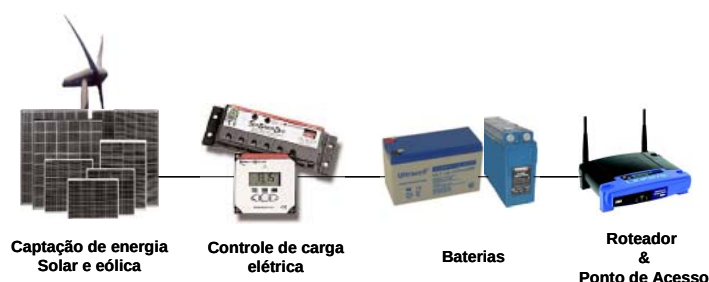


Figura 4.1 – Diagrama para captação da energia solar e/ou eólica

O sistema de carga e controle do consumo de energia é composto por: módulo solar e/ou eólico, permite carregar a bateria de 12 Volts; e, módulo de controle de falta de energia e controle de ciclo, permite informar ao nó, através de comunicação serial, o estado de energia da bateria, da mesma forma que possibilita ligar e desligar o roteador visando reduzir, ainda mais, o consumo de energia e, portanto, aumentar sua autonomia.

4.1 MÓDULO DE ENERGIA SOLAR E/OU EÓLICA

O módulo de energia solar e/ou eólica é composto por módulo solar fotovoltaico e/ou turbina eólica, controlador de carga de bateria e bateria.

4.1.1 MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO (FV)

O módulo solar FV (Fotovoltaico) é um conjunto de células solares fotovoltaicas integradas e agrupadas conforme a potência elétrica desejada. A seguir, uma exposição sucinta sobre células solares e suas características que compõem os módulos solares ou painéis FV.

A célula solar fotovoltaica tem a capacidade de converter os raios solares em energia elétrica, isto é, eletricidade produzida pelo movimento dos elétrons liberados pela interação da luz do sol com determinados semicondutores [23], [43]; é energia elétrica de corrente DC.

Os materiais semicondutores e as tecnologias mais utilizadas na construção de células fotovoltaicas, comercialmente disponíveis, são: Silício mono-cristalino; Silício poli-cristalino ou multi-cristalino; *Cadmium Telluride*; e *Copper Indium Gallium Diselenide* [4], [7], [8].

- Células solares de silício mono-cristalino (c-Si)

Essas células são fabricadas com cristal de silício com alto grau de pureza, podendo atingir 99,9999% de pureza. O silício possui uma estrutura de rede cristalina simples e contínua, quase sem defeitos e impurezas. A principal vantagem da célula mono-cristalino é sua alta eficiência, tipicamente em torno de 16% comercialmente e 20% em laboratório, embora o processo de fabricação para produzir o silício mono-cristalino seja complicado e o custo ligeiramente mais elevado do que o uso de outras tecnologias.

- Células solares de silício poli-cristalino ou multi-cristalino (mc-Si)

As células solares poli-cristalinas, também são produzidas com o silício mono-cristalino, porém, no processo de fabricação, o silício mono-cristalino é fundido em lingotes, estes por sua vez são cortados em fatias muito finas para

formar as células. Os custos de produção das células poli-cristalino são menores do que os custos das células mono-cristalino, devido ao processo de fabricação ser mais simples, porém, com eficiência ligeiramente menor, em média tem alcançado eficiência máxima de 13% em escala industrial e 18% em laboratório.

- Células solares de silício amorfo (a-Si)

As células solares de silício amorfo são constituídas de átomos de silício depositados em camada fina, numa grande variedade de substratos, rígidos e flexíveis, formando um filme, ao contrário de uma estrutura cristalina. O silício amorfo absorve luz com mais eficiência do que o silício cristalino, por isso as células podem ser extremamente finas, 1 μ m de espessura. A eficiência das células de silício amorfo é menor do que as baseadas no silício cristalino, tipicamente em torno de 8% a 10%, embora já se tenha conseguido atingir eficiência estável de 13% em laboratório. As células de silício amorfo são afetadas por processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil. O processo de fabricação é relativamente simples e barato, seu baixo custo faz com que elas possam ser disponibilizadas para muitas aplicações onde alta eficiência não é importante.

- Células solares de *Cadmium Telluride* (CdTe)

As células solares de *cadmium telluride* [36] são formadas por um composto cristalino de cádmio (Cd) e telúrio (Te) com uma mistura de zinco (Zn) em sua estrutura cristalina. Elas são mais baratas do que as de silício, principalmente as que utilizam a tecnologia de filme fino, mas, perdem em eficiência, 10% a 16%, além de serem constituídas por material tóxico.

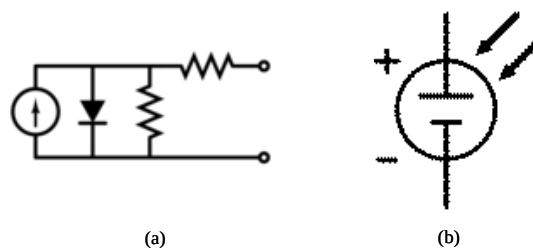
- Células solares de *Copper Indium Gallium Diselenide* (CIGS)

As células solares *Copper Indium Gallium Diselenide* [11], [33], [39], são células de filme fino compostas de cobre (Cu), índio (In), gálio (Ga) e selênio (Se), promete ser o material mais utilizado em dispositivos fotovoltaicos de filme fino,

recentemente foi atingida a eficiência recorde de 18,8%. Processos de baixo custo de fabricação, que utilizam a eletrodeposição e a deposição normal, têm alcançado a eficiência de 15,4% e 12,4%, respectivamente.

Na *Tabela 10.1, Apêndice 10.1*, encontra-se uma tabela comparativa da evolução tecnológica e os materiais mais utilizados em células solares.

A unidade base de um sistema fotovoltaico é a célula solar, que fornece uma potência elétrica em torno de 1 a 3 Watts e uma voltagem de até 1 Volt. Para obter potências mais elevadas as células solares são integradas em série e/ou paralelo formando módulos ou painéis solares. O aumento dos valores de voltagem e corrente é conseguido conectando-se as células em série e paralelo, respectivamente. O circuito elétrico equivalente de uma célula solar é mostrado na *Figura 4.2*.



**Figura 4.2 – Célula solar. (a) Circuito elétrico equivalente²
(b) Símbolo esquemático³**

Fatores de eficiência das células solares:

- Ponto de potência máxima

O ponto de potência máxima de uma célula irradiada continuamente é determinado variando-se a carga resistiva de zero (curto-circuito) a um valor muito alto (circuito-aberto), isto é, o ponto de potência máxima da célula é o relativo à carga para a qual a célula pode liberar potência elétrica máxima, naquele nível de irradiação. A potência em *watts* é definida pela expressão: $P_m = V_m \times I_m$.

² Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Solar_cell_equivalent_circuit.png

³ Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Photovoltaic_cell.svg

A Figura 4.3 mostra a curva característica de uma célula solar com o respectivo ponto de potência máxima.

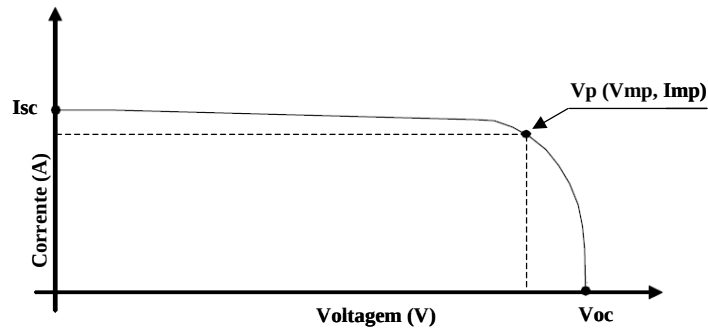


Figura 4.3 – Curva característica de uma célula solar⁴

- Eficiência de conversão de energia

A eficiência (η) de conversão de energia solar, é a percentagem da razão entre a potência convertida (luz absorvida convertida em energia elétrica) e a coletada, quando uma célula (módulo ou painel) está conectada a um circuito elétrico. A eficiência é calculada pela expressão:

$$\eta = P_m \div (E \times A_c)$$

onde P_m = potência máxima, E = energia solar incidente sob determinadas condições de teste (W/m^2) e A_c = área da célula solar (m^2).

- Fator de fornecimento (*Fill Factor*)

O fator de fornecimento ou *Fill Factor* é um termo relativo ao comportamento geral de uma célula solar, e definido pela razão entre o ponto de potência máxima da célula e a voltagem de circuito aberto (V_{oc}) multiplicada pela corrente de curto-circuito (I_{sc}), ou seja:

$$FF = P_m \div (V_{oc} \times I_{sc}) = (\eta \times A_c \times E) \div (V_{oc} \times I_{sc}).$$

⁴ Fonte: <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of00-128.pdf>, p. 8/71

- Radiação solar

A radiação solar [15], [44], que é afetada pelas condições atmosféricas: nuvens, chuva, poluição, umidade do ar, etc., e também pelas sombras causadas por montanhas e obstáculos, é o fator mais importante para o bom desempenho das células solares. A energia solar que incide sobre a terra depende da inclinação do sol em relação ao horizonte, ou seja, das latitudes: localidade, hora do dia e estações do ano. A organização meteorológica mundial (*World Meteorological Organization*), define luz solar como sendo a irradiação direta medida sobre a terra de pelo menos 120W/m^2 . Informações sobre a irradiação solar no Brasil [10], [25], são apresentadas na *Tabela 10.2* do *Apêndice 10.2*.

Conforme já mencionado, os painéis solares FV são compostos por células solares fotovoltaicas conectadas em série e/ou paralelo para se obter voltagem e corrente desejada. A corrente e a potência de saída do módulo solar são, aproximadamente, proporcionais à intensidade da luz do sol. Para uma determinada intensidade de luz solar, a corrente e a voltagem de operação dependem das características da carga, de modo que, se a carga for uma bateria, sua resistência interna definirá a voltagem de operação do módulo FV.

Pela forma como os painéis solares FV são construídos, células FV conectadas em série e em paralelo, a potência de saída do módulo é extremamente sensível à obstrução da luz solar, inclusive as causadas pela sombra de obstáculos. Se qualquer uma das células que compõem a malha em série não receber luz solar, a voltagem de saída do módulo será alterada, da mesma forma que se a luz que incide sobre uma célula da malha em paralelo for interrompida, a corrente de saída do módulo, também, será alterada. A sombra que causa obstrução solar pode ser suave ou severa.

A sombra suave é a causada por obstáculos situados à distância do módulo; a sombra é difusa ou dispersada e, portanto, reduz significativamente a quantidade de luz que alcança as células que compõem o módulo, mas não há interrupção dos raios solares que incidem sobre elas. Já a sombra severa, que pode ser causada por camada de poeira, folha(s) e/ou galho(s) de árvore(s), excrementos de pássaros, ou mesmo, pássaros pousados sobre o painel, é a que interrompe a luz de chegar às células, de modo que, se uma das células não receber luz a voltagem do módulo cairá à metade de seu valor, como forma de proteção. Mas, se uma

determinada quantidade de células não receber luz, o módulo, então, não converterá qualquer energia.

Um outro ponto importante a considerar para os módulos solares FV é o local de instalação e seu posicionamento em relação ao sistema solar. Para capturar a máxima radiação solar durante o ano, o painel FV deve estar inclinado em um ângulo aproximadamente igual ao da latitude do lugar e defrontando dentro de $\pm 15^\circ$ em relação ao norte dependendo das estações do ano. Para otimizar o desempenho no período do inverno, o módulo solar pode ser inclinado 15° a menos que o ângulo de latitude e para otimizar o desempenho do verão 15° a mais que o ângulo de latitude. Em um dado instante o conjunto solar disponibilizará potência de saída máxima quando apontar diretamente para o sol. Para sistemas onde é necessário ter durante todo o ano a máxima energia solar, o painel solar poderá ser acoplado a servo-mecanismo que acompanha o movimento e inclinação do sol.

As características elétricas das células FV também se aplicam aos painéis solares FV.

Ao se especificar um módulo FV deve-se levar em consideração os seguintes parâmetros:

- Condições de carga: I_{sc} = Corrente de curto-circuito, medida em Ampère (A); I_{mp} = Corrente de máxima potência, medida em Ampère (A); V_{oc} = Voltagem de circuito-aberto, medida em Volt; V_{mp} = Voltagem de máxima potência, medida em Volt; e $P_{mp} = I_{mp} \times V_{mp}$ = Potência no ponto de máxima potência, medida em Watt.
- Tecnologia das células utilizadas na construção do módulo: Mono-Cristalino; Poli-Cristalino, Filme Fino;
- Eficiência de conversão de energia das células.

Na *Tabela 10.3, Apêndice 10.3*, encontra-se uma relação de fabricantes e respectivos módulos solares FV disponíveis no mercado internacional.

4.1.2 TURBINA EÓLICA

As turbinas eólicas são dispositivos que têm a capacidade de gerar energia elétrica, a partir da energia cinética dos ventos. Elas podem ser utilizadas individualmente, em série ou em conjunto com módulos solares FV.

Os geradores de energia elétrica estão disponíveis com várias potências de saída em 12 ou 24 volts.

4.1.3 CONTROLADOR DE CARGA DE BATERIA

A função principal do módulo controlador de carga da bateria é permitir carregá-la para o valor de sua carga máxima, sem causar sobre-carga, além de não permitir a passagem de corrente da bateria para o módulo solar FV à noite ou em qualquer momento em que haja interrupção dos raios solares para o painel; a sobrecarga da bateria reduz sua vida útil.

Os primeiros 70% a 80% da capacidade da bateria são facilmente restabelecidos, mas os 30% a 20% restantes requerem maiores cuidados e, portanto, maior complexidade do sistema de controle de carga. Atualmente, existem controladores de carga [48] que utilizam a tecnologia PWM (*Pulse Width Modulation*) ou MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) para garantir que a bateria está sendo totalmente carregada.

Ao se especificar um controlador de carga de bateria, para uso em painéis solares FV, deve-se considerar as seguintes características:

- Proteção para a fuga de corrente reversa: previne a passagem de corrente para o módulo solar quando há interrupção dos raios solares;
- Desconectar a voltagem de carga quando for baixa: este procedimento reduz danos às baterias, causados pelas descargas acentuadas causadas pela baixa voltagem de carga;

- Sistema de monitoramento;
- Sistema de proteção de sobre-corrente;
- Alarmes;
- Compensação de temperatura: quando as baterias são instaladas em locais não climatizados, permite que a voltagem de carga seja ajustada às condições de temperatura;
- Circuito de carga PWM [42]: um eficiente método de carga que mantém a bateria em seu estágio de carga máxima, e minimiza a formação de sulfatos devido à voltagem de carga pulsar em alta frequência;
- Circuito de carga MPPT [3], [47], [12]. Um novo método de carga projetado para extrair a maior potência possível do módulo solar pela alteração de sua voltagem de operação para maximizar a potência de saída.

O dimensionamento dos controladores de carga depende das necessidades da aplicação e são função da corrente do módulo FV e da voltagem do sistema. Os controladores mais comuns disponíveis no mercado são de 12V, 24V e 48V, e, têm a capacidade de suportar painéis solares com amperagem de 1A a 60A e voltagem de 6V a 60V. Atualmente existem controladores de carga com interface de comunicação serial RS232 e/ou saída digital, que permite acesso às condições operacionais do sistema e da bateria.

Na *Tabela 10.4, Apêndice 10.4*, encontra-se uma relação de fabricantes e respectivos controladores de carga, disponíveis no mercado internacional.

4.1.4 BATERIA

A bateria é o dispositivo que converte energia química em energia elétrica e tem a capacidade de armazenar e fornecer potência de corrente DC; é o elemento principal que compõe um sistema autônomo de energia renovável.

A capacidade da bateria é dimensionada em Ampère-hora (Ah), o que significa ter a capacidade de fornecer a amperagem especificada durante uma hora ou fração da mesma em mais horas. Por exemplo, uma bateria que tem sua capacidade especificada em 100Ah, pode fornecer 100A durante uma hora, 50A em duas horas, 25A em quatro horas, etc.

As baterias são geralmente agrupadas em duas grandes classes [35]:

- Classe primária

As baterias transformam energia química em energia elétrica, irreversivelmente, isto é, uma vez que o material reagente se exaure, a energia da bateria não pode ser restabelecida por meios elétricos; e,

- Classe secundária

As baterias podem ser recarregadas, isto é, tem suas reações químicas revertidas quando se aplica energia elétrica para as células, restabelecendo sua composição original. Porém, não são recarregadas indefinidamente devido à dispersão dos materiais ativos, perdas de eletrólito e corrosão interna.

Com foco neste trabalho são examinadas apenas as baterias recarregáveis com aplicações em sistemas autônomos utilizando luz solar.

Devido às reações químicas dentro das células, a capacidade da bateria depende das condições de descarga: magnitude da corrente, tempo em que essa corrente foi aplicada, voltagem admissível nos terminais da bateria e temperatura. A capacidade da bateria depende, principalmente, da taxa em que ela é descarregada. Se for descarregada a uma taxa relativamente alta sua capacidade disponível será menor do que o esperado.

A relação entre corrente, tempo de descarga e capacidade da bateria é expressa pela lei de Peukert [41] e representada por:

$$(1) \quad C_p = I^k \times t$$

Onde C_p = quantidade de carga removida da bateria em função da taxa em que ela é descarregada (1Ah), I = corrente de descarga (A), k = constante de Peukert, relacionada à construção e idade da bateria, com valores variando de 1,05 a 2, normalmente 1,2, e t = tempo de descarga (h).

Portanto, a equação (1) mostra que para altas taxas de descarga remove-se mais energia da bateria do que quando se avalia o consumo linearmente.

Todavia, os fabricantes de baterias consideram a capacidade da bateria referenciada ao tempo de descarga, de modo que a equação seguinte deve ser usada na avaliação do tempo que a bateria leva para se descarregar em função da corrente de carga:

$$(2) \quad t = H \div (I \times H \div C)^k$$

Onde t = tempo de descarga em horas, I = corrente de descarga em Ampère, H = tempo de descarga em horas, relacionado com a especificação da bateria (ex.: 100Ah @ 20h $\Rightarrow$ $H = 20$ h), C = capacidade da bateria em Ampère, conforme especificação (ex.: 100Ah $\Rightarrow$ $C = 100$ A) e k = constante, depende do tipo e idade da bateria. Para baterias chumbo-ácido o valor de k está tipicamente entre 1,1 e 1,3.

Eletricamente a bateria pode ser modelada como sendo uma fonte de voltagem DC, dependente principalmente da química utilizada, em série com um resistor que representa a resistência interna da bateria, como na *Figura 4.4*. A resistência interna aumenta à medida que a bateria reduz sua capacidade de fornecer energia, de modo que a voltagem nos terminais da carga diminui em função da queda de voltagem na resistência interna e, portanto, a capacidade da bateria fornecer energia para a carga também diminui. A voltagem V_t nos terminais da bateria é determinada pela expressão:

$$(3) \quad V_t = V_{oc} - R_i \times I$$

Onde V_t = Voltagem nos terminais da bateria, V_{oc} = Voltagem de circuito-aberto, R_i = resistência interna e I = corrente fornecida à carga.

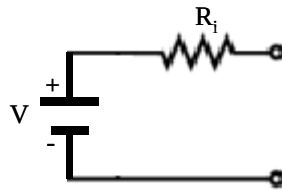


Figura 4.4 – Circuito equivalente da bateria

As baterias podem ser ligadas em série ou em paralelo para aumentar a voltagem ou a corrente a ser fornecida à carga, respectivamente.

Outros fatores que afetam a capacidade e durabilidade da bateria são:

- Sobrecarga.

Ocorre quando a bateria é forçada a aceitar mais corrente que ela quimicamente pode armazenar. Isto acontece quando a corrente de carga é muito alta ou quando a bateria está totalmente carregada, mas, continua recebendo corrente. A sobrecarga traz danos à bateria através da perda de água do eletrólito e corrosão das grades.

- Ciclo.

O ciclo da bateria refere-se ao ciclo completo de carga e descarga, usualmente considerada a descarga do valor 100% para 20% e então voltar aos 100%. A profundidade de descarga depende da tecnologia e tipo de bateria, as mais comuns são de 10%, 20% ou 50% da carga. Ciclos acentuados (*Deep Cycle*) requerem que toda a energia convertida para uma determinada voltagem estabelecida para um dado sistema seja drenada da bateria a cada descarga. Em ciclos suaves a energia é parcialmente drenada em cada descarga, isto é, a energia pode ser qualquer valor até 50% de sua carga total.

- Ciclo de vida útil

Ciclo de vida útil é o número total de ciclos de carga e descarga que a bateria pode suportar antes de ficar inoperante. Na prática, o fim de vida é,

usualmente, considerado atingido quando a bateria fornece aproximadamente 80% da capacidade especificada, isto é, a capacidade de carga é de 20%. A vida útil da bateria está intimamente ligada ao quanto é acentuado o ciclo de descarga e carga, por exemplo, se uma bateria descarrega 50% todos os dias sua vida útil será duas vezes maior do que aquela que tem um ciclo de 80% no mesmo período.

Para o sistema proposto, as baterias deverão ser do tipo *deep cycle* [37], [45], e seladas, pois são menos susceptíveis à degradação causada pelos ciclos de carga e descarga e, portanto, exigidas em aplicações onde as baterias são regularmente descarregadas, tanto como 80% da carga, repetidas vezes e não necessitam de manutenção periódica. Essas baterias liberam menos corrente de pico, todavia, podem suportar descargas e cargas freqüentes e fornecer energia ininterruptamente por longo período de tempo.

As baterias mais utilizadas em sistemas elétricos solares usam tecnologia AGM (*Absorbed Glass Mat*) [20], [34] e Gel [17], [19], [38].

- Bateria AGM é uma classe de baterias de chumbo-ácido, recarregável, em que o eletrólito é absorvido por uma esteira de fibra de vidro, selada com proteção VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) [40], válvula que regula a pressão interna. Possui ótima potência específica (W/Kg), apesar da energia específica (J/Kg) tender a ser menor do que a das baterias chumbo-ácido tradicionais; tem resistência interna muito baixa; suporta temperaturas mais altas; e autodescarga mais lenta.
- Bateria Gel é uma classe de baterias de chumbo-ácido com eletrólito em gel, recarregável, com proteção VRLA, com características idênticas às do tipo AGM. Todavia, se comparada com o tipo AGM, permite um número muito maior de ciclos de carga e descarga, bem como, suporta temperaturas mais baixas. No entanto, nesta classe de baterias, devido à alta viscosidade do eletrólito a recombinação dos gases liberados enquanto está sendo carregada se processa de forma muito mais lenta, de modo que requer cuidados no controle de carga, pois não suporta taxa de carga muito elevada, C/20 máximo (capacidade da bateria em relação ao tempo de descarga de 20 horas), caso contrário sua capacidade e vida útil ficarão comprometidas.

As baterias não são cem por cento eficientes, isto é, a conversão de energia química em potência elétrica e vice-versa nunca ocorre com eficiência 100%. Como o material químico utilizado na fabricação das baterias contém impurezas, perdas internas de energia ocorrem independentemente de se ela está em uso ou não. Atualmente pode-se considerar a eficiência das baterias igual ou superior a 90%.

O estado de carga da bateria é fundamental para o bom desempenho e operação do sistema que está sendo alimentado, de forma que há necessidade de se monitorar suas condições de voltagem. A melhor forma de saber as condições de voltagem da bateria é medir a densidade do eletrólito, porém, para baterias seladas, este método não é possível, de maneira que neste caso deve-se utilizar um medidor de voltagem para determinar, aproximadamente, o estado de carga da bateria [9], [46].

A *Tabela 4.1* mostra o estado de carga relacionada com os valores típicos de voltagem para uma bateria de 12 volts. Esses valores podem variar em função das cargas e descargas e do fabricante.

Tabela 4.1 – Estado de carga para bateria de 12 volts⁵

Estado da Carga (%)	Bateria 12 Volts (V)
100	12,70
90	12,50
80	12,42
70	12,32
60	12,20
50	12,06
40	11,90
30	11,75
20	11,58
10	11,31
0	10,50

⁵ Fonte: [http://www.windsun.com/Batteries/Battery_FAQ.htm#Battery Voltage](http://www.windsun.com/Batteries/Battery_FAQ.htm#Battery_Voltage)

A bateria deve trabalhar na faixa de 100% a 40%, para prolongar sua vida útil. Se utilizada ocasionalmente na faixa de 30% a 20%, não é prejudicial, no entanto descargas contínuas nessa faixa encurtarão, consideravelmente, a vida útil da bateria. No limite 10% a 0% considera-se que a bateria está totalmente descarregada.

Apenas como referência, a *Tabela 10.5*, *Apêndice 10.5*, lista alguns dos tipos de baterias mais utilizadas em sistemas solares.

4.2 MÓDULO DE CONTROLE DE ENERGIA E CICLO ON/OFF

Este módulo tem a função de verificar a presença ou ausência da energia de carga da bateria, medir sua voltagem, controlar o ciclo de economia de energia e comunicar com os nós da rede enviando ou recebendo informações do estado dos nós, de modo a sincronizar o desligamento e re-ligamento dos roteadores que constituem o módulo de sobrevivência, com o objetivo de aumentar a autonomia da bateria na ausência de energia de carga, solar e/ou eólica.

Como o propósito deste trabalho não é projetar o *hardware* utilizado, o módulo de controle de energia e ciclo *on/off* foi implementado utilizando componentes de mercado de baixo custo. O módulo é composto por *hardware*: CPU (*Central Processor Unit*) e conversor A/D (Analogico/Digital); e, *software*: programa de monitoração e controle de ciclo.

4.2.1 HARDWARE

O *hardware* do modulo de controle e consumo de energia é composto pelo Kit RD2ED2, com CPU P89V51RD2 da Philips, e conversor Analógico/Digital CONVAD02 de 8 bits e 8 entradas analógicas, com conversor ADC0808/0809, *Figura 4.5* e *Figura 4.6*, respectivamente.

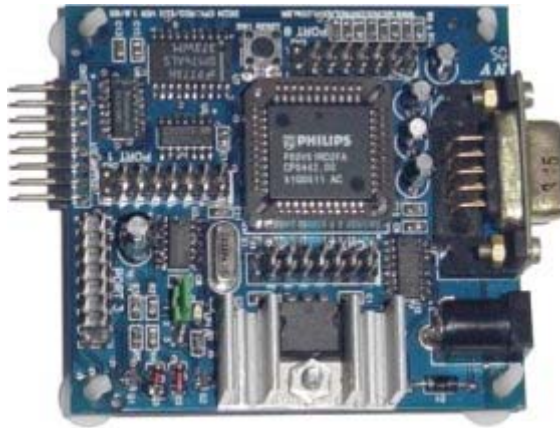


Figura 4.5 – Kit RD2ED2⁶

Características do kit CPU:

- Memória flash de 64Kbytes para programa.
- Memória RAM de 1024 Bytes para dados.
- Cristal de 22.1184MHz.
- Interface Serial.
- 4 portas de I/ O de 8 bits e 8 endereços de I/O mapeado.
- Consumo máximo de 50mA.
- Dimensões: 66 x 71 mm

⁶ www.microcontrolador.com.br



Figura 4.6 – Conversor Analógico/Digital CONVAD02⁷

Características do kit conversor analógico/digital:

- Resolução de 8 bits;
- Multiplexador de 8 canais com endereço lógico;
- Voltagens de entrada de 0 a 5 volts;
- Baixo consumo de potência , 15mW;
- Tempo de conversão de 100 μ s;
- Clock próprio para conversão;
- Não necessita ajuste do zero ou do fim de escala da conversão.

A comunicação com os dispositivos externos é realizada através dos conectores P0, P1 e DB9, conforme mostra a *Figura 4.7*.

⁷ www.microcontrolador.com.br

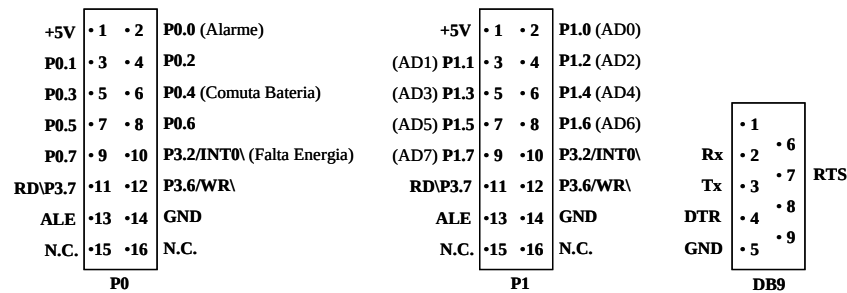


Figura 4.7 – Conectores e Sinais utilizados

Na detecção da falta de energia foram utilizados os sinais de interrupção externa INT0\ e INT1\ disponíveis no conector P3, conforme mostra a *Figura 4.8*. A interrupção INT0\ detecta a falta de energia e a interrupção INT1\ detecta o retorno da energia, ambos operam na transição alto/baixo.

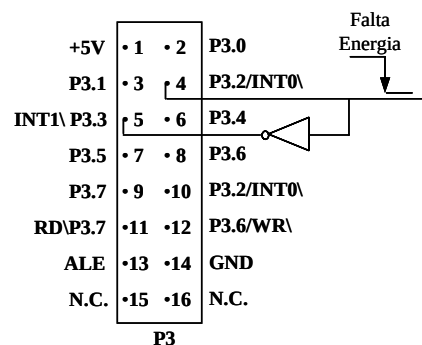


Figura 4.8 – Detecção da falta de energia

A comunicação entre o módulo de controle de energia e o roteador acontece via porta serial.

4.2.2 SOFTWARE: PROGRAMA DE MONITORAÇÃO E CONTROLE DE CICLO

O programa de monitoração e controle de ciclo tem como função ligar e desligar o dispositivo roteador do módulo de sobrevivência (nó), monitorar a presença ou ausência de

energia de carga, medir a potência disponível da bateria, controlar o tempo de desligamento e comunicar-se, via porta serial, com o dispositivo roteador do módulo de sobrevivência, enviando ou recebendo informações das condições da energia disponível, visando permitir sincronismo de operação em toda a rede.

O programa de monitoração e controle de ciclo foi desenvolvido na linguagem *Assembler* utilizada pelos micro-controladores da família 8051 e compatível. O desenvolvimento dessa aplicação acompanhou a lógica do fluxograma mostrado na *Figura 4.9*. O código fonte do programa de monitoração e controle de ciclo é apresentado no *Apêndice 10.6*.

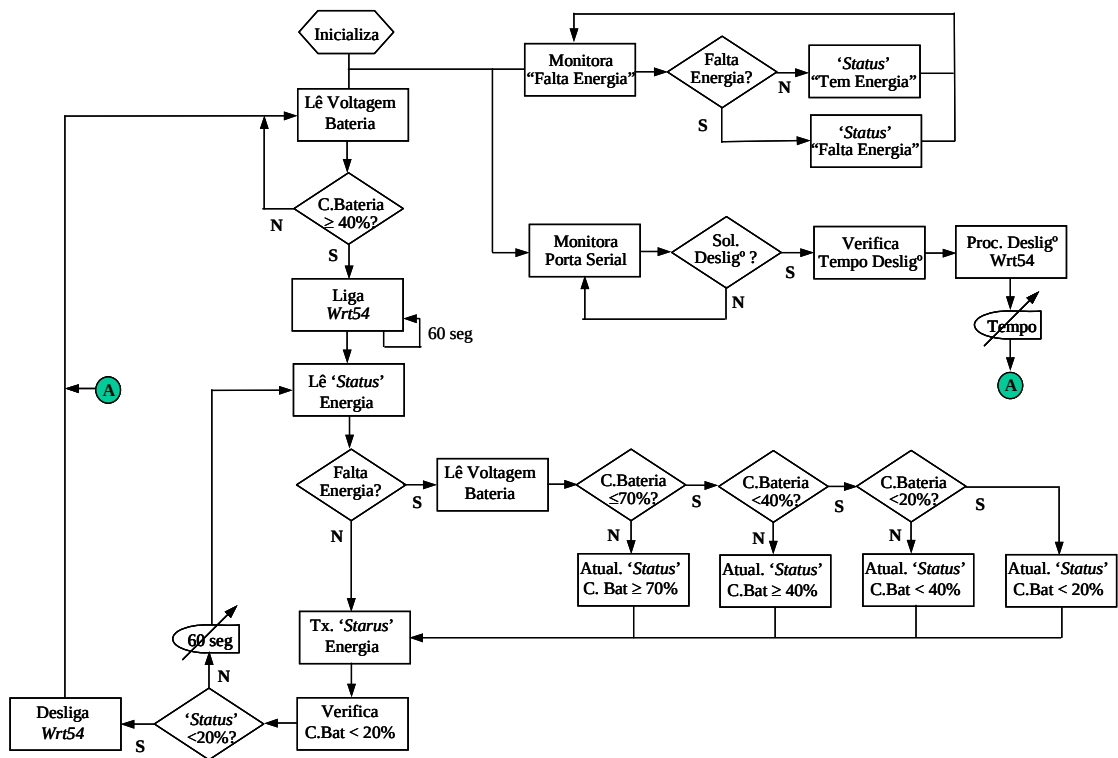


Figura 4.9 – Fluxograma: módulo de controle de energia e ciclo “on/off”

Conforme já citado, a comunicação entre o módulo de controle e os roteadores ocorre via interface de comunicação serial. A troca de mensagens se dá de forma sintetizada, de modo que para informar as condições da energia disponível é enviado e/ou recebido um dos

seguintes caracteres: “E” $\Rightarrow$ Tem Energia; “F” $\Rightarrow$ Falta Energia; “V” $\Rightarrow$ Voltagem baixa da bateria; e “D” $\Rightarrow$ Deficiência de carga na bateria.

Em conformidade com a *Tabela 4.1*, *página 40*, os caracteres anteriormente mencionados têm as seguintes conotações:

- ✓ “F”: além de significar falta de energia de carga, denota que o estado de carga da bateria está entre 100% e 90%, [100%, 90%];
- ✓ “V”: mostra que o estado de carga está entre 90% e 60%, (90%, 60%]; e,
- ✓ “D”: adverte que a capacidade de energia da bateria está entre 60% a 20%, (60%, 20%], região crítica de sua capacidade de energia; os 20% restantes significam que a bateria está totalmente descarregada ou danificada.

Para preservar as condições do estado de energia são utilizados os registradores R2 e R4 da CPU. O registrador R2 armazena o estado da energia disponível no nó local e o registrador R4 guarda o *status* da energia em qualquer outro nó da rede. A *Figura 4.10* e *Figura 4.11* mostram os bits dos registradores utilizados para representar o estado dos nós.

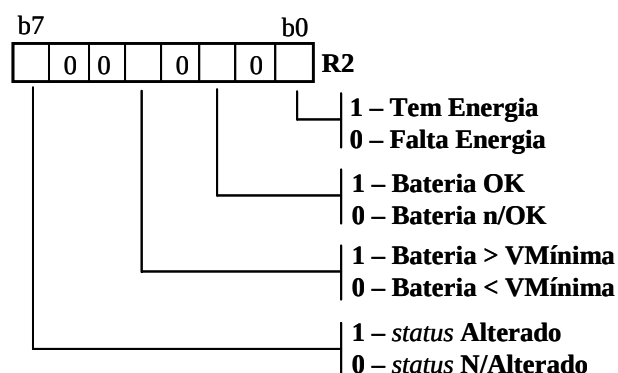


Figura 4.10 – Registrador R2, estado de energia do nó local

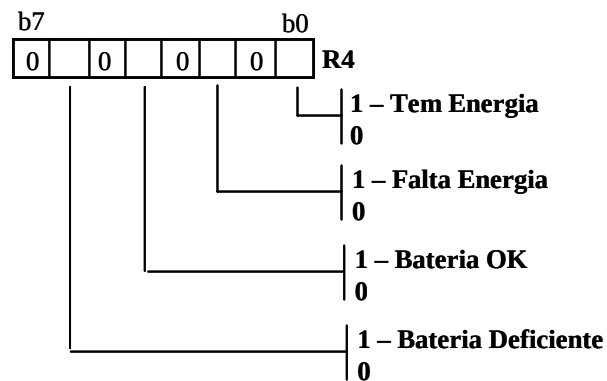


Figura 4.11 – Registrador R4, estado de energia de nó remoto

4.3 MÓDULO ROTEADOR/PONTO DE ACESSO

O equipamento *Wrt54G* da *LinkSys* foi o escolhido para ser o módulo roteador/ponto de acesso dos nós que constituem a rede. O motivo dessa escolha deve-se ao fato de estar sendo utilizado na rede interna sem fio da UFF (Universidade Federal Fluminense), a qual foi utilizada para verificar a funcionalidade do protocolo de sobrevivência.

A comunicação, entre o roteador e o módulo de controle e consumo de energia, é realizada através de interface serial RS-232.

Como o roteador *LinkSys Wrt54G* não disponibiliza nenhuma porta de saída para comunicação serial, apesar da placa-mãe contemplar o circuito UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) referente aos sinais e parâmetros da interface RS-232, é necessário implementá-la e para que isso possa ser feito é necessário complementar o circuito da UART com os *buffers* de saída, bem como, instalar o conector para acesso externo.

A placa-mãe do roteador *Wrt54G* disponibiliza os sinais referentes à interface serial no conector JP1.

A síntese das conexões dos sinais da UART é representada pela *Figura 4.12*, que mostra a montagem do conector JP1 e o cabo para conexão com a placa dos *buffers*, e pela *Figura 4.13*, que mostra o conector de acesso aos sinais da UART do *Wrt54G*.

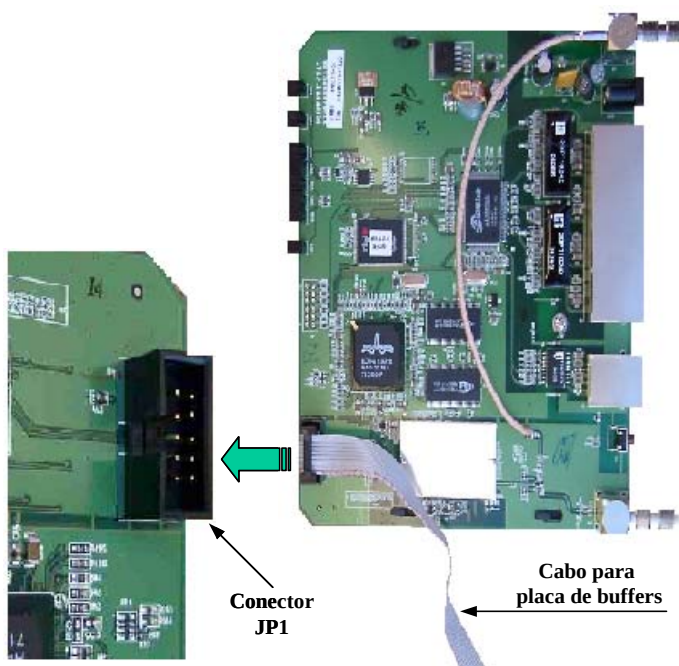


Figura 4.12 – Conector JP1 na placa-mãe do roteador LinkSys Wrt54G

3.3V	• 1	• 2	3.3V
Tx (ttyS1)	• 3	• 4	Tx (ttyS0)
Rx (ttyS1)	• 5	• 6	Rx (ttyS0)
NC	• 7	• 8	NC
GND	• 9	• 10	GND
JP1			

Figura 4.13 – Conector JP1 e sinais disponíveis

O circuito complementar para porta de comunicação serial RS232 é retratado na Figura 4.14.

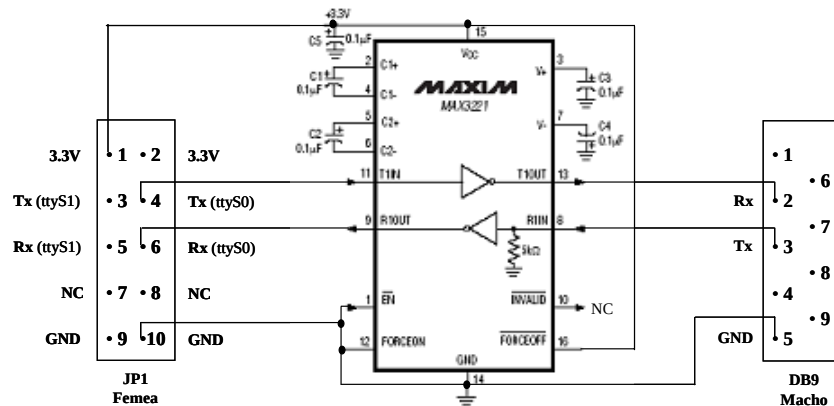


Figura 4.14 –Circuito complementar da porta de comunicação serial RS-232.

4.4 SUMÁRIO

Neste capítulo apresentou-se, de forma sintetizada, a base teórica da tecnologia de células solares, controladores de carga e baterias, que serviu de embasamento para o desenvolvimento do sistema de carga e controle do consumo de energia usando baterias. O uso de energia solar e eólica foi investigado com relação à sua capacidade e eficiência em fornecer corrente de carga para a bateria. A escolha do tipo de bateria deve-se aos fatos de: ter baixo grau de degradação causada pelo ciclo de descarga e carga, suporta níveis de descarga de até 80% e não necessita de manutenção periódica. O controle de consumo de energia e ciclo “on/off”, composto por microcontrolador, conversor A/D e *software*, foi investigado com respeito a: desempenho e eficiência no controle de energia e comunicação com o roteador, consumo de potência e custo. O programa de monitoração foi idealizado para ser simples e eficiente em: monitorar a presença ou ausência de energia de carga, medir potência da bateria, controlar tempo de desligamento e comunicar com o roteador na troca de informações. A escolha do roteador *Wrt54G*, onde o protocolo de sobrevivência é instalado e as condições da rede, roteamento e comunicação são processadas, deve-se ao fato de ser usado na rede interna sem fio da UFF. Finalmente, algumas outras questões ligadas ao roteador foram estudadas, tal como projetar e especificar a implementação da interface de comunicação serial para o roteador *Wrt54G*, para permitir a intercomunicação com o controle

de consumo de energia e ciclo “*on/off*”. O “Protocolo de sobrevivência”, que tem a função de processar e gerenciar o estado de energia dos nós da rede, é estudado no próximo capítulo.

5 PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA

O rápido avanço tecnológico e as inovações das últimas décadas têm impulsionado as comunicações sem fio passarem do conceito para a realidade. Avanços no projeto de circuitos eletrônicos (*chip*) tem reduzido drasticamente o tamanho e a necessidade de energia dos dispositivos sem fio, aumentando sua portabilidade e conveniência

Em termos amplos, uma rede sem fio consiste de nós que se comunicam pela troca de informações (pacotes) via ondas de rádio. Essas informações (pacotes) podem ganhar duas formas. Uma *unicast*, os pacotes são endereçados para um nó, e outra *multicast*, os pacotes são distribuídos para um grupo de nós. A permissão para transmitir os pacotes e o controle de todos os acessos à camada física é função do protocolo MAC. As funções específicas associadas com um protocolo MAC varia conforme os requisitos do sistema e aplicação. A *Figura 5.1* mostra a posição do protocolo MAC na arquitetura de rede TCP/IP.

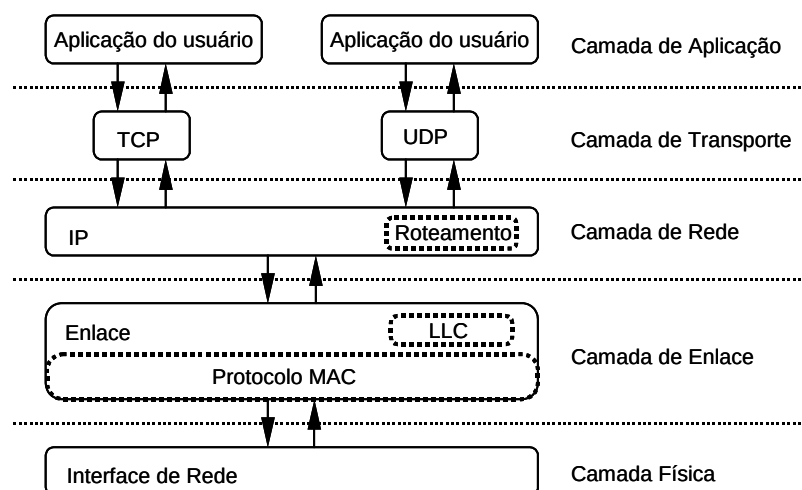


Figura 5.1 – Posição do protocolo MAC na arquitetura de rede TCP/IP

A arquitetura determina como a estrutura da rede é percebida e onde reside a inteligência. Como mencionado em capítulos anteriores, a arquitetura de rede pode ser do tipo centralizada (com infra-estrutura) ou *ad-hoc* (*ad hoc*) (sem infra-estrutura). Uma arquitetura de rede centralizada possui um nó especial, isto é, um nó chamado de estação base, onde se concentra toda a inteligência, e que coordena e controla todas as transmissões dentro de sua área de cobertura, ou célula. O ponto crítico dessa arquitetura é que se houver falha no nó central não há serviço, ou seja, toda a rede fica inoperante. A arquitetura *ad-hoc* não possui qualquer estrutura pré-definida. A cobertura e conectividade da rede são definidas somente pela proximidade do nó e das características de propagação RF predominantes. No modo *ad-hoc* os nós comunicam-se diretamente com um outro nó, isto é, no modo ponto a ponto (*peer-to-peer*). Para facilitar a comunicação entre nós distantes, o nó *ad-hoc* também atua como roteador, armazenando e encaminhando pacotes para os outros nós. Cada nó *ad-hoc* tem conhecimento das condições da rede e coopera com os outros nós para efetivar a demanda de serviços.

Neste contexto, a arquitetura *ad-hoc* é a escolhida para atender os requisitos do módulo de sobrevivência.

Apesar dos equipamentos utilizados em redes sem fio, atualmente disponíveis comercialmente, comportarem mecanismos de gerenciamento na redução de consumo de energia, ainda persiste a inquietação de como proceder quando se utilizar esses equipamentos e outros, que ainda não são providos do mecanismo de conservação de energia, em regiões onde não há energia elétrica para recarregar as bateria? Pois bem, como já definido no capítulo anterior, a energia elétrica provém da energia solar e/ou eólica. Mas o que fazer quando estas fontes de energia não estiverem presentes? A solução encontrada é criar um protocolo que permita economizar energia durante os períodos em que a rede está ociosa e a capacidade de carga da bateria está abaixo de condições pré-estabelecidas ou em estado crítico de sua capacidade de fornecer potência ao sistema, sem, entretanto, causar perdas significativas na eficiência da comunicação.

5.1 CONCEITO

Durante a concepção do protocolo de sobrevivência teve-se a preocupação de se criar algo que pudesse ser de fácil instalação e pode-se gerenciar a redução de consumo de energia independente do tipo de dispositivo de comunicação sem fio utilizado na rede. A forma encontrada foi criar uma aplicação com características de protocolo, cujas atribuições principais são: comunicar com o controlador de carga e consumo de energia da bateria para informar aos demais nós da rede as suas condições de energia; e, coordenar os estágios de economia de energia dos nós. A essa aplicação foi dado o nome de “protocolo de sobrevivência”.

O protocolo de sobrevivência é uma aplicação a ser instalada em cada roteador que forma o nó e se comunica com o módulo de controle e consumo de energia via interface serial RS-232, recebendo o ‘*status*’ das condições da energia desse nó para que seja retransmitido para todos os demais nós da rede. É também responsável pelo sincronismo e o controle de ligar e desligar os nós durante o estado de economia de energia.

A eficiência e o sincronismo do protocolo assume que o relógio de cada roteador esteja sincronizado com o calendário global. A sincronização dos relógios dos nós, que pode ser realizada através de vários algoritmos [24], [31, p.119] ou, até mesmo, equipar cada nó com GPS (*Global Position System*) ou outras fontes de tempo disponíveis, está fora do escopo deste trabalho.

A aplicação foi baseada no modelo cliente-servidor, devido a todos os roteadores usarem o mesmo *kernel* e as aplicações, tanto cliente quanto servidor, se comportarem como processos do usuário. A comunicação entre processos se dá via protocolo de transporte TCP (*Transmission Control Protocol*) [49], o qual foi escolhido em detrimento do UDP (*User Datagram Protocol*) por ser mais confiável e por facilitar o desenvolvimento de clientes e servidores robustos. A entrada e saída de rede de um processo cliente e servidor foi implementada através do uso das funções *socket* [28]. A *Figura 5.2* mostra as funções *socket* para cliente-servidor usando protocolo TCP.

Ao estabelecer uma conexão TCP é utilizado um par de *sockets*, que define as duas extremidades da conexão, com quatro parâmetros que identificam cada conexão TCP de

modo único em uma rede: endereço IP local; porta de comunicação local; endereço IP remoto; e, porta de comunicação remota.

No protocolo de sobrevivência, no lado cliente, o *kernel* escolhe o endereço IP local, o qual é relativo à interface disponível para comunicação no ato da conexão ter sido estabelecida, e uma porta local transitória; no lado servidor, foi escolhida a porta efêmera 5000 pertencente ao grupo tradicional do BSD (1024 a 5000), o endereço IP é o endereço do nó ao qual se quer conectar e, portanto, disponibilizado pela tabela de roteamento.

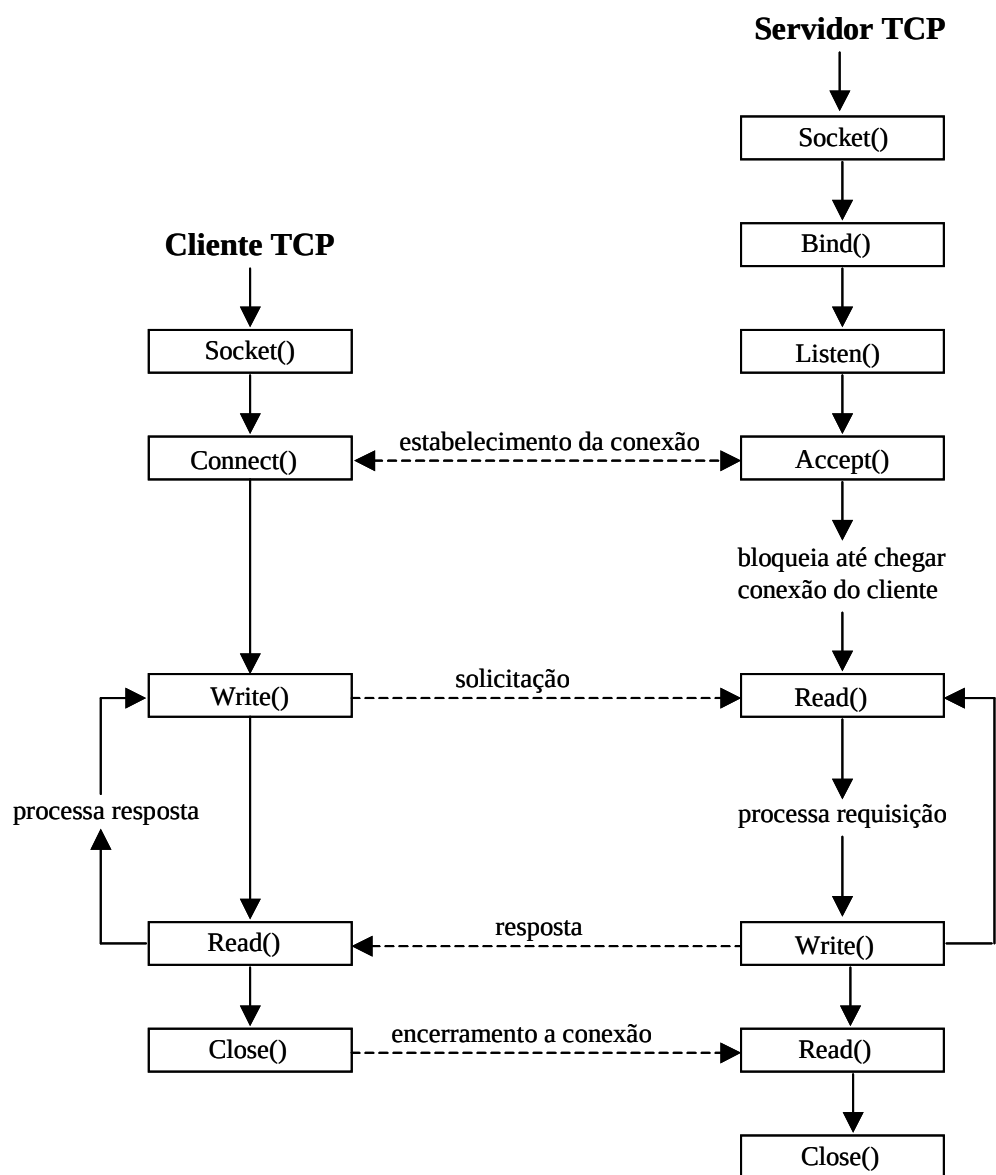


Figura 5.2 – Funções *socket* TCP para cliente-servidor

A aplicação instalada em cada nó, roteador, envia informações aos demais nós da rede e aguarda pelas respostas. As informações recebidas são processadas. Se a informação recebida for referente às condições críticas de energia dos nós, transmite o *status* de energia para o módulo de controle e consumo de energia. Mas se for referente à solicitação de desligamento e teve a concordância de todos os envolvidos, então, transmite ao módulo de controle e consumo de energia a condição de desligamento, que entra, então, no modo de consumo de energia solicitado, o que é acompanhado por todos os demais pontos da rede.

Nenhum dos nós deve concordar em entrar no modo de redução de consumo de energia se houver comunicação entre quaisquer outros nós ou entre qualquer nó e clientes conectados. O nó que não responder num intervalo de tempo especificado, *time-out*, é desconsiderado e a conexão encerrada. Toda a conexão e o correspondente processo gerado são encerrados ao receber confirmação de término. O processo encerrado é removido. Para determinar quais nós estão presentes e ativos na rede é usada a tabela de roteamento disponibilizada por cada nó.

5.2 DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA

O “protocolo de sobrevivência” requer um nó coordenador para atuar no modo de conservação de energia. A eleição do nó coordenador baseia-se no algoritmo *bully* [31, p.141].

Ao se ligar o roteador e durante o processo de inicialização de cada nó, a aplicação “protocolo de sobrevivência” recebe do módulo de controle de energia as condições de voltagem disponíveis e, baseado na tabela de rotas, as transmite para todos os demais nós da rede. A *Figura 5.3* reflete o fluxo do envio e recebimento das mensagens.

A supervisão e o controle de desligamento dos nós é realizado pelo nó que for eleito coordenador, isto é, cada nó informa seu *status* de energia para os demais nós da rede. Aquele que, ao receber as informações dos outros nós, perceber que está em condições de energia mais desfavoráveis, solicita coordenação. Só se elege coordenador se tiver a concordância de todos os envolvidos, excluídos os que não responderem dentro de um tempo especificado.

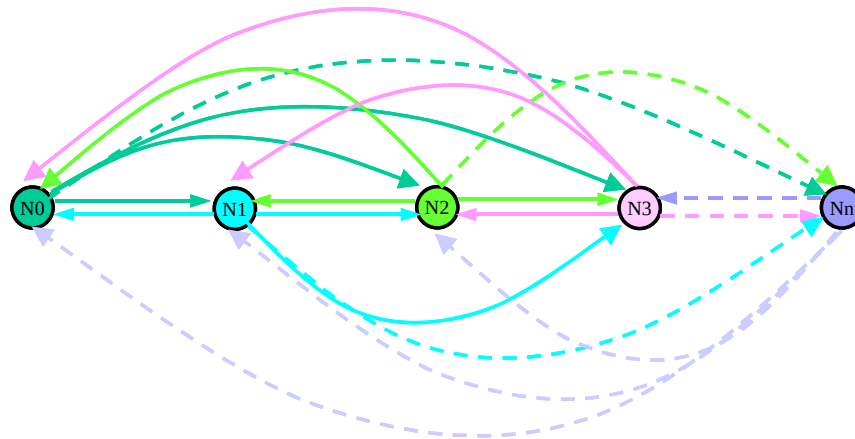


Figura 5.3 – Fluxo de envio e recebimento de mensagens

As condições de energia são o valor de voltagem disponível em cada nó, porém, para efeito deste trabalho foram consideradas as circunstâncias relativas à *Tabela 4.1*, página 40, conforme segue:

- a) “E” ⇒ **Tem Energia**;
- b) “F” ⇒ **Falta Energia** ($12,50V \leq \text{Voltagem Bateria} \leq \text{Voltagem Normal}$);
- c) “V” ⇒ **Voltagem baixa da bateria** ($12,32V \leq \text{Voltagem Bateria} < 12,50V$);
- d) “D” ⇒ **Deficiência da bateria** ($11,58 \leq \text{Voltagem Bateria} < 12,32V$).

As situações de energia são transmitidas com a respectiva data e hora em que o evento ocorreu. Cada nó receptor monta uma tabela contendo o endereço dos nós com o respectivo *status* de energia, *Tabela 5.1*.

Tabela 5.1 – Tabela do ‘Status’ de Energia

Nó ID	Interface	End. IP	Status Energia	Data	Hora
N0	I0	1P0	E	20/01/2007	16:00:00
N1	I1	1P1	F	22/01/2007	01:00:00
N2	I2	1P2	V	24/01/2007	20:30:00
N3	I3	1P3	F	24/01/2007	21:00:00
N4	I4	1P4	V	25/01/2007	00:30:00
Nn	In	1P3	E	01/01/2006	07:00:00

De posse da tabela de *status* de energia, cada nó compara a sua situação com a dos demais nós envolvidos na rede. O nó que perceber que tem maior prioridade, isto é, bateria com baixa voltagem ou falta de energia com evento mais antigo, nó **N2** na *Tabela 5.1*, solicita aos nós envolvidos permissão para ser o coordenador. Se todos os nós concordarem com a solicitação, nesse momento, o nó solicitante passa a ser o coordenador, porém, se durante o período de recebimento das mensagens, *time-out*, o nó solicitante não recebeu aprovação de todos os nós para ser o coordenador e sendo ele o que tem maior prioridade, assume, então, a coordenação e informa a todos os nós da rede que ele passa a ser o coordenador.

O nó coordenador, que atua somente no caso de falta de energia, passa a ser o responsável por:

- ✓ controlar o tempo em que os nós estarão ligados e ativos;
- ✓ verificar se todos os nós da rede estão ociosos;
- ✓ enviar mensagem “F”, “V” ou “D” referente ao tempo em que os nós deverão permanecer inativos ou desligados;
- ✓ receber do seu módulo de controle o *status* de energia e enviá-lo a todos os nós da rede;

- ✓ enviar mensagem de *broadcasting* sobre estado crítico da bateria e necessidade de desligar o nó.

Os nós escravos, além de receberem mensagens do coordenador, recebem do seu módulo de controle a situação de energia e a envia a todos os nós da rede, inclusive ao coordenador.

Sempre que qualquer um dos nós na rede detectar que houve alteração em sua condição de energia, informa aos demais nós a nova circunstância. Os nós ao receberem a informação atualizam a tabela de *status* e comparam a sua atual situação de energia com a dos demais nós envolvidos na rede.

Novamente, o nó que perceber que tem maior prioridade, isto é, bateria com baixa voltagem ou falta de energia com evento mais antigo, solicita aos demais nós envolvidos permissão para ser o coordenador, o qual, no caso de todos concordarem com a solicitação, passa a ser o novo coordenador.

Comparando a *Tabela 5.1* e *Tabela 5.2*, pode-se observar que o novo coordenador deve ser o nó **N1**.

Tabela 5.2 – Tabela do ‘Status’ de Energia atualizada

Nó ID	Interface	End. IP	Status Energia	Data	Hora
N0	I0	1P0	E	20/01/2007	16:00:00
N1	I1	1P1	F	22/01/2007	01:00:00
N2	I2	1P2	V → E	26/01/2007	20:30:00
N3	I3	1P3	F	24/01/2007	21:00:00
N4	I4	1P4	V → E	25/01/2007	10:30:00
Nn	In	1P3	E	01/01/2006	07:00:00

Se não houver falta de energia, todos os nós permanecerão ligados e ativos ininterruptamente e, portanto, não haverá coordenador. No caso de falta de energia, além de eleger um coordenador, os nós ficarão ativos por um período mínimo de 120 segundos ou qualquer outro que seja definido. Após esse intervalo de tempo o coordenador solicita aos nós

da rede se pode ocorrer desligamento, por sua vez, cada nó que recebe a mensagem solicitando desligamento verifica se existe alguma comunicação entre ele e os nós vizinhos e/ou entre ele e seus clientes. O nó que não tiver clientes conectados desabilita a condição de associação e envia mensagem ao coordenador que pode desligar. Os nós que estiverem em uso informam ao coordenador que não podem desligar. O coordenador, então, a cada intervalo de um segundo envia novas solicitações de desligamento, até que todos os nós envolvidos na comunicação possam desabilitar a condição de associação e respondam que podem desligar. Em seguida à concordância de desligamento, o coordenador envia mensagem com o horário inicial e a duração de tempo em que eles devem permanecer inativos ou desligados. O período em que os nós ficam inativos ou desligados é definido pelo coordenador, como segue:

- a) “**F**” $\Rightarrow$ Falta de Energia = 60 segundos $\Rightarrow$ estado “ocioso”;
- b) “**V**” $\Rightarrow$ Voltagem baixa de bateria = 120 segundos $\Rightarrow$ desabilitar módulo RF;
- c) “**D**” $\Rightarrow$ Deficiência de bateria = 180 segundos $\Rightarrow$ desligar nó (roteador).

Conforme mencionado, os períodos de inatividade ou desligamento podem ser alterados de modo a reduzir o consumo de energia da bateria sem, no entanto, comprometer a eficácia da comunicação.

O controle do tempo de desligamento é realizado pelo módulo de controle e consumo de energia, que recebe da aplicação “protocolo de sobrevivência” a informação para desligar e o tempo que deverá permanecer desligado, findo o qual cada nó será reativado, isto é, religado. O ciclo “ativo/inativo” ou “liga/desliga” se repetirá até que a energia esteja restabelecida em todos os nós da rede.

Na próxima seção é apresentado o fluxograma relativo à lógica utilizada no desenvolvimento do protocolo de sobrevivência. No *Apêndice 10.7* está a aplicação cliente-servidor [13], [29], [32] que faz a monitoração e controle de sincronismo para desligamento dos nós da rede.

5.3 FLUXOGRAMA DA APLICAÇÃO “PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA”

O fluxograma da aplicação é a representação gráfica da seqüência lógica utilizada no desenvolvimento do programa “protocolo de sobrevivência” e retratada pela *Figura 5.4* e *Figura 5.5*.

A *Figura 5.4* representa de forma sintetizada a funcionalidade da aplicação cliente, responsável por: comunicar, via porta serial, com o módulo de controle de energia e ciclo “on/off”; solicitar conexão com os outros nós com os quais se quer comunicar; enviar as condições de energia do nó; processar as respostas recebidas dos outros nós envolvidos na comunicação; e, junto com o módulo de controle de energia e ciclo “on/off” gerenciar o ciclo de economia de energia.

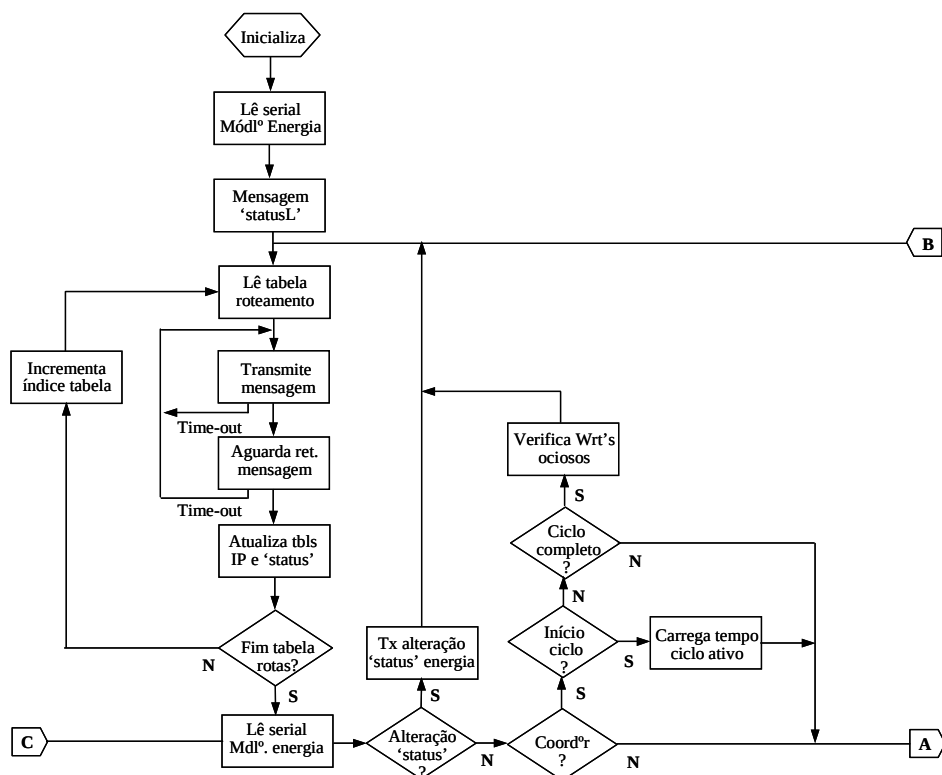


Figura 5.4 – Fluxograma da aplicação cliente

A Figura 5.5 retrata de forma sintetizada a funcionalidade da aplicação servidor, responsável por: receber, processar as mensagens enviadas pelos nós clientes e responder às solicitações.

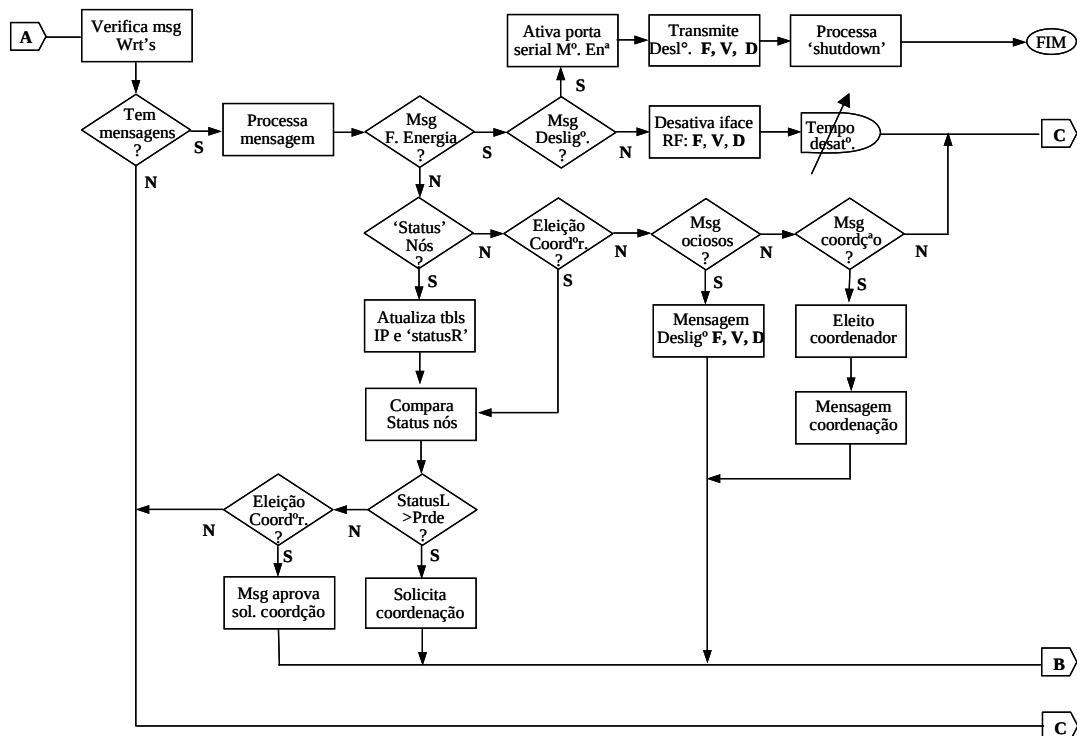


Figura 5.5 – Fluxograma da aplicação servidor

5.4 SUMÁRIO

A revisão de alguns conceitos de rede sem fio conduziu ao desenvolvimento do “protocolo de sobrevivência” na forma de aplicação. O desenvolvimento da aplicação visou o gerenciamento de redução de consumo de energia para todos os dispositivos sem fio utilizados em rede, independente do tipo e mecanismos de conservação de energia neles disponíveis, e facilidade de instalação. O gerenciamento da redução de consumo de potência do módulo de sobrevivência é feito pelo nó que se elegeu coordenador e obedece às condições de energia disponíveis nesse nó. O período em que os nós deverão ficar inativos ou desligados

são função da capacidade de carga disponível na bateria e efetivado pelo coordenador. A eficácia do “protocolo de sobrevivência” é demonstrada no capítulo 7. No próximo capítulo é dimensionado o sistema de controle carga e consumo de energia: bateria, módulo solar e controlador de carga.

6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE DE CARGA E CONSUMO DE ENERGIA USANDO BATERIAS

O sistema de controle de carga e consumo de energia tem a função de fornecer energia de carga à bateria que alimenta o módulo de sobrevivência. Esse sistema é composto por módulo de energia solar e/ou eólica, controlador de carga de bateria e bateria, conforme mostra a *Figura 6.1*.

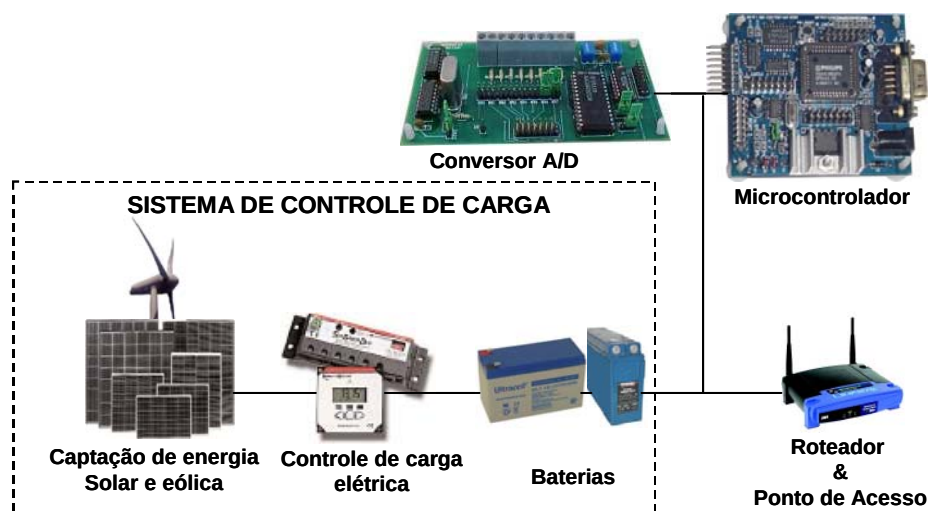


Figura 6.1 – Módulo de sobrevivência: sistema de controle de carga

Neste capítulo define-se: consumo total da energia consumida pelo módulo de sobrevivência; cálculo da capacidade de fornecimento de energia pelo painel solar e especificação do tipo e modelo a ser utilizado; cálculo da capacidade do controlador de carga da bateria e definição do tipo e modelo a ser utilizado; cálculo da capacidade de carga de

bateria e especificação do tipo e modelo capaz de fornecer energia elétrica ao módulo de sobrevivência para uma autonomia de cinco dias.

6.1 DIMENSIONAMENTO DAS CARGAS UTILIZADAS

O dimensionamento da carga é função do consumo de corrente dos sub-módulos que constituem o módulo de sobrevivência, conforme segue:

a) **Roteador *LinkSys Wrt54G***

- ✓ Voltagem de Alimentação -> 12Vdc; (1)
- ✓ Consumo de corrente ao ligar -> 160mA;
- ✓ Consumo de corrente na ociosidade -> 210mA;
- ✓ Consumo de corrente na Transmissão -> 260mA; (2)
- ✓ Consumo de Corrente na Recepção -> 220mA;
- ✓ Consumo de corrente com transmissão desligada -> 160mA;
- ✓ Potência de transmissão nominal -> 255mW -> 31,75dBm.

b) **Controlador do consumo de energia da bateria e ciclo “on/off” - Kit RD2ED2 e CONVAD02.**

- ✓ Voltagem de alimentação -> 12Vdc; (1)
- ✓ Consumo de corrente -> 72mA (3)

c) Controlador de carga da bateria

Apesar de alguns modelos de controladores terem seu próprio consumo de energia, podendo chegar até 1W, neste trabalho não é considerado, visto que, não se optou pela escolha de um determinado modelo.

De acordo com os parâmetros apresentados segue o cálculo da potência total da carga e carga total:

✓ Potência total da carga

$$\text{Consumo total de corrente} = (2) + (3) = 260\text{mA} + 72\text{mA} = 332\text{mA} \quad (4)$$

$$\text{Potência total da carga} = (4) \times (1) = 332\text{mA} \times 12\text{V} = 3984 \text{ mW} \cong 4\text{W} \quad (5)$$

✓ Carga total

$$\text{Ciclo de atividade} = 24\text{h/dia} \times 7\text{dias/semana} \quad (6)$$

$$\text{Eficiência de conversão} = 1.0 \quad (7)$$

$$\text{Carga (Ah/dia)} = (5) \div (1) \times (6) \div (7)$$

$$\text{Carga (Ah/dia)} = (4\text{W} \times 24\text{h} \times 7\text{d}) \div (12\text{V} \times 1.0 \times 7\text{d}) = 8\text{Ah/dia}$$

$$\text{Eficiência da bateria} = 90\%$$

$$\text{Carga (Ah/dia)} = \text{Carga (Ah/dia)} \div \text{Eficiência da bateria}$$

$$\text{Carga (Ah/dia)} = 8\text{Ah/dia} \div 0,90 = 8,88\text{Ah/dia} \cong 9\text{Ah/dia}$$

$$\text{Carga total} = 9\text{Ah/dia}$$

$$\text{Carga especificada} = \text{Carga total} \quad (8)$$

6.2 ESTIMATIVA DE CORRENTE E ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DO PAINEL SOLAR

A corrente estimada foi definida como sendo a relação entre a corrente da carga conectada e a duração do pico solar em horas/dia. A duração do pico solar refere-se ao número médio de horas do dia em que a insolação é de 1000W/m².

Para este trabalho foi considerada a duração de pico solar como sendo o intervalo das 10:00 horas às 14:00 horas levando em consideração a latitude do Rio de Janeiro, que é de -22,91° e radiação solar média anual de 4,64KWh/m², ver *Tabela 10.2* no *Apêndice 10.2*, por este aspecto, tem-se a duração do pico solar igual a 4horas/dia. Portanto, tem-se:

$$✓ \text{ Corrente estimada} = \frac{\text{Carga especificada (8)}}{4\text{h/dia}} = \frac{9\text{Ah/dia}}{4\text{h/dia}} = 2,25\text{Ah}$$

$$\underline{\text{Corrente estimada}} = 2,25\text{Ah} \quad (9)$$

$$✓ \text{ Ângulo de inclinação} \cong \text{Ângulo da latitude}$$

$$\underline{\text{Ângulo de inclinação}} = 23^\circ \pm 15^\circ \text{ dependendo da estação ano}$$

6.3 DIMENSIONAMENTO DA BATERIA

A capacidade da bateria está sendo dimensionada para suprir energia à carga especificada, ininterruptamente, durante um período de cinco dias com descarga máxima de 60% em condições normais de temperatura. Em conformidade com essas premissas, tem-se:

$$✓ \text{ Carga da bateria} = \text{Carga especificada} \times \text{Tempo de utilização} \div \text{Fator de descarga máxima}$$

$$\underline{\text{Carga especificada (8)}} = 9\text{Ah/dia}$$

$$\underline{\text{Tempo de utilização}} = 5 \text{ dias}$$

$$\underline{\text{Fator de descarga máxima}} = 0,6$$

$$\underline{\text{Carga da bateria}} = 9\text{Ah/dia} \times 5 \text{ dias} \div 0,6 = 75\text{Ah}$$

Considerando que o sistema é alimentado com voltagem de 12Vdc, a especificação da bateria deverá ser 12V@75Ah. A *Tabela 10.5, Apêndice 10.5*, sugere alguns dos tipos de baterias utilizadas em sistemas solares.

6.4 DIMENSIONAMENTO DO MÓDULO SOLAR

O módulo solar deve suprir as necessidades de carga da bateria: 12V@75Ah.

Na especificação de painéis mono-cristalino ou poli-cristalino deve-se considerar um fator de degradação de 90%, que corresponde a perdas com a exposição aos raios solares, poeira acumulada e outros componentes condicionadores da potência utilizada. A voltagem fornecida pelo módulo deve ser 20% maior do que a voltagem nominal da bateria. Fundamentado nestas considerações tem-se:

- ✓ Corrente do módulo = Corrente estimada ÷ Fator de degradação

$$\text{Corrente estimada (9)} = 2,25\text{Ah}$$

$$\text{Fator de degradação} = 0,90$$

$$\text{Corrente do módulo} = 2,25\text{Ah} \div 0,90 = 2,5\text{Ah}$$

$$\text{Corrente mínima do módulo} = 2,5\text{Ah}$$

- ✓ Voltagem de carga = Voltagem nominal da bateria × Fator de voltagem

$$\text{Voltagem nominal da bateria} = 12\text{Vdc}$$

$$\text{Fator de voltagem} = 1,20$$

$$\text{Voltagem de carga} = 12 \times 1,20 = 14,4\text{Vdc}$$

$$\text{Voltagem mínima de carga da bateria} = 14,4\text{Vdc}$$

Em decorrência dos cálculos, o painel deve fornecer corrente mínima de 2,5Ah e voltagem mínima de 14.4V. A *Tabela 10.3, Apêndice 10.3*, apresenta alguns dos modelos disponíveis no mercado. Com ênfase neste trabalho e para efeito de cálculos optou-se pelo módulo KC50T da Kyocera: $I_{sc} = 3,31A$, $I_{mp} = 3,11A$, $V_{mp} = 17,6V$ $V_{oc} = 21,9V$.

6.5 ESPECIFICAÇÃO DO CONTROLADOR DE CARGA DA BATERIA

O controlador de carga da bateria é o elemento responsável pela equalização da energia elétrica gerada pelo módulo solar e as características da bateria. Para determinar a corrente mínima do controlador considera-se a corrente de curto-circuito do painel com um fator de segurança de 25% para garantir a produção de corrente em condições de alta irradiação solar.

Cálculo das especificações para o controlador de carga da bateria:

✓ Corrente mínima do controlador

A corrente mínima do controlador é igual à corrente de curto-circuito do módulo solar multiplicado pelo fator de segurança de 1,25:

$$\text{Corrente mínima} = I_{sc} \times 1,25$$

Conforme definido no *sub-item 6.4* a corrente de curto-circuito para o painel selecionado é $I_{sc} = 3,31A$, portanto, tem-se:

$$\text{Corrente mínima} = 3,31 \times 1,25 = 4,14A$$

$$\text{Corrente mínima do controlador} \cong 5A$$

✓ Voltagem de saída do módulo controlador

A voltagem de saída do módulo controlador deve estar em conformidade com a voltagem de carga especificada na bateria:

$$\text{Voltagem nominal da bateria} = 12Vdc$$

Voltagem nominal de saída do módulo = 12Vdc

A voltagem de saída do módulo sempre deve ser ajustada para atender à voltagem de carga especificada na bateria.

6.6 SUMÁRIO

Com base no consumo de corrente dos elementos que compõem o módulo de sobrevivência: microcontrolador, conversor A/D e roteador, dimensionou-se a bateria, o módulo solar e o controlador de carga, para uma autonomia de cinco dias sem interrupção. No próximo capítulo são descritos os teste paramétricos funcionais e monitoração, com efeito, são apresentados os resultados dos testes, que demonstram a eficácia do protocolo e módulo de sobrevivência.

7 TESTES PARAMÉTRICOS FUNCIONAIS E MONITORAÇÃO

O objetivo dos testes paramétricos funcionais é demonstrar as diferentes autonomias de uma bateria quando submetidas a diversas situações de redução do consumo, todavia, sem usar qualquer tipo de energia para recarregá-la.

Em decorrência do presente estudo, os testes foram realizados utilizando-se o módulo de controle e consumo de energia, comunicando-se, via porta serial, com micro-computador rodando o protocolo de sobrevivência cliente-servidor.

O protocolo de sobrevivência foi testado na rede *mesh* sem fio (rede interna) instalada no campus e laboratório Midiacom – UFF.

O ambiente de testes foi configurado para operar com os seguintes parâmetros:

- Condições de teste referentes ao roteador *LinkSys Wrt54G*:
 - ✓ Voltagem nominal = 12Vdc;
 - ✓ consumo de corrente durante a iniciação $\cong 160\text{mA}$;
 - ✓ consumo de corrente no tempo de ociosidade $\cong 210\text{mA}$;
 - ✓ consumo de corrente durante a transmissão $\cong 260\text{mA}$;
 - ✓ consumo de corrente enquanto dura a recepção $\cong 220\text{mA}$;
 - ✓ consumo de corrente com a interface RF desativada $\cong 160\text{mA}$;
 - ✓ potência nominal na transmissão = $255\text{mW} \Rightarrow 31,75\text{dBm}$;

- ✓ tempo gasto na iniciação $\cong 20$ segundos;
 - ✓ tempo gasto no reconhecimento de rotas e associação $\cong 22$ segundos;
 - ✓ tempo gasto na iniciação e reconhecimento de rotas $\cong 42$ segundos;
 - ✓ tempo gasto na ativação da interface RF e associação na rede $\cong 12$ segundos.
- Controlador do consumo de energia da bateria e ciclo “on/off” - Kit RD2ED2 e CONVAD02:
 - ✓ voltagem nominal = 12Vdc;
 - ✓ consumo de corrente $\cong 72\text{mA}$.
 - Bateria

Durante os testes foi utilizada bateria de 12V@7Ah em substituição à de 12V@75Ah dimensionada para o sistema:

 - ✓ Bateria 12Vdc@7A/20H;
 - ✓ Controle da capacidade da bateria: de acordo com os valores citados na *Tabela 4.1 à página 40* ou seja:
 - a) bateria com 100% a 90% de sua capacidade corresponde ao intervalo de voltagem de V_{max} a 12,50V, respectivamente;
 - b) bateria com 80% a 70% de sua capacidade corresponde ao intervalo de voltagem de 12,42V a 12,32V;
 - c) bateria com 60% a 20% de sua capacidade corresponde ao intervalo de voltagem de 12,20V a 11,58V.

A *Figura 7.1* mostra o protótipo de testes: módulo de sobrevivência, onde o roteador é substituído por cargas resistivas equivalentes e o protocolo de sobrevivência é executado no microcomputador.

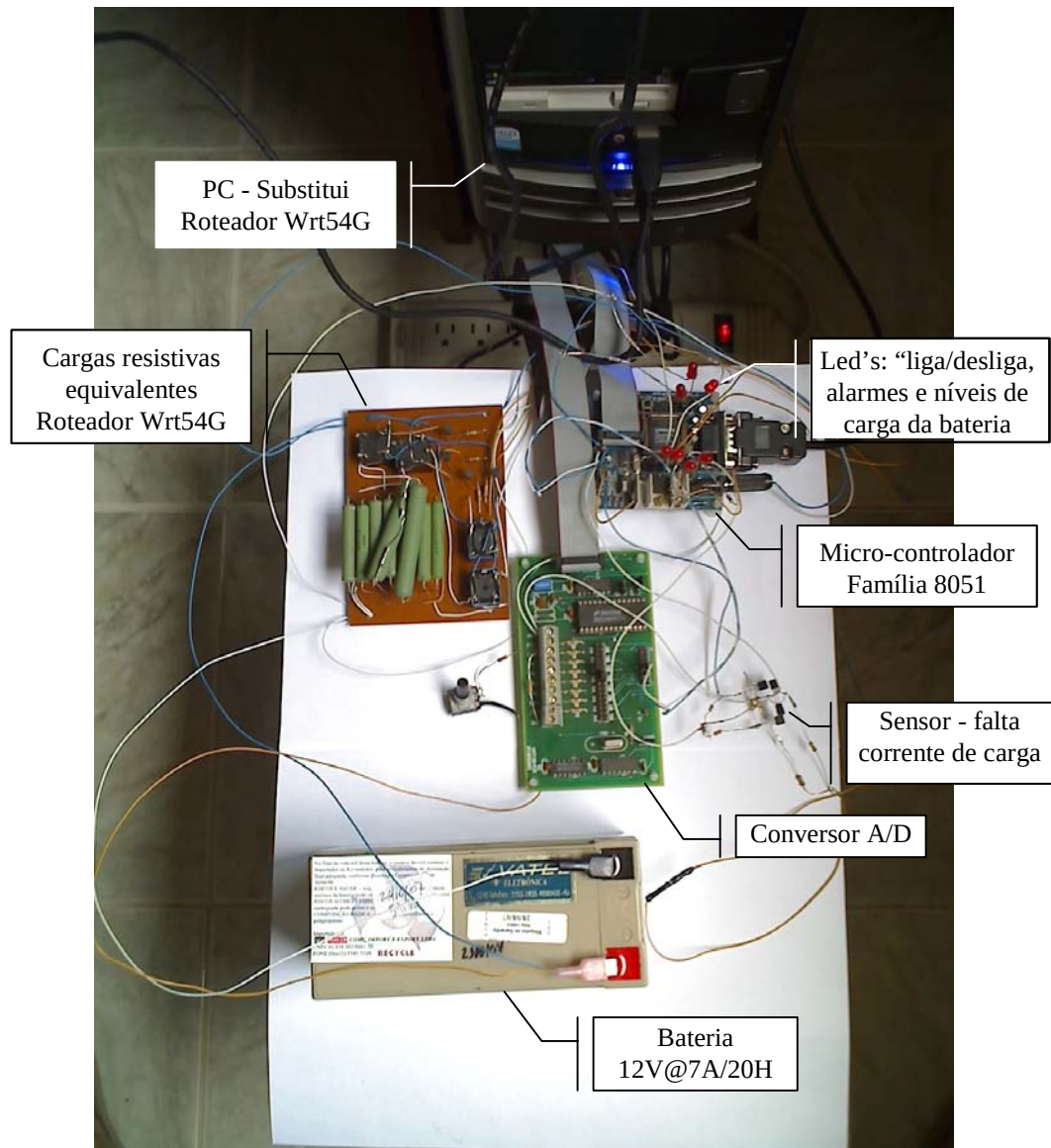


Figura 7.1 – Protótipo de testes: módulo de sobrevivência

7.1 TESTES PARAMÉTRICOS FUNCIONAIS

Os testes paramétricos funcionais, que têm a finalidade de demonstrar as diferentes autonomias de uma bateria, discorrem sobre quatro situações distintas submetidas a diversos ensaios de redução do consumo de energia.

7.1.1 SITUAÇÃO 1

A finalidade deste teste é mostrar a autonomia da bateria para a situação em que o módulo de sobrevivência está ligado continuamente e sem qualquer tipo de controle para a redução do consumo de energia. Esta situação reflete o maior consumo de energia e, portanto, a menor autonomia da bateria que alimenta o sistema.

Nesta situação considera-se que o sistema permanece ligado ininterruptamente nas condições normais de uso, com cargas equivalentes às do roteador *LinkSys Wrt54G*, descritas a seguir:

- a) Consumo de corrente no estado ocioso (*idle*) = $210\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 57 \text{ ohms}$;
- b) Consumo de corrente na recepção (*Rx*) = $220\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 54 \text{ ohms}$;
- c) Consumo de corrente durante a transmissão (*Tx*) = $260\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 46 \text{ ohms}$.

O ciclo de teste, durante o período de descarga da bateria, segue os seguintes parâmetros:

- a) Tempo de “*boot*” = 20 segundos;

- b) Tempo de roteamento e associação⁸ = 22 segundos;
- c) Tempo em ociosidade⁹ = 60 segundos $\Rightarrow$ 1 minuto;
- d) Tempo de transmissão¹⁰ = 120 segundos $\Rightarrow$ 2 minutos;
- e) Tempo de recepção¹¹ = 120 segundos $\Rightarrow$ 2 minutos.

A Figura 7.2 exibe o ciclo operacional do sistema de controle do consumo da bateria durante o tempo de descarga total.

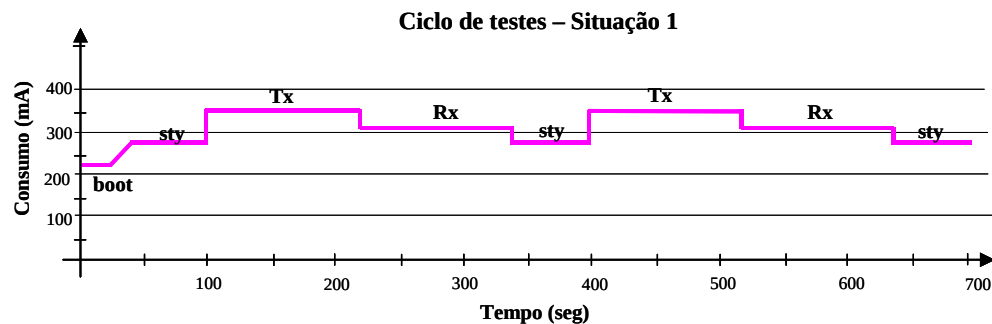


Figura 7.2 – Ciclo de testes – situação 1

Condições iniciais do teste do sistema:

- ✓ Voltagem de circuito aberto = 13,65V;
- ✓ Voltagem com carga do sistema equivalente ao “boot” = 13,49V;
- ✓ Consumo de corrente durante o “boot” = 250mA;

⁸ Tempo gasto pelo roteador para atualizar tabela de rotas e efetuar associação.

⁹ Período definido para o estado ocioso (*idle*), isto é, sem transmitir e receber.

¹⁰ Período definido para transmitir informações, isto é, vários pacotes.

¹¹ Período definido para receber informações, isto é, vários pacotes.

- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo “idle” = 340mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo transmissão (Tx) = 390mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo recepção (Rx) = 350mA.

O gráfico da *Figura 7.3* mostra o comportamento da voltagem da bateria durante o ciclo de testes. Os resultados obtidos encontram-se na *Tabela 10.6*, *Apêndice 10.8*.

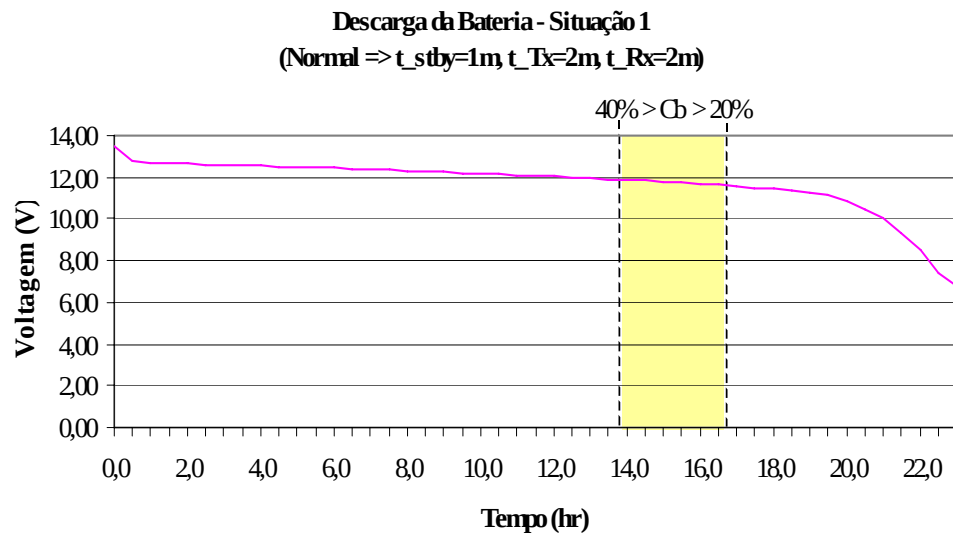


Figura 7.3 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 1

Em função do gráfico e da *Tabela 4.1* à *página 40*, pode-se concluir que a bateria utilizada nos teste, 12V@7Ah, forneceu energia ao sistema durante 16,5 horas. Porém, para não comprometer a vida útil da bateria não se deve operar, com frequência, na faixa de 40% a 20% da capacidade restante, área em amarelo, de modo que se deve apenas considerar a autonomia de 13,5 horas. Logo, para a bateria especificada neste trabalho, 12V@75Ah, tem-se:

$$\underline{\text{Autonomia}(12\text{V}@75\text{Ah})} = \frac{\text{Autonomia}(12\text{V}@7\text{Ah}) \times \text{Capacidade}(12\text{V}@75\text{Ah})}{\text{Capacidade}(12\text{V}@7\text{Ah})}$$

$$\underline{\text{Autonomia}(12\text{V}@75\text{Ah}) \text{ (horas)}} = 13,5\text{h} \times 75\text{Ah} \div 7\text{Ah} = 144,6\text{h}.$$

Convertendo a autonomia da bateria em horas para dias, tem-se:

$$\underline{\text{Autonomia}(12\text{V}@75\text{Ah}) (\text{dias})} = \underline{\text{Autonomia}(12\text{V}@75\text{Ah}) (\text{h})} \div 24 \text{ h.}$$

$$\underline{\text{Autonomia}(12\text{V}@75\text{Ah}) (\text{dias})} = 144,6\text{h} \div 24\text{h} \cong 6 \text{ dias.}$$

Portanto, para a bateria 12V@75Ah pode-se atingir, com segurança, uma autonomia de 6 dias.

7.1.2 SITUAÇÃO 2

O módulo de sobrevivência está ligado continuamente. Com este teste pretende-se mostrar uma melhoria na autonomia da bateria e, portanto, uma redução de consumo de energia, se a interface de rádio frequência for desativada nos períodos de ociosidade.

Para esta situação considera-se que o sistema permanece ligado ininterruptamente nas condições normais de uso, com cargas equivalentes ao roteador *LinkSys Wrt54G*, descritas a seguir, porém, para o período de ociosidade a interface de rádio frequência (RF) é desabilitada:

- a) Consumo de corrente com interface “RF” desligada = $160\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 75 \text{ ohms}$;
- b) Consumo de corrente na recepção (Rx) = $220\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 54 \text{ ohms}$;
- c) Consumo de corrente durante a transmissão (Tx) = $260\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 46 \text{ ohms}$.

O ciclo de teste, durante o período de descarga da bateria, segue os seguintes parâmetros:

- a) Tempo de “boot” = 20 segundos;

- b) Tempo de ligar RF e executar associação = 12 segundos;
- c) Tempo de roteamento e associação = 22 segundos;
- d) Tempo de interface RF desligada = 48 segundos;
- e) Tempo de transmissão = 120 segundos;
- f) Tempo de recepção = 120 segundos.

A *Figura 7.4* mostra o ciclo funcional do sistema de controle do consumo da bateria durante o tempo de descarga.

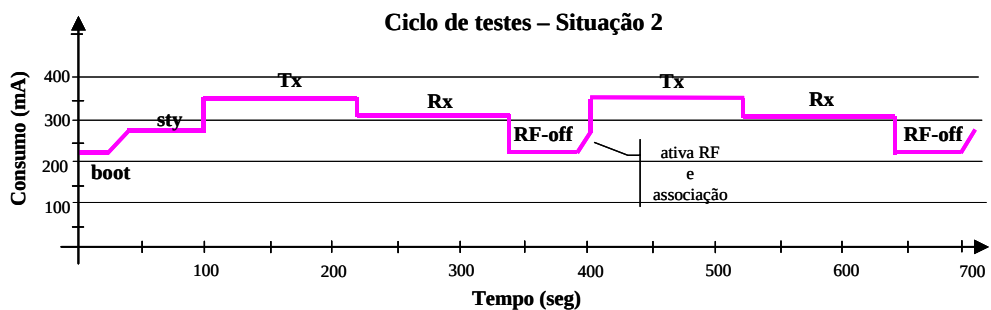


Figura 7.4 – Ciclo de testes - situação 2

Condições iniciais do teste do sistema:

- ✓ Voltagem em circuito aberto = 13,57V;
- ✓ Voltagem com carga do roteador equivalente ao *boot* = 13,37V;
- ✓ Consumo de corrente do sistema durante o *boot* = 250mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema em ociosidade = 340mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo transmissão (*Tx*) = 390mA;

- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo recepção (R_x) = 350mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema com módulo RF desligado = 250mA.

O gráfico da *Figura 7.5* mostra o comportamento da voltagem da bateria durante o ciclo de testes. Os resultados obtidos encontram-se na *Tabela 10.8*, *Apêndice 10.9*.

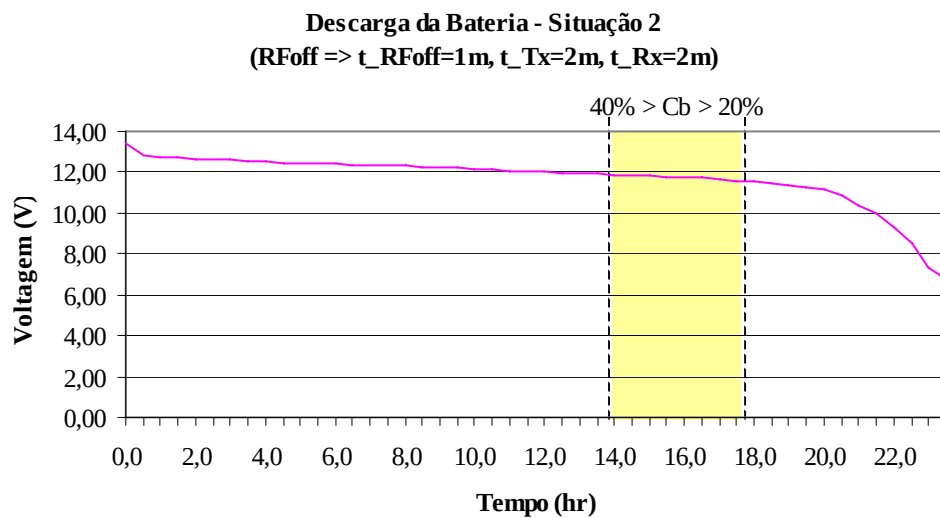


Figura 7.5 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 2

Em conformidade com o gráfico e a *Tabela 4.1* à página 40, pode-se concluir que a bateria utilizada nos testes, 12V@7Ah, forneceu energia ao sistema durante 17,5 horas, porém, para não comprometer a vida útil da bateria deve-se utilizá-la apenas até o limite de 40% de sua capacidade, sendo assim, a autonomia passa a ser de 13,5 horas. Da mesma forma que, aplicando-se a metodologia de cálculo utilizado para os resultados obtidos na situação 1, para a bateria especificada neste trabalho, 12V@75Ah, pode-se atingir, com segurança, uma autonomia de 6 dias.

7.1.3 SITUAÇÃO 3

O módulo de sobrevivência é desligado e ligado periodicamente. Este teste pretende mostrar uma grande melhoria na autonomia da bateria e, portanto, uma redução significativa no consumo de energia. A amplitude da redução de consumo está intimamente ligada ao período em que o módulo fica desligado. Portanto, grandes períodos de desligamento trazem grandes reduções de consumo, que, por sua vez, aumentam a autonomia da bateria, porém, pode afetar a eficiência da comunicação.

Para esta situação considera-se que o roteador é substituído por cargas resistivas equivalentes aos parâmetros de consumo do roteador *LinkSys Wrt54G*, descritas a seguir, desliga e liga periodicamente:

- a) Consumo de corrente com roteador desligado = 0mA;
- b) Consumo de corrente durante “boot” = $160\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 75 \text{ ohms}$;
- c) Consumo de corrente em ociosidade = $210\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 57 \text{ ohms}$;
- d) Consumo de corrente na recepção (Rx) = $220\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 54 \text{ ohms}$;
- e) Consumo de corrente durante a transmissão (Tx) = $260\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 46 \text{ ohms}$.

O ciclo de teste, durante o período de descarga da bateria, segue os seguintes parâmetros:

- a) Tempo de roteador desligado = 60 segundos;
- b) Tempo de “boot” = 20 segundos;
- c) Tempo de roteamento e associação = 22 segundos;

d) Tempo de transmissão = 120 segundos;

e) Tempo de recepção = 120 segundos.

A Figura 7.6 mostra o ciclo funcional do sistema de controle do consumo da bateria durante o tempo de descarga.

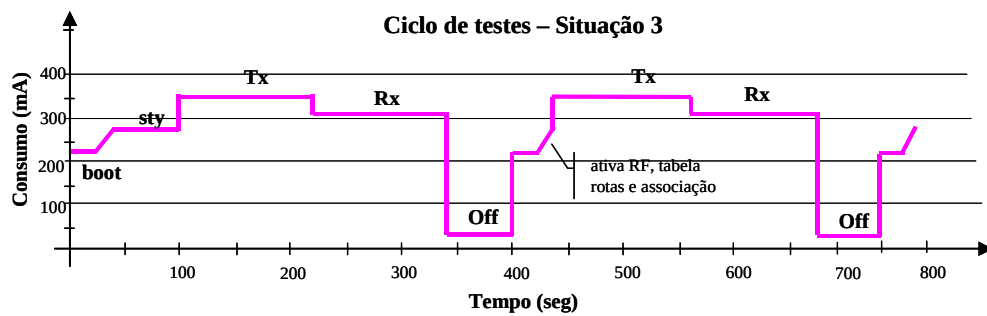


Figura 7.6 – Ciclo de testes - situação 3

Condições iniciais do teste do sistema:

- ✓ Voltagem em circuito aberto = 13,46V;
- ✓ Voltagem com roteador, carga equivalente, desligado = 13,39V;
- ✓ Voltagem com roteador, carga equivalente, no modo “boot” = 13,28V
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo “boot” = 250mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo ocioso (*idle*) = 340mA
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo transmissão (Tx) = 390mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo recepção (Rx) = 350mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema com cargas desligadas = 50mA.

O gráfico da Figura 7.7 mostra o comportamento da voltagem da bateria durante o ciclo de testes. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 10.10, Apêndice 10.10.

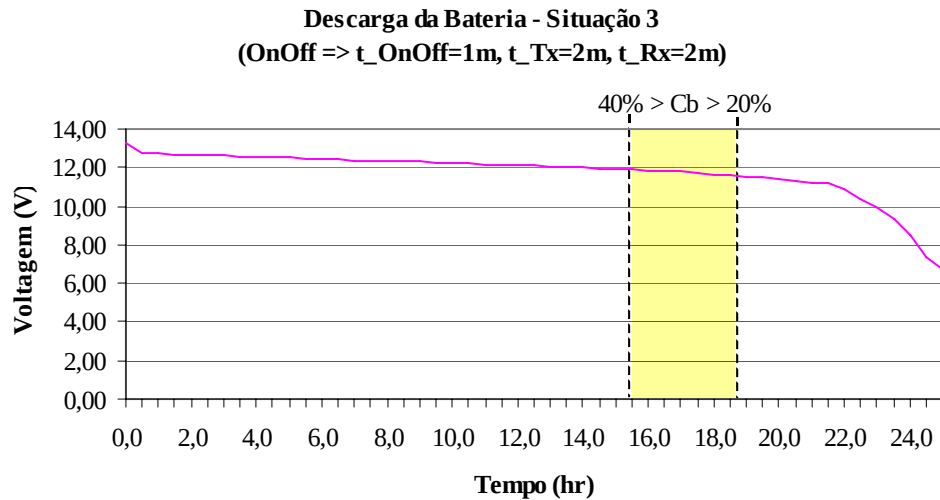


Figura 7.7 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 3

Pelo gráfico e a *Tabela 4.1* à *página 40*, pode-se concluir que a bateria utilizada no teste, 12V@7Ah, forneceu energia ao sistema durante 18,5 horas, porém, descartando o uso na faixa entre os 40% e 20% da carga, conclui-se que a autonomia passa a ser de 16 horas.

Conseqüentemente, aplicando-se a metodologia de cálculo utilizado para os resultados obtidos na situação 1, para a bateria especificada, 12V@75Ah, pode-se atingir, com segurança, uma autonomia de 7 dias.

7.1.4 SITUAÇÃO 4

A situação 4 engloba as três situações anteriores. Neste caso, considera-se que o sistema permanece ligado ininterruptamente nas condições normais de uso durante o período em que a bateria está no intervalo 100% a 90%, [100%, 90%], de sua capacidade de carga; na faixa de 80% a 60%, (90%, 60%], a simulação entra no ciclo de desligar a interface RF até atingir o limite dos 60%; e, na faixa de 60% a 20%, (60%, 20%], inicia-se o ciclo de desligamento do nó até alcançar os 20% da capacidade restantes da carga. Na faixa de 20% a 0% da carga, considera-se a bateria descarregada. A utilização da bateria na faixa de 40% a 20% de sua capacidade de carga deve ser evitada. O consumo freqüente nesta faixa ocasiona danos à bateria.

A seguir, as cargas equivalentes ao roteador *LinkSys Wrt54G*:

- a) Consumo de corrente com roteador desligado = 0mA;
- b) Consumo de corrente durante “boot” = $160\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 75 \text{ ohms}$;
- c) Consumo de corrente em ociosidade = $210\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 57 \text{ ohms}$;
- d) Consumo de corrente com interface “RF” desligada = $160\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 75 \text{ ohms}$;
- e) Consumo de corrente na recepção (Rx) = $220\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 54 \text{ ohms}$;
- f) Consumo de corrente durante a transmissão (Tx) = $260\text{mA}/12\text{V} \Rightarrow 46 \text{ ohms}$.

O ciclo de teste, durante o período de descarga da bateria, segue os seguintes parâmetros:

- a) Tempo de roteador desligado = 60 segundos;
- b) Tempo de “boot” = 20 segundos;
- c) Tempo de roteamento e associação = 22 segundos;
- d) Tempo de transmissão = 120 segundos;
- e) Tempo de recepção = 120 segundos.

A Figura 7.8 mostra o ciclo funcional do sistema de controle do consumo da bateria durante o tempo de descarga.

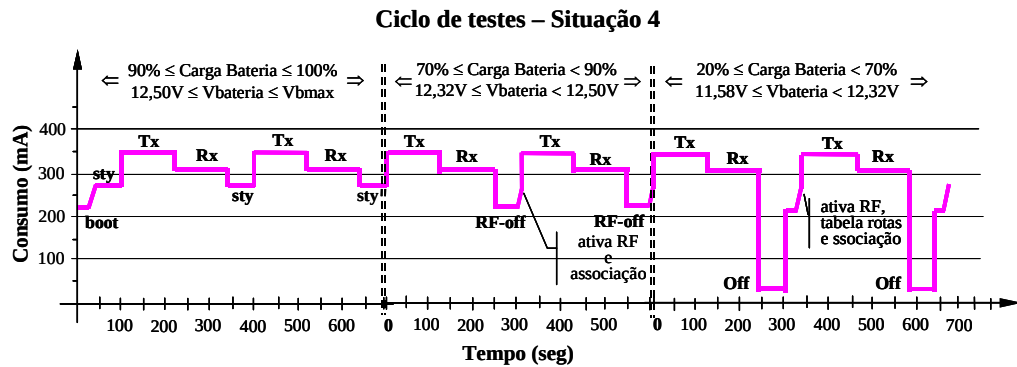


Figura 7.8 – Ciclo de testes - situação 4

Condições iniciais do teste do sistema:

- ✓ Voltagem em circuito aberto = 13,60V;
- ✓ Voltagem com roteador, carga equivalente, no modo “boot” = 13,39V;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo “boot” = 250mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo ocioso “idle” = 340mA
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo transmissão (Tx) = 390mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema no modo recepção (Rx) = 350mA;
- ✓ Consumo de corrente do sistema com cargas desligadas = 50mA;

O gráfico da Figura 7.9 mostra o comportamento da voltagem da bateria durante o ciclo de testes. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 10.12, Apêndice 10.11.

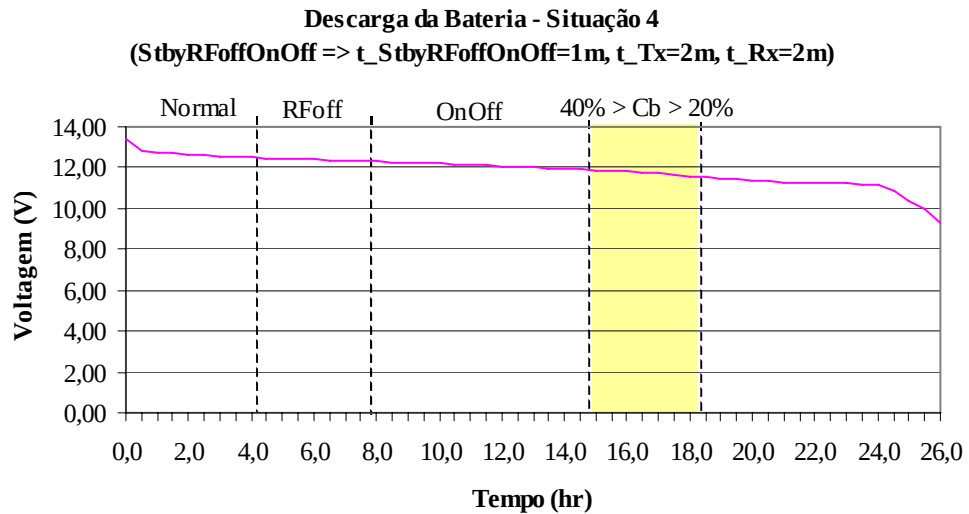


Figura 7.9 – Descarga da bateria durante o ciclo de teste – situação 4

De acordo com o gráfico e a *Tabela 4.1* à página 40, pode-se concluir que a bateria utilizada nos teste, 12V@7Ah, forneceu energia ao sistema durante 18 horas, mas, desconsiderando o uso entre os 40% e 20% da carga, deduz-se que a autonomia passa a ser de 14,5 horas. Por conseguinte, aplicando-se a metodologia de cálculo utilizado para os resultados obtidos na situação 1, para a bateria especificada, 12V@75Ah, pode-se atingir, com segurança, uma autonomia de 6,5 dias.

7.2 MONITORAÇÃO DO CONSUMO DA BATERIA EM NÓ DA REDE MESH SEM FIO –UFF

A monitoração do consumo da bateria alimentando um nó da rede *mesh* sem fio, teve como objetivo apresentar uma situação real da autonomia da bateria para um roteador *Wrt54G* da *Linksys* e confrontar os resultados obtidos com os da situação 1.

O roteador permanece ligado ininterruptamente em suas condições normais de uso na rede, conforme segue:

- a) Tensão da bateria em circuito aberto = 13,50V;

- b) Voltagem inicial da bateria com roteador ligado = 13,16V;
- c) Consumo de corrente do roteador no modo “boot” $\cong 190\text{mA}$;
- d) Consumo de corrente do roteador na ociosidade (*idle*) $\cong 260\text{mA}$;
- e) Consumo de corrente do roteador no modo transmissão (*Tx*) $\cong 280\text{mA}$;
- f) Consumo de corrente do roteador no modo recepção (*Rx*) $\cong 270\text{mA}$.

O ciclo de teste, durante o período de descarga da bateria, obedece aos seguintes parâmetros:

- a) Tempo de “boot” $\cong 20$ segundos;
- b) Tempo de roteamento e associação $\cong 22$ segundos;
- c) Tempo em ociosidade = 60 segundos;
- d) Tempo de transmissão = 120 segundos;
- e) Tempo de recepção = 120 segundos.

A *Figura 7.10* mostra o ciclo funcional do roteador durante o tempo de descarga da bateria.

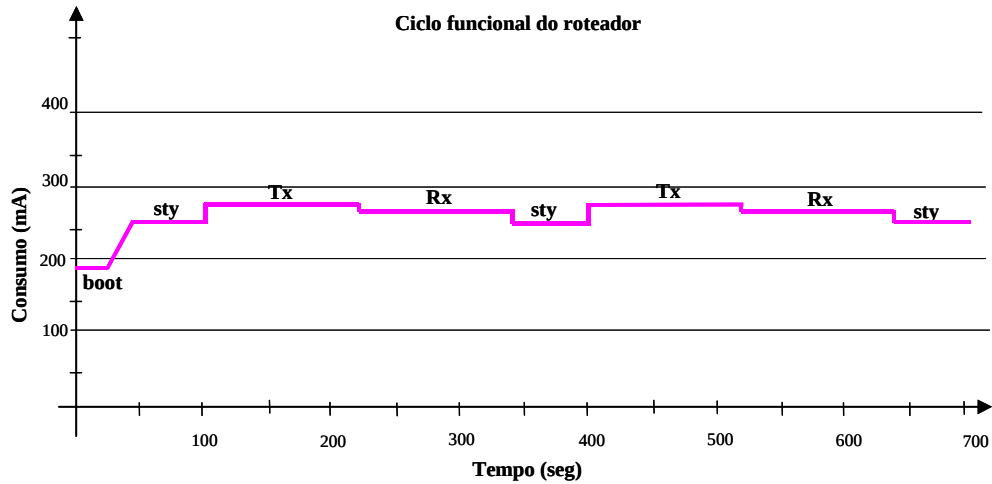


Figura 7.10 – Ciclo funcional do roteador na rede *mesh* sem fio

O gráfico da *Figura 7.11* mostra o comportamento da voltagem da bateria durante o ciclo de testes. Os resultados obtidos encontram-se na *Tabela 10.14*, *Apêndice 10.12*.

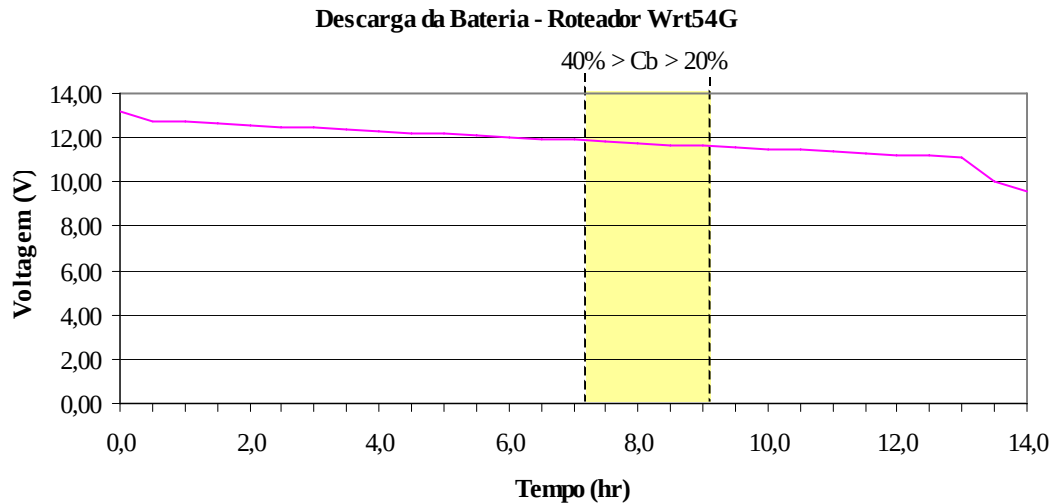


Figura 7.11 – Descarga da bateria: monitoração do roteador *Wrt54G* – rede *mesh*

O gráfico mostra que a bateria utilizada nos teste, 12V@7Ah, forneceu energia ao roteador *Linksys-Wrt54G* durante aproximadamente 9,5 horas, porém, como não se deve utilizar a bateria abaixo dos 40% de sua capacidade, área em amarelo, deve-se considerar

apenas autonomia de 7,5 horas. Conseqüentemente, aplicando-se a metodologia de cálculo utilizada para os resultados obtidos na situação 1, para a bateria especificada, 12V@75Ah, pode-se alcançar, com confiança, uma autonomia de 3 dias.

7.3 TESTES FUNCIONAIS ADICIONAIS

Com os teste adicionais pretende-se demonstrar que à medida que se aumenta o período em que a interface RF fica desabilitada e o módulo de sobrevivência desligado, a autonomia da bateria também aumenta.

A *Figura 7.12* mostra o resultado consolidado das medições realizadas durante o ciclo funcional nas situações 1, 2, 3, 4 e monitoração de nó da rede *mesh-UFF*, para as quais foram considerados os seguintes parâmetros: tempo de ociosidade (*idle*) ou interface RF desabilitada ou roteador desligado, igual a um minuto; tempo de transmissão e recepção de dois minutos cada.

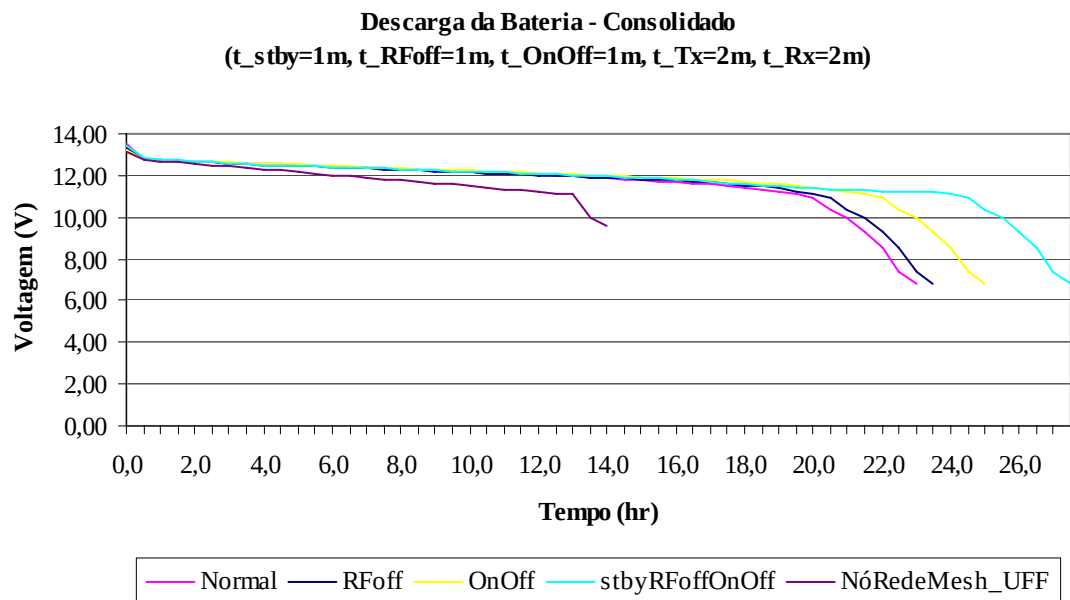


Figura 7.12 – Descarga da Bateria: Testes funcionais e Monitoração

Pela análise do gráfico e dos dados obtidos conclui-se que há um diferencial de consumo de energia da bateria de acordo com o algoritmo aplicado.

Em decorrência dos resultados conseguidos nos testes funcionais citados e para melhor avaliar o quanto são significativas essas reduções em função do ciclo de economia de energia aplicado, os mesmos foram refeitos para os parâmetros seguintes: tempo de ociosidade ou interface RF desabilitada ou roteador desligado, igual a 2 minutos; tempo de transmissão e recepção, também, de 2 minutos.

O gráfico da *Figura 7.13* mostra o comportamento da voltagem da bateria durante as situações 1, 2, 3 e 4, todavia, utilizando-se dos novos parâmetros de teste. Os resultados obtidos encontram-se em: *Tabela 10.7, Apêndice 10.8; Tabela 10.9, Apêndice 10.9; Tabela 10.11, Apêndice 10.10; e, Tabela 10.13, Apêndice 10.11*, respectivamente

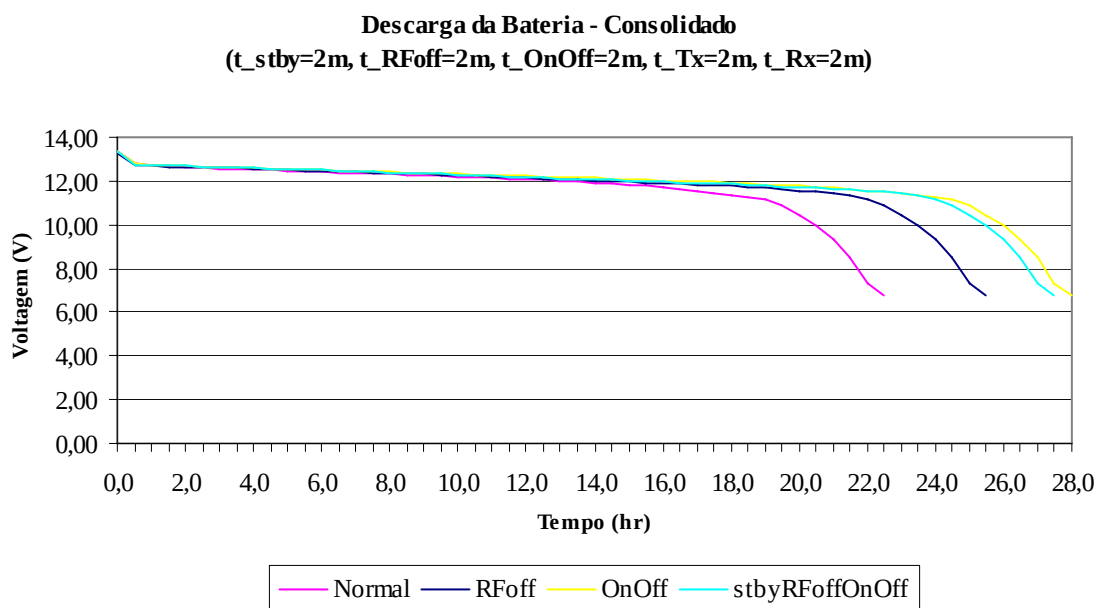


Figura 7.13 – Descarga da Bateria: Testes funcionais adicionais

De acordo com o gráfico e a *Tabela 4.1* à página 40, pode-se concluir que a bateria utilizada nos testes, 12V@7Ah, forneceu energia ao sistema conforme segue:

- Situação 1 – proporciona energia ao sistema durante 16,5 horas, porém, desconsiderando-se o uso entre os 40% e 20% da carga, a autonomia passa a

ser de 14 horas apenas. Para a bateria especificada, 12V@75Ah, pode-se atingir, com segurança, uma autonomia de 6 dias.

- Situação 2 – fornece autonomia de até 19,5 horas, contudo, a autonomia eficiente é de 16 horas. Para bateria de 12V@75Ah passa a ser de 7 dias.
- Situação 3 – promove autonomia de 21,5 horas, que se evitando o uso na faixa de 40% a 20% da carga, passa a ser de 18 horas. Bateria 12V@75Ah fornece autonomia de 8 dias.
- Situação 4 – proporciona autonomia de até 21,5 horas, porém, a autonomia eficaz é de apenas 17 horas, que para bateria 12V@75Ah corresponde a 7,5 dias.

7.4 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

O presente estudo foi desenvolvido levando em consideração o uso das tecnologias de redes sem fio que ainda não dispõem de mecanismos que permitam economizar energia, de forma que, esta pesquisa discorre sobre o uso do roteador *Wrt54G* da *Linksys* ou similar alimentado por bateria, que por sua vez é recarregada através do uso da energia solar associada com um modulo de controle do consumo de energia e ciclo “on/off”, que permite ligar ou desligar o roteador em situações críticas de energia; e, uma aplicação cliente/servidor instalada no roteador, que permite o gerenciamento do nó na rede, de modo a colocá-lo no estado inativo/ativo ou “liga/desliga”, com o objetivo de economizar energia da bateria na ausência dos raios solares.

Como já demonstrado anteriormente, neste estudo foram realizados quatro testes funcionais e uma monitoração do consumo do roteador que permitiram avaliar a autonomia da bateria para o sistema proposto e em diferentes situações, contudo, sem usar qualquer tipo de energia para recarregá-la e sem fazer uso de fluxos de comunicação, ou sejam:

I. Situação 1

Considera que o sistema permanece ligado ininterruptamente: transmite durante 120 segundos; recebe durante 120 segundos; e, estado ocioso (*idle*) 60 segundos. Os resultados coletados demonstram que a autonomia da bateria chega a 6 dias (144 horas), podendo atingir 7 dias em casos emergenciais decorrentes da falta de energia de recarga das baterias. No segundo ensaio em que o estado ocioso passou a ser de 120 segundos a autonomia, praticamente, permaneceu a mesma.

Se forem considerados os valores teóricos decorrentes da equação de descarga (2), mencionada no tópico “4.1.4 Bateria”, para a bateria especificada 12V@75A, tem-se:

$$t = H \div (I \times H \div C)^k \Rightarrow H = 20h; C = 75A; I = I_{\text{médio}}; k = 1,2$$

$$I_{\text{médio}} = (I_{\text{standby}} \times t_{\text{standby}} + I_{\text{Tx}} \times t_{\text{Tx}} + I_{\text{Rx}} \times t_{\text{Rx}}) \div (t_{\text{standby}} + t_{\text{Tx}} + t_{\text{Rx}})$$

$$I_{\text{standby}} = 340\text{mA}; I_{\text{Tx}} = 390\text{mA}; I_{\text{Rx}} = 350\text{mA}$$

$$t_{\text{standby}} = 60\text{s}; t_{\text{Tx}} = 120\text{s}; t_{\text{Rx}} = 120\text{s}$$

$$I_{\text{médio}} = 364\text{mA}$$

$$t \cong 328,5 \text{ horas} \Rightarrow t \cong 13,7 \text{ dias.}$$

Se for considerado apenas a utilização de 60% da carga total tem-se:

$$C = 75 \times 0,6 = 45\text{Ah}$$

$$t \cong 178 \text{ horas} \Rightarrow t \cong 7,4 \text{ dias.}$$

Ao se contrastar os valores teóricos com os valores obtidos no teste funcional demonstra-se total conformidade. Os valores teóricos consideram que a bateria está 100% carregada, o que não ocorre na prática.

Para os demais testes funcionais não são calculados os valores teóricos.

II. Situação 2

O sistema permanece ligado ininterruptamente, porém, durante o período em que deve ficar na ociosidade a interface RF é desabilitada: transmite durante 120 segundos; recebe durante 120 segundos; e, desliga o módulo RF no período de 60 segundos. Os resultados obtidos revelam que a autonomia da bateria atinge 6 dias (144 horas), podendo atingir 7,8 dias em detrimento da conjuntura da energia fornecida ao sistema.

Como se pode observar, não há um ganho significativo na autonomia da bateria em relação ao método aplicado na situação 1. Se considerar a eficiência tem-se:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Autonomia da situação 2}}{\text{Autonomia da situação 1}}$$

$$\text{Eficiência} = 6 \text{ dias} \div 6 \text{ dias} = 1$$

Portanto, neste caso, tem-se um fator de eficiência de 1, ou seja, não há ganho na autonomia da bateria utilizando-se o protocolo de sobrevivência com o método aplicado na situação 2.

Já para o segundo ensaio da situação 2, em que a interface RF fica desabilitada durante 120 segundos, a autonomia passou para 7 dias (168 horas), podendo atingir 8,7 dias.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Autonomia do ensaio 2}}{\text{Autonomia da situação 1}}$$

$$\text{Eficiência} = 7 \text{ dias} \div 6 \text{ dias} = 1,16$$

Portanto, neste caso, tem-se um fator de eficiência de 1,16, ou seja, há ganho de 16% na autonomia da bateria utilizando-se o protocolo de sobrevivência com o método aplicado no ensaio 2 da situação 2.

III. Situação 3

O sistema de controle permanece ligado, mas, o roteador é desligado periodicamente conforme ciclo: transmite durante 120 segundos; recebe durante 120 segundos; e, desliga roteador por 60 segundos. Os resultados obtidos revelam que a autonomia da bateria atinge 7 dias (168 horas), tendo a possibilidade de alcançar 8 dias em circunstâncias críticas da potência elétrica disponível para recarregar as baterias.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Autonomia da situação 3}}{\text{Autonomia da situação 1}}$$

$$\text{Eficiência} = 7 \text{ dias} \div 6 \text{ dias} = 1,17$$

Neste caso, consegue-se um ganho de 17% na autonomia da bateria ou seja, fator de eficiência igual a 1,17.

O ensaio 2 da situação 3 considera o desligamento do roteador em intervalos de 120 segundos e, neste caso, a autonomia da bateria passou para 8 dias (192 horas) podendo alcançar 9,5 dias.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Autonomia ensaio 2}}{\text{Autonomia da situação 1}}$$

$$\text{Eficiência} = 8 \text{ dias} \div 6 \text{ dias} = 1,33$$

Desta forma, consegue-se um ganho de 33% na autonomia da bateria ou seja, fator de eficiência igual a 1,33.

IV. Situação 4

Este caso engloba as situações 1, 2 e 3, isto é, inicialmente o sistema permanece ligado, ininterruptamente, até alcançar o nível de carga da bateria de 90%. Em seguida o sistema inibe o módulo RF do roteador durante o período de ociosidade e até alcançar o nível da capacidade de carga da bateria de 70%, nas condições: transmite durante 120 segundos; recebe no período de 120 segundos; e, desativa a interface RF durante 60 segundos. E por último, o sistema desliga o roteador, periodicamente, até alcançar o nível da capacidade de carga de 20%, nas

circunstâncias seguintes: Transmite durante 120 segundos; recebe no período de 120 segundos; e, desliga o roteador no tempo de 60 segundos. Os resultados obtidos revelam que a autonomia da bateria atinge 6,5 dias (156 horas), tendo a possibilidade de alcançar 8,2 dias em situações críticas de energia.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Autonomia da situação 4}}{\text{Autonomia da situação 1}}$$

$$\text{Eficiência} = 6,5 \text{ dias} \div 6 \text{ dias} = 1,08$$

Neste caso, consegue-se um ganho de 8% na autonomia da bateria ou seja, fator de eficiência igual a 1,08.

Para o segundo ensaio desta modalidade considerou-se os intervalos de tempo, como: ociosidade, interface RF desabilitada e “On/Off”, sendo de 120 segundos. A autonomia da bateria passou para 7,5 dias (180 horas) podendo atingir 9,5 dias.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Autonomia ensaio 2}}{\text{Autonomia da situação 1}}$$

$$\text{Eficiência} = 7,5 \text{ dias} \div 6 \text{ dias} = 1,25$$

Neste caso, consegue-se um ganho de 25% na autonomia da bateria ou seja, fator de eficiência igual a 1,25.

V. Monitoração do consumo de roteador *Linksys-Wrt54G* – Rede *mesh* sem fio interna - UFF

Contempla o consumo de um dos roteadores que constituem os nós da rede *mesh* executando, ciclicamente, o seguinte formato: transmite durante 120 segundos; recebe em 120 segundos; e fica no estado ocioso 60 segundos. Nesta situação não foi incorporado o sistema de controle de energia e ciclo. Os resultados percebidos foram de uma autonomia de 3 dias (72 horas), possibilitando atingir 4 dias em condições críticas de operacionalidade.

Ao comparar o resultado da monitoração com o da situação 1, verifica-se que neste caso a autonomia é bem menor. Isso se deve, fundamentalmente, às

colisões que ocorrem durante as transmissões e ao fato que durante o tempo considerado como ociosidade há transmissão e recepção de informações relativas à atualização de rotas e mensagens de sincronismo ‘*beacon*’ dos nós, o que não foi considerado durante o teste paramétrico funcional. Portanto, o consumo médio durante o tempo de ociosidade é maior do que o testado parametricamente.

A *Tabela 8.1* apresenta um resumo das autonomias da bateria para as diferentes situações demonstradas no decorrer do trabalho.

Tabela 8.1 – Resumo das autonomias da bateria

DESCRIÇÃO		AUTONOMIA DA BATERIA			
		Bateria 12v@7A		Bateria 12v@75A	
		Consumo de carga		Consumo de carga	
ENSAIO	PARÂMETROS	100%-40%	100%-20%	100%-40%	100%-20%
Situação 1	t_stby=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	13,5h	16,5h	6d (144h)	7d (168h)
	t_stby=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	14h	16,5	6d (144h)	7d (168h)
Situação 2	t_RfOff=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	13,5h	17,5h	6d (144h)	7,8d (187h)
	t_RfOff=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	16h	19,5h	7d (168h)	8,7d (208h)
Situação 3	t_OnOff=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	16,0h	18,5h	7d (168h)	8d (192h)
	t_OnOff=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	18h	21,5h	8d (192h)	9,5d (228h)
Situação 4	t_dif=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	14,5h	18,0h	6,5d(156h)	8,2d (196h)
	t_dif=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	17h	21,5h	7,5d (180h)	9,5d (228h)
Monitoração <i>Wrt54G</i>	t_stby=1m, t_Tx=2m, t_Rx=2m	7,5h	9,5h	3d (72h)	4d (96h)

7.5 SUMÁRIO

Conforme demonstrado, os testes paramétricos funcionais disscorreram sobre quatro situações distintas submetidas a diversos ensaios de redução do consumo de energia. Os resultados obtidos mostraram a eficácia do protocolo e módulo de sobrevivência no ganho de

autonomia de uma bateria. A eficiência variou de 8% a 33%. A menor eficiência foi obtida com a situação 4, que considerou $T_x = 120$ segundos, $R_x = 120$ segundos e desliga o roteador durante 60 segundos. A maior eficiência foi conseguida com a situação 3, que considera $T_x = 120$ segundos, $R_x = 120$ segundos e desliga roteador durante 120 segundos. No próximo capítulo tem-se as considerações finais, a conclusão e as contribuições do projeto “módulo de sobrevivência para nós de redes *mesh* sem fio com múltiplos saltos”.

8 CONCLUSÃO

Os sistemas autônomos são totalmente dependentes da capacidade da bateria e da eficácia de um módulo utilizado na recuperação da carga consumida. Isso, sem dúvida, passa a ser um grande desafio para aqueles que lidam com as questões voltadas às tecnologias envolvidas.

Nos últimos anos, atividades de pesquisa têm sido dedicadas à redução do consumo de energia dos equipamentos, em especial os utilizados em redes sem fio, de modo que tem contribuído com significantes mudanças na tecnologia dos circuitos eletrônicos; na melhoria da eficiência das baterias; e, no desenvolvimento de programas de gerenciamento do consumo de energia, bem como investigar mecanismos de conservação de energia nas várias camadas da arquitetura TCP/IP.

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos verifica-se que qualquer que seja o algoritmo utilizado no módulo de sobrevivência consegue-se atingir metas de conservação de energia significativas, dependendo apenas de como a rede sem fio vai atender à demanda de serviços.

A seguir algumas considerações sobre a utilização da rede sem fio:

- a) Se a atribuição da rede for atender demandas periódicas, o ganho em autonomia da bateria será elevado e não compromete a eficácia na comunicação. Teoricamente, não haverá alteração na qualidade de serviço, QoS (*Quality of Sservice*), na rede.

Em função disso pode-se redimensionar a bateria, visando reduzir custos e peso (W/Kg), sem contudo comprometer a necessidade de cobertura da autonomia;

- b) Se a utilização for contínua, porém, com o módulo RF sendo desativado periodicamente, o ganho em autonomia da bateria é relativamente baixo se comparado com a utilização contínua e, neste caso, pode haver alteração do serviço, QoS, na rede. Neste caso pode haver algum ganho adicional de energia, caso a tabela de rotas deixe de ser atualizada durante o estado no qual a interface RF fica inativa;
- c) No modo de operação contínua a autonomia da bateria está intimamente ligada à capacidade de fornecer energia. O serviço, QoS, na rede não é alterado.

Conforme demonstrado nas disposições citadas, deve-se prestar atenção no que tange à quantidade de carga consumida da bateria.

Ao dimensionar a autonomia da bateria deve-se considerar que apenas 60% da capacidade de carga seja utilizada. Os últimos 20% da carga significam que a bateria está descarregada. A utilização da bateria entre os 40% e 20% da capacidade total deve ser evitada. Descargas freqüentes e contínuas nesta faixa encurtarão, consideravelmente, sua vida útil. Ela é considerada de segurança contra danos à bateria causados por excesso de consumo, o que conduz os elementos químicos e os eletrodos à fadiga, além da voltagem dos terminais da bateria diminuir e, assim, comprometer o funcionamento dos dispositivos que estão sendo alimentados por esta fonte de energia.

Como a bateria é recarregada através da energia solar, deve-se considerar, portanto, que a quantidade de energia retirada da bateria durante um determinado período de tempo possa ser reposta num intervalo de tempo menor, isto é:

$$T_{\text{carga}} < T_{\text{descarga}} \Rightarrow T = H \div (I \times H \div C)^k$$

O sistema de recarga da bateria tem que ser capaz de repor a energia consumida durante o período noturno. Nas condições mais desfavoráveis terá de ser enquanto houver disponibilidade de energia solar no decorrer do dia, dependendo da latitude do lugar e das

estações do ano. O ideal é que se garanta a carga total da bateria no período de maior incidência dos raios solares, ou seja, entre o horário das 10 horas às 14 horas. O módulo de recarga deve fornecer energia compatível com a taxa de carga da bateria.

O módulo de sobrevivência e a autonomia da bateria são capazes de suprir energia ao nó durante o maior período de ausência dos raios solares no ano.

8.2 CONCLUSÃO

Em função dos resultados demonstrados, pode-se afirmar que dependendo do(s) método(s) aplicado(s) pelo módulo de sobrevivência, consegue-se alcançar autonomias significativas e, portanto, garantir o funcionamento da rede sem fio de múltiplos saltos nas condições estabelecidas, com eficiência, eficácia e efetividade.

8.3 CONTRIBUIÇÃO

Enfim, enquanto investigação de caráter exploratório qualitativo e quantitativo, considera-se que os objetivos geral e específico desta dissertação foram alcançados e seus resultados podem abrir caminho para a realização de futuras pesquisas e permitir que equipamentos que não são providos de tecnologias e recursos que permitam economizar energia possam ser utilizados em áreas onde não há disponibilidade de energia elétrica e a bateria é recurso crítico.

Contribuições:

- O uso da energia solar na recarga de baterias;
- Possibilitar o uso de equipamentos sem fio, desprovidos de tecnologias e recursos que permitem economizar energia, em áreas onde não há disponibilidade energia;
- Possibilitar o redimensionamento da bateria visando reduzir custo e peso (W/Kg).

8.4 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, cita-se:

- Ambiente mais realístico: testar o “módulo de sobrevivência” num ambiente real, isto é, numa rede sem fio, onde a bateria é recarregada pela energia solar e o protocolo de sobrevivência é instalado em cada roteador que constitui o nó, a fim de verificar a verdadeira eficácia e impactos na comunicação;
- Avaliar o desempenho do “protocolo de sobrevivência” em rede que utilize equipamentos sem fio dotados com o mecanismo de gerenciamento de energia;
- Pesquisar a possibilidade de se disponibilizar um roteador que tenha as características do módulo de sobrevivência.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGRAWAL, Sandeep; SINGH, Suresh. *An Experimental Study of TCP's Energy Consumption over a Wireless Link*. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/pappers>>. Acesso em: 27/08/2007.
- [2] BENINI, Luca; BOGLIOLO, Alessandro; De MICHELI, Giovanni. *A Survey of Design Techniques for System-Level Dynamic Power Management*. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (Vlsi) Systems, Vol. 8, No. 3, June 2000. P. 299-316.
- [3] BLUE SKY ENERGY. *MPPT: Maximum Power Point Tracking*. 2598 Fortune Way, Suit K. Vista, CA92081. Disponível em: <<http://www.blueskyenergy.com>>. Acesso em: 09/07/2007.
- [4] CB-SOLAR, Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica. *Energia Solar Fotovoltaica*. Disponível em: <http://www.pucrs.br/cbsolar/ntsolar/energia.php>>. Acesso em: 29/06/2007.
- [5] CHIASSERINI, Carla-Fabiana; RAO, Ramesh R. *Energy Efficient Battery Management*. Ieee Journal On Selected Areas In Communications, Vol. 19, No. 7, July 2001.
- [6] CHUNG, Eui-Young; BENINI, Luca; BOGLIOLO, Alessandro; LU, Yung-Hsiang; De Micheli, Giovanni. *Dynamic Power Management for Nonstationary Service Requests*. IEEE Transactions on Computers, Vol. 51, No. 11, November 2002. P.1345-1361.
- [7] DEB, Satyen K. *Recent Developments in High-Efficiency PV Cells*. World Renewable Energy Congress VI. Brighton, U.K. July 1-7, 2000. Disponível em: <<http://www.doe.gov/bridge>>. Acesso em: 29/06/2007.
- [8] GREEN, Martin A. *Crystalline Silicon Solar Cells Photovoltaics*. Special Research Centre, University of New South Wales. Sydney, N.S.W. Australia, 2052. Ch 4 Green ed MA2.doc 04/24/01. 1/49.

- [9] HUND, Tom. *Battery Testing For Photovoltaic Applications*. Photovoltaic System Applications Department, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM 87185-0753. Disponível em: <<http://www.sandia.gov/pv/docs/battery1.htm>>. Acesso em: 07/07/2007.
- [10] INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA: LABSOLAR – LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR – EMC/ UFSC. *ATLAS DE IRRADIAÇÃO SOLAR DO BRASIL*. Brasília - DF, Outubro de 1998. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20/07/2007.
- [11] INTERNATIONAL SOLAR ELECTRIC TECHNOLOGY INC. *Copper Indium Gallium*. Disponível em: <<http://www.isetinc.com>>. Acesso em: 29/06/2007.
- [12] JIANG, Joe-Air; HUANG, Tsong-Liang; HSIAO, Ying-Tung; CHEN, Chia-Hong. *Maximum Power Tracking for Photovoltaic Power Systems*. Tamkag Journal of Science and Engineering, Vol.8, nº2, pp 147-157. 2005.
- [13] JONES, M. Tim. *GNU/Linux Application Programming*. Boston, Massachusetts. Charles River Media. 2004. 486p.
- [14] JUNG, Eun-Sun; VAIDYA, Nitin H. *Improving IEEE 802.11 Power Saving Mechanism*. Dept. of Computer Science. Texas A&M University, College Station. TX 77843, USA; Dept. of Electrical and Computer Engineering and Coordinated Science Laboratory University of Illinois. Urbana, IL 61801 USA. Technical Report. July 7, 2007.
- [15] KING, David L.; KRATOCHVIL, Jay A.; BOYSON, William E. *Measuring Solar Spectral and Angle-of-Incidence Effects on Photovoltaic Modules and Solar Irradiance Sensors*. Presented at the 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, September 29-October 3, 1997, Anaheim, Califórnia. Disponível em: <<http://photovoltaics.sandia.gov>>. Acesso em: 29/06/2007.
- [16] LAHIRI, Kanishka; RAGHUNATHAN, Anand; DEY, Sujit. *Communication Architecture Based Power Management for Battery Efficient System Design*. Dept. of ECE. UC, San Diego; C&C Research Labs.NEC USA. Disponível em: <http://www.sigda.org/Archives/ProceedingArchives/Dac/Dac2002/pape...2/dac02/pdffiles/45_1.pdf>. Acesso em: 20/06/2007.
- [17] MARTHA, S. K.; HARIPRAKASH, B.; GAFFOR, S. A.; SHUKLA, A. K. *Performance characteristics of a gelled-electrolyte valve-regulated lead-acid battery*. Solid State and Structural Chemistry Unit, Indian Institute of Science, Bangalore 560 012, India . May 2003.
- [18] McCHESNEY, P. J. *Solar Electric Power for Instruments and Remote Sites*. University of Washington Geophysics Program. USGS Cascade Volcano Observatory. 5400 MacArthur Blvd. Vancouver WA 98661. 2000. Disponível em: <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of00-128.pdf>>. Acesso em: 11/07/2007.

- [19] MKPOWERED. *Technical Manual: Sealed Valve Regulated (SVR) Gelled Electrollyte Lead-Acid Batteries*. MK Battery: 1645 South Sinclair Street. Anaheim, California 92806. Disponível em: <<http://mkbattery.com>>. Acesso em: 14/07/2007.
- [20] _____. *Technical Manual: Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA): Gelled Electrolyte (gel) and Absorbed Glass Mat (AGM) Batteries*. MK Battery: 1645 South Sinclair Street. Anaheim, California 92806. Disponível em: <<http://mkbattery.com>>. Acesso em: 14/07/2007.
- [21] MONKSY, Jeffrey P.; HWUY, Wen-mei; EBERTZ, Jean-Pierre.; WOLISZZ, Adam. *A Study of the Energy Saving and Capacity Improvement Potential of Power Control in Multi-hop Wireless Networks*. University of Illinois Urbana-Champaign, IL 61801, USA. Technical University Berlin, Telecommunication Networks Group, Sekr. FT5-2, 10587 Berlin, Germany. Proc. of 26th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN) and Workshop on Wireless Local Networks (WLN) November 2001, Tampa (FL), USA.
- [22] PETERSON, Larry L.; DAVIE, Bruce S. *Computer Networks: A Systems Approach*. 3 ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003 by Elsevier Science (USA). 813p.
- [23] PHOTOVOLTAIC SYSTEMS RESEARCH & DEVELOPMENT. Solar Cells. Sandia National Laboratories. 2002. Disponível em: <<http://photovoltaics.sandia.gov/docs/PVFSIntroduction.htm>>. Acesso em: 07/07/2007.
- [24] RFC1305. *Network Time Protocol: Specification, Implementation and Analysis*. Network Working Group. March 2003. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>>. Acesso em: 10/10/2007.
- [25] SOCIEDADE DO SOL. *Dicas Técnicas-02: Irradiação Solar no Brasil*. Disponível em: <<http://www.sociedadedosol.org.br/DicasTécnicas>>. Acesso em: 04/07/07.
- [26] STALLINGS, William. *Wireless Communications & Networks*. 2 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall. 2005. 559p.
- [27] SCHILLER, Jochen H. *Mobile Communications*. 2 ed. Indianapolis: Addison-Wesley. 2003. 492p.
- [28] STEVENS, W. Richard; FENNER, Bill; RUDOFF, Andrew M.; trad. FURMANKIEWICZ, Edson. *Programação de rede UNIX: API para soquetes de rede*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman. 2005. v.1. 901p.
- [29] _____. *UNIX Network Programming: Interprocess Communications*. 2 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall PTR. 1999. v.2. 558p.
- [30] STOJMENOVIC, Ivan. *Handbook of Wireless Network and Mobile Computing*. NewYork: John Wiley & Sons. 2002. 630p.

- [31] TANENBAUM, Andrew S. *Distributed Operating Systems*. Upper Saddle River, New Jersey: Printice Hall. 1995. 614p.
- [32] _____.; WOODHULL, Albert S.; trad. FURMANKIEWICZ, Edson. *Sistemas Operacionais Avançados: Projeto e implementação*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman. 2000. reimp. 2004. 760p.
- [33] ULLAL, Harin S. *Polycrystalline Thin-Film Photovoltaic Technologies: Progress And Technical Issues*. National Center for Photovoltaics (NCPV); National Renewable Energy Laboratory (NREL). 1617 Cole Boulevard. Golden, Colorado 80401 USA. Disponível em: <www.nrel.gov>. Acesso em: 29/06/2007.
- [34] WIKIPEDIA. *Absorbent glass mat(AGM)*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cells>. Acesso em: 29/06/2007.
- [35] _____. *Battery (electricity)*. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Battery_\(electricity\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity))>. Acesso em: 29/06/2007.
- [36] _____. *Cadmium Telluride*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cadmium_telluride> Acesso em: 29/06/2007.
- [37] _____. *Deep Cycle Battery*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_cycle_battery> Acesso em: 29/06/2007.
- [38] _____. *Gel battery*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cells>. Acesso em: 29/06/2007.
- [39] _____. *CGIS: Copper Indium Gallium Selenide*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/copper_indium_gallium_selenide>. Acesso em: 29/06/2007.
- [40] _____. *Lead-acid battery*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cells>. Acesso em: 29/06/2007.
- [41] _____. *Peukert's law*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cells>. Acesso em: 29/06/2007.
- [42] _____. *Pulse-width Modulation*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cells>. Acesso em: 29/06/2007.
- [43] _____. *Solar Cells*. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cells>. Acesso em: 29/06/2007.
- [44] _____. *Solar Power*. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power> Acesso em: 05/07/2007.
- [45] WIND & SUN NORTHERN ARIZONA. *Solar Electric Systems*. 4091 East Huntington Drive, Suite B Flagstaff, AZ 86004. Disponível em: <<http://www.windsun.com/Index.htm>>. Acesso em: 11/07/2007.

- [46] _____. *Deep Cycle Battery*. 4091 East Huntington Drive, Suite B Flagstaff, AZ 86004. Disponível em: <http://www.windsun.com/Batteries/Battery_FAQ.htm>. Acesso em: 11/07/2007.
- [47] _____. *MPPT Solar Charge Controllers*. 4091 East Huntington Drive, Suite B Flagstaff, AZ 86004. Disponível em: <http://www.solar-electric.com/charge_controls/mppt.htm>. Acesso em: 11/07/2007.
- [48] _____. *Solar Charge Controllers*. 4091 East Huntington Drive, Suite B Flagstaff, AZ 86004. Disponível em: <http://www.solar-electric.com/charge_controls/solar_charge_controllers.htm>. Acesso em: 11/07/2007.
- [49] WRIGHT, Gary R.; STEVENS, W. Richard. *TCP/IP Illustrated: The Implementation*. Indianapolis: Addison-Wesley. 2004. v.2. 1174p.

10 APÊNDICE

10.1 EVOLUÇÃO TECNOLOGIA COMPARATIVA DE CÉLULAS SOLARES

Tabela 10.1 - Evolução tecnológica comparativa de Células Solares¹²

CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE CÉLULAS SOLARES				
	Cristal	Filme fino			
Material	Si	a-Si	CdTe	CIS/CIGS	Si
Processo de Fabricação	Desenvolvimento e corte do cristal	PECVD ⁱ	Sublimação espaço fechado	Evaporação alto vácuo / Pulverização	PECVD
Eficiência Máxima	21%	13% junção tripla	16%	19,5%	>10%
Eficiência do Módulo	~15%	7,5%	8,5%	12,7%	N/D ⁱⁱ
Custo de Produção < US\$ 1/Watt	Duvidoso	Considerável	Bom	Muito Bom	Muito Bom
Módulos Flexíveis	Não	Sim	Não	Sim	Possível
Estabilidade	Muito Boa	Degradação intrínseca	Degradação contato	Degradação não conhecida	Assumido Boa
Aplicação em potência espacial	Sim	-	Não	Sim	Não conhecido
Comentários	Material escasso	Utilização de materiais inferiores	Toxicidade do cádmio	ISET ⁱⁱⁱ Processo sem vácuo para baixo custo de produção	Perspectiva para um futuro distante

ⁱ PECVD – Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition

ⁱⁱ N/D – Não Disponível

ⁱⁱⁱ ISET – International Solar Electric Technology (patente)

¹² INTERNACIONAL SOLAR ELECTRIC TECHNOLOGY, INC

10.2 IRRADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL

Tabela 10.2 – Irradiação media mensal e anual em KWh/m² no Brasil¹³

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
(9,27)	37,94	Água Branca	AL	5,44	5,14	5,39	4,67	4,03	3,67	4,00	4,89	4,89	5,61	6,39	5,47	4,97
(19,49)	41,06	Aimorés	MG	6,14	5,97	5,50	4,89	4,19	3,78	4,08	4,72	4,53	5,19	5,33	5,67	5,00
(12,13)	38,43	Alagoinhas	BA	4,94	5,08	5,36	4,36	3,61	3,67	3,97	4,47	4,53	5,22	5,83	5,17	4,68
(20,76)	41,55	Alegre	ES	5,94	5,56	5,47	4,31	3,78	3,58	3,81	4,31	4,19	5,08	4,92	5,11	4,67
(29,80)	55,70	Alegrete	RS	6,08	5,89	5,03	4,00	3,28	2,53	3,06	3,67	4,44	5,36	6,83	7,00	4,76
(17,53)	40,71	Almenara	PB	6,23	6,01	5,50	4,72	4,21	3,86	3,92	4,71	5,05	5,38	5,35	5,52	5,04
3,20	52,22	Altamira	PA	3,72	3,69	3,83	3,78	4,22	4,00	4,97	5,36	4,58	4,39	3,83	3,86	4,19
(9,10)	45,94	Alto Parnaíba	PI	4,83	4,31	4,86	3,72	4,83	3,67	5,67	6,11	5,47	5,19	5,19	4,50	4,86
(5,65)	36,58	Angicos	PB	5,80	5,87	5,54	5,06	4,71	4,19	4,50	5,14	5,76	6,08	6,27	6,16	5,42
(23,00)	44,46	Angra dos Reis	RJ	5,44	5,33	4,81	3,81	3,64	3,06	3,50	3,69	3,94	4,53	4,81	5,06	4,30
(5,66)	49,68	Apodi	CE	5,61	5,58	5,61	5,08	5,33	4,92	5,31	6,03	6,14	6,61	6,42	6,06	5,73
(20,47)	55,79	Aquidauana	MT	5,39	5,78	5,47	4,94	4,11	3,61	4,50	4,33	4,31	5,72	5,92	5,81	4,99
(10,90)	37,05	Aracaju	SE	6,06	5,69	5,86	4,97	4,61	4,28	4,56	5,25	5,42	6,06	6,44	6,44	5,47
(2,87)	40,12	Aracajú	CE	5,08	5,31	4,78	4,56	5,28	5,17	5,92	6,33	6,28	6,56	6,50	5,81	5,63
(4,56)	37,77	Aracati	CE	5,64	5,44	5,50	4,92	5,39	5,14	5,75	6,36	6,33	6,69	6,61	6,08	5,82
(21,22)	50,43	Araçatuba	SP	5,83	5,56	5,47	4,89	4,39	3,86	4,31	4,81	4,83	5,83	5,83	5,69	5,11
(19,81)	40,28	Aracruz	ES	5,81	5,25	5,39	4,22	3,78	3,14	3,89	4,36	3,86	4,78	4,78	5,08	4,53
(16,95)	42,06	Araçaí	MG	5,94	5,86	5,44	4,61	4,39	3,75	4,19	5,00	4,67	5,00	5,06	5,58	4,96
(15,89)	51,73	Aragarças	MT	5,17	5,00	5,08	4,92	4,94	4,56	5,00	5,33	4,64	5,42	5,50	5,11	5,06
(19,59)	46,94	Araxá	MG	5,36	5,25	5,19	4,64	4,44	4,17	4,61	5,06	4,89	5,42	5,33	5,19	4,96
(15,91)	46,11	Arinos	MG	5,06	4,92	5,58	4,47	4,56	4,33	4,92	5,50	5,00	5,33	4,83	5,00	4,96
(23,11)	48,11	Avaré	SP	5,75	5,33	5,31	4,56	4,06	3,36	4,06	4,67	4,64	5,39	5,72	5,75	4,88
(4,24)	44,78	Bacabal	MA	4,25	4,53	4,36	4,06	4,94	5,00	5,39	5,61	5,44	5,00	5,22	5,03	4,90
(31,34)	54,11	Bagé	RS	5,78	5,28	4,61	3,83	2,94	2,22	2,61	3,17	3,94	5,22	6,28	6,64	4,38
(7,52)	46,05	Balsas	MA	4,58	4,19	4,44	4,64	5,03	5,11	4,25	6,22	5,69	5,17	5,03	4,78	4,93
(20,00)	45,99	Bambuí	MG	5,39	5,56	5,19	4,44	4,31	4,06	4,47	4,86	4,67	5,19	5,11	4,86	4,84
(21,23)	43,75	Barbacena	MG	5,39	5,56	4,97	4,22	3,94	3,53	3,75	4,47	4,28	4,86	5,03	5,22	4,60
(7,30)	39,30	Barbalha	CE	5,08	5,00	5,08	5,00	5,03	4,78	5,17	6,03	5,89	6,03	6,19	5,83	5,43
(0,96)	62,95	Barcelos	AM	4,61	4,64	4,67	4,42	4,31	4,36	4,81	5,42	5,08	5,17	5,19	4,78	4,79
(11,09)	43,13	Barra	BA	6,21	6,29	5,82	5,76	5,30	5,13	5,29	5,87	6,08	6,28	5,97	5,79	5,82
(5,51)	45,24	Barra do Corda	MA	4,50	4,47	4,47	4,50	4,78	5,08	5,67	4,67	5,25	4,94	4,94	4,78	4,84
(11,08)	43,14	Barra do Rio Grande	BA	5,22	5,36	5,78	5,06	4,89	4,75	5,42	6,00	5,81	5,72	5,92	5,56	5,46
(12,14)	45,00	Barreiras	BA	5,56	5,17	5,47	5,00	5,08	4,83	5,33	5,86	5,58	5,42	5,39	5,50	5,35
(20,55)	48,57	Barretos	SP	5,58	5,67	5,58	4,44	4,28	4,08	4,44	4,83	4,83	5,83	5,81	5,44	5,07
(22,33)	49,09	Bauru	SP	5,97	5,44	5,42	4,72	4,25	3,69	4,25	4,61	4,67	5,69	5,97	5,86	5,05
(1,45)	48,49	Belém	PA	4,33	4,17	4,17	4,11	4,89	5,06	5,67	6,03	5,58	5,89	5,61	5,11	5,05
(19,90)	43,38	Belo Horizonte	MG	4,28	5,56	4,06	4,28	3,69	3,72	3,97	4,36	4,69	4,44	4,81	4,33	4,35
(2,66)	54,91	Belterra	AM	4,39	4,19	3,94	4,08	5,08	4,36	5,17	5,75	5,67	5,72	5,58	4,78	4,89
(4,38)	70,04	Benjamin Constant	AM	4,06	4,22	4,47	4,14	4,17	4,11	4,50	4,81	4,67	4,92	4,72	4,22	4,42
(29,15)	51,52	Bento Gonçalves	RS	5,28	5,81	4,81	4,08	3,06	2,56	2,92	3,33	4,39	5,39	6,14	6,36	4,51
(26,92)	49,24	Blumenau	SC	5,17	4,81	4,39	3,50	3,08	2,53	2,83	3,08	3,36	4,28	4,83	5,03	3,91
3,17	60,63	Boa Vista	RR	4,97	5,00	4,75	4,50	4,58	4,00	4,81	4,94	5,58	5,75	5,47	5,03	4,95
(9,06)	44,12	Bom Jesus	PI	5,42	5,03	4,86	4,42	4,19	3,83	4,33	4,75	5,00	5,42	5,81	5,72	4,90

¹³ www.sociedadadosol.com.br

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
(13,25)	44,34	Bom Jesus da Lapa	BA	6,06	5,64	5,64	5,22	5,06	4,78	5,31	5,83	5,67	5,42	5,64	6,11	5,53
(15,73)	47,67	Brasília	DF	4,67	5,58	4,53	5,00	4,72	4,75	4,97	5,50	5,25	4,69	4,75	4,72	4,93
(1,68)	50,49	Breves	PA	4,33	4,28	4,17	4,11	4,78	4,97	5,86	6,11	5,89	6,00	5,61	5,19	5,11
(22,88)	42,01	Cabo Frio	RJ	5,70	5,70	5,12	4,30	3,61	3,37	3,49	4,07	4,19	4,65	5,35	5,35	4,58
(8,50)	39,34	Cabrobó	PE	5,83	5,44	5,58	5,06	4,78	4,28	4,64	5,69	5,58	5,83	6,58	6,08	5,45
(16,06)	57,70	Cáceres	MT	4,94	4,92	4,97	4,56	4,22	3,89	4,67	4,81	4,44	5,22	5,28	5,00	4,74
(9,37)	54,87	Cachimbo	PA	4,33	4,27	4,11	4,37	4,97	5,15	5,37	5,48	4,68	4,84	4,76	4,35	4,72
(20,86)	41,12	Cachoeiro do Itapemirim	SP	6,06	5,78	5,47	4,39	3,94	3,58	3,89	4,31	4,36	4,86	4,89	5,47	4,75
(14,07)	42,49	Caitité	BA	5,28	5,61	5,72	4,83	4,83	4,28	4,75	5,44	5,64	5,86	5,56	5,36	5,26
(27,02)	48,65	Cambirú	SC	4,83	4,92	4,11	3,75	3,22	2,58	2,94	3,03	3,19	4,28	5,19	5,00	3,92
(21,86)	45,29	Cambuquira	MG	5,31	5,44	5,33	4,33	4,08	3,61	4,22	4,58	4,50	5,28	5,14	5,14	4,75
(2,25)	49,51	Cametá	PA	4,44	4,47	5,00	4,78	5,17	5,14	5,53	6,11	5,97	5,97	5,64	5,42	5,30
(7,22)	35,87	Campina Grande	PB	5,47	5,39	5,31	4,83	4,42	3,86	3,83	5,08	5,22	5,89	6,08	5,69	5,09
(22,90)	47,08	Campinas	SP	5,33	5,56	5,22	4,53	4,06	3,56	4,19	4,58	4,75	5,58	5,86	5,53	4,90
(20,48)	54,62	Campo Grande	PR	5,92	5,39	5,19	5,06	4,33	3,33	4,14	4,44	4,53	5,47	6,00	5,39	4,93
(25,19)	49,53	Campo Largo	PR	4,92	4,72	4,56	3,75	3,33	3,03	3,19	3,47	3,58	4,50	5,31	5,11	4,12
(24,05)	52,39	Campo Mourão	PR	5,56	5,56	5,17	4,25	3,72	3,33	3,64	3,89	4,36	5,36	6,08	5,89	4,73
(21,73)	41,33	Campos	RJ	6,19	5,97	5,44	4,36	4,11	3,56	3,94	4,28	4,28	4,67	5,28	5,72	4,82
(22,74)	45,59	Campos do Jordão	SP	4,75	4,83	4,64	4,00	3,83	3,33	3,97	4,28	4,33	4,97	5,06	4,81	4,40
(27,35)	51,22	Campos Novos	SC	5,61	5,94	4,94	4,17	3,56	2,81	3,03	3,67	4,39	5,42	6,11	6,33	4,67
(7,08)	40,38	Campos Sales	CE	4,97	4,69	4,89	4,72	5,06	4,81	5,39	6,06	5,89	6,00	6,08	5,69	5,35
(25,00)	47,94	Cananéia	SP	5,03	4,72	4,36	3,56	3,28	2,78	3,08	3,44	3,33	4,31	4,94	4,75	3,97
(15,65)	38,97	Canavieiras	BA	5,36	5,11	5,81	4,50	4,17	3,50	4,08	4,92	4,44	4,78	5,03	5,19	4,74
(20,60)	41,90	Caparaó	ES	5,58	5,89	5,28	4,44	3,97	3,69	4,00	4,58	4,56	5,00	5,25	5,33	4,80
(18,68)	49,57	Capinópolis	GO	5,44	5,56	4,92	4,69	4,67	4,33	4,75	5,06	4,83	5,61	5,56	5,39	5,07
(9,28)	43,32	Caracol	PI	5,44	5,14	5,50	5,14	4,94	4,89	5,31	6,11	5,97	5,72	5,94	5,47	5,46
(19,78)	42,14	Caratinga	MG	5,81	5,78	5,31	4,44	4,00	3,39	4,03	4,61	4,39	4,78	5,11	5,22	4,74
(4,90)	66,09	Carauri	AM	4,19	4,14	4,06	4,03	3,86	3,89	4,50	4,78	4,44	4,61	4,50	4,14	4,26
(17,73)	39,25	Caravelas	BA	5,78	6,06	5,08	4,50	3,86	3,61	3,89	4,33	4,56	4,61	5,78	5,97	4,84
(14,28)	43,79	Carinhanha	BA	5,33	5,31	5,83	4,89	4,81	4,17	5,06	5,69	5,25	5,64	5,44	5,50	5,24
(7,32)	47,46	Carolina	MA	4,67	4,39	4,56	4,44	5,03	5,28	5,69	6,03	5,31	5,06	5,03	5,00	5,04
(8,27)	35,97	Caruaru	PE	5,44	5,53	5,28	4,69	4,50	3,61	4,39	4,83	4,78	5,72	6,36	6,00	5,09
(24,78)	50,00	Castro	PR	5,03	4,81	4,56	4,03	3,50	2,89	3,50	3,75	3,86	5,03	5,19	5,56	4,31
(21,39)	42,64	Cataguases	MG	5,94	5,56	4,67	4,28	3,83	3,42	3,81	4,19	4,08	4,67	5,03	5,36	4,57
(18,15)	47,95	Catalão	MG	5,44	5,33	5,28	4,72	4,56	4,22	4,72	5,28	4,94	5,22	5,31	5,28	5,03
(21,09)	48,98	Catanduva	SP	5,50	5,78	5,36	4,64	4,31	3,92	4,53	4,81	4,83	5,83	5,94	5,47	5,08
(21,98)	44,32	Caxambu	MG	5,06	4,72	5,17	4,47	4,00	3,44	3,89	4,56	4,83	4,97	5,72	5,44	4,69
(4,90)	43,36	Caxias	MA	4,89	4,75	4,89	4,61	5,00	5,11	5,72	5,97	6,03	6,08	6,08	5,28	5,37
(29,18)	51,19	Caxias do Sul	RS	5,39	5,08	4,61	3,86	3,06	2,39	2,92	3,19	4,06	4,97	5,67	6,00	4,27
(3,75)	43,36	Chapadinha	MA	4,42	4,81	4,67	4,56	5,25	5,03	5,53	6,22	6,06	6,14	5,92	5,31	5,33
(27,10)	52,62	Chapecó	RS	5,72	5,86	5,06	4,36	3,61	2,97	3,33	3,75	4,22	5,64	6,25	6,56	4,78
(11,11)	38,52	Cipó	BA	5,33	4,86	5,47	4,50	4,11	3,89	4,06	4,69	4,75	5,53	6,14	5,33	4,89
(5,64)	35,43	Clara Miriam	RN	5,69	5,58	5,31	5,08	5,06	4,31	4,67	5,56	5,83	6,31	6,42	6,14	5,50
(4,10)	63,18	Coari	AM	4,25	4,33	4,67	4,25	4,28	4,31	5,03	5,42	5,06	4,92	4,89	4,31	4,64
(3,83)	62,05	Codajás	AM	4,56	4,22	4,67	4,36	4,67	4,22	5,50	6,00	5,44	5,44	5,31	4,61	4,92
(20,72)	48,49	Colina	SP	5,81	5,03	5,69	5,11	4,50	3,97	4,44	4,92	4,83	5,83	5,81	5,92	5,16
(25,28)	49,29	Colombo	PR	5,47	5,14	4,72	4,00	3,58	3,03	3,31	3,78	4,03	4,72	5,42	5,47	4,39
(8,26)	49,27	Conceição do Araguaia	PA	4,69	4,50	4,97	4,61	5,08	5,14	5,67	5,22	4,89	5,06	4,94	4,69	4,96
(19,04)	43,36	Conceição Mato Dentro	MG	5,56	5,33	5,00	4,25	3,83	3,53	3,97	4,78	4,33	4,78	4,86	5,19	4,62
(22,04)	42,37	Cordeiro	RJ	5,75	5,56	4,94	4,11	3,78	3,31	3,75	4,25	4,06	4,56	4,81	5,14	4,50
(13,34)	44,64	Correntina	BA	5,42	5,00	5,75	4,86	4,97	4,72	4,00	5,86	5,36	5,42	5,42	5,33	5,18

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
(19,00)	57,66	Corumbá	PR	5,67	5,56	5,50	4,83	4,17	3,67	4,81	4,53	4,44	5,83	6,11	5,89	5,08
(10,12)	36,19	Couripe	AL	5,28	5,17	5,47	4,92	4,53	4,00	4,28	5,14	4,94	5,83	6,53	5,75	5,15
(18,50)	54,76	Coxim	MS	5,25	5,22	5,14	4,53	4,28	3,92	4,61	4,40	4,36	5,53	5,56	5,53	4,86
(15,61)	56,02	Coxipó da Ponte	MT	4,94	4,92	5,19	4,78	4,67	4,22	4,64	5,36	5,11	5,42	5,83	5,31	5,03
(5,18)	40,67	Crateus	CE	5,00	5,06	5,00	4,72	5,00	4,86	5,42	5,97	5,94	6,28	5,89	5,69	5,40
(28,65)	53,61	Cruz Alta	RS	5,86	5,72	4,92	4,19	3,17	2,64	2,94	3,36	4,25	5,39	6,14	6,72	4,61
(12,68)	39,12	Cruz das almas	BA	5,36	5,61	5,33	4,72	4,03	3,78	4,11	4,81	4,89	5,42	5,83	5,19	4,92
(7,64)	72,68	Cruzeiro do Sul	AC	3,97	4,00	4,06	3,86	3,92	4,00	4,53	4,67	4,42	4,75	4,61	4,67	4,29
(6,41)	36,78	Cruzeta	RN	5,64	5,58	5,50	5,14	5,17	4,75	4,94	5,89	6,00	6,53	6,47	6,00	5,63
(15,60)	56,10	Cuiabá	PR	5,28	5,89	5,06	5,25	4,83	3,89	4,83	4,53	4,67	5,50	5,61	5,81	5,10
0,60	51,76	Cupixi	AP	4,44	3,92	4,03	3,94	4,17	4,08	4,89	5,44	5,50	5,83	5,19	4,69	4,68
(25,44)	49,22	Curitiba	PR	4,67	4,11	3,47	3,06	2,53	2,47	3,11	3,31	3,67	4,22	4,94	5,06	3,72
(18,76)	39,29	Curvelo	MG	6,16	5,75	5,31	4,83	4,30	3,98	4,18	4,80	4,95	5,28	5,44	5,22	5,02
(18,23)	43,64	Diamantina	MG	5,53	5,44	5,14	4,47	4,31	3,94	4,19	5,19	4,94	5,00	4,97	5,28	4,87
(16,41)	53,19	Diamantino	MT	4,92	4,78	5,00	4,64	4,56	4,31	4,89	5,17	4,78	5,33	5,22	4,94	4,88
(22,23)	55,18	Dourados	MT	5,61	5,36	5,22	4,47	4,06	3,53	3,89	4,14	4,14	5,50	6,08	5,75	4,81
(6,66)	69,87	Eirunepé	AM	4,03	3,94	4,06	4,08	3,97	3,97	4,58	4,83	4,53	4,64	4,44	4,22	4,27
(30,54)	52,53	Encruzilhada do Sul	RS	5,75	5,39	4,75	3,97	3,14	2,42	2,83	3,39	4,00	4,83	5,92	6,75	4,43
(14,93)	42,81	Espinosa	MG	5,89	5,53	5,92	4,86	4,78	4,50	4,92	5,64	5,22	5,33	5,25	5,97	5,32
(3,85)	31,62	Fernando de Noronha	PB	5,64	5,33	5,19	4,72	5,33	4,83	5,31	5,50	5,86	6,28	6,36	6,06	5,53
(6,17)	36,82	Florânia	RN	5,42	5,19	5,31	5,06	4,83	4,61	4,89	5,81	5,92	6,31	6,14	5,75	5,44
(8,50)	39,34	Floresta	PE	5,94	5,75	5,81	5,17	4,78	4,19	4,56	5,39	5,67	6,36	6,47	6,19	5,52
(19,89)	44,42	Florestal	MG	5,36	5,25	5,31	4,72	4,22	3,86	4,33	4,78	4,58	4,97	5,11	5,08	4,80
(6,77)	43,01	Florianópolis	PI	4,67	4,78	5,00	4,92	5,33	4,81	5,75	6,44	6,08	6,00	5,75	5,50	5,42
(27,58)	48,59	Florianópolis	SC	5,55	5,19	4,65	3,84	3,15	2,74	2,93	3,49	3,87	4,50	5,27	5,73	4,24
(2,52)	66,09	Fonte Boa	AM	4,58	4,50	4,56	4,28	4,17	4,00	4,53	4,89	4,67	4,89	4,72	4,56	4,53
(15,54)	47,33	Formosa	MG	5,14	4,92	5,31	4,67	4,50	4,03	4,81	5,44	5,03	5,11	4,81	4,83	4,88
(14,94)	46,21	Formoso	MG	4,81	4,81	5,39	4,44	4,03	3,89	4,11	5,39	4,47	5,00	4,47	4,50	4,61
(3,73)	38,53	Fortaleza	CE	5,33	5,14	4,67	4,53	5,03	5,00	5,69	6,19	6,25	6,47	6,36	6,06	5,56
(25,54)	54,60	Foz do Iguaçu	PR	5,47	5,33	5,11	4,14	3,53	2,86	3,25	3,92	4,11	5,33	6,11	6,19	4,61
(20,55)	47,72	Franca	SP	5,39	5,44	5,39	4,61	4,19	4,00	4,50	4,83	4,83	5,83	5,47	5,22	4,98
(8,90)	36,50	Garanhuns	PE	5,67	5,56	5,39	4,67	4,50	3,92	4,17	4,89	5,08	6,03	6,28	6,03	5,18
(12,81)	55,54	Gleba Celeste	MT	4,72	4,78	4,72	4,36	4,64	4,67	5,25	5,11	4,83	5,00	4,72	4,75	4,80
(16,70)	49,28	Goiânia	GO	5,28	5,03	5,06	4,81	4,67	4,44	4,86	5,28	4,89	5,22	5,17	5,33	5,00
(15,94)	50,14	Goiás	GO	5,06	4,92	4,67	4,75	4,47	4,33	4,92	5,06	4,44	5,19	4,94	5,11	4,82
(18,85)	41,94	Governador Valadares	MG	5,44	5,56	5,22	4,33	3,78	3,39	3,83	4,36	4,17	4,56	5,00	5,42	4,59
(5,83)	46,14	Grajaú	MA	4,53	4,36	4,47	4,47	4,94	4,94	5,44	5,61	4,94	4,72	4,75	4,50	4,81
(24,21)	54,27	Guaíra	PR	5,78	5,56	5,17	4,39	3,72	3,08	3,64	3,81	4,00	5,28	6,08	6,25	4,73
(25,39)	51,42	Guarapuava	PR	5,36	4,92	4,83	4,08	3,72	3,08	3,44	3,92	4,00	4,94	5,75	5,56	4,47
(16,58)	39,56	Guaratinga	BA	5,06	4,92	5,67	4,03	3,78	3,22	3,86	4,50	4,22	4,58	4,94	4,89	4,47
(7,52)	63,04	Humaitá	AM	4,28	4,08	4,47	3,97	4,19	4,42	4,97	5,06	5,22	4,97	4,81	4,67	4,59
0,56	69,18	Iauaretê	AM	4,17	4,11	4,14	4,17	3,89	3,72	4,39	3,97	4,50	4,50	4,39	4,11	4,17
(20,01)	44,07	Ibiritê	MG	5,28	5,44	5,11	4,64	4,31	3,86	4,17	4,78	4,67	5,00	5,00	5,33	4,80
(24,71)	47,51	Iguape	SP	5,11	4,92	4,56	3,72	3,25	2,75	3,00	3,22	3,36	4,31	4,94	5,19	4,03
(6,37)	39,30	Iguatu	CE	5,33	5,39	5,31	5,03	5,36	4,92	5,50	6,08	5,81	6,53	6,25	6,00	5,63
(23,00)	43,93	Ilha Guaíba	RJ	5,56	5,44	4,92	4,06	3,86	3,31	3,86	3,94	4,11	4,75	5,06	5,28	4,51
(14,78)	39,05	Ilhéus	BA	5,89	5,64	5,61	4,69	4,36	4,06	4,36	4,86	5,03	5,53	5,58	6,08	5,14
(5,54)	47,48	Imperatriz	GO	4,31	4,25	4,56	4,50	4,97	5,17	5,58	5,94	4,83	4,83	4,83	4,89	4,89
(26,90)	49,24	Indiaial	SC	5,17	5,11	4,50	3,89	3,22	2,78	3,00	3,31	3,56	4,58	5,44	5,25	4,15
(17,72)	48,15	Ipameri	GO	5,25	5,56	5,44	4,50	4,19	4,61	4,72	5,06	4,75	5,42	5,08	5,25	4,99
(27,20)	53,27	Iraí	RS	5,83	5,75	4,97	4,11	3,33	2,64	2,94	3,44	4,14	5,11	6,25	6,56	4,59

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
(25,48)	50,65	Irati	PR	5,03	4,92	4,56	3,92	3,39	2,92	3,31	3,61	3,86	4,92	5,42	5,58	4,29
(11,27)	37,80	Itabaianinha	BA	5,44	5,28	5,17	4,39	4,25	3,67	4,19	4,69	4,83	5,72	5,81	5,81	4,94
(12,53)	40,31	Itaberaba	BA	5,17	5,19	5,33	4,56	4,03	3,47	3,94	4,36	4,53	5,22	5,17	5,53	4,71
(19,62)	43,22	Itabira	MG	5,36	5,36	5,31	4,22	3,83	3,56	3,86	4,64	4,33	5,00	4,67	5,08	4,60
(4,27)	56,00	Itaituba	PA	4,56	4,22	4,67	4,33	4,64	4,72	5,47	5,97	5,44	5,44	5,33	4,64	4,95
(17,86)	42,86	Itamarandiba	MG	5,64	5,56	5,25	4,47	4,08	3,67	5,61	4,67	4,47	4,67	5,19	5,17	4,87
(21,18)	41,19	Itaperuna	RJ	6,06	5,89	5,28	4,39	4,00	3,53	3,75	4,47	4,28	4,86	5,25	5,83	4,80
(23,63)	48,04	Itapetininga	SP	5,44	5,11	5,11	4,44	3,94	3,31	3,75	4,22	4,36	5,06	5,86	6,00	4,72
(23,98)	48,87	Itapeva	SP	5,33	5,22	4,97	4,33	3,78	3,14	3,78	4,03	4,36	5,36	5,75	5,56	4,63
(3,14)	58,43	Itaquatiara	AM	3,81	3,89	3,75	3,78	4,14	4,17	4,89	5,17	4,78	4,39	4,33	3,97	4,26
(13,81)	41,30	Ituaçu	BA	5,00	4,78	5,44	4,50	4,03	3,47	4,14	5,11	4,69	5,33	5,67	5,47	4,80
(22,31)	51,27	Ivinhema	MS	5,42	5,56	5,44	5,31	4,64	3,50	4,64	4,25	4,42	5,61	6,06	5,83	5,06
(23,13)	49,98	Jacarezinho	PR	5,56	5,56	5,42	4,61	4,00	3,42	3,92	4,33	4,47	5,58	5,86	5,75	4,87
(11,19)	40,50	Jacobina	BA	5,33	5,06	5,47	4,61	3,92	3,81	4,22	4,89	4,94	5,08	5,36	5,44	4,84
(13,53)	39,98	Jaguaquara	BA	5,00	4,78	5,03	4,22	3,69	3,42	3,56	4,22	4,31	4,67	5,00	5,22	4,43
(24,25)	49,72	Jaguariaíva	SP	5,22	5,33	4,89	4,39	3,92	3,22	3,72	4,25	4,36	5,47	5,75	5,89	4,70
(15,81)	43,32	Janaúba	MG	5,33	5,42	4,58	4,64	4,69	4,19	4,58	5,56	5,19	5,75	5,28	5,56	5,06
(15,42)	44,37	Januária	MG	5,89	5,14	5,92	5,03	4,72	4,61	5,03	5,69	5,22	5,64	5,36	5,64	5,32
(19,83)	43,14	João Monlevade	MG	5,28	5,25	4,78	4,11	3,69	3,47	3,89	4,44	4,11	4,67	4,56	4,86	4,43
(7,12)	34,87	João Pessoa	PB	5,36	5,72	5,50	5,03	5,06	4,28	4,56	5,39	5,69	6,42	6,61	6,33	5,50
(7,20)	39,32	Juazeiro do Norte	CE	5,17	5,39	5,08	5,22	5,25	4,89	5,11	5,78	6,19	6,42	5,86	5,58	5,50
(21,75)	43,33	Juiz de Fora	MG	4,97	5,03	4,44	3,69	3,50	3,11	3,75	3,94	3,69	4,33	4,69	4,81	4,16
(7,27)	64,80	Lábrea	AM	3,94	3,78	3,94	3,97	3,94	4,44	5,00	4,89	4,42	4,53	4,47	4,11	4,29
(27,81)	50,32	Lages	SC	5,50	5,22	4,47	3,92	3,25	2,50	3,00	3,53	3,92	4,78	5,56	6,11	4,31
(19,62)	43,89	Lagoa Santa	MG	5,14	4,94	5,39	4,72	4,36	3,89	4,39	4,89	5,00	4,89	5,33	5,19	4,84
(28,21)	51,52	Lagoa Vermelha	RS	5,50	5,53	4,81	3,94	3,22	2,75	3,08	3,44	4,08	5,06	5,78	6,11	4,44
(28,48)	48,78	Laguna	SC	5,39	5,22	4,44	3,94	3,28	2,64	3,08	3,58	3,92	4,97	5,56	6,11	4,34
(21,20)	45,00	Lavras	MG	5,72	6,39	5,36	4,72	4,44	3,92	4,39	4,97	4,83	5,39	5,36	5,44	5,08
(21,53)	42,64	Leopoldina	MG	5,35	5,37	4,81	4,13	3,65	3,38	3,57	4,12	4,07	4,41	4,86	4,91	4,39
(19,40)	51,15	Linhares	SP	6,14	5,56	5,19	4,47	4,19	3,69	3,94	4,17	4,14	4,67	4,89	5,44	4,71
(21,67)	49,76	Lins	SP	5,17	5,67	5,56	4,69	4,33	3,72	4,19	4,61	4,81	5,83	6,06	5,61	5,02
(23,30)	51,17	Londrina	PR	5,44	5,33	5,31	4,58	4,03	3,44	3,94	4,14	4,36	5,47	5,97	5,67	4,81
(22,75)	45,11	Lorena	MG	5,35	5,23	4,65	4,07	3,49	3,02	3,49	3,95	3,95	4,65	5,35	5,12	4,36
(22,38)	41,82	Macaé	RJ	6,17	5,97	5,33	4,64	3,97	3,47	4,06	4,44	4,22	4,86	5,39	5,50	4,84
0,04	51,06	Macapá	AP	4,25	4,22	4,03	4,06	4,47	4,56	5,39	6,00	6,11	6,36	6,00	5,17	5,05
(5,10)	36,64	Macau	RN	5,39	5,36	5,08	5,00	5,08	4,58	4,97	5,78	5,94	6,39	6,19	5,81	5,46
(9,68)	35,74	Maceió	AL	6,08	5,78	5,58	4,56	4,64	4,06	4,22	5,25	5,28	6,03	6,83	6,17	5,37
(21,43)	45,93	Machado	MG	5,17	5,14	4,86	4,28	3,89	3,42	3,92	4,44	4,36	4,67	5,03	5,25	4,54
(3,17)	60,02	Manaus	AM	4,45	4,51	4,52	4,50	4,44	4,73	5,12	5,64	5,64	5,48	5,26	4,79	4,92
(5,81)	61,29	Manicoré	AM	4,22	4,17	4,47	4,19	4,08	4,53	5,00	5,53	4,83	4,94	4,75	4,39	4,59
(5,35)	49,13	Marabá	PA	4,39	4,25	4,67	4,50	4,78	4,72	5,31	4,86	3,86	4,19	4,42	4,47	4,54
(23,38)	51,83	Maringá	PR	5,44	5,75	5,31	4,36	3,89	3,00	3,75	4,14	4,11	5,36	5,86	6,11	4,76
(17,57)	52,55	Mineiros	GO	4,89	4,92	5,25	4,58	4,19	4,00	4,72	5,06	4,47	5,42	4,97	5,83	4,86
(2,00)	54,08	Monte Alegre	PA	4,56	4,47	4,67	4,39	4,94	4,58	5,53	6,00	5,89	6,00	5,64	5,14	5,15
(18,86)	48,88	Monte Alegre de Minas	GO	5,25	4,92	5,31	4,83	4,47	3,94	4,36	4,94	5,08	5,19	6,11	5,42	4,99
(22,61)	46,68	Monte Alegre do Sul	PA	5,31	4,94	5,25	4,67	4,14	3,61	4,03	4,72	4,97	4,97	6,31	5,61	4,88
(15,15)	42,88	Monte Azul	MG	5,89	5,44	5,72	4,97	4,69	4,42	4,92	5,56	5,33	5,22	5,25	5,86	5,27
(10,45)	39,33	Monte Santo	BA	5,72	5,28	5,47	4,53	4,11	3,75	4,08	4,72	4,94	5,53	6,00	6,00	5,01
(7,89)	37,17	Monteiro	PB	5,61	5,64	5,50	4,89	4,56	4,22	4,42	5,42	5,39	6,22	6,11	6,08	5,34
(16,74)	46,83	Montes Claros	MG	5,92	5,64	5,50	5,00	4,69	4,42	4,83	5,50	5,28	5,22	5,06	5,56	5,22
(5,10)	38,37	Morada Nova	PB	5,47	5,36	5,39	5,28	5,28	5,00	5,33	6,06	6,14	6,39	6,39	5,92	5,67

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
(11,55)	41,16	Morro do Chapéu	BA	4,81	4,67	5,06	4,22	3,64	3,36	3,86	4,86	4,72	4,89	5,28	4,94	4,53
(5,19)	37,35	Mossoró	RN	5,39	5,36	5,08	4,81	5,00	4,67	5,06	5,89	6,03	6,39	6,39	5,92	5,50
(5,80)	35,20	Natal	RN	5,94	5,81	5,72	4,94	5,11	4,53	5,00	5,61	5,61	6,61	6,67	6,39	5,66
(7,74)	35,22	Nazaré da Mata	PB	5,58	5,53	5,50	4,81	4,56	4,00	4,33	4,78	5,42	6,03	6,19	6,06	5,23
(22,92)	43,10	Niterói	RJ	5,33	5,22	5,11	4,22	3,42	2,92	3,22	4,03	5,08	4,75	5,61	5,53	4,54
(22,03)	42,52	Nova Friburgo	RJ	5,19	4,94	4,72	4,00	3,89	3,08	3,50	4,14	4,06	4,11	4,58	5,39	4,30
(1,91)	55,52	Óbidos	PA	4,44	4,47	4,36	4,39	4,78	4,86	5,81	6,31	5,89	5,92	5,64	4,92	5,15
3,83	51,83	Oiapoque	AP	5,11	4,78	4,93	4,49	3,99	4,33	4,31	5,52	6,83	6,14	6,28	5,61	5,19
(8,00)	34,85	Olinda	PE	5,53	5,94	5,50	4,89	4,89	4,22	4,86	5,22	5,50	6,33	6,64	6,28	5,48
(20,70)	44,81	Oliveira	MG	5,69	5,56	5,28	4,61	4,42	4,00	4,44	4,92	4,83	5,31	5,36	5,58	5,00
(7,88)	40,09	Ouricuri	PE	5,53	5,03	5,50	5,00	4,81	4,47	4,86	5,89	5,69	6,03	6,22	5,86	5,41
(22,29)	46,37	Ouro fino	MG	5,31	5,03	5,14	4,64	4,33	3,78	4,19	4,61	4,78	5,39	5,61	6,08	4,91
(26,48)	51,99	Palmas	PR	5,25	4,69	4,50	4,00	3,53	2,78	3,11	3,64	4,08	4,92	5,67	5,83	4,33
(9,99)	36,72	Palmeiras dos Índios	BA	5,56	5,06	5,39	4,67	4,11	3,64	3,97	4,89	4,97	6,03	6,61	5,72	5,05
(28,28)	53,50	Panambi	RS	5,86	5,83	5,19	4,19	3,36	2,64	2,83	3,36	4,33	5,50	6,14	6,36	4,63
(9,74)	37,43	Pão de Açúcar	AL	5,69	5,25	5,47	4,92	4,08	3,94	4,11	4,94	5,06	6,17	6,53	5,75	5,16
(17,22)	46,87	Paracatu	MG	5,50	5,33	5,17	4,69	4,39	4,33	4,75	4,92	4,86	5,00	5,06	5,36	4,95
(12,62)	47,88	Parana	GO	5,17	4,89	5,33	4,72	4,69	4,86	5,39	5,72	5,47	5,11	5,08	5,08	5,13
(25,48)	48,51	Paranaguá	PR	4,81	5,03	4,36	3,67	3,33	2,75	3,06	3,33	3,42	4,39	4,94	5,06	4,01
(19,66)	51,19	Paranaíba	MS	5,47	5,56	5,39	4,72	4,50	3,97	4,53	4,81	4,81	5,72	5,92	5,56	5,08
(2,62)	56,72	Parintins	AM	4,39	4,19	4,47	4,28	4,44	4,56	5,31	5,97	5,67	5,81	5,36	4,94	4,95
(2,91)	41,78	Parnaíba	PI	5,08	5,00	5,00	4,78	5,08	5,25	5,83	6,44	6,47	6,78	6,61	5,89	5,68
(22,40)	44,95	Passa Quatro	MG	5,19	5,25	5,22	4,47	4,11	3,53	3,97	4,58	4,33	5,17	5,61	5,39	4,74
(28,26)	56,05	Passo Fundo	RS	5,72	5,72	4,92	4,11	3,36	2,64	3,08	3,50	4,25	5,39	6,14	6,61	4,62
(7,02)	37,27	Patos	PB	5,78	5,72	6,03	5,58	5,42	4,81	5,19	6,06	6,19	6,64	6,50	6,03	5,83
(18,59)	46,53	Patos de Minas	MG	5,56	5,44	5,31	4,75	4,53	4,19	4,72	5,33	4,97	5,31	5,33	5,31	5,06
(8,17)	41,15	Paulistana	PI	5,00	5,22	5,58	5,08	5,36	5,06	5,50	4,83	5,00	6,33	6,11	5,75	5,40
(9,33)	38,22	Paulo Afonso	BA	5,78	5,67	5,69	5,03	4,36	4,06	4,31	5,25	5,44	6,36	6,50	6,17	5,39
(16,00)	41,34	Pedra Azul	MG	4,94	5,53	5,50	4,47	4,14	3,47	4,03	4,97	4,64	4,89	4,83	5,56	4,75
(8,97)	48,17	Pedro Afonso	GO	5,03	4,31	4,86	4,67	4,75	4,97	5,50	5,94	5,17	5,19	5,19	5,06	5,05
(12,25)	48,54	Peixe	GO	5,25	4,67	5,17	4,64	4,83	4,97	4,58	5,11	6,08	5,11	5,17	4,97	5,05
(31,77)	52,03	Pelotas	RS	6,52	6,22	4,84	3,79	2,97	2,33	2,51	3,22	4,72	5,02	6,20	6,63	4,58
(9,08)	38,31	Petrolândia	BA	5,86	5,86	5,69	5,33	4,94	4,42	5,06	5,56	5,67	6,25	6,28	5,92	5,57
(9,40)	40,50	Petrolina	BA	5,61	6,50	5,47	5,00	4,86	4,50	4,67	5,19	5,42	5,97	5,72	5,56	5,37
(22,48)	43,14	Petrópolis	RJ	5,23	4,54	4,65	4,07	3,61	3,37	3,49	4,07	4,19	4,54	4,88	4,88	4,29
(7,08)	41,47	Picos	PI	4,97	4,89	5,19	5,11	5,25	5,14	4,83	6,33	6,08	6,31	6,08	5,69	5,49
(22,73)	47,59	Pindamonhangaba	SP	5,00	4,61	4,61	3,81	3,28	2,78	3,22	3,78	4,03	4,22	5,06	5,17	4,13
(22,53)	43,99	Pinheiral	RJ	5,42	5,14	4,94	3,92	3,61	3,33	3,61	3,97	4,22	4,75	5,39	5,28	4,47
(22,73)	47,59	Piracicaba	SP	5,42	5,36	5,14	4,56	4,11	3,39	3,89	4,53	4,58	5,17	6,08	5,28	4,79
(22,64)	43,90	Piraí	RJ	5,42	5,44	4,83	3,92	3,53	3,08	3,61	3,81	4,06	4,75	4,94	5,03	4,37
(17,34)	44,94	Pirapora	MG	5,61	5,33	5,64	4,92	5,00	4,50	4,86	5,47	5,42	5,42	5,86	5,14	5,26
(4,28)	41,78	Piripiri	PI	5,36	5,25	5,31	5,11	5,50	5,14	5,56	6,08	6,14	6,50	6,39	5,25	5,63
(21,79)	46,57	Poços de Caldas	MG	5,31	4,94	4,94	4,58	4,00	3,56	3,94	4,72	4,69	5,19	5,50	5,50	4,74
(19,23)	46,00	Pompeu	MG	5,67	5,56	5,50	4,67	4,31	3,89	4,28	4,44	4,53	5,42	5,11	5,42	4,90
(22,54)	55,72	Ponta Porã	PR	5,53	5,56	5,22	4,47	3,81	3,25	3,75	4,06	4,33	5,58	5,97	5,97	4,79
(25,11)	50,17	Ponta Grossa	PR	5,47	5,14	4,75	4,33	3,83	3,08	3,61	4,11	4,31	4,94	5,64	5,69	4,58
(3,89)	42,71	Porto	PI	5,26	5,14	4,97	5,01	5,13	5,27	5,57	6,14	6,29	6,20	5,88	5,50	5,53
(30,04)	51,20	Porto Alegre	RS	5,97	5,50	4,67	3,86	2,92	2,42	2,83	3,33	4,08	5,25	6,03	6,50	4,45
(9,16)	35,32	Porto das Pedras	AL	5,97	5,44	5,58	5,03	4,39	3,92	4,08	5,08	5,17	6,03	6,58	6,11	5,28
(1,75)	52,23	Porto de Mós	PA	4,06	3,89	4,17	4,31	4,86	4,78	5,53	5,69	5,89	6,33	5,64	4,61	4,98
(10,71)	48,41	Porto Nacional	GO	4,89	4,44	4,64	4,53	4,83	5,11	5,56	5,83	5,17	5,08	5,22	5,00	5,03

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
0,68	51,41	Porto Platon	AP	4,25	4,31	4,03	3,86	4,17	4,44	5,28	5,69	5,69	5,94	5,31	4,89	4,82
(26,26)	51,07	Porto União	SC	4,92	4,81	4,33	3,67	3,08	2,58	2,89	3,39	3,75	4,72	5,44	5,58	4,10
(8,77)	63,89	Porto Velho	RO	4,11	4,11	4,56	4,19	4,39	4,58	5,14	5,00	4,78	4,75	4,64	4,42	4,56
(14,09)	46,38	Posse	GO	5,00	4,89	5,42	4,47	4,67	4,42	5,08	5,61	5,06	5,22	4,89	5,25	5,00
(22,13)	51,40	Presidente Prudente	SP	5,42	5,56	5,33	4,75	4,14	3,44	4,08	4,25	4,50	5,72	5,94	5,97	4,93
(10,13)	36,84	Propriá	SE	5,81	5,47	5,47	4,56	4,25	3,78	4,19	4,58	5,44	5,83	6,08	5,94	5,12
(5,19)	39,30	Quixeramobim	CE	5,28	5,36	5,31	4,81	4,89	4,78	5,06	5,97	6,14	6,28	6,19	5,81	5,49
(8,06)	34,89	Recife	PB	6,56	6,40	5,92	5,38	4,72	4,37	4,57	5,06	5,88	6,41	6,63	6,59	5,71
(22,47)	44,45	Resende	RJ	5,42	5,36	4,83	4,00	3,75	3,28	3,83	4,06	4,22	4,75	5,06	5,28	4,49
(21,17)	47,81	Ribeirão Preto	SP	5,37	5,35	5,14	4,75	4,08	3,80	4,05	4,71	4,87	5,47	5,77	5,35	4,89
(9,98)	67,82	Rio Branco	AC	4,25	4,11	4,44	4,17	4,17	3,94	4,81	4,94	4,56	5,08	4,89	4,22	4,47
(22,91)	44,21	Rio de Janeiro	RJ	5,86	5,67	5,22	4,06	3,83	3,22	3,78	4,06	4,22	4,86	5,28	5,61	4,64
(22,97)	43,22	Rio de Janeiro (J. Bot.)	RJ	4,61	4,61	3,81	3,28	2,81	3,22	3,78	4,08	4,02	4,22	5,06	4,81	4,03
(32,04)	52,09	Rio Grande	RS	6,19	5,47	4,78	3,81	2,94	2,28	2,56	3,28	4,00	5,31	6,14	6,67	4,45
(26,09)	49,80	Rio Negro	SC	4,69	4,92	4,44	3,72	3,14	2,75	3,14	3,44	3,75	4,61	5,44	5,22	4,11
(17,79)	50,92	Rio Verde	GO	5,86	5,14	5,33	4,64	4,39	4,22	4,97	5,19	4,75	5,33	5,08	5,17	5,01
(11,00)	62,00	Rondônia	RO	4,52	4,52	4,66	4,43	4,47	4,31	5,35	5,38	4,97	5,11	4,76	4,50	4,75
(16,18)	42,29	Salinas	MG	5,47	5,11	5,50	4,22	3,89	3,47	3,89	4,97	4,53	4,89	4,94	5,33	4,68
(12,96)	38,49	Salvador	BA	6,50	6,33	5,50	4,25	3,97	3,53	5,14	5,06	5,67	5,67	6,53	6,75	5,41
(22,92)	43,73	Santa Cruz	RJ	5,33	5,33	5,00	4,31	3,86	3,31	3,39	4,17	4,47	4,86	5,17	5,64	4,57
(0,41)	65,01	Santa Isabel do Rio Negro	AM	4,50	4,44	4,67	4,33	4,25	4,11	3,83	4,86	4,00	4,33	4,14	4,83	4,36
(29,68)	53,82	Santa Maria	RS	5,97	5,61	4,86	4,03	3,14	2,50	2,81	3,44	4,19	5,67	6,61	6,97	4,65
(21,95)	42,01	Santa Maria Madalena	MG	5,31	5,36	4,83	3,86	3,33	2,92	3,44	4,00	4,06	4,75	4,81	4,92	4,30
(33,51)	53,38	Santa Vitória do Palmar	RS	6,22	5,44	4,78	3,78	2,89	2,28	2,56	3,36	3,92	5,36	6,36	6,67	4,47
(30,84)	55,53	Santana do Livramento	RS	5,89	5,36	4,61	3,94	3,03	2,44	2,64	3,33	4,11	5,22	6,36	6,78	4,48
(2,43)	54,73	Santarém	PA	4,42	4,19	4,07	4,07	4,07	4,19	4,54	5,12	5,35	5,12	4,77	4,61	4,54
(23,95)	46,32	Santos	SP	4,89	5,03	4,39	3,83	3,50	3,03	3,39	3,56	3,56	4,31	4,94	5,08	4,13
(21,44)	43,53	Santos Dumont	MG	4,97	4,72	4,67	4,06	3,89	2,97	3,56	4,28	4,56	4,11	5,28	5,14	4,35
(15,95)	44,86	São Francisco	MG	6,36	5,95	5,37	5,16	4,71	4,43	4,66	5,21	5,38	5,75	5,66	5,47	5,34
(23,70)	46,56	São Bernardo do Campo	SP	4,89	4,81	4,69	4,03	3,44	3,06	3,53	3,53	3,83	4,53	5,17	5,06	4,21
(22,02)	47,89	São Carlos	SP	5,42	5,42	5,25	4,58	4,22	3,69	4,22	3,44	4,78	5,61	5,61	5,39	4,80
(5,90)	42,11	São Félix do Piauí	PI	5,33	4,78	4,89	5,14	5,39	5,19	5,83	6,31	6,00	6,08	6,14	5,56	5,55
(6,65)	52,00	São Félix do Xingu	PA	3,83	3,75	4,17	4,00	4,25	4,72	5,22	5,31	4,72	4,64	4,44	4,22	4,44
(26,24)	48,63	São Francisco do Sul	SC	5,14	4,92	4,50	3,81	3,08	2,69	3,00	3,17	3,56	4,58	5,19	5,61	4,10
(19,00)	40,54	São Gabriel da Palha	ES	5,25	4,81	5,22	4,00	3,78	3,19	3,75	4,28	3,89	4,89	4,86	5,14	4,42
(19,00)	40,54	São Gabriel da Palha	ES	5,25	4,81	5,22	4,00	3,78	3,19	3,75	4,28	3,89	4,89	4,86	5,14	4,42
(8,35)	42,25	São João da Piauí	PI	5,33	5,03	5,28	5,06	4,78	4,53	5,36	6,25	6,36	6,14	6,03	5,44	5,47
(28,30)	49,94	São Joaquim	SC	4,83	4,58	4,25	3,58	3,11	3,22	2,83	3,00	3,67	4,78	5,08	5,28	4,02
(23,20)	45,89	São José dos Campos	SP	5,22	4,92	4,81	4,14	3,64	3,22	3,64	4,17	4,19	4,75	5,39	5,28	4,45
(22,12)	45,49	São Lourenço	MG	5,42	5,44	5,06	4,33	4,00	3,44	3,75	4,58	4,69	5,50	4,92	5,25	4,70
(2,55)	44,27	São Luiz	MA	4,33	4,28	4,06	3,89	4,44	4,75	5,31	5,89	5,78	6,03	5,03	5,17	4,91
(28,40)	54,97	São Luiz Gonzaga	RS	5,72	5,42	4,81	4,11	3,17	2,47	2,89	4,27	4,17	5,28	6,03	6,11	4,54
(25,82)	50,38	São Mateus do Sul	PR	5,47	5,44	4,83	4,28	3,89	3,39	3,78	4,36	4,44	4,92	5,08	5,36	4,60
(26,76)	53,57	São Miguel do Oeste	SC	5,72	5,53	4,89	4,25	3,53	2,97	3,22	3,72	4,00	5,53	6,58	6,19	4,68
(23,55)	46,63	São Paulo	SP	4,50	5,00	4,06	3,61	3,19	2,94	3,22	3,72	3,75	4,03	5,00	4,53	3,96
(21,48)	47,56	São Simão	SP	5,39	5,25	5,36	4,78	4,33	3,86	4,33	4,86	4,81	5,50	5,72	5,47	4,97
(0,12)	67,08	São Gabriel da Cachoeira	AM	4,56	4,72	5,00	4,64	4,64	4,33	4,75	5,06	5,19	5,33	5,03	5,11	4,86
(12,45)	38,96	São Gonçalo dos Campos	BA	5,78	6,03	5,25	4,44	4,03	3,69	4,22	4,44	5,08	5,86	5,42	5,75	5,00
(9,07)	68,67	Sena Madureira	AC	4,22	4,22	4,36	4,00	4,11	4,17	4,78	5,47	5,08	5,19	5,31	4,83	4,65
(10,46)	40,33	Senhor do Bonfim	BA	4,89	4,64	5,28	4,33	3,69	3,58	3,81	4,56	4,86	5,19	5,67	5,00	4,63
(11,65)	39,01	Serrinha	BA	5,22	4,97	5,56	4,67	3,89	3,75	4,11	4,61	4,83	5,53	6,03	5,17	4,86

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
(19,46)	44,25	Sete Lagoas	MG	5,81	5,89	5,61	4,97	4,67	4,22	4,75	5,47	5,08	5,42	5,33	5,67	5,24
(3,66)	40,35	Sobral	CE	4,92	4,81	4,89	4,44	5,06	4,78	5,33	6,03	5,97	6,06	5,92	5,61	5,32
(0,73)	48,50	Soure	PA	4,50	4,33	4,25	4,14	4,64	5,06	5,61	6,17	6,08	6,69	5,97	5,53	5,25
(7,85)	35,75	Surubim	PE	5,72	5,53	5,50	4,89	4,81	4,17	4,33	5,33	5,31	6,03	6,22	6,08	5,33
(12,41)	46,43	Taguatinga	GO	4,94	4,67	5,03	4,44	4,53	4,72	5,14	5,53	5,19	5,00	4,97	5,08	4,94
(2,50)	54,32	Taperinha	AM	4,39	4,17	4,25	4,67	4,44	4,19	4,92	5,47	5,36	5,50	5,33	4,75	4,79
(8,15)	70,77	Tarauacá	AC	4,08	3,89	4,14	3,94	4,08	4,06	4,50	4,67	4,50	4,44	4,61	4,36	4,27
(6,00)	40,30	Tauá	CE	4,92	4,78	4,89	4,58	4,83	4,69	5,28	5,92	5,72	5,97	5,92	5,44	5,25
(23,03)	45,56	Taubaté	SP	5,22	5,03	4,81	4,06	3,72	3,22	3,72	4,11	4,19	4,75	5,28	5,28	4,45
(3,35)	64,72	Tefé	AM	4,42	4,50	4,56	4,36	4,11	4,14	4,78	5,33	5,06	5,31	5,00	4,61	4,68
(17,88)	41,52	Teófilo Otoni	MG	5,86	5,56	5,33	4,39	4,00	3,39	3,75	4,42	4,28	4,67	4,86	5,39	4,66
(5,09)	42,80	Teresina	PI	5,00	4,86	4,78	4,72	5,00	5,28	6,08	6,56	6,11	6,39	5,67	5,39	5,49
(22,41)	42,97	Teresópolis	RJ	5,31	4,75	4,64	3,83	3,53	3,17	3,50	3,97	4,06	4,17	4,81	5,03	4,23
(24,73)	53,73	Toledo	PR	5,67	5,83	5,25	4,58	3,81	3,11	3,61	3,92	4,14	5,44	5,86	6,39	4,80
(29,33)	47,92	Torres	RS	5,53	5,19	4,58	4,11	3,33	2,61	3,00	3,50	3,94	4,94	5,67	6,00	4,37
(1,09)	46,78	Tracuateua	PA	4,33	4,17	4,06	3,92	4,42	4,56	5,19	5,83	5,78	6,19	6,00	5,17	4,97
(22,97)	45,55	Tremembé	SP	5,00	4,92	4,72	4,14	3,64	3,22	3,64	4,17	4,28	4,64	5,39	5,06	4,40
(21,70)	45,26	Três Corações	MG	5,90	5,33	4,93	4,44	3,90	3,56	3,81	4,47	4,54	4,90	5,25	5,06	4,67
(20,79)	51,70	Três Lagoas	MS	5,61	5,89	5,56	4,56	4,08	3,72	4,39	4,56	4,72	5,72	5,72	5,58	5,01
(7,84)	38,10	Triunfo	PB	5,61	5,64	5,50	5,00	4,81	4,22	4,58	5,69	5,78	6,33	6,33	6,08	5,46
(3,76)	49,68	Tucuruí	PA	4,22	3,92	4,67	4,44	4,78	5,03	5,44	5,53	4,97	4,89	4,78	4,69	4,78
(1,67)	45,30	Turiação	MA	4,06	4,56	3,94	4,03	4,39	4,61	4,97	5,61	5,58	5,69	5,72	5,00	4,85
(0,08)	67,05	Uapes	AM	4,54	4,88	4,77	4,42	4,19	4,07	4,30	4,88	5,12	5,00	4,88	4,54	4,63
(23,43)	45,07	Ubatuba	SP	4,92	4,92	4,61	3,67	3,39	2,94	3,61	3,67	4,11	4,28	4,72	5,06	4,16
(19,74)	47,94	Uberaba	MG	5,69	5,67	5,50	4,89	4,61	4,19	4,69	5,19	5,14	5,72	6,03	5,44	5,23
(7,25)	44,56	Uruçuí	PI	4,97	4,89	4,89	4,92	5,06	5,47	5,92	5,47	5,89	5,78	5,44	5,17	5,32
(29,77)	56,98	Uruguaiana	RS	6,19	5,92	5,03	4,08	3,22	2,53	2,89	3,56	4,44	5,67	6,61	6,86	4,75
(13,01)	58,28	Utiariti	MT	4,56	4,56	4,83	4,50	4,75	4,50	5,00	5,50	5,17	4,78	5,61	5,00	4,90
(22,41)	43,65	Vassouras	RJ	5,64	5,67	5,14	4,14	3,83	3,33	3,83	4,14	4,14	4,86	5,17	5,50	4,62
(20,33)	41,13	Venda Nova	ES	5,17	4,83	5,19	4,08	3,67	3,42	3,64	4,25	3,83	4,67	4,33	4,64	4,31
(20,76)	42,87	Viçosa	MG	5,72	5,78	5,28	4,39	4,08	3,58	3,94	4,56	4,36	4,75	5,03	5,47	4,75
(20,26)	40,42	Vitória	SP	6,14	5,97	5,50	4,56	4,17	3,67	3,89	4,53	4,31	5,11	5,00	5,67	4,88
(14,86)	40,84	Vitória da Conquista	BA	5,25	4,81	5,50	4,33	4,03	3,44	3,94	5,03	4,56	4,78	5,03	5,28	4,67
(22,51)	44,12	Volta Redonda	RJ	4,64	4,83	3,94	2,83	3,39	2,83	3,14	3,97	4,14	4,44	5,06	4,92	4,01
(20,41)	49,98	Votuporanga	SP	5,28	6,19	5,47	4,78	4,25	3,81	4,50	4,92	4,83	5,83	5,92	5,58	5,11
(26,86)	52,41	Xanxerê	SC	5,50	5,44	5,06	4,19	3,53	2,58	3,28	3,61	4,58	5,33	6,00	6,08	4,60

10.3 FABRICANTES E RESPECTIVOS MÓDULOS SOLARES FV DISPONÍVEIS NO MERCADO INTERNACIONAL

Tabela 10.3 – Fabricantes e modelos de painéis solares fotovoltaicos¹⁴

Fabricante/Modelo	Material	Área (m ²)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmp (V)
Advent Solar 160	mc-Si ¹⁵	1,312	5,564	42,832	5,028	32,41
ASE-100-ATF/17 (100)	EFG ¹⁶ mc-Si	0,828	6,4	21,1	5,8	17,2
ASE-100-ATF/17 (85)	EFG mc-Si	0,828	5,6	20,7	5,1	16,8
ASE-100-ATF/17 (92)	EFG mc-Si	0,828	6	20,8	5,4	17
ASE-100-ATF/34 (100)	EFG mc-Si	0,828	3,2	42,2	2,9	34,4
ASE-100-ATF/34 (85)	EFG mc-Si	0,828	2,8	41,4	2,5	33,6
ASE-100-ATF/34 (92)	EFG mc-Si	0,828	3	41,6	2,7	34
ASE-300-DGF/17 (265)	EFG mc-Si	2,427	17,3	20,7	15,8	16,8
ASE-300-DGF/17 (285)	EFG mc-Si	2,427	18,4	20,8	16,8	17
ASE-300-DGF/17 (300)	EFG mc-Si	2,427	19,1	21,1	17,4	17,2
ASE-300-DGF/50	EFG mc-Si	2,43	6,346	63,36	5,782	50,24
ASE-300-DGF/50 (265)	EFG mc-Si	2,427	5,8	62	5,3	50
ASE-300-DGF/50 (285)	EFG mc-Si	2,427	6,2	62,5	5,6	50,5
ASE-300-DGF/50 (300)	EFG mc-Si	2,427	6,5	63,3	5,9	51
ASE-50-ALF/17	EFG mc-Si	0,435	3,095	21,2	2,826	17,05
ASE-50-ATF/17 (45)	EFG mc-Si	0,435	2,9	20,7	2,65	17
ASE-50-ATF/17 (50)	EFG mc-Si	0,435	3,2	21,1	2,9	17,2
AstroPower AP-100	c-Si ¹⁷	0,974	7,069	20,99	6,192	16,07
AstroPower AP-100	c-Si	0,974	7,2	20,1	6,2	16,1
AstroPower AP-110	c-Si	0,974	7,5	20,7	6,6	16,7
AstroPower AP-110	c-Si	0,974	6,99	21,45	6,11	17,03
AstroPower AP-120	c-Si	0,974	7,32	21,52	6,52	16,82
AstroPower AP-120	c-Si	0,974	7,7	21	7,1	16,9
AstroPower AP-1206	c-Si	0,974	7,407	21,19	6,629	16,36
AstroPower AP-130	c-Si	1,12	7,35	25,07	6,57	19,46
AstroPower AP-130	c-Si	1,12	7,6	24,6	6,9	18,9
AstroPower AP-50	c-Si	0,567	3,3	21,5	3	16,7
AstroPower AP-50	c-Si	0,567	3,2	21,99	2,79	17,14
AstroPower AP-65	c-Si	0,631	4,6	20,5	4	16,3
AstroPower AP75	c-Si	0,634	4,509	21,42	4,013	16,85
AstroPower AP-75	c-Si	0,631	4,51	21,38	3,99	16,97
AstroPower AP-75	c-Si	0,633	4,55	21,39	4,069	16,84
AstroPower AP-75	c-Si	0,631	4,8	21	4,4	17
AstroPower AP-75	c-Si	0,633	4,8	21	4,4	17
AstroPower AP-8225	Si-Film ¹⁸	0,974	5,737	19,87	5,18	15,34
AstroPower APX-110-SL	Si-Film	1,485	10,5	16	9	12,2

¹⁴ <http://photovoltaics.sandia.gov/docs/Database.htm>

¹⁵ mc-Si (multicrystalline silicon).

¹⁶ EFG (Edge Fed Growth silicon).

¹⁷ c-Si (crystal silicon).

¹⁸ Si-Film (silicon film).

Fabricante/Modelo	Material	Área (m ²)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmp (V)
AstroPower APX-110-SL	Si-Film	1,485	10,36	16,44	8,84	12,23
AstroPower APX-120	Si-Film	1,72	9,7	18,9	8,1	14,8
AstroPower APX-120	Si-Film	1,72	9,18	18,78	7,84	13,82
AstroPower APX-130	Si-Film	1,72	9,75	19,41	8,44	14,42
AstroPower APX-130	Si-Film	1,72	9,9	19,1	8,5	15,3
AstroPower APX-140	Si-Film	1,72	10,1	19,4	8,9	15,7
AstroPower APX-40	Si-Film	0,657	3	20,3	2,5	16
AstroPower APX-45	Si-Film	0,657	3,31	21,14	2,84	16,47
AstroPower APX-45	Si-Film	0,566	2,9	21,9	2,6	17,3
AstroPower APX-45	Si-Film	0,657	3,3	20,5	2,7	16,7
AstroPower APX-50	Si-Film	0,657	3,4	20,7	3	16,8
AstroPower APX-65	Si-Film	0,955	4,71	20,22	4,11	15,27
AstroPower APX-65	Si-Film	0,955	4,7	20,5	4	16,3
AstroPower APX-75	Si-Film	0,955	4,8	21	4,4	17
AstroPower APX-75-SC	Si-Film	1,012	9,7	11	8,6	8,7
AstroPower APX-90	Si-Film	1,078	5,8	21,9	5,2	17,3
BP Solar BP2140S	c-Si	1,26	4,48	42,8	4,16	34
BP Solar BP2150S	c-Si	1,26	4,75	42,8	4,45	34
BP Solar BP270	c-Si	0,63	4,48	21,4	4,16	17
BP Solar BP275	c-Si	0,63	4,75	21,4	4,45	17
BP Solar BP3125	mc-Si	1,01774	7,54	22,1	7,1	17,6
BP Solar BP350	mc-Si	0,450543	3,17	21,8	2,89	17,3
BP Solar BP365	mc-Si	0,557722	3,99	22,1	3,69	17,6
BP Solar BP375 (E)	mc-Si	0,649	4,75	21,8	4,35	17,3
BP Solar BP380	mc-Si	0,649	4,822	21,83	4,499	17,34
BP Solar BP380 (E)	mc-Si	0,649	4,8	22,1	4,55	17,6
BP Solar BP4150	c-Si	1,25847	4,75	43,6	4,33	34,8
BP Solar BP4160	c-Si	1,25847	4,9	44,2	4,52	35,4
BP Solar BP4170	c-Si	1,25847	5,1	44,4	4,78	35,6
BP Solar BP5130	c-Si	1,09	4,8	36,3	4,5	29,8
BP Solar BP580	c-Si	0,646	4,7	22	4,44	18
BP Solar BP580	c-Si	0,63	4,7	22	4,44	18
BP Solar BP585	c-Si	0,646	5	22,1	4,72	18
BP Solar BP585	c-Si	0,631	4,967	22,18	4,703	18,35
BP Solar BP585	c-Si	0,63	5	22	4,7	18
BP Solar BP980	CdTe ¹⁹	0,945	3	45,2	2,48	32,3
BP Solar BP990	CdTe	0,945	3,03	46,4	2,59	34,8
BP Solar MSX110	mc-Si	1,098028	3,6	41,6	3,3	33,6
BP Solar MSX120	mc-Si	1,098028	3,87	42,1	3,56	33,7
BP Solar MSX60	mc-Si	0,55471	3,8	21,1	3,5	17,1
BP Solar MSX64	mc-Si	0,55471	4	21,3	3,66	17,5
BP Solar SX3150	mc-Si	1,201	4,75	43,5	4,35	34,5
BP Solar SX3160	mc-Si	1,201	4,8	44,2	4,55	35,1
BP Solar SX3190	mc-Si	1,4062	8,5	30,6	7,82	24,3
BP Solar SX3195	mc-Si	1,4062	8,6	30,7	7,96	24,4

¹⁹ CdTe (Cadmium Telluride)

Fabricante/Modelo	Material	Área (m2)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmp (V)
First Solar FS-45	CdTe	0,7728	0,9	87	0,75	60
First Solar FS-50	CdTe	0,72	0,975	89,45	0,748	60,57
First Solar FS-50	CdTe	0,72	1	90	0,77	65
First Solar FS-50D	CdTe	0,72	1,066	79,58	0,918	56,78
First Solar FS-55	CdTe	0,7728	1	90	0,84	65
Kyocera KC40T	mc-Si	0,343	2.65	21.10	2.48	17.7
Kyocera KC50T	mc-Si	0,418	3.31	21.9	3.11	17.6
Kyocera KC60	mc-Si	0,489	3,73	21,5	3,55	16,9
Kyocera KC65T	mc-Si	0,49	3.99	21.8	3.75	17.5
Kyocera KC80	mc-Si	0,636	4,72	21,6	4,37	17,29
Kyocera KC80	mc-Si	0,63	4,97	21,5	4,73	16,9
Kyocera KC120-1	mc-Si	0,929	7,45	21,5	7,1	16,9
Kyocera KC120-1	mc-Si	0,929	6,968	21,45	6,462	16,73
Kyocera KC130GT	mc-Si	0,928	8.02	21.9	7.39	17.6
Kyocera KC130TM	mc-Si	0,928	8.03	21.10	7.39	17.7
Kyocera KC150G	mc-Si	1,277	6,69	28,37	6,21	22,31
Kyocera KC150G	mc-Si	1,277	7,26	28,5	6,67	22,5
Kyocera KC158G	mc-Si	1,277	7,58	28,9	6,82	23,2
Kyocera KC175GT	mc-Si	1,278	8.09	29.2	7.42	23.6
Kyocera KC200GT	mc-Si	1,414	8.21	32.9	7.61	26.3
Kyocera KC85T	mc-Si	0,656	5.34	21.7	5.02	17.4
Kyocera KS5	mc-Si	0,072	0.31	21.73	0.29	17.43
Kyocera KS10	mc-Si	0,107	0.63	21.72	0.58	17.42
Kyocera KS20	mc-Si	0,182	1.26	21.71	1.16	17.41
Kyocera KS40	mc-Si	0,34	2.51	21.70	2.30	17.40
Mitsubishi PV-MF165EB3	mc-Si	1,264	7,36	30,4	6,83	24,2
Mitsubishi PV-MF165EB3	mc-Si	1,264	7,47	30,71	6,85	23,94
Mitsubishi PV-MF170EB4	mc-Si	1,264	7,38	30,6	6,93	24,6
Mitsubishi PV-MF170UD4	mc-Si	1,3828	7,83	29,9	7,19	23,7
Mitsubishi PV-MF175UD4	mc-Si	1,3828	7,93	30,2	7,32	23,9
Mitsubishi PV-MF180UD4	mc-Si	1,3828	8,03	30,4	7,45	24,2
Mitsubishi PV-MF185UD4	mc-Si	1,3828	8,13	30,6	7,58	24,4
Photowatt PW1000 (100W/12V)	mc-Si	0,898	6	21,6	5,8	17,2
Photowatt PW1000 (100W/24V)	mc-Si	0,898	3	43,2	2,9	34,4
Photowatt PW1000 (105W/12V)	mc-Si	0,898	6,3	21,6	6,1	17,3
Photowatt PW1000 (105W/24V)	mc-Si	0,898	3,15	43,2	3,05	34,6
Photowatt PW1000 (24V)	mc-Si	0,898	3,12	43,16	2,74	33,72
Photowatt PW1000 (90W/12V)	mc-Si	0,898	5,6	21,5	5,4	16,8
Photowatt PW1000 (90W/24V)	mc-Si	0,898	2,8	43	2,7	33,6
Photowatt PW1000 (95W/12V)	mc-Si	0,898	5,8	21,6	5,6	17
Photowatt PW1000 (95W/24V)	mc-Si	0,898	2,91	43,2	2,8	34
Photowatt PWX100	mc-Si	0,152	0,705	21,6	0,696	17
Photowatt PWX200	mc-Si	0,266	1,4	20,2	1,28	16
Photowatt PWX500	mc-Si	0,463	3,107	21,59	2,823	16,99
Photowatt PWX500 (42W)	mc-Si	0,45	2,7	21,3	2,5	16,8
Photowatt PWX500 (47W)	mc-Si	0,45	3,1	21,6	2,8	17
Photowatt PWX500 (52W)	mc-Si	0,45	3,3	21,9	3	17,3

Fabricante/Modelo	Material	Área (m ²)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmp (V)
Photowatt PWX750 (70W)	mc-Si	0,707	4,5	21,3	4,2	16,7
Photowatt PWX750 (75W)	mc-Si	0,707	4,7	21,6	4,4	17
Photowatt PWX750 (80W)	mc-Si	0,707	5	21,9	4,6	17,3
Sanyo H168 PSEL2115	HIT-Si ²⁰	1,19	4,104	67,1	3,819	53,98
Sanyo HIP-190BA2	HIT-Si	1,15	3,708	69,339	3,424	56,71
Sanyo HIP-190BA2	HIT-Si	1,15	3,75	67,5	3,47	54,8
Sanyo HIP-2717 (27.8W)	HIT-Si	0,26	1,82	21,6	1,63	17,1
Sanyo HIP-63S1 (63W)	HIT-Si	0,465	3,75	22,6	3,49	18,1
Sanyo HIP-6751B	HIT-Si	1,148	3,52	66,47	3,23	52,87
Sanyo HIP-6751B	HIT-Si	1,148	3,63	64,9	3,25	51,4
Sanyo HIP-Bifacial	HIT-Si	1,15	3,7	67,6	3,44	55,9
Sanyo HIP-H552BA2 (175W)	HIT-Si	1,15	3,712	65,8	3,427	51,6
Sanyo HIP-HO97	HIT-Si	1,148	3,78	65,79	3,41	52,69
Sanyo HIP-HO97	HIT-Si	1,148	3,64	65,7	3,31	52,9
Sanyo HIP-J54BA2 (180W)	HIT-Si	1,15	3,65	66,4	3,33	54
Schott SAPC 165	mc-Si	1,301	5,145	43,69	4,693	34,43
Schott SAPC 165	mc-Si	1,301	5,46	43,1	4,77	34,6
Sharp ND-123U1	mc-Si	0,992	8,1	21,3	7,16	17,2
Sharp ND-167U1	mc-Si	1,333	7,91	29	7,1	23,3
Sharp ND-167U1F	mc-Si	1,3101	8,02	29,04	7,27	22,97
Sharp ND-167U1F	mc-Si	1,3101	8,016	29,29	7,335	23,256
Sharp ND-208U1	mc-Si	1,2922	8,13	36,1	7,3	28,5
Sharp ND-208U1F	mc-Si	1,2922	7,99	36,3	7,25	28,71
Sharp NEH120E1	mc-Si	0,944	5,085	32,78	4,604	25,75
Sharp NEH120E1	mc-Si	0,96	5,3	32,3	4,67	25,7
Sharp NT-5AE3D (175W)	mc-Si	1,3	5,388	45,59	4,87	35,95
Shell 80-P	c-Si	0,632	5,35	21,07	4,76	16,9
Shell 85-P	c-Si	0,632	5,45	21,44	4,95	17,2
Shell S25	mc-Si	0,247	1,50	20,57	1,40	16,5
Shell S36	mc-Si	0,349	2,30	20,57	2,20	16,5
Shell S80	mc-Si	0,68	5,357	21,65	4,801	17,36
Shell S165	mc-Si	1,32	5,095	43,35	4,577	34,88
Shell SM46	c-Si	0,356	3,35	18,20	3,15	14,6
Shell SM50	c-Si	0,425	3,4	20,70	3,05	16,6
Shell SM50-H	c-Si	0,401	3,4	19,8	3,15	15,9
Shell SM55	c-Si	0,425	3,4	21,7	3,15	17,4
Shell SP65	c-Si	0,632	4,5	20,20	3,95	16,5
Shell SM110 - 8xSM110 Array	c-Si	6,933	26,81	44,24	24,57	35,71
Shell SP140	c-Si	1,32	4,7	42,8	4,24	33
Shell SP150	c-Si	1,32	4,8	43,4	4,41	34
Shell ST10	CIS ²¹	0,127	0,77		0,64	15,6
Shell ST20	CIS	0,245	1,54		1,29	15,6
Shell ST40	CIS	0,425	2,68		2,41	16,6
Siemens SM10	c-Si	0,119	0,71	19,9	0,61	16,3
Siemens SM20	c-Si	0,186	1,6	18	1,38	14,5

²⁰ HIT-Si (Heterojunction Intrinsic with Thin-layer) – Silicon.

²¹ CIS (Copper Indium Selenide).

Fabricante/Modelo	Material	Área (m ²)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmp (V)
Siemens SM46	c-Si	0,356	3,35	18	3,15	14,6
Siemens SM50	c-Si	0,425	3,4	21,4	3,05	16,6
Siemens SM50/H	c-Si	0,401	3,35	19,8	3,15	15,9
Siemens SM55	c-Si	0,425	3,313	21,4	3,038	17,31
Siemens SM55	c-Si	0,425	3,45	21,7	3,15	17,4
Siemens SM6	c-Si	0,058	0,394	19,49	0,339	15,79
Siemens SM6	c-Si	0,058	0,42	19,5	0,39	15
Siemens SP130	c-Si	1,317	4,366	43,45	3,916	34,15
Siemens SP130	c-Si	1,317	4,5	42,8	3,95	33
Siemens SP140	c-Si	1,317	4,7	42,8	4,25	33
Siemens SP150	c-Si	1,317	4,8	43,4	4,4	34
Siemens SP18 (12V)	c-Si	0,174	1,2	21,7	1,1	17
Siemens SP18 (6V)	c-Si	0,174	2,4	10,9	2,1	8,5
Siemens SP36 (12V)	c-Si	0,333	2,4	21,7	2,1	17
Siemens SP36 (6V)	c-Si	0,333	4,8	10,9	4,2	8,5
Siemens SP65 (12V)	c-Si	0,633	4,5	21,4	3,95	16,5
Siemens SP70 (12V)	c-Si	0,633	4,7	21,4	4,25	16,5
Siemens SP70 (6V)	c-Si	0,633	9,4	10,7	8,5	8,25
Siemens SP75	c-Si	0,633	4,593	21,74	4,174	17,11
Siemens SP75 (12V)	c-Si	0,633	4,8	21,7	4,4	17
Siemens SP75 (6V)	c-Si	0,633	9,6	10,9	8,8	8,5
Siemens SR100 (12V)	c-Si	0,89	6,3	22	5,6	17,7
Siemens SR100 (6V)	c-Si	0,89	12,6	11	11,2	8,85
Siemens SR50 (12V)	c-Si	0,465	3,2	21,6	2,95	17
Siemens SR50 (6V)	c-Si	0,465	6,4	10,8	5,9	8,5
Siemens SR90 (12V)	c-Si	0,89	6,1	21,6	5,4	17
Siemens SR90 (12V)	c-Si	0,89	5,404	22,03	4,972	17,63
Siemens SR90 (6V)	c-Si	0,89	12,2	10,8	10,8	8,5
Siemens ST10	CIS	0,128	0,648	25,26	0,566	19,63
Siemens ST10	CIS	0,127	0,74	21	0,64	15,6
Siemens ST20	CIS	0,245	1,48	21	1,29	15,6
Siemens ST40	CIS	0,424	2,59	22,2	2,41	16,6
Siemens ST5	CIS	0,0676	0,401	22,28	0,346	16,76
Siemens ST5	CIS	0,0676	0,37	21	0,32	15,6
Solar Fabrik SF-100	EFG mc-Si	0,825	3,289	41,814	3	34
Solar Fabrik SF-115	c-Si	0,973	7,507	21,377	6,9	16,8
Solarex MST-43LV	2-a-Si ²²	0,822	3,53	22,27	2,57	16,67
Solarex MST-43LV	2-a-Si	0,822	3,272	21,73	2,556	15,91
Solarex MST-43MV	2-a-Si	0,822	0,787	101	0,616	71
Solarex MST-43MV	2-a-Si	0,822	0,754	96,8	0,59	73,5
Solarex MSX-110	mc-Si	1,098	3,69	41,2	3,34	32,9
Solarex MSX-120	mc-Si	1,098	3,87	42,1	3,56	33,7
Solarex MSX-120	mc-Si	1,098	3,8	42,6	3,5	34,2
Solarex MSX-240	mc-Si	2,12	3,8	84,2	3,5	68,4
Solarex MSX-60	mc-Si	0,556	3,8	21,1	3,5	17,1

²² 2-a-Si (amorphous-Silicon)

Fabricante/Modelo	Material	Área (m ²)	Isc (A)	Voc (V)	Imp (A)	Vmp (V)
Solarex MSX-64	mc-Si	0,556	4	21,3	3,66	17,5
Solarex MSX-64	mc-Si	0,556	3,832	21,41	3,531	16,95
Solarex MSX-64 (SiNx Proto)	mc-Si	0,556	4,042	21,701	3,7362	17,354
Solarex MSX-77	mc-Si	0,732	5	21	4,56	16,9
Solarex MSX-83	mc-Si	0,732	5,27	21,2	4,85	17,1
SunPower 72 Cell prototype	c-Si	1,32	5,738	48,793	5,32	40,577
SunPower SPR-200	c-Si	1,244	5,4	47,75	5	40
SunPower SPR-210	c-Si	1,244	5,65	47,75	5,25	40
SunPower SPR-210	c-Si	1,244	5,835	48,47	5,415	40,05
SunPower SPR-220 (CS)	c-Si	1,244	5,988	48,53	5,56	40,03
SunPower SPR-220 (PVL)	c-Si	1,244	5,975	48,47	5,547	40,06
SunPower SPR-90	c-Si	0,547	5,5	21,2	5,1	17,7
Uni-solar PVL-116	3-a-Si	1,916268	4,8	43,2	3,88	30
Uni-solar PVL-124	3-a-Si	1,973	5,1	42	4,1	30
Uni-solar PVL-128	3-a-Si	2,155998	4,8	47,6	3,88	33
Uni-solar PVL-136	3-a-Si	2,161	5,1	46,2	4,1	33
Uni-solar PVL-29	3-a-Si	0,479	4,8	10,8	3,88	7,5
Uni-solar PVL-58	3-a-Si	0,958134	4,8	21,6	3,88	15
Uni-solar PVL-64	3-a-Si	1,080742	4,8	23,8	3,88	16,5
Uni-solar PVL-68	3-a-Si	1,1225	5,1	23,1	4,1	16,5
Uni-solar PVL-87	3-a-Si	1,437201	4,8	32,4	3,88	22,5
USSC UniSolar PVL-136	3-a-Si	2,161	5,1	46,2	4,1	33
USSC UniSolar US-21	3-a-Si	0,356	1,59	23,8	1,27	16,5
USSC UniSolar US-32	3-a-Si	0,525	2,4	23,8	1,94	16,5
USSC UniSolar US-32	3-a-Si	0,525	2,55	21,3	2,05	15,6
USSC UniSolar US-32	3-a-Si	0,525	2,616	21,52	2,122	15,16
USSC UniSolar US-42	3-a-Si	0,688	3,17	23,8	2,54	16,5
USSC UniSolar US-64	3-a-Si	1,01	5,1	21,3	4,1	15,6
USSC UniSolar US-64	3-a-Si	1,01	5,066	21,71	4,144	15,49
USSC UniSolar US-64	3-a-Si	1,01	4,8	23,8	3,88	16,5

10.4 FABRICANTES E RESPECTIVOS CONTROLADORES DE CARGA PARA SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Tabela 10.4 – Fabricantes e modelos de controladores de carga²³

Fabricante/Modelo	Tecnologia	Voltagem (V)	Corrente (A)
MorningStar/ProStar PS-15	PWM ²⁴	12/24	15
MorningStar/ProStar PS-15M	PWM	12/24	15
MorningStar/ProStar PS-15M/48V	PWM	48	15
MorningStar/ProStar PS-30	PWM	12/24	30
MorningStar/ProStar PS-30M	PWM	12/24	30
MorningStar/ProStar PS-15M/48V-PG	PWM	48	15
MorningStar/ProStar PS-30M-PG	PWM	12/24	30
MorningStar/SunSaver 6	PWM	12	6,5
MorningStar/SunSaver 6L	PWM	12	6,5
MorningStar/SunSaver10	PWM	12	10
MorningStar/SunSaver 10L	PWM	12	10
MorningStar/SunSaver 20L	PWM	12	20
MorningStar/SunSaver 10L-24	PWM	24	10
MorningStar/SunSaver 20L-24	PWM	24	20
MorningStar/SunGuard 4	PWM	12	4,5
MorningStar/SHS 6	PWM	12	6
MorningStar/SHS 10	PWM	12	10
MorningStar/SK-6	PWM	12	6
MorningStar/SK-12	PWM	12	12
MorningStar/TriStar-45	PWM	12V/24V/48V	45
MorningStar/TriStar-60	PWM	12V/24V/48V	60
MorningStar/SunLigth SL10	PWM	12	10
MorningStar/SunLigth SL24	PWM	24	10
MorningStar/SunLigth SL20	PWM	12	20
SpecialtyConcepts/ASC 12/8	PWM	12	8
SpecialtyConcepts/ASC 12/8A	PWM	12	8
SpecialtyConcepts/ASC 12/8AE	PWM	12	8
SpecialtyConcepts/ASC 12/16	PWM	12	16
SpecialtyConcepts/ASC 12/16A	PWM	12	16
SpecialtyConcepts/ASC 12/16AE	PWM	12	16
SpecialtyConcepts/ASC 24/16	PWM	24	16
SpecialtyConcepts/MARK/15-12	PWM	12	15
SpecialtyConcepts/MARK/22-12	PWM	12	22
Heliotrope/DC 3000	PWM	12	30/3
OutBack/MX60	MPPT ²⁵	12/24/48	60
Steca/Solarix Alpha	ASIC ²⁶	12/24	8
Steca/PR 1010	ASIC	12/24	10
Steca/Solarix Gamma	ASIC	12/24	12
Steca/PR1515	ASIC	12/24	15

²³ www.kyocerasolar.com/pdf/catalog

²⁴ PWM (Pulse Width Modulation).

²⁵ MPPT (Maximum Power Point Tracking).

²⁶ ASIC (Atonic Special Integrated Circuit).

Fabricante/Modelo	Tecnologia	Voltagem (V)	Corrente (A)
Steca/Solarix Sigma	ASIC	12/24	20
Steca/PR2020	ASIC	12/24	20
Steca/Solarix Omega	ASIC	12/24	30
Steca/PR 3030	ASIC	12/24	30
Steca/Solsum 5.0c	PWM	12/25	5
Steca/Solsum 6.6c	PWM	12/26	6
Steca/Solsum 8.0c	PWM	12/27	8
Steca/Solsum 8.8c	PWM	12/28	8
Steca/PR0303	PWM	12	3
Steca/PR0505	PWM	12	5
Unitron/TotalControl CMT/LVD	-	12	7
Xantrex/C12	PWM	12	12
Xantrex/C40	PWM	12/24	35
Xantrex/C40	PWM	12/24/48	40
Xantrex/C60	PWM	12/24	60

10.5 FABRICANTES E RESPECTIVOS MODELOS DE BATERIAS UTILIZADAS EM SISTEMAS SOLARES

Tabela 10.5 – Fabricantes e modelos de baterias utilizadas em sistemas solares

Fabricante/Modelo	Tipo	Voltagem (V)	CAPACIDADE - Ah			
			C/8	C/10	C/20	C/100
Dynasty GC6V180B ²⁷	AGM ²⁸	6			170	
Dynasty GC12V31B	AGM	12			31	
Dynasty GC12V45B	AGM	12			45	
Dynasty GC12V65B	AGM	12			65	
Dynasty GC12V90B	AGM	12			88	
FirstPower LFP6100D ²⁹	AGM	6			100	
FirstPower LFP6150D	AGM	6			150	
FirstPower LFP6200D	AGM	6			200	
FirstPower FP1250D	AGM	12			5	
FirstPower FP1270D	AGM	12			8	
FirstPower FP1290D	AGM	12			9	
FirstPower FP12120D	AGM	12			12	
FirstPower FP12180D	AGM	12			18	
FirstPower FP12200D	AGM	12			20	
FirstPower FP12240D	AGM	12			24	
FirstPower FP12280D	AGM	12			28	
FirstPower LFP1233D	AGM	12			33	
FirstPower LFP1240D	AGM	12			40	
FirstPower LFP1255D	AGM	12			55	
FirstPower LFP1260D	AGM	12			60	
FirstPower LFP1265D	AGM	12			65	
FirstPower LFP1270D	AGM	12			70	
FirstPower LFP1280D	AGM	12			80	
FirstPower LFP1290D	AGM	12			90	
FirstPower LFP12100D	AGM	12			100	
FirstPower LFP12120D	AGM	12			120	
FirstPower LFP12150D	AGM	12			150	
FirstPower LFP12180D	AGM	12			180	
FirstPower LFP12200D	AGM	12			200	
FirstPower LFP12250D	AGM	12			250	
FirstPower LFP6100G	Gel	6			100	
FirstPower LFP6200G	Gel	6			200	
FirstPower LFP1233G	Gel	12			33	
FirstPower LFP1240G	Gel	12			40	
FirstPower LFP1255G	Gel	12			55	
FirstPower LFP1265G	Gel	12			65	
FirstPower LFP1260G	Gel	12			60	
FirstPower LFP1270G	Gel	12			70	
FirstPower LFP1280G	Gel	12			80	

²⁷ www.cdstandbypower.com/product

²⁸ AGM (Absorbed Glass Mat)

²⁹ www.efirstpower.com

Fabricante/Modelo	Tipo	Voltagem (V)	CAPACIDADE - Ah			
			C/8	C/10	C/20	C/100
FirstPower LFP12100G	Gel	12			100	
FirstPower LFP12120G	Gel	12			120	
FirstPower LFP12134G	Gel	12			134	
FirstPower LFP12150G	Gel	12			150	
FirstPower LFP12180G	Gel	12			180	
FirstPower LFP12200G	Gel	12			200	
FirstPower LFP12250G	Gel	12			250	
FirstPower LFP6200T	AGM	6			200	
FirstPower FP1270T	AGM	12			7	
FirstPower FP12120T	AGM	12			12	
FirstPower FP12180T	AGM	12			18	
FirstPower FP12240T	AGM	12			24	
FirstPower LFP1233T	AGM	12			33	
FirstPower LFP1240T	AGM	12			40	
FirstPower LFP1260T	AGM	12			60	
FirstPower LFP1270T	AGM	12			60	
FirstPower LFP1265L	AGM	12			65	
FirstPower LFP1280T	AGM	12			80	
FirstPower LFP1290T	AGM	12			90	
FirstPower LFP12100T	AGM	12			100	
FirstPower LFP12120T	AGM	12			120	
FirstPower LFP12150T	AGM	12			150	
FirstPower LFP12200T	AGM	12			200	
FirstPower LFP12250T	AGM	12			250	
FullRiver FRGC2 ³⁰	AGM	6			200	250
FullRiver FR24	AGM	12			85	106
FullRiver FR27	AGM	12			100	125
FullRiver FR31	AGM	12			110	138
FullRiver FR4D	AGM	12			210	263
FullRiver FR8D	AGM	12			260	325
Haze HMA 6-1 ³¹	AGM	6		0,8	1	
Haze HMA 6-1,3	AGM	6		1	1,3	
Haze HMA06-3,2	AGM	6		2,5	3,2	
Haze HMA 6-4,5	AGM	6		3,9	4,5	
Haze HMA 6-10	AGM	6		9,2	10	
Haze HMA 6-12	AGM	6		11,6	12	
Haze HMA 6-200	AGM	6		159	178	
Haze HMA 12-1,3	AGM	12		1,1	1,3	
Haze HMA 12-2,2	AGM	12		1,8	2,2	
Haze HMA 12-3,3	AGM	12		2,7	3,3	
Haze HMA12-4	AGM	12		3,5	4	
Haze HMA 12-5	AGM	12		4,3	5	
Haze HMA 12-7	AGM	12		6,3	7	
Haze HMA 12-7,5	AGM	12		6,7	7,5	
Haze HMA 12-9	AGM	12		7,1	9	
Haze HMA 12-12	AGM	12		11,4	12	

³⁰ www.dcbattery.com

³¹ www.hazebattery.com

Fabricante/Modelo	Tipo	Voltagem (V)	CAPACIDADE - Ah			
			C/8	C/10	C/20	C/100
Haze HMA 12-18	AGM	12		15,9	18	
Haze HMA 12-26	AGM	12		24,1	26	
Haze HMA 12-33	AGM	12		29,1	33	
Haze HMA 12-44	AGM	12		37,4	44	
Haze HMA 12-55	AGM	12		42	48	
Haze HMA 12-70J	AGM	12		52	60	
Haze HMA 12-70	AGM	12		53	60	
Haze HZB12-55FA	AGM	12		57	61,8	
Haze HMA 12-80	AGM	12		61	70	
Haze HMA 12-90	AGM	12		70	80	
Haze HMA 12-100	AGM	12		79	88	
Haze HZB12-80FA	AGM	12		82	89	
Haze HMA 12-110	AGM	12		86	98	
Haze HMA 12-120	AGM	12		96	106	
Haze HZB12-95FA	AGM	12		104	113	
Haze HZB12-100FA	AGM	12		104	115	
Haze HMA 12-135	AGM	12		106	118	
Haze HMA12-150	AGM	12		119	134	
Haze HZB12-125FA	AGM	12		127	138	
Haze HMA 12-160	AGM	12		135	148	
Haze HZB12-150FA	AGM	12		154	162	
Haze HMA 12-200	AGM	12		159	178	
Haze HMA 12-230	AGM	12		186	206	
Haze HMG 6 - 200	Gel	6		179	20,0	
Haze HMG 12 - 18	Gel	12		15,0	16,6	
Haze HMG 12 - 26	Gel	12		24,7	25	
Haze HMG 12 - 33	Gel	12		29,1	33,2	
Haze HMG 12 - 44	Gel	12		36,9	42,8	
Haze HMG 12 - 55	Gel	12		47,4	55	
Haze HMG 12 - 70J	Gel	12		60,3	70	
Haze HMG 12 - 70	Gel	12		61,3	70	
Haze HMG 12 - 80	Gel	12		70,1	80	
Haze HMG 12 - 100	Gel	12		85,0	100	
Haze HMG 12 - 120	Gel	12		108,0	120	
Haze HMG 12 - 150	Gel	12		132,0	150	
Haze HMG 12 - 160	Gel	12		142,0	160	
Haze HMG 12 - 200	Gel	12		179,0	201	
Haze HMG 12 - 230	Gel	12		207,0	231	
Haze HZY12-50FA	Gel	12		54,2	59,4	
Haze HZY12-70FA	Gel	12		77,9	85,4	
Haze HZY12-90FA	Gel	12		98,8	109	
Haze HZY12-100FA	Gel	12		99,2	110	
Haze HZY12-150FA	Gel	12		146	155	
LifeLine GC4 ³²	AGM	6			220	
LifeLine 1234	AGM	12			34	
LifeLine 24	AGM	12			80	
LifeLine 27	AGM	12			95	

Fabricante/Modelo	Tipo	Voltagem (V)	CAPACIDADE - Ah			
			C/8	C/10	C/20	C/100
LifeLine 31	AGM	12			105	
LifeLine 4D	AGM	12			210	
LifeLine 8D	AGM	12			255	
Optima D6 ³³	AGM	6			55	69
Optima D51	AGM	12			41	51
Optima D51R	AGM	12			41	51
Optima D34	AGM	12			55	69
Optima D34M	AGM	12			55	69
Optima D34/78	AGM	12			55	69
Optima D31M	AGM	12			75	95
Power PSG-6255 ³⁴	Gel	6	193		220	255
Power PSG-1240	Gel	12	28		33	36
Power PSG-1260	Gel	12	46		55	58
Power PSG-1285	Gel	12	66		76	88
Power PSG-12105	Gel	12	78		91	105
Power PSG-12120	Gel	12	91		110	122
Power PSG-12165	Gel	12	128		142	165
Power PSG-12255	Gel	12	200		220	255
Powercom LS 6-50 ³⁵	AGM	6	50			
Powercom LS 6-125	AGM	6	123			
Powercom LS 6-200	AGM	6	200			
Powercom LS 12-25	AGM	12	25			
Powercom LS 12-55	AGM	12	52			
Powercom LS 12-80	AGM	12	80			
Powercom LS 12-100	AGM	12	100			
Power-Tech MK 8AU1 ³⁶	AGM	12			33	38
Power-Tech MK 8A27	AGM	12			92	106
Power-Tech MK 8A31DT	AGM	12			105	121
Power-Tech MK 8A4D	AGM	12			200	230
Power-Tech MK SU1	Gel	12			31,6	36,5
Power-Tech MK S22NF	Gel	12			50,9	58,2
Power-Tech MK S24	Gel	12			73,6	84
Power-Tech MK S27	Gel	12			86,4	99
Power-Tech MK S4D	Gel	12			183	210
Power-Tech MK S8D	Gel	12			225	265
Power-Tech MK S8D	Gel	12			225	265

³³ www.optimabatteries.com

³⁴ www.powerbattery.com

³⁵ www.cdtechno.com

³⁶ www.mkbattery.com

10.6 LISTAGEM DO PROGRAMA DE CONTROLE E CICLO “On/Off”

; Programa para monitoração e controle do consumo de energia e ciclo on/off em nós de rede mesh
; 03/07/2007.

\$nomod51

\$include(c:\8051\asem51\mcu\89s8252.mcu)

; Definição das taxas para comunicação serial -> (RCAP2H, RCAP2L) = 65536 - fosc/(32 x BRate)

BR110	EQU	59252	; Baud Rate	110 com clock 22.1184Mhz (0E774H)
BR300	EQU	63232	; Baud Rate	300 com clock 22.1184Mhz (0F700H)
BR1200	EQU	64960	; Baud Rate	1200 com clock 22.1184Mhz (0FDC0H)
BR2400	EQU	65248	; Baud Rate	2400 com clock 22.1184Mhz (0FEE0H)
BR4800	EQU	65392	; Baud Rate	4800 com clock 22.1184Mhz (0FF70H)
BR9600	EQU	65464	; Baud Rate	9600 com clock 22.1184Mhz (0FFB8H)
BR19200	EQU	65500	; Baud Rate	19200 com clock 22.1184Mhz (0FFDCH)
BR28800	EQU	65512	; Baud Rate	28800 com clock 22.1184Mhz (0FFE8H)
BR38400	EQU	65518	; Baud Rate	38400 com clock 22.1184Mhz (0FFEEH)
BR57600	EQU	65524	; Baud Rate	57600 com clock 22.1184Mhz (0FFF4H)
BR115200	EQU	65530	; Baud Rate	115200 com clock 22.1184Mhz (0FFFAH)

SEL_TAXA EQU BR38400 ; Seleciona taxa de comunicação serial 38400 bauds

; Tabela de conversão de voltagem analógica x digital -> V. Referência = 5V -> Resolução = 19,5mV

V5000	EQU	0FFh	; Voltagem 5,000V -> 12,70V
V4980	EQU	0FEh	; Voltagem 4,973V -> 12,65V
V4961	EQU	0FDh	; Voltagem 4,953V -> 12,60V
V4941	EQU	0FCh	; Voltagem 4,933V -> 12,55V
V4922	EQU	0FBh	; Voltagem 4,914V -> 12,50V
V4902	EQU	0FAh	; Voltagem 4,895V -> 12,45V
V4883	EQU	0F9h	; Voltagem 4,875V -> 12,40V
V4863	EQU	0F8h	; Voltagem 4,855V -> 12,35V
V4844	EQU	0F7h	; Voltagem 4,836V -> 12,30V
V4824	EQU	0F6h	; Voltagem 4,816V -> 12,25V
V4805	EQU	0F5h	; Voltagem 4,797V -> 12,20V
V4785	EQU	0F4h	; Voltagem 4,777V -> 12,15V
V4766	EQU	0F3h	; Voltagem 4,758V -> 12,10V
V4746	EQU	0F2h	; Voltagem 4,738V -> 12,06V
V4727	EQU	0F1h	; Voltagem 4,719V -> 12,01V
V4707	EQU	0F0h	; Voltagem 4,699V -> 11,96V
V4688	EQU	0EFh	; Voltagem 4,680V -> 11,91V
V4668	EQU	0EEh	; Voltagem 4,660V -> 11,86V
V4648	EQU	0EDh	; Voltagem 4,641V -> 11,81V
V4629	EQU	0ECh	; Voltagem 4,621V -> 11,76V
V4609	EQU	0EBh	; Voltagem 4,602V -> 11,71V
V4590	EQU	0EAh	; Voltagem 4,582V -> 11,66V
V4570	EQU	0E9h	; Voltagem 4,563V -> 11,61V
V4551	EQU	0E8h	; Voltagem 4,543V -> 11,56V
V4531	EQU	0E7h	; Voltagem 4,524V -> 11,51V
V4512	EQU	0E6h	; Voltagem 4,504V -> 11,46V
V4492	EQU	0E5h	; Voltagem 4,485V -> 11,41V
V4473	EQU	0E4h	; Voltagem 4,465V -> 11,36V
V4453	EQU	0E3h	; Voltagem 4,446V -> 11,31V
V4434	EQU	0E2h	; Voltagem 4,426V -> 11,26V
V4414	EQU	0E1h	; Voltagem 4,407V -> 11,21V
V4395	EQU	0E0h	; Voltagem 4,387V -> 11,16V

V4375	EQU	0DFh	; Voltagem 4,367V -> 11,11V
V4355	EQU	0DEh	; Voltagem 4,348V -> 11,06V
V4336	EQU	0DDh	; Voltagem 4,328V -> 11,01V
V4316	EQU	0DCh	; Voltagem 4,309V -> 10,96V
V4297	EQU	0DBh	; Voltagem 4,289V -> 10,91V
V4277	EQU	0DAh	; Voltagem 4,270V -> 10,86V
V4258	EQU	0D9h	; Voltagem 4,250V -> 10,81V
V4238	EQU	0D8h	; Voltagem 4,231V -> 10,77V
V4219	EQU	0D7h	; Voltagem 4,211V -> 10,72V
V4199	EQU	0D6h	; Voltagem 4,192V -> 10,67V
V4180	EQU	0D5h	; Voltagem 4,172V -> 10,62V
V4160	EQU	0D4h	; Voltagem 4,153V -> 10,57V
V4141	EQU	0D3h	; Voltagem 4,133V -> 10,52V
V4121	EQU	0D2h	; Voltagem 4,114V -> 10,47V
V4102	EQU	0D1h	; Voltagem 4,094V -> 10,42V
V4082	EQU	0D0h	; Voltagem 4,075V -> 10,37V
V4063	EQU	0CFh	; Voltagem 4,056V -> 10,32V
V4043	EQU	0CEh	; Voltagem 4,036V -> 10,27V
V4023	EQU	0CDh	; Voltagem 4,017V -> 10,22V
V4004	EQU	0CCh	; Voltagem 3,998V -> 10,17V
V3984	EQU	0CBh	; Voltagem 3,978V -> 10,12V
V3965	EQU	0CAh	; Voltagem 3,958V -> 10,07V
V3945	EQU	0C9h	; Voltagem 3,939V -> 10,02V
V3926	EQU	0C8h	; Voltagem 3,919V -> 9,97V
V3906	EQU	0C7h	; Voltagem 3,900V -> 9,92V
V3887	EQU	0C6h	; Voltagem 3,880V -> 9,87V
V3867	EQU	0C5h	; Voltagem 3,861V -> 9,82V
V3848	EQU	0C4h	; Voltagem 3,841V -> 9,77V
V3828	EQU	0C3h	; Voltagem 3,822V -> 9,72V
V3809	EQU	0C2h	; Voltagem 3,802V -> 9,67V
V3789	EQU	0C1h	; Voltagem 3,783V -> 9,62V
V3770	EQU	0C0h	; Voltagem 3,763V -> 9,57V
V3750	EQU	0BFh	; Voltagem 3,744V -> 9,53V
V3730	EQU	0BEh	; Voltagem 3,724V -> 9,48V
V3711	EQU	0BDh	; Voltagem 3,705V -> 9,43V
V3691	EQU	0BCh	; Voltagem 3,685V -> 9,38V
V3672	EQU	0BBh	; Voltagem 3,666V -> 9,33V
V3652	EQU	0BAh	; Voltagem 3,646V -> 9,28V
V3633	EQU	0B9h	; Voltagem 3,627V -> 9,23V
V3613	EQU	0B8h	; Voltagem 3,607V -> 9,18V
V3594	EQU	0B7h	; Voltagem 3,588V -> 9,13V
V3574	EQU	0B6h	; Voltagem 3,568V -> 9,08V
V3555	EQU	0B5h	; Voltagem 3,549V -> 9,03V
V3535	EQU	0B4h	; Voltagem 3,529V -> 8,98V
V3516	EQU	0B3h	; Voltagem 3,510V -> 8,93V
V3496	EQU	0B2h	; Voltagem 3,490V -> 8,88V
V3477	EQU	0B1h	; Voltagem 3,471V -> 8,83V
V3457	EQU	0B0h	; Voltagem 3,451V -> 8,78V
V3438	EQU	0AFh	; Voltagem 3,432V -> 8,73V
V3418	EQU	0AEh	; Voltagem 3,412V -> 8,68V
V3398	EQU	0ADh	; Voltagem 3,393V -> 8,63V
V3379	EQU	0ACh	; Voltagem 3,373V -> 8,58V
V3359	EQU	0ABh	; Voltagem 3,354V -> 8,53V
V3340	EQU	0AAh	; Voltagem 3,334V -> 8,48V
V3320	EQU	0A9h	; Voltagem 3,315V -> 8,43V
V3301	EQU	0A8h	; Voltagem 3,296V -> 8,38V
V3281	EQU	0A7h	; Voltagem 3,276V -> 8,33V
V3262	EQU	0A6h	; Voltagem 3,256V -> 8,28V
V3242	EQU	0A5h	; Voltagem 3,237V -> 8,24V
V3223	EQU	0A4h	; Voltagem 3,217V -> 8,19V

V3203	EQU	0A3h	; Voltagem 3,198V -> 8,14V
V3184	EQU	0A2h	; Voltagem 3,178V -> 8,09V
V3164	EQU	0A1h	; Voltagem 3,159V -> 8,04V
V3145	EQU	0A0h	; Voltagem 3,140V -> 7,99V
V3125	EQU	09Fh	; Voltagem 3,120V -> 7,94V
V3105	EQU	09Eh	; Voltagem 3,100V -> 7,89V
V3086	EQU	09Dh	; Voltagem 3,081V -> 7,84V
V3066	EQU	09Ch	; Voltagem 3,061V -> 7,79V
V3047	EQU	09Bh	; Voltagem 3,042V -> 7,74V
V3027	EQU	09Ah	; Voltagem 3,022V -> 7,69V
V3008	EQU	099h	; Voltagem 3,003V -> 7,64V
V2988	EQU	098h	; Voltagem 2,983V -> 7,59V
V2969	EQU	097h	; Voltagem 2,964V -> 7,54V
V2949	EQU	096h	; Voltagem 2,944V -> 7,49V
V2930	EQU	095h	; Voltagem 2,925V -> 7,44V
V2910	EQU	094h	; Voltagem 2,905V -> 7,39V
V2891	EQU	093h	; Voltagem 2,886V -> 7,34V
V2871	EQU	092h	; Voltagem 2,866V -> 7,29V
V2852	EQU	091h	; Voltagem 2,847V -> 7,24V
V2832	EQU	090h	; Voltagem 2,828V -> 7,19V
V2813	EQU	093h	; Voltagem 2,886V -> 7,14V
V2793	EQU	092h	; Voltagem 2,866V -> 7,09V
V2773	EQU	091h	; Voltagem 2,847V -> 7,04V
V2754	EQU	090h	; Voltagem 2,828V -> 6,99V
Vb_LI_F	EQU	V4922	; Limite inferior 'Falta de energia => "F"' (12,50V <= Vb <= VbMax)
Vb_LI_V	EQU	V4805	; Limite inferior 'Voltagem baixa bateria => "V"' (12,20V <= Vb < 12,50V)
Vb_LI_D	EQU	V4570	; Limite inferior 'Deficiência da bateria => "D"' (11,58V <= Vb < 12,20V)

; Caracteres ASCII

ACK	EQU	06h	; Acknowledge
NACK	EQU	15h	; Not Acknowledge
LF	EQU	0Ah	; Line Feed
CR	EQU	0Dh	; Carriage Return
ESC	EQU	1Bh	; Escape
D	EQU	44h	; Caractere 'D' -> Deficiência bateria (11,58V < Vb < 12,20V) -> (20% < Cb < 60%)
E	EQU	45h	; Caractere 'E' -> Tem energia
F	EQU	46h	; Caractere 'F' -> Falta energia (12,50V <= Vb <= Vbmax) -> (90% <= Cb <= 100%)
V	EQU	56h	; Caractere 'V' -> Voltagem baixa (12,20V <= Vb < 12,50V) -> (60% <= Cb < 90%)

; Definição de palavras chave

LED_Bateria	EQU	P0.0	; Porta e bit de alarme - Bateria em uso < 12,32V
LED_SCarga	EQU	P0.2	; Porta e bit de alarme - bateria sem carga < 11.6V
Liga_Wrt	EQU	P0.4	; Porta e bit para ligar/desligar Wrt54G
LED_Wrt	EQU	P0.6	; Porta e bit para indicar WRT ligado
Porta_ADC	EQU	P1	; Porta leitura da voltagem da bateria
N_Energia	EQU	P3.2	; Porta e bit para controle de falta de energia -> INT0
T_Energia	EQU	P3.3	; Porta e bit para controle de energia presente -> INT1
WR_ADC	EQU	P3.4	; Escrita conversor analógico digital
RD_ADC	EQU	P3.5	; Leitura conversor analógico digital
LED_Serial	EQU	P3.7	; LED da porta serial
Canal_1	EQU	01h	; Define canal 1 para ser convertido
V_Bateria	EQU	40h	; Endereco para guardar dado convertido
Atraso_seg	EQU	60	; Atraso em segundos
Atraso_min	EQU	30	; Atraso em minutos

; Alocação do programa


```

ORG 0000                ; Inicio do programa principal
SJMP INICIO_PROG

ORG 0003                ; Serviço de interrupção para INT0\
LJMP F_ENERGIA          ; Sub-rotina falta de energia

ORG 0019                ; Serviço de interrupção para INT1\
LJMP P_ENERGIA          ; Sub-rotina presença de energia

ORG 0035                ; Serviço de interrupção para recepção serial
LJMP REC_SERIAL         ; Sub-rotina recepção interface serial

ORG 0100                ; Inicio do programa

; Configurações

INICIO_PROG:

; Configuração do TIMER2 como gerador de 'Baud Rate'

MOV RCAP2H, #HIGH(SEL_TAXA) ; Carraga valores do TIMER2 - 'Baud Rate' para comunicação serial
MOV RCAP2L, #LOW(SEL_TAXA)

MOV T2CON, #30h          ; Configura TIMER2 - Modo gerador de 'clock'
MOV T2MOD, #00h

; Configuração da Interface Serial

MOV SCON, #50h           ; Porta serial no modo1 assíncrono, Tx e Rx desabilitados.

; Inicializa TIMER0 -> rotinas de tempo

MOV TMOD, #21h          ; TIMER0 no modo1 e TIMER1 no modo2, contagem interna

; seleciona mode de transição para INT0\ E INT1A.

MOV TCON, #05h          ; Inicializa TIMER1 para 'auto-load' em 32 x 9600 Hz
MOV PCON, #00h          ; Habilita modo serial

MOV IE, #95h            ; Habilita todos os bits de controle a
                        ; porta serial, interrupção INT0\ e
                        ; interrupção INT1\. Usa contadores sem interrupção.

MOV IP, #15h            ; Define prioridade alta para porta serial,
                        ; interrupção INT0\ e interrupção INT1\

; Inicialização

SETB TR2                ; Inicia TIMER2

MOV R2, #05h            ; Controle de energia -> energia e bateria ok.

; Inicio do programa

INICIO:  ACALL L_VBATERIA ; Verifica condições de voltagem da bateria.

MOV A, V_Bateria
SUBB A, #Vb_LI_D        ; Verifica se bateria está com carga baixa Vb < 11,58V.
JNC LIGAR_WRT
CLR LED_SCarga          ; Alarme bateria com carga baixa

```

SJMP INICIO

LIGAR_WRT: SETB LED_SCarga

CLR Liga_Wrt ; Liga Wrt54G

CLR LED_Wrt ; LED indicador Wrt ligado

MONITOR: ACALL TEMPO_1m ; Aguarda 60 segundos

ACALL ST_ENERGIA ; Verifica 'status' Energia

ACALL TX_MSGWRT ; Verifica e transmite 'status' Energia

MOV A, R2

ANL A, #10h

CJNE A, #00h, MONITOR

SETB Liga_Wrt

SETB LED_Wrt

; ACALL ST_WRTS ; Verifica 'status' Wrt54G's

SJMP INICIO

; Sub-rotina de tempo - 1ms

```

TEMPO_1ms: MOV TH0, #high(65535-1852) ; 1ms -> 0,54us x 1852, carrega parte alta do TIMER0
MOV TL0, #low(65535-1852) ; 1ms -> 0,54us x 1852, carrega parte baixa do TIMER0
          SETB TR0 ; Liga TIMER0
          JNB TF0, $ ; Aguarda contagem 1ms
          CLR TR0 ; Desliga TIMER0
          CLR TF0 ; Reset TIMER0
          RET

```

; Sub-rotina de tempo - 10 ms

```

TEMPO_10ms: MOV TH0, #high(65535-18518) ; 10ms -> 0,54us x 18518, carrega parte alta - TIMER0
MOV TL0, #low(65535-18518) ; 10ms -> 0,54us x 18518, carrega parte baixa - TIMER0
          SETB TR0 ; Liga TIMER0
          JNB TF0, $ ; Aguarda contagem 1ms
          CLR TR0 ; Desliga TIMER0
          CLR TF0 ; Reset TIMER0
          RET

```

; Sub-rotina de tempo - 1 segundo

```

TEMPO_1s: CLR RS0 ; Seleciona banco0 de registradores
          CLR RS1
          MOV R0, #100 ; 1seg -> 10ms x 100
LOOP0: ACALL TEMPO_10ms
          DJNZ R0, LOOP0
          RET

```

; Sub-rotina de tempo - 1 minuto

```

TEMPO_1m: MOV R1, #60 ; 1min -> 1seg x 60
LOOP_1: ACALL TEMPO_1s
          DJNZ R1, LOOP_1
          RET

```

```

TEMPO_2m:  MOV  R1, #120           ; 2min -> 1seg x 120
LOOP_2:    ACALL TEMPO_1s
           DJNZ  R1, LOOP_2
           RET

```

```

TEMPO_4m:  MOV  R1, #240           ; 4min -> 1seg x 240
LOOP_4:    ACALL TEMPO_1s
           DJNZ  R1, LOOP_4
           RET

```

; Sub-rotina para detetar falta de energia

```

F_ENERGIA:  PUSH PSW
           PUSH ACC
           MOV  A, R2               ; Carrega 'status' Energia
           ANL  A, #0FEh           ; Ativa bit0 -> 0 -> Falta Energia
           XCH  A, R2               ; Atualiza 'status' Energia no registrador R2
           ANL  A, #80h             ; Verifica se 'status' Energia foi alterado
           CJNE A, #00h, RET_INT0
           MOV  A, R2
           ORL  A, #80h             ; Ativa alteração de 'status' Energia
           XCH  A, R2               ; Guarda 'status' Energia no registrador R2
           POP  ACC
           POP  PSW
RET_INT0:   RETI                    ; Retorna para endereço da interrupção

```

; Sub-rotina para detetar retorno de energia

```

P_ENERGIA:  PUSH PSW
           PUSH ACC
           MOV  A, R2               ; Carrega 'status' Energia
           ORL  A, #01h             ; Ativa bit0 -> 1 -> Tem Energia
           XCH  A, R2               ; Atualiza 'status' Energia no registrador R2
           ANL  A, #80h             ; Verifica se 'status' Energia foi alterado
           CJNE A, #00h, RET_INT1
           MOV  A, R2
           ORL  A, #80h             ; Ativa alteração de 'status' Energia
           XCH  A, R2               ; Guarda 'status' Energia no registrador R2
           POP  ACC
           POP  PSW
RET_INT1:   RETI                    ; Retorna para endereço da interrupção

```

; Sub-rotina para desligamento temporário do Wrt

```

LDESL_WRT:  MOV  A, R4
           ANL  A, #01h
           CJNE A, #01h, COND_F
           RET
COND_F:     SETB Liga_Wrt           ; Desliga Wrt
           SETB LED_Wrt            ; Desativa LED Wrt ligado
           MOV  A, R4
           ANL  A, #04h
           CJNE A, #04h, COND_V
           ACALL TEMPO_1m
           SJMP ST_WRT
COND_V:     MOV  A, R4
           ANL  A, #10h
           CJNE A, #10h, COND_D
           ACALL TEMPO_2m
           SJMP ST_WRT

```

```

COND_D:    MOV A,R4
           ANL A, #40h
           CJNE A, #40h, COND_D
           ACALL TEMPO_4m

ST_WRT:    CLR Liga_wrt           ; Liga Wrt
           CLR LED_Wrt          ; Ativa LED Wrt ligado
           RET

L_VBATERIA: MOV A, #Canal_1      ; Selecciona canal 1 do conversor AD
           MOV Porta_ADC, A
           CLR WR_ADC           ; Ativa canal 1 no Conversor A/D
           SETB WR_ADC
           MOV Porta_ADC, #0FFh ; Restabelece Porta_ADC
           ACALL TEMPO_1ms
           CLR RD_ADC           ; Ativa 'OE' para leitura da voltagem convertida
           MOV A, Porta_ADC      ; Leitura da voltagem da bateria
           SETB RD_ADC
           MOV V_Bateria, A      ; Guarda voltagem da bateria no endereço de memória
           RET

ST_ENERGIA: MOV A, R2           ; Lê 'status' falta de energia
           ANL A, #01h          ; Verifica falta de energia
           CJNE A, #00h, RET_STPWR
           ACALL L_VBATERIA      ; Verifica condições de voltagem da bateria
           CLR C
           MOV A, V_Bateria      ; Lê voltagem da bateria -> conversor A/D
           SUBB A, #Vb_LI_F      ; Voltagem da bateria deve ser >= 12.50 volts
           JNC VER_STBAT
           CLR C
           MOV A, V_Bateria
           SUBB A, #Vb_LI_V      ; Verifica voltagem da bateria < 12.50V e >= 12,20V
           JNC NOK_BAT
           CLR C
           MOV A, V_Bateria
           SUBB A, #Vb_LI_D      ; Verifica voltagem da bateria < 12.20 volts e > 11.58 volts
           JNC BX_BAT
           MOV A, R2
           ANL A, #10h
           CJNE A, #10h, STBAT_OK
           MOV A, R2
           ANL A, #0EFh          ; Ativa bit4 -> 0 -> Voltagem da bateria < 11,58 volts
           XCH A, R2             ; Guarda 'status' "Bateria sem carga" no registrador R2
           SETB LED_Bateria
           CLR LED_SCarga        ; Alarme bateria sem carga. Voltagem da bateria <11.58V
           SJMP STBAT_OK

NOK_BAT:   MOV A, R2
           ANL A, #04h          ; Ativa bit2 -> 0 -> Bateria < 12.50 volts
           CJNE A, #04h, STBAT_OK
           MOV A, R2
           ANL A, #0FBh
           XCH A, R2             ; Guarda 'status' "Bateria N/OK" no registrador R2
           CLR LED_Bateria      ; Alarme bateria - voltagem < 12.50 volts e >= 12.20V
           SJMP STBAT_OK

BX_BAT:    MOV A, R2
           ANL A, #10h
           CJNE A, #00h, STBAT_OK
           MOV A, R2
           ORL A, #10h           ; Ativa bit4 -> 1 -> 11.58V < Bateria < 12.20V volts
           XCH A, R2             ; Guarda 'status' "Bateria carga baixa" no registrador R2
           SJMP STBAT_OK

```

```

VER_STBAT:  MOV A, R2                ; Lê 'status' Voltagem da bateria
            ANL A, #04h              ; Verifica 'status' "Bateria OK."
            CJNE A, #00h, STBAT_OK
            MOV A, R2
            ORL A, #04h              ; Ativa bit2 -> 1 -> Voltagem Bateria >= 12 volts
            XCH A, R2                ; Guarda 'status' "Bateria OK" no registrador R2
            JB LED_Bateria, STBAT_OK
            SETB LED_Bateria         ; Desliga alarme de bateria em uso. Voltagem >= 12 volts
STBAT_OK:   MOV A, R2
            ANL A, #80h
            CJNE A, #00h, RET_STPWR  ; Verifica 'status' Energia
            MOV A, R2
            ORL A, #80h              ; Ativa alteração de 'status' Energia
            XCH A, R2                ; Guarda 'status' Energia no registrador R2
RET_STPWR:  RET

```

; Sub-rotina para verificação 'status' dos Wrt54G's

```

ST_WRTS:    MOV A, R4                ; Carrega 'status' dos Wrt's
            MOV R3, A                ; Carrega registrador auxiliar
            ANL A, #01h              ; Verifica 'status' Energia dos Wrt's
            CJNE A, #00h, LE_STPWR
            MOV A, R3
            ANL A, #04h              ; Verifica 'status' Bateria Wrt's
            CJNE A, #00h, ECON_BAT
            SETB Liga_Wrt            ; Desliga Wrt54G
            MOV R1, #Atraso_min      ; Aguarda 'x' minutos
LOOP:        ACALL TEMPO_1m
            DJNZ R1, LOOP
            SJMP RET_STWRTS
ECON_BAT:    MOV R1, #60              ; Aguarda 1 minuto
D_SEG:       MOV R3, #10              ; Aguarda 1 segundo
D_MSEG:      MOV R5, #100             ; Aguarda 100ms
LOOP_MS:     ACALL TEMPO_1ms         ; Aguarda 1ms
            ACALL ST_ENERGIA          ; Verifica 'status' Energia
            ACALL TX_MSGWRT           ; Verifica e transmite 'status' Energia
            DJNZ R5, LOOP_MS
            DJNZ R3, D_MSEG
            DJNZ R1, D_SEG
            SETB Liga_Wrt            ; Desliga Wrt54G
            ACALL TEMPO_1m           ; Aguarda 1 minuto
            SJMP RET_STWRTS
LE_STPWR:    ACALL ST_ENERGIA
            ACALL TX_MSGWRT
            SJMP ST_WRTS
RET_STWRTS:  RET

```

; Sub-rotina de transmissão serial de 'status' Energia para o Wrt54G

```

TX_MSGWRT:  ;MOV A, R2                ; Carrega 'status' Energia
            ;ANL A, #80h              ; Verifica alteração de 'status' Energia
            ;CJNE A, #80h, RET_TXMSG
            MOV A, R2
            ANL A, #01h
            CJNE A, #00h, TEM_PWR
            MOV A, R2
            ANL A, #04h
            CJNE A, #00h, FALTA_PWR
            MOV A, R2
            ANL A, #10h

```

```

                CJNE A, #00h, LOW_BAT
                SJMP DEF_BAT
TEM_PWR:      MOV A, #E                ; Tem Energia
                SJMP BUF_TX
FALTA_PWR:    MOV A, #F                ; Falta Energia. Vb >=12.50V -> carga bateria 100% a
90%
                SJMP BUF_TX
LOW_BAT:      MOV A, #V                ; Vb < 12.50 V e >=12.20V -> carga da bateria 90% a 60%
                SJMP BUF_TX
DEF_BAT:      MOV A, #D                ; Deficiência bateria. Vb < 12.20V -> carga bateria < 60%
BUF_TX:      MOV SBUF,A                ; Carrega 'buffer' para transmissão serial.
                JNB TI, $                ; Aguarda transmissão
                CLR TI                ; Limpa TI
                MOV A, R2                ; Atualiza controle de alteração do 'status' de energia ->
bit7
                ANL A, #07Fh
                XCH A, R2
RET_TXMSG:    RET

; Sub-rotina para transmissão de 'ACK'

TX_ACK:      MOV A, #ACK                ; Envia ACK
                MOV SBUF,A
                JNB TI, $                ; Aguarda transmissão
                CLR TI                ; Limpa TI
                RET

;Sub-rotina para trnsmisscao de 'NACK'

TX_NACK:      MOV A, #NACK                ; Envia NACK
                MOV SBUF,A
                JNB TI, $                ; Aguarda transmissão
                CLR TI                ; Limpa TI
                RET

; Sub-rotina de recepção serial das mensagens enviadas pelo Wrt54G

REC_SERIAL:   PUSH PSW
                PUSH ACC
                MOV A, SBUF                ; Le 'buffer' de recepção
                CJNE A,#E, FAL_PWR        ; Verifica se dado recebido 'E' -> Tem Energia
                ORL A, #01h                ; Ativa bit0 -> 1 -> Tem Energia
                ANL A, #01H
                XCH A, R4
                ACALL TX_ACK                ; Envia 'ACK'
                SJMP ZERA_RI
FAL_PWR:      CJNE A, #F, BAT_BX        ; Verifica dado recebido 'F' -> Falta Energia
                MOV A, R4
                ORL A, #04h                ; Ativa bit2 -> 1 -> Falta Energia & Voltagem bateria entre
                ; 100% e 90% da carga
                ANL A, #04H
                XCH A, R4
                ACALL TX_ACK                ; Envia 'ACK'
                SJMP ZERA_RI
BAT_BX:      CJNE A, #V, BAT_DEF        ; Verifica dado recebido 'V' -> Voltagem baixa < 12.50V
                MOV A, R4
                ANL A, #00h                ; Desativa bit0 e bit2 -> 0 -> Falta Energia
; Bateria < 12.50 volts
                ORL A, #10h                ; Ativa bit bit4 -> Voltagem bateria: 90% a 60% da carga
                XCH A, R4

```

```

                ACALL TX_ACK           ; Envia 'ACK'
                SJMP ZERA_RI
BAT_DEF:        CJNE A, #D, RXACK     ; Verifica dado recebido 'D' -> Deficiência voltagem
; bateria < 12.20 volts
                MOV A, R4
                ANL A, #00h           ; Desativa bit0, bit2 e bit4 -> 0 -> Falta Energia
; Bateria < 12.20 volts
                ORL A, #40h           ; Ativa bit bit6 -> Voltagem bateria < 60% da carga
                XCH A, R4
                ACALL TX_ACK           ; Envia 'ACK'
                SJMP ZERA_RI
RXACK:          CJNE A, #ACK, RXNACK  ; Verifica se dado recebido 'ACK'
                SJMP ZERA_RI
RXNACK:         CJNE A, #NACK, TXNACK
                SJMP ZERA_RI
TXNACK:         ACALL TX_NACK         ; Envia NACK
ZERA_RI:        CLR RI                ; Limpa RI
                ACALL LDESL_WRT       ; Desliga/Liga Wrt
                POP ACC
                POP PSW
                RETI                  ; Retorna para endereço da interrupção
END

```

10.7 LISTAGEM DA APLICAÇÃO “PROTOCOLO DE SOBREVIVÊNCIA”

As aplicações Cliente/Servidor são parte integrante do “protocolo de sobrevivência”.

10.7.1 CLIENTE TCP

```

/*
  Universidade Federal Fluminense
  Curso: Mestrado em Comunicação de Dados e Multimídia
  Aluno: Antonio Abílio da Costa Coutinho
  Orientador: Luiz Cláudio Schara Magalhães

  Tese: Módulo de sobrevivência para nós de redes mesh sem fio.

  Aplicação: Programa de controle e sincronismo.
             Programa cliente, usa 'socket' com protocolo TCP e qualquer porta
*/

#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <termios.h>
#include <string.h>
#include <strings.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <netdb.h>
#include <errno.h>
#include <time.h>
#include <unistd.h>
#include <net/if.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/ioctl.h>
#include <sys/signal.h>

#define SERVER_PORT 5000
#define MAX_REG_ARQ 1024
#define T_ESPERA 1/10
#define T_SEGUNDO 1
#define T_MINUTO 1
#define T_CICLOON 5
#define T_DESLIGA "1"
#define BUF_SIZE 100
#define FIM_ARQUIVO EOF
#define REG_NO 0
#define REG_IFACE 1
#define REG_IP 2
#define REG_STATUS 3
#define REG_DATA 4
#define RETRANS 2
#define FLAG_ACK "ACK"
#define FLAG_NOACK "NACK"
#define PREFIXO_POF "POF"

/* Porta TCP 5000 */
/* Número máximo de registros do arquivo */
/* Tempo de espera em 5 segundos */
/* Tempo base 1 segundo */
/* Tempo base 1 minuto */
/* Tempo de ciclo para ligado */
/* Tempo de espera para desligar */
/* Tamanho 'buffer' recepcao */
/* Fim de arquivo */
/* Posição nó no registro do arquivo */
/* Posição da interface no registro do arquivo */
/* Posição do endereço IP no registro do arquivo */
/* Posição do 'status' de energia no registro do arquivo */
/* Posição da data/hora no registro do arquivo */
/* Numero de retransmissões */
/* 'Flag' ACKnowledge */
/* 'Flag' NOACKnowledge */
/* Prefixo mensagem pedido desligar */

```



```

#define PREFIXO_NOF "NOF"
#define PREFIXO_DESL "DSL"
#define PREFIXO_STE "STE"
#define PREFIXO_PON "PON"
#define PREFIXO_SOLCORD "SCD"
#define PREFIXO_NOCORD "NCD"
#define PREFIXO_MSG "<"
#define SUFIXO_MSG ">"
#define DELIMITE ";"
#define T_ENERGIA "E"
#define F_ENERGIA "F"
#define V_BATERIA "V"

#define D_BATERIA "D"

#define CORDENA "S"
#define N_CORDENA "N"
#define DESLIGA "S"
#define N_DESLIGA "N"
#define MARCADOR "X"
#define CONECTADO "S"
#define N_CONECTADO "N"

//#define BAUDRATE B9600

#define BAUDRATE B38400
#define SERIAL_PORT "/dev/ttyS0"
#define FALSE 0
#define TRUE 1

char premsgflag[4];
char evdata[11];
char evhora[9];
char msgstatus[BUF_SIZE];

struct nosrede
{
    char iproute[16];
    char retenv[2];
};

struct nosrede endno[MAX_REG_ARQ];

struct
{
    char status[2];
    char data[11];
    char hora[9];
    char cordena[2];
    char fcordena[2];
    char desliga[2];
}energia;

struct
{
    char no[16];
    char iface[16];
    char ipaddr[16];
}idnolocal;

/* Prefixo mensagem não desligar */
/* Prefixo manda desligar */
/* Prefixo mensagem 'status' energia */
/* Prefixo mensagem ao ligar */
/* Prefixo mensagem solicita coordenação */
/* Prefixo mensagem nega coordenação */

/* "Tem Energia" */
/* "Falta Energia" */
/* "Voltagem da Bateria" -> Voltagem da bateria abaixo do
    especificado */
/* "Deficiência da Bateria" -> Voltagem da bateria abaixo
    do mínimo especificado */

/* Porta Com1 */

/* Variável mensagem do 'status' de energia */

/* Estrutura de dados dos nós da rede 'mesh' */

/* Variável estrutura arquivo dos nós da rede */

/* Estrutura do 'status' de energia local */

```

```

struct stenosrede
{
    char rno[16];
    char rif[16];
    char rip[16];
    char rst[2];
    char rda[11];
    char rho[9];
    long int srdarho;
    char rcordena[2];
};

volatile int STOP=FALSE;

void signal_handler_IO (int status);           /* definição do signal handler */
int flag_SIGIO=TRUE;                          /* TRUE enquanto o sinal SIGIO é recebido */

struct termios antertio, atualtio;            /* Estrutura para terminal anterior e atual */
struct sigaction saio;                       /* atribuição do "signal action" */

time_t time_inicio;
time_t time_atual;

/* Função principal 'main' */

main(int argc, char **argv)
{
    strcpy(energia.status, "\0");
    strcpy(energia.data, "\0");
    strcpy(energia.hora, "\0");
    strcpy(energia.cordena, "\0");
    strcpy(energia.fcordena, "\0");
    strcpy(energia.desliga, "\0");
    strcpy(premsgflag, PREFIXO_PON);

    ctrlenergia();
}

/* Função 'modulo controle de energia' */

ctrlenergia()
{
    /* Configura da porta serial */

    int fd;

    /* Abre o dispositivo no modo "non-blocking" (leitura retorna imediatamente) */

    fd = open(SERIAL_PORT, O_RDWR | O_NOCTTY | O_NONBLOCK);
    if(fd < 0)
    {
        perror(SERIAL_PORT);
        exit(-1);
    }

    /* Instala o "signal handler" antes de definir o dispositivo como assíncrono */

    saio.sa_handler = signal_handler_IO;
    sigemptyset(&saio.sa_mask);              /* saio.sa_mask=0 */
    saio.sa_flags = 0;

```

```

saio.sa_restorer = NULL;
sigaction(SIGIO, &saio, NULL);

/* Permite o processo receber SIGIO */

fcntl(fd, F_SETOWN, getpid());

/* Faz o descritor do arquivo ser assíncrono, uso de F_SETFL, em substituição a O_APPEND e O_NONBLOCK
*/

fcntl(fd, F_SETFL, FASYNC);

tcgetattr(fd, &antermio);                                /* Salva a configuração da porta em uso */

/* Configura nova porta para processamento canônico da entrada */

atualtio.c_cflag |= (CLOCAL | CREAD);
atualtio.c_cflag |= BAUDRATE;
atualtio.c_cflag &= ~PARENB;
atualtio.c_cflag &= ~CSTOPB;
atualtio.c_cflag &= ~CSIZE;
atualtio.c_cflag |= CS8;
atualtio.c_cflag &= ~CRTSCTS;
atualtio.c_iflag |= (IGNPAR | ICRNL);
atualtio.c_iflag &= ~(IXON | IXOFF | IXANY);
atualtio.c_oflag = 0;
atualtio.c_lflag &= ~(ICANON | ISIG);
atualtio.c_cc[VMIN]=1;
atualtio.c_cc[VTIME]=0;
tcflush(fd, TCIFLUSH);
tcsetattr(fd, TCSANOW, &atualtio);

/* Aguardando entrada de caracteres */

char msg[10];

while (TRUE)
{
    tx_msg(fd);

    usleep(1000000);

    /* Após receber o sinal 'SIGIO', "wait_flag = FALSE", a entrada está disponível para ser lida */

    char *rx_msg();
    char *prx;
    char ste_buf[2]="\0";
    prx=rx_msg(fd);

    //printf("buf recebido: %s ste_buf : %s retorno função: %s\n", prx, ste_buf, prx);

    memcpy(ste_buf, prx, 2);

    //printf("stebuf : %s\n", ste_buf);

    if(procstatenergia(fd, ste_buf)==0) break;
}
tcsetattr(fd, TCSANOW, &antermio);
close(fd);
}

```

```

/* Função 'signal_handler_IO', "flag_SIGIO=FALSE", indica caracteres recebidos */

void signal_handler_IO (int status)
{
//    printf("recevido sinal 'SIGIO'.\n");

    flag_SIGIO = FALSE;
}

/* Função transmissão de mensagens para porta serial */

tx_msg(int arq_fd)
{
    int nbw;
    char msg[10];

    scanf("%s", msg);

    nbw=write(arq_fd, msg, 1);

    if(nbw<=0) ERRO("Erro no envio de dados para a porta");
}

/* Função recepção de mensagens da porta serial */

char *rx_msg(int arq_fd)
{
    int nbr;

    char buf[255]="\0";
    char *str;

    struct sigaction saio;                                /* atribuição do "signal action" */

    if(flag_SIGIO==FALSE)
    {
        strcpy(buf, "\0");
        nbr = read(arq_fd, buf, sizeof(buf));
        buf[nbr]='\0';

        // printf("buf: %s nbr: %d\n", buf, nbr);

        if (nbr==1) STOP=TRUE;                                /* Interrompe 'loop' se somente o CR foi lido */
        flag_SIGIO = TRUE;                                    /* Aguarda nova entrada */
    }

    char xbuf[2]="\0";
    char stebuf[2]="\0";

    strxfm(xbuf, buf, 2);
    strncpy(stebuf, xbuf, 1);
    strcat(stebuf, "\0");
    str=stebuf;

    //printf("buf recebido: %s stebuf : %s\n", stebuf, str);

    return str;
}

/* Função 'status' de energia */

```

```

int procstatenergia(int arq_fd, char stebuf[])
{
/* Atribui condições do 'status' de energia */

int retx;
int fd_arq;
int nbw;

char msg[2]="\0";
char status[2]="\0";
char stenergia[2]="\0";

fd_arq=arq_fd;
strcpy(msg, "V");
strcpy(status, energia.status);

// printf("status energia: %s\n", status);

if(strcmp(stebuf, T_ENERGIA)==0 || strcmp(stebuf, F_ENERGIA)==0 || strcmp(stebuf, V_BATERIA)==0 ||
strcmp(stebuf, D_BATERIA)==0)
{
    strcpy(stenergia, stebuf);

/* Atualiza 'status' energia do nó local */

//printf("atualiza status energia stenergia: %s\n", stenergia);

    if(strcmp(status, stenergia)!=0)
        atuastatenergia(stenergia);
}

if(strlen(energia.status)==0 || strlen(energia.data)==0 || strlen(energia.hora)==0) return;

/* Processa e transmite 'status' de energia do Nó da rede */

if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_PON)==0)
{
    retx=0;
    do
    {
        txstatusenergia();

        retx+=veriftx();

    }while(retx!=0 && retx<RETRANS);
//  atuanolocrede();
    strcpy(premsgflag, PREFIXO_STE);
}
else
{
    if(strcmp(energia.status, status)!=0)
    {
        retx=0;
        do
        {
            txstatusenergia();

            retx+=veriftx();

        }while(retx!=0 && retx<RETRANS);

```

```

//  atuanolocrede();
}
}

if(strcmp(energia.cordena, CORDENA)!=0 && strcmp(energia.fcordena, CORDENA)!=0)
{
    if(strcmp(energia.status, F_ENERGIA)==0 || strcmp(energia.status, V_BATERIA)==0 ||
    strcmp(energia.status, D_BATERIA)==0)
        verifcordena();

    if(strcmp(energia.cordena, CORDENA)==0)
    {
        strcpy(premsgflag, PREFIXO_SOLCORD);
        retx=0;
        do
        {
            txstatusenergia();

            retx+=veriftx();

        }while(retx!=0 && retx<RETRANS);
    }
}

if(strcmp(energia.cordena, CORDENA)==0 && strcmp(energia.fcordena, CORDENA)==0)
{
    time_atual=time(NULL);
    if(difftime(time_atual, time_inicio)>=T_CICLOON)
    {
        strcpy(premsgflag, PREFIXO_POF);
        retx=0;
        do
        {
            txstatusenergia();

            retx+=veriftx();

        }while(retx!=0 && retx<RETRANS);

        if(strcmp(energia.desliga, DESLIGA))
        {
            strcpy(premsgflag, PREFIXO_DESL);
            retx=0;
            do
            {
                txstatusenergia();

                retx+=veriftx();

            }while(retx!=0 && retx<RETRANS);
            ctrldesliga(fd_arq, status);

            return 0;
            exit(0);
        }
    }
}
}

/* Função 'status' da transmissão de mensagens */

```

```

int veriftr(int nretx)
{
    int idx=0;

    while(strlen(endno[idx].iproute)!=0)
    {
        if(strcmp(endno[idx].retenv, MARCADOR)==0)
            idx++;
        else
            if(strcmp(endno[idx].retenv, CONECTADO)==0)
                return 1;
            idx++;
    };
    if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_SOLCORD)==0)
    {
        strcpy(energia.fcordena, CORDENA);
        time_inicio=time(NULL);
    }
    else
        if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_NOCORD)==0)
            strcpy(energia.fcordena, N_CORDENA);
        else
            if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_POF)==0)
                strcpy(energia.desliga, DESLIGA);
            else
                if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_NOF)==0)
                    strcpy(energia.desliga, N_DESLIGA);
    return 0;
}

/* Função comunicação cliente x servidor para nós de rede 'mesh' */

txstatusenergia()
{
    int socksvd; /* Variável 'socket' servidor */
    int sockclid; /* Variável 'socket' cliente */
    int nbs; /* Variável bytes enviados */
    int nbr; /* Variável bytes recebidos */
    int n_reg; /* Variável registros do arquivo */
    char *host_name; /* Variável nome do 'host' */
    char *iface; /* Variável nome da interface */
    char *ip_local;
    char *ip_server; /* Variável endereço Nó Servidor */
    char *ip_servcon; /* Variável endereço servidor conectado */
    char *data; /* Variável data */
    char *hora; /* Variável hora */
    char *f_arqnos; /* Variável fim de arquivo */
    char *bufregs; /* Variável 'buffer' registros arquivos */
    char nb_rec[BUF_SIZE]; /* Variável 'buffer' recebimento dados */
    struct in_addr *endhost;
    struct hostent *nomehost;

    struct sockaddr_in cliaddr, servaddr; /* Variável estrutura socket internet: Nó Servidor */

    bzero((char *) &servaddr, sizeof(servaddr));
    servaddr.sin_family = AF_INET;
    // servaddr.sin_addr.s_addr = inet_addr(ip_server);
    servaddr.sin_port= htons(SERVER_PORT);

    /* Obtém endereços 'ip' para conexão com os demais nós da rede. */

```

```

if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_PON)==0)
    rotas_arqrouta();

n_reg=0;

ip_server=endno[n_reg].iproute;

while(n_reg<MAX_REG_ARQ && strlen(ip_server)!=0)
{

//printf("%s\n", ip_server);

/* Cria estrutura com endereco do servidor que se quer conectar.*/

    servaddr.sin_addr.s_addr = inet_addr(ip_server);

/* Abre Socket cliente tcp (Internet Stream Socket) */

    int reconx=0;

    do
    {
        sockclid = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
        if (sockclid < 0)
        {
            reconx++;
            continue;
        }

/* Conecta para 'socket' servidor */
        socksvid =connect(sockclid, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr));
        if (socksvid==0)
        {
            strcpy(endno[n_reg].retenv, CONECTADO);
            break;
        }

//printf("sem conexão: %s\n", ip_server);

        reconx++;
        close(sockclid);
        strcpy(endno[n_reg].retenv, N_CONECTADO);
    }while(reconx<RETRANS);

    if(socksvid==0)
    {
/* Obtém endereço e porta do 'host' cliente */

        socklen_t len_cliaddr=sizeof(cliaddr);
        getsockname(sockclid, (struct sockaddr *) &cliaddr, &len_cliaddr);

        ip_local=(char *)inet_ntoa(cliaddr.sin_addr.s_addr);
        strcpy(idnolocal.ipaddr, ip_local);

        //printf("endereço cliente: %s\n", idnolocal.ipaddr);

        //printf("endereço cliente: %s\n", inet_ntoa(cliaddr.sin_addr.s_addr));
        //printf("porta cliente: %d\n", ntohs(cliaddr.sin_port));

/* Obtém nome do 'host' cliente */

```



```

socklen_t len_endhost=sizeof(ip_local);
//nomehost=gethostbyaddr((struct in_addr *) endhost, len_endhost, AF_INET);
nomehost=gethostbyaddr(ip_local, len_endhost, AF_INET);
if(nomehost!=NULL)
{
    host_name=nomehost->h_name;
    strcpy(idnolocal.no, host_name);

    // printf("nome host: %s\n", idnolocal.no);
}
else
{
    host_name="linux";
    strcpy(idnolocal.no, host_name);

    printf("nome host: %s\n", idnolocal.no);
}

/* Obtém nome da interface */

struct ifreq *niface;

int n;

n=ioctl(sockclid, SIOCGIFNAME, niface);

if(n=0)
{
    iface=niface->ifr_name;
    strcpy(idnolocal.iface, iface);

    // printf("n_interface: %d erro: %d nome iface: %s\n\n",n, errno, idnolocal.iface);

}
else
{
    iface="le0";
    strcpy(idnolocal.iface, iface);

    // printf("interface: %s\n\n", idnolocal.iface);

}

/* Obtém endereço e porta do 'host' servidor */

socklen_t len_servaddr=sizeof(servaddr);

getpeername(socksvid, (struct sockaddr *) &servaddr, &len_servaddr);
ip_servcon = (char *)inet_ntoa(servaddr.sin_addr.s_addr);

// printf("endereço servidor: %s\n", ip_servcon);
// printf("porta servidor: %d\n\n", ntohs(servaddr.sin_port));

/* Prepara mensagem do 'status' de energia para envio */

msgassy();

// printf("mensagem p/envio: %s\n", msgstatus);

/* Conexão estabelecida. Transmite 'status' de energia para os demais nós. */

```

```

reconx=0;

do
{
nbs=send(sockclid, msgstatus, sizeof(msgstatus) , 0);

if(nbs<0)
{
reconx++;
continue;
}
break;
}while(delay(T_ESPERA) && nbs==0);

reconx=0;

if(nbs>0)
do
{
nbr=recv(sockclid, nb_rec, sizeof(nb_rec), 0);
if (nbr<0)
{
reconx++;
continue;
}

// printf("nb_rec: %s\n", nb_rec);

if(strstr(nb_rec, FLAG_ACK)!=NULL && strstr(nb_rec, FLAG_NOACK)==NULL)
procrecvmsg(nb_rec, ip_servcon, ip_local);
break;
}while(delay(T_ESPERA) && nbr==0);
}
close(sockclid);
n_reg++;
ip_server=endno[n_reg].iproute;
};

int i=0;
while(strlen(endno[i].iproute)!=0)
{
if(strcmp(endno[i].retenv, N_CONECTADO)!=0)

// printf("endereço: %s retorno envio: %s\n", endno[i].iproute, endno[i].retenv);

i++;
};
}

/* Função processamento de mensagem recebida */

procrecvmsg(char recvmsg[], char ipservcon[], char iplocal[])
{
char *msg;
char *premsg;
char *pref;
char *seq;
char *ipadrsvr;
char *ipadrcli;
char *ip_route;

```

```

int lin=0;

msg=recvmsg;
premsg=strtok(msg, PREFIXO_MSG);
pref=strtok(premsg, DELIMITE);
seq=strtok("\0", DELIMITE);
ipadrsvr=strtok("\0", DELIMITE);
ipadrcli=strtok("\0", SUFIXO_MSG);

if(strcmp(ipadrsvr, ipservcon)==0 & strcmp(ipadrcli, iplocal)==0)
{
    if(strcmp(seq, PREFIXO_PON)==0 || strcmp(seq, PREFIXO_STE)==0 || strcmp(seq,
PREFIXO_SOLCORD)==0 || strcmp(seq, PREFIXO_NOCORD) || strcmp(seq, PREFIXO_POF)==0 ||
strcmp(seq, PREFIXO_NOF)==0 || strcmp(seq, PREFIXO_DESL)==0 )
    {
        ip_route=endno[lin].iproute;
        while(lin < MAX_REG_ARQ && strlen(ip_route)!=0)

        {
            if(strcmp(ip_route, ipadrsvr)==0 && strcmp(endno[lin].retenv, CONECTADO)==0)
                strcpy(endno[lin].retenv, MARCADOR);
            lin++;
            ip_route=endno[lin].iproute;
        }
    }
}

/* Função composição de mensagem */

msgassy()
{
    char msg[BUF_SIZE];
    msg[0]='\0';
    if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_POF)==0 || strcmp(premsgflag, PREFIXO_DESL)==0)
    {
        if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_POF)==0)
        {
            strcat(msg, PREFIXO_MSG);
            strcat(msg, PREFIXO_POF);
        }
        if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_DESL)==0)
        {
            strcat(msg, PREFIXO_MSG);
            strcat(msg, PREFIXO_DESL);
        }
        strcat(msg, DELIMITE);
        strcat(msg, idnolocal.no);
        strcat(msg, DELIMITE);
        strcat(msg, idnolocal.iface);
        strcat(msg, DELIMITE);
        strcat(msg, idnolocal.ipaddr);
        strcat(msg, DELIMITE);
        strcat(msg, energia.status);
        strcat(msg, DELIMITE);
        strcat(msg, T_DESLIGA);
        strcat(msg, SUFIXO_MSG);
    }
    else

```

```

{
if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_SOLCORD)==0)
{
    strcat(msg, PREFIXO_MSG);
    strcat(msg, PREFIXO_SOLCORD);
}
else
{
    if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_PON)==0)
    {
        strcat(msg, PREFIXO_MSG);
        strcat(msg, PREFIXO_PON);
    }
    else
    if(strcmp(premsgflag, PREFIXO_STE)==0)
    {
        strcat(msg, PREFIXO_MSG);
        strcat(msg, PREFIXO_STE);
    }
}
strcat(msg, DELIMITE);
strcat(msg, idnolocal.no);
strcat(msg, DELIMITE);
strcat(msg, idnolocal.iface);
strcat(msg, DELIMITE);
strcat(msg, idnolocal.ipaddr);
strcat(msg, DELIMITE);
strcat(msg, energia.status);
strcat(msg, DELIMITE);
strcat(msg, energia.data);
strcat(msg, DELIMITE);
strcat(msg, energia.hora);
strcat(msg, SUFIXO_MSG);
}
strcpy(msgstatus, msg);
}

/* Função coordenadora do desligamento da energia dos nós da rede */

ctrldesliga(int fd, char ste[])
{
    int nbw;
    char msg[2]="\0";

    strcpy(msg, ste);
    nbw=write(fd, msg, 1);

    if(nbw<=0) ERRO("Erro no envio de dados para a porta");
}

/* Função elege coordenador para desligamenro sincronizado */

verifcordena()
{
    char r_nomeno[16];          /* Variável nome do nó */
    char r_iface[16];          /* Variável nome da interface */
    char r_ip[16];             /* Variável endereço 'ip' */
    char r_ste[2];              /* Variável 'status' energia */
    char r_data[11];           /* Variável data */
    char r_hora[9];            /* Variável hora */

```

```

char r_cordena[1];          /* Variável coordenador */
char rsta[2];              /* Variáveis auxiliares */
char lsta[2];
char *l_data, stldata[11];
char *l_hora, stlhora[9];

int reg;                   /* Variável número de registros */
int z;                     /* Variável índice */
long int resconvdta;       /* Variável resultado da conversão de data e hora em
                             segundos */
long int xyz;              /* Variável auxiliar tempo em segundos */

struct stenosrede ordnos[MAX_REG_ARQ];

FILE *fp;

/* Abre arquivo 'status' energia dos nós da rede 'mesh' */

fp=fopen("status_energia.txt","r");

if(fp==NULL) ERRO("Erro ao abrir arquivo\n");

/* Arquivo aberto. */

fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n"); /* Elimina primeira linha de cabeçalho */
fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n"); /* Elimina segunda linha de cabeçalho */

reg=0;
strcpy(r_cordena, "\\0");

while(!feof(fp))
{
    fscanf(fp, "%s %s %s %s %s %s\\n", r_nomeno, r_iface, r_ip, r_ste, r_data, r_hora);

    //printf("r_ip: %s r_ste: %s r_data: %s r_hora: %s\\n", r_ip, r_ste, r_data, r_hora);

    /* Carrega dados do arquivo de status dos nós da rede em memória */

    strcpy(ordnos[reg].rno, r_nomeno);
    strcpy(ordnos[reg].rif, r_iface);
    strcpy(ordnos[reg].rip, r_ip);
    strcpy(ordnos[reg].rst, r_ste);
    strcpy(ordnos[reg].rda, r_data);
    strcpy(ordnos[reg].rho, r_hora);
    strcpy(ordnos[reg].rcordena, r_cordena);

    /* Converte data e hora em segundos e armazena em memória */

    resconvdta=convsegdatahora(r_data, r_hora);
    ordnos[reg].srdarho=resconvdta;
};
fclose(fp);

/* Ordena dados de status dos nós da rede */

ordenanosrede(ordnos, 0, reg-1);

strcpy(lsta, energia.status);
strcpy(stldata, energia.data);
strcpy(stlhora, energia.hora);

```

```

l_data=stldata;
l_hora=stlhora;

resconvdta=convsegdatahora(l_data, l_hora);

strcpy(energia.cordena, N_CORDENA);
strcpy(energia.fcordena, N_CORDENA);

z=0;

//printf("inicializa energia_cordena: %s reg: %d\n", energia.cordena, reg);

xyz=ordnos[z].srdarho;

do
{
    strcpy(rsta, ordnos[z].rst);

    //printf("lsta: %s rsta(z): %s, z: %d\n", lsta, rsta, z);

    if(strcmp(lsta, rsta)==0 && resconvdta<=ordnos[z].srdarho)
    {

        //printf("energiastatus: %s ordnos: %s resdata: %d orddata: %d\n", energia.status, ordnos[z].rst, resconvdta,
        ordnos[z].srdarho);

        strcpy(energia.cordena, CORDENA);
    }
    else
    {
        if(strcmp(lsta, rsta)==0)
        if(ordnos[z].srdarho<xyz)
        {
            xyz=ordnos[z].srdarho;
            strcpy(ordnos[z].rcordena, CORDENA);
            strcpy(energia.cordena, N_CORDENA);
        }
    }
    z++;
}while(z<reg);

z=0;
do
{
    // printf("%s %s %s %s %s %s %d %s\n", ordnos[z].rno, ordnos[z].rif, ordnos[z].rip, ordnos[z].rst,
    ordnos[z].rda, ordnos[z].rho, ordnos[z].srdarho, ordnos[z].rcordena);
    z++;
}while(z<reg);

// printf("cordenação local? %s\n", energia.cordena);

}

/* Função ordenação dos nós da rede */

ordenanosrede(struct stenosrede ordnos[], int ini, int fim)
{
    register int i, j;
    char ds[2];

```

```

struct stenosrede temp;

i=ini;
j=fim;

strcpy(ds, ordnos[(ini+fim)/2].rst);

do
{
while(strcmp(ordnos[i].rst, ds)<0 && i<fim) i++;
while(strcmp(ordnos[j].rst, ds)>0 && j>ini) j--;
if(i<=j)
{
temp=ordnos[i];
ordnos[i]=ordnos[j];
ordnos[j]=temp;
i++; j--;
}
}while(i<=j);

if(ini<j) ordenanosrede(ordnos, ini, j);
if(i<fim) ordenanosrede(ordnos, i, fim);
}

/* Função conversor de data e hora em segundos */

int convsegdatahora(char data[], char hora[])
{
char *rdia;
char *rmes;
char *rano;
char *rhora;
char *rmin;
char *rseg;
char *r_data;
char *r_hora;

time_t rsegundos;

struct tm rdata, *rlocal;

/* Processamento conversão de data e hora em segundos */

r_data=data;
r_hora=hora;

//printf("r_data: %s r_hora: %s\n", r_data, r_hora);

rdia=strtok(r_data, "/");
rmes=strtok("\0", "/");
rano=strtok("\0", "/");
rhora=strtok(r_hora, ":");
rmin=strtok("\0", ":");
rseg=strtok("\0", ":");

rdata.tm_mday=atoi(rdia);
rdata.tm_mon=atoi(rmes)-1;
rdata.tm_year=atoi(rano)-1900;
rdata.tm_hour=atoi(rhora);
rdata.tm_min=atoi(rmin);

```

```

rdata.tm_sec=atoi(rseg);

rsegundos=mktime(&rdata);

// printf("rsegundos: %ld\n", rsegundos);

rlocal=localtime(&rsegundos);

// printf(asctime(rlocal));

return rsegundos;
}

/* Função para monitoração das condições da energia */

atuastatenergia(char ste[])
{
/* Chama modulo controle energia - comunicação serial */

//ctrlenergia();

/* Atualiza 'status' energia do nó local */

strcpy(energia.status, ste);
strcat(energia.status, "\0");

dataevento();

strcpy(energia.data, evdata);
strcpy(energia.hora, evhora);

if(strcmp(ste, T_ENERGIA)==0 && strcmp(premsgflag, PREFIXO_PON)!=0 )
{
strcpy(energia.cordena, N_CORDENA);
strcpy(energia.fcordena, N_CORDENA);
strcpy(premsgflag, PREFIXO_STE);
}

// printf("ste: %s data: %s hora: %s\n", energia.status, energia.data, energia.hora);
}

/* Função datar evento */

dataevento()
{
time_t tatual;
char data[11];
char hora[9];

struct tm *dathor;

tatual=time(NULL);
dathor=localtime(&tatual);

strftime(data, sizeof(data), "%d/%m/%Y", dathor);
strftime(hora, sizeof(hora), "%H:%M:%S", dathor);

strcpy(evdata, data);
strcpy(evhora, hora);
}

```



```

/* Funcao para abertura do arquivo de rotas e carregar dados na memoria */

rotas_arqrout()
{
    int i, r, n_reg;
    int flgs, ref, use, metric, mtu, win, irtt;
    unsigned long int dstaddr, gway, mask;
    char devname[64];
    char *ip_route;

    for(i=0 ; i<MAX_REG_ARQ ; i++)
    {
        endno[i].iproute[0]='\0';
        endno[i].retenv[0]='\0';
    }

    FILE *fp;

    /* Abertura do arquivo de rotas da rede 'mesh' */

    fp=fopen("/proc/net/route","r");
    // fp=fopen("__route", "r");

    if(fp==NULL) ERRO("Erro na abertura do arquivo\n");

    /* Arquivo aberto. Carrega registros do arquivo para memoria */

    r=fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n");          /* Elimina linha de cabeçalho */

    n_reg=0;
    while(feof(fp)!=1)
    {
        /* Leitura dos registros do arquivo '/proc/net/route' */

        char ipdest[16]="\0";
        char cdenv[2]="\0";

        r = fscanf(fp, "%63s%lx%lx%X%d%d%lx%d%d%d\\n", devname, &dstaddr, &gway, &flgs, &ref, &use,
        &metric, &mask, &mtu, &win, &irtt);

        strcat(ipdest, ip_route=(char *)inet_ntoa(dstaddr));

        /* Procura endereço das rotas */

        char *p, *p1, *p2, *p3;          /* Variáveis de posição */
        char selparcip[16]="\0";         /* Variável seleção 'ip' parcial */

        p=strtok(ip_route, ".");
        p1=strtok("\0", ".");
        p2=strtok("\0", ".");
        p3=strtok("\0", ".");

        strcat(selparcip, p);
        strcat(selparcip, ".");
        strcat(selparcip, p1);
        strcat(selparcip, ".xxx.");
        strcat(selparcip, p3);

        // if(strcmp(selparcip, "10.151.xxx.1")==0 || strcmp(selparcip, "127.0.xxx.1")==0)
        if(strcmp(selparcip, "10.151.xxx.1")==0)

```

```

{
    strcpy(endno[n_reg].iproute, ipdest);
    strcpy(endno[n_reg].retenv, cdenv);
    n_reg++;
}

if (r != 11)
{
    if ((r < 0) && feof(fp))
    {
        break;
    }
    ERRO("erro de leitura\n");
}
};
fclose(fp);
}

/* Função tempo de espera */

int delay(int t_esp)
{
    time_t current_time;
    time_t start_time;

    start_time=time(NULL);
    do
    {
        current_time=time(NULL);
    }while (difftime(current_time, start_time)<t_esp);
    return 0;
}

/* Função timer */

int timer(int t_val)
{
    time_t current_time;
    time_t start_time;

    start_time=time(NULL);
    do
    {
        current_time=time(NULL);
    }while (difftime(current_time, start_time)<t_val);
    return 1;
}

/* Arquivo dos Nós da rede - atualiza dados do Nó local */

atuanolocrede()
{
    char nomeno[16], r_nomeno[16];           /* Variáveis nome do nó */
    char iface[16], r_iface[16];             /* Variáveis nome da interface */
    char ip[16], r_ip[16];                   /* Variáveis endereço 'ip' */
    char ste[2], r_ste[2];                   /* Variáveis 'status' energia */
    char data[11], r_data[11];               /* Variáveis data */
    char hora[9], r_hora[9];                 /* Variáveis hora */

    fpos_t pos;

```

```

strcpy(nomeno, idnolocal.no);
strcpy(iface, idnolocal.iface);
strcpy(ip, idnolocal.ipaddr);
strcpy(sta, energia.status);
strcpy(data, energia.data);
strcpy(hora, energia.hora);

FILE *fp;

/* Verifica se arquivo existe, senão, cria arquivo dos nós da rede 'mesh' */

fp=fopen("status_energia.txt","r");

if(fp==NULL)
{
/* Cria arquivo do nós da rede 'mesh' */

fp=fopen("status_energia.txt", "w");
if(fp==NULL) ERRO("Erro ao criar arquivo\n");
fprintf(fp, "Tabela 'status' energia dos nós na rede: E=Energia, F=Falta, B=Bateria \n"
"NomeNo interface endereço_ip Status Data Hora \n");
fclose(fp);
}
fp=fopen("status_energia.txt","r+");
if(fp==NULL) ERRO("Erro ao abrir arquivo\n");
/* Arquivo aberto. Grava registros no arquivo */

fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n"); /* Elimina linha primeiro cabeçalho */
fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n"); /* Elimina linha segundo cabeçalho */

int regx=0;

while(!feof(fp))
{
fgetpos(fp, &pos);
fscanf(fp, "%s %s %s %s %s %s\\n", r_nomeno, r_iface, r_ip, r_sta, r_data, r_hora);
if(strcmp(r_ip, ip)==0)
{
fsetpos(fp, &pos);
fprintf(fp, "%s %s %s %s %s %s ", nomeno, iface, ip, sta, data, hora);
fflush(fp);
regx++;
break;
}
};

if(regx==0)
fprintf(fp, "%s %s %s %s %s %s\\n", nomeno, iface, ip, sta, data, hora);
fflush(fp);
fclose(fp);
}

/* Função tratamento de erros */

ERRO(char *string)
{
printf("%s\\n", string);
exit(1);
}

```

10.7.2 SERVIDOR TCP

/*

Universidade Federal Fluminense
Curso: Mestrado em Comunicação de Dados e Multimídia
Aluno: Antonio Abílio da Costa Coutinho

Tese: Módulo de sobrevivência para nós de rede mesh sem fio.

Aplicação: Programa de controle e sincronismo.

Programa servidor, usa 'socket' com protocolo TCP na porta 5000

*/

```
#include <stdio.h>
#include <termios.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/wait.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <unistd.h>
#include <errno.h>
#include <signal.h>
#include <time.h>
```

```
#define SERVER_PORT 5000
#define MAX_REG_ARQ 1024
#define BUF_SIZE 100
#define LISTEN_BACKLOG 10
#define FLAG_ACK "ACK"
#define NOFLAG_ACK "NACK"
#define PREFIXO_POF "POF"
#define PREFIXO_NOF "NOF"
#define PREFIXO_DSL "DSL"
#define PREFIXO_STE "STE"
#define PREFIXO_PON "PON"
#define PREFIXO_SCD "SCD"
#define PREFIXO_NCD "NCD"
#define PREFIXO_MSG "<"
#define SUFIXO_MSG ">"
#define DELIMITE ";;"
```

```
#define T_ENERGIA "E"
#define F_ENERGIA "F"
#define V_BATERIA "V"
#define D_BATERIA "D"
```

```
#define ACK 0x06
#define NAK 0x15
```

```
#define MASKSELNO 0x0A97FF01
                        ip's dos nós */
#define MASKNO 0x0000FF00
#define MASKSELWLS 0x0A970000
```

```
/* Porta TCP 5000 */
/* Numero maximo de registros do arquivo */
/* Tamanho Buffer recepcão */
/* Número máximo de conexões na fila do 'kernel' */
```

```
/* Prefixo mensagem para desligar */
/* Prefixo mensagem não desligar */
/* Prefixo manda desligar */
/* Prefixo mensagem 'status' energia */
/* Prefixo mensagem ao ligar */
/* Prefixo solocita confirmação de coordenador */
/* Prefixo não confirma coordenação */
```

```
/* Tem Energia */
/* Falta Energia */
/* Voltagem da Bateria */
/* Deficiência da Bateria */
```

```
/* Mascara para 10.151.xxx.1, seleção
```

```
/* Mascara para 10.151.xxx.1, seleção especifica do nó */
/* Mascara para 10.151.xxx.xxx, seleção ip's clientes
'wireless' */
```

```

#define MASKCLIWLS 0x000000FE          /* Mascara para 10.151.xxx.yyy, seleção yyy clientes
                                        'wireless' */
#define MASKLAN 0x0A980000            /* Mascara para 10.152.xxx.xxx, seleção ip's clientes na
                                        rede LAN */
#define MASKCLILAN 0x0000FFFE        /* Mascara para 10.152.xxx.yyy, seleção cliente LAN */
#define MASKCLIEINI 0x00000001        /* Mascara início cliente LAN */
#define BAUDRATE B38400
#define SERIAL_PORT "/dev/ttyS0"      /* Porta Com1 */
#define FALSE 0
#define TRUE 1

volatile int STOP=FALSE;

void signal_handler_IO (int status);   /* definição do signal handler */
int flag_SIGIO=TRUE;                  /* TRUE enquanto o sinal SIGIO é recebido */

char retmsg[BUF_SIZE];                /* Variável retorna mensagem recebida */

/* Funcao principal 'main' */
main(int argc, char **argv)
{
    int atrib, socksvd, sockclid;      /* Variáveis: atrib=atribue endereço de protocolo
                                        local, sock_sid=endereço 'socket' servidor,
                                        sock_cid=endereço 'socket' cliente, criado com 'accept'
                                        */

    socklen_t lencliaddr;              /* Variável bytes endereço cliente */
    pid_t procpid;                     /* Variável processo filho */
    int nbr, nbs;                      /* Variáveis: nbr=número bytes recebidos, nbs=número
                                        bytes enviados */

    char bufrec[BUF_SIZE];             /* Variável recebimento dados. */
    char msgflag[BUF_SIZE];            /* Variável 'flag' de mensagens recebidas */
    char *bufenv;                      /* Variável 'Buffer' enviar dados */
    char *pbufrec;
    char *regmsg;
    char *premsg;
    char *prefret;
    char *sequet;
    char *ipret;
    char *ip_peer;
    char *ip_serv;
    char *posmsg;

    void ptsigchld(int);

    struct sockaddr_in servaddr, cliaddr; /* Alocação endereço dos sockets: Servidor e Cliente */

    /* Cria estrutura com endereço do servidor que se quer conectar. */

    bzero((char *) &servaddr, sizeof(servaddr));
    servaddr.sin_family = AF_INET;
    servaddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
    servaddr.sin_port = htons(SERVER_PORT);

    /* Abre 'socket' TCP (Internet Stream Socket) */

    socksvd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if(socksvd < 0) ERRO("Erro na abertura do 'socket' TCP - servidor");

```

```

/* Conexao local - 'socket' servidor */

atrib=bind(socksvid, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr));
if(atrib < 0) ERRO("Erro na atribuição de endereço de protocolo local");

/* Verifica se conexão esta pronta para receber. */

if(listen(socksvid, LISTEN_BACKLOG) < 0) ERRO("Erro 'listen'");

signal(SIGCHLD, ptsigchld);

while(TRUE)
{
/* Conexão estabelecida. Aguarda conexão de um processo nó cliente da rede */

lencliaddr=sizeof(cliaddr);
sockclid=accept(socksvid, (struct sockaddr *) &cliaddr, &lencliaddr);

if(sockclid < 0)
if(errno==EINTR) continue;

if((procpid=fork())==0)
{
nbr=recv(sockclid, bufrec, sizeof(bufrec),0);
if(nbr<0) ERRO("Erro no recebimento de dados");

getpeername(sockclid, (struct sockaddr *) &cliaddr, &lencliaddr);

ip_peer=(char *)inet_ntoa(cliaddr.sin_addr.s_addr);

//printf("endereço ip_peer: %s\n",ip_peer);

/* Obtém endereço do 'host' servidor */

socklen_t len_servaddr=sizeof(servaddr);
getsockname(sockclid, (struct sockaddr *) &servaddr, &len_servaddr);

ip_serv=(char *)inet_ntoa(servaddr.sin_addr.s_addr);

//printf("endereço servidor: %s\n", ip_serv);

//printf("porta servidor: %d\n\n", ntohs(servaddr.sin_port));

/* Processa dados do 'buffer' de recebimento */

if(procbufrec(bufrec, ip_peer, ip_serv, socksvid)==0) exit(0);

/* Envia confirmação do recebimento de dados */

strcpy(msgflag, retmsg);

//printf("msgflag: %s\n", msgflag);

bufenv=msgflag;

//printf("bufenv: %s len bufenv: %d\n", bufenv, strlen(bufenv));

nbs=write(sockclid, bufenv, strlen(bufenv));

if(nbs < 0) ERRO("Erro no envio dos dados");

```

```

        close(sockclid);
    }
    close(sockclid);
};
close(socksvd);
}

int procbufrec(char pBuffer[], char ippeer[], char ipserv[], int socksvs)
{
    //printf("processa buffer: %s ippeer: %s ipserv: %s\n", pBuffer, ippeer, ipserv);

    char *premsg;
    char *prefixo;
    char *rno;
    char *rife;
    char *rip;
    char *ste;
    char auxbufer[BUF_SIZE];
    char buffer[BUF_SIZE];

    strcpy(buffer, pBuffer);
    strcpy(auxbufer, pBuffer);

    premsg=strtok(auxbufer, PREFIXO_MSG);
    prefixo=strtok(premsg, DELIMITE);
    rno=strtok("\0", DELIMITE);
    rife=strtok("\0", DELIMITE);
    rip=strtok("\0", DELIMITE);
    ste=strtok("\0", DELIMITE);

    //printf("prefixo: %s buffer: %s ip remoto: %s\n", prefixo, buffer, rip);

    if(strcmp(rip, ippeer)==0)
    {
        if(strcmp(prefixo, PREFIXO_PON)==0 || strcmp(prefixo, PREFIXO_STE)==0)
        {
            arqstatnosrede(buffer, ipserv);
            return;
        }
        if(strcmp(prefixo, PREFIXO_POF)==0)
        {
            procdesliga(buffer, ipserv);
            return;
        }
        if(strcmp(prefixo, PREFIXO_SCD)==0)
        {
            procordena(buffer, ipserv);
            return;
        }
        if(strcmp(prefixo, PREFIXO_DSL)==0)
        {
            desliga(ste);
;        close(socksvs);
;        exit(0);
            return 0;
        }
    }
    strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
    strcat(retmsg, NOFLAG_ACK);
    strcat(retmsg, DELIMITE);

```

```

    strcat(retmsg, prefixo);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, ipserv);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, rip);
    strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
}

desliga(char *status)
{
/* Configuração da porta serial */

    int fd, c, nbr, nbw;
    struct termios antertio, atualtio;
    struct sigaction saio; /* atribuição do "signal action" */
    char buf[255];
    // char stebuf[2];

/* Abre o dispositivo no modo "non-blocking" (leitura retorna imediatamente) */

    fd = open(SERIAL_PORT, O_RDWR | O_NOCTTY | O_NONBLOCK);
    if(fd < 0)
    {
        perror(SERIAL_PORT);
        exit(-1);
    }

/* Instala o "signal handler" antes de definir o dispositivo como assíncrono */

    saio.sa_handler = signal_handler_IO;
    sigemptyset(&saio.sa_mask); /* saio.sa_mask=0 */
    saio.sa_flags = 0;
    saio.sa_restorer = NULL;
    sigaction(SIGIO, &saio, NULL);

/* Permite o processo receber SIGIO */

    fcntl(fd, F_SETOWN, getpid());

/* Faz o descritor do arquivo ser assíncrono, uso de F_SETFL, em substituição a O_APPEND e
   O_NONBLOCK */

    fcntl(fd, F_SETFL, FASYNC);

    tcgetattr(fd, &antertio); /* Salva a configuração da porta em uso */

/* Configura nova porta para processamento canonico da entrada */

    atualtio.c_cflag |= (CLOCAL | CREAD);
    atualtio.c_cflag |= BAUDRATE;
    atualtio.c_cflag &= ~PARENB;
    atualtio.c_cflag &= ~CSTOPB;
    atualtio.c_cflag &= ~CSIZE;
    atualtio.c_cflag |= CS8;
    atualtio.c_cflag &= ~CRTSCTS;
    atualtio.c_iflag |= (IGNPAR | ICRNL);
    atualtio.c_iflag &= ~(IXON | IXOFF | IXANY);
    atualtio.c_oflag = 0;
    atualtio.c_lflag &= ~(ICANON | ISIG);
    atualtio.c_cc[VMIN]=1;

```



```

atualtio.c_cc[VTIME]=0;
tcflush(fd, TCIFLUSH);
tcsetattr(fd, TCSANOW, &atualtio);

/* Aguardando entrada de caracteres */

while (TRUE)
{
    nbw=write(fd, status, 1);

    if(nbw<=0) ERRO("Erro no envio de dados para a porta");

    usleep(1000000);

/* Após receber o sinal 'SIGIO', "wait_flag = FALSE", a entrada está disponível para ser lida */

    strcpy(buf, "\0");

    if(flag_SIGIO==FALSE)
    {
        nbr = read(fd, buf, sizeof(buf));
        buf[nbr]='\0';
        printf("buf: %s nbr: %d\n", buf, nbr);
        if(nbr==1) STOP=TRUE;
        flag_SIGIO = TRUE;
    }

    strncpy(buf, buf,1);
    // if(strcmp(buf, status)==0)

    if(atoi(buf)==ACK)
    {
        //printf("teste se x é zero: : %s \n", buf);

        break;
    }
    break;
};

tcsetattr(fd, TCSANOW, &antertio);

close(fd);
return;
}

/* Função 'signal_handler_IO', "flag_SIGIO=FALSE", indica caracteres recebidos */

void signal_handler_IO (int status)
{
    // printf("recevido sinal 'SIGIO'.\n");
    flag_SIGIO = FALSE;
}

procdesliga(char soldesliga[], char iplocal[])
{
    long addrlocal;
    long resulogico;

    char *premsg;
    char *prefixo;

```

```

char *cordno;
char *cordif;
char *cordip;
char *desltime;
char iplocaladr[16];
char auxbufer[BUF_SIZE];

struct in_addr localaddr;

strcpy(iplocaladr, iplocal);
strcpy(auxbufer, soldesliga);

premsg=strtok(auxbufer, PREFIXO_MSG);
prefixo=strtok(premsg, DELIMITE);
cordno=strtok('\0', DELIMITE);
cordif=strtok('\0', DELIMITE);
cordip=strtok('\0', DELIMITE);
desltime=strtok('\0', SUFIXO_MSG);

/* ..... */

/* Conversão do endereço "ip" do nó local em formato numérico */

int xyz;
xyz=inet_aton(iplocal, (struct in_addr *)&localaddr);
if(xyz=0) ERRO("Erro na conversão do formato 'ip_local'\n");

addrlocal=localaddr.s_addr;

/* Conversão da ordem de 'bytes' e operação logica de seleção do nó na rede */

resulogico = ntohl(addrlocal) & MASKSELNO;

//printf("addrlocal: %X addrlocalinv: %X resulogico: %d, resulogico: %X\n", addrlocal, ntohl(addrlocal),
resulogico, resulogico);

/* Verifica se existe cliente 'wireless' e LAN conectados */

//printf("verifica iplocal antes conversão: %s %s\n", iplocal, iplocaladr);

int conx;

conx=verconexoes(addrlocal);

//printf("verifica iplocal após conversão: %s %s\n", iplocal, iplocaladr);

if(conx==0)
{
    strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
    strcat(retmsg, FLAG_ACK);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, prefixo);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, iplocaladr);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, cordip);
    strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
}
else
{

```

```

        strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
        strcat(retmsg, FLAG_ACK);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, PREFIXO_NOF);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, iplocaladr);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, cordip);
        strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
    }
}

int verconexoes(long locadr)
{
    int i, r, n_reg;
    int flgs, ref, use, metric, mtu, win, irtt;
    int ncli=0;
    unsigned long int dstaddr, gway, mask;
    unsigned long int masksel, maskips, maskiploc, maskclies;

    char devname[64];
    char *ip_route;

    FILE *fp;

    /* Abertura do arquivo de rotas da rede 'mesh' */

    fp=fopen("/proc/net/route","r");
    //fp=fopen("__route", "r");

    if(fp==NULL) ERRO("Erro na abertura do arquivo\n");

    /* Arquivo aberto. Carrega registros do arquivo para memoria */

    r=fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n");          /* Elimina linha de cabeçalho */

    n_reg=0;
    while(feof(fp)!=1)
    {
        /* Leitura dos registros do arquivo '/proc/net/route' */

        r = fscanf(fp, "%63s%lx%lx%X%d%d%lx%d%d%ld\\n", devname, &dstaddr, &gway, &flgs, &ref, &use,
        &metric, &mask, &mtu, &win, &irtt);

        ip_route=(char *)inet_ntoa(dstaddr);

        locadr=ntohl(locadr);
        dstaddr=ntohl(dstaddr);

        //printf("ip_route: %s hexa: %X locadr: %X\\n", ip_route, dstaddr, locadr);

        /* Verifica se existem clientes 'wireless' conectados no nó local */

        maskips=dstaddr & MASKSELWLS;
        maskiploc=locadr & MASKSELWLS;

        if(maskips==maskiploc)
        {
            masksel=dstaddr & MASKCLIWLS;

```

```
//printf("maskipswls: %d maskiplocwls: %d maskselwls: %d\n", maskips, maskiploc, masksel);
```

```
int x=0;
while(x<255)
{
    if(x==masksel)
    {
        ncli++;
        break;
    }
    x++;
};
}
```

```
/* Verifica se existem clientes LAN conectados ao nó local */
```

```
maskiploc=locadr & MASKSELNO;
maskips=dstaddr & MASKSELWLS;
```

```
if(maskips==maskiploc)
{
    masksel=dstaddr & MASKNO;
```

```
//printf("maskipslan: %d maskiplocslan: %d masksellan: %d\n", maskips, maskiploc, masksel);
```

```
int x=1;
while(x<255)
{
    if(x==masksel)
    {
        maskclies=dstaddr & MASKLAN;
        if(maskclies==MASKLAN)
        {
            maskclies=dstaddr & MASKCLILAN;
            if(maskclies>MASKCLIEINI && maskclies<MASKCLILAN)
            {
                ncli++;
                break;
            }
        }
    }
    x++;
};
}
```

```
if(r != 11)
{
    if((r < 0) && feof(fp))
    {
        break;
    }
    ERRO("erro de leitura no registro do arquivo 'route'\n");
}
};
fclose(fp);
return ncli;
}
```

```
procordena(char pcordena[], char ipserve[])
{
```

```

char *premsg;
char *prefixo;
char *cordno;
char *cordif;
char *cordip;
char *cordsta;
char *cordata;
char *cordora;

char r_nomeno[16];          /* Variável nome do nó */
char r_iface[16];          /* Variável nome da interface */
char r_ip[16];             /* Variável endereço 'ip' */
char r_ste[2];             /* Variável 'status' energia */
char r_data[11];          /* Variável data */
char r_hora[9];           /* Variável hora */

char lste[2];              /* Variáveis auxiliares */
char ldata[11];
char lhora[9];
char *l_data;
char *l_hora;

int reg;                   /* Variável número de registros */
long int resconvldata;     /* Variável resultado da conversão de data
                           e hora do nó local em segundos */

long int resconvrdata;     /* Variável resultado da conversão de data
                           e hora do nó remoto em segundos */

fpos_t pos;

char auxbufer[BUF_SIZE];
char buffer[BUF_SIZE];

strcpy(buffer, pcordena);
strcpy(auxbufer, pcordena);

premsg=strtok(auxbufer, PREFIXO_MSG);
prefixo=strtok(premsg, DELIMITE);
cordno=strtok("\0", DELIMITE);
cordif=strtok("\0", DELIMITE);
cordip=strtok("\0", DELIMITE);
cordsta=strtok("\0", DELIMITE);
cordata=strtok("\0", DELIMITE);
cordora=strtok("\0", SUFIXO_MSG);

FILE *fp;

/* Abre arquivo 'status' energia dos nós da rede 'mesh' */

fp=fopen("status_energia.txt", "r");

if(fp==NULL) ERRO("Erro ao abrir arquivo\n");

/* Arquivo aberto. */

fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n"); /* Elimina primeira linha de cabeçalho */
fscanf(fp, "%*[^\\n]\\n"); /* Elimina segunda linha de cabeçalho */

reg=0;

```

```

while(!feof(fp))
{
    fscanf(fp, "%s %s %s %s %s %s\n", r_nomeno, r_iface, r_ip, r_ste, r_data, r_hora);

/* Carrega dados do status do Nó local da rede */

    if(strcmp(r_ip, ipserve)==0)
    {
        strcpy(lste, r_ste);
        strcpy(ldata, r_data);
        strcpy(lhora, r_hora);
        break;
    }
    reg++;
};
fclose(fp);

if(strcmp(r_ip, ipserve)==0)
{
    resconvrdata=convsegdatahora(cordata, cordora);

    l_data=ldata;
    l_hora=lhora;

    resconvldata=convsegdatahora(l_data, l_hora);

    if((strcmp(cordsta, F_ENERGIA)==0 && (strcmp(lste, V_BATERIA)==0 || strcmp(lste, D_BATERIA)==0))
    || (strcmp(cordsta, lste)==0 && resconvldata<resconvrdata))
    {
        strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
        strcat(retmsg, FLAG_ACK);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, PREFIXO_NCD);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, ipserve);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, cordip);
        strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
    }
    else
    {
        strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
        strcat(retmsg, FLAG_ACK);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, prefixo);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, ipserve);
        strcat(retmsg, DELIMITE);
        strcat(retmsg, cordip);
        strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
    }
}
else
{
    strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
    strcat(retmsg, NOFLAG_ACK);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, prefixo);
    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, ipserve);
}

```

```

    strcat(retmsg, DELIMITE);
    strcat(retmsg, cordip);
    strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
}
}

/* Função controle de processos terminados */

void ptsigchld(int sinal)
{
    pid_t pid;
    int stat;

    while((pid=waitpid(-1, &stat, WNOHANG))>0)
        return;
}

arqstatnosrede(char procreg[], char ipsvs[])
{
    char *registro;
    char *premsg;
    char *prefixo;
    char *nomeno, r_nomeno[16];           /* Variáveis nome do nó */
    char *iface, r_iface[16];             /* Variáveis nome da interface */
    char *ip, r_ip[16];                   /* Variáveis endereço 'ip' */
    char *ste, r_ste[2];                  /* Variáveis 'status' energia */
    char *data, r_data[11];               /* Variáveis data */
    char *hora, r_hora[9];                /* Variáveis hora */

    fpos_t pos;

    registro=procreg;

    premsg=strtok(registro, PREFIXO_MSG);
    prefixo=strtok(premsg, DELIMITE);
    nomeno=strtok("\0", DELIMITE);
    iface=strtok("\0", DELIMITE);
    ip=strtok("\0", DELIMITE);
    ste=strtok("\0", DELIMITE);
    data=strtok("\0", DELIMITE);
    hora=strtok("\0", SUFIXO_MSG);

    FILE *fp;

    /* Verifica se arquivo existe, senão, cria arquivo dos nós da rede 'mesh' */

    fp=fopen("status_energia.txt", "r");

    if(fp==NULL)
    {
        /* Cria arquivo do nós da rede 'mesh' */

        fp=fopen("status_energia.txt", "w");
        if(fp==NULL) ERRO("Erro ao criar arquivo\n");
        fprintf(fp, "Tabela 'status' energia dos nós na rede: E=Energia, F=Falta, B=Bateria \n"
            "NomeNo    interface    endereço_ip    Status    Data    Hora \n");
        fclose(fp);
    }
    fp=fopen("status_energia.txt", "r+");
    if(fp==NULL) ERRO("Erro ao abrir arquivo\n");

```

```

/* Arquivo aberto. Grava registros no arquivo */

fscanf(fp, "%*[\n]\n");          /* Elimina linha primeiro cabeçalho */
fscanf(fp, "%*[\n]\n");          /* Elimina linha segundo cabeçalho */

int regx=0;

while(!feof(fp))
{
    fgetpos(fp, &pos);
    fscanf(fp, "%s %s %s %s %s %s\n", r_nomeno, r_iface, r_ip, r_ste, r_data, r_hora);

    //printf("r_ip: %s ip: %s\n", r_ip, ip);

    if(strcmp(r_ip, ip)==0)
    {
        fsetpos(fp, &pos);
        fprintf(fp, "%s %s %s %s %s %s ", nomeno, iface, ip, ste, data, hora);
        fflush(fp);
        regx++;
        break;
    }
};

if(regx==0)
    fprintf(fp, "%s %s %s %s %s %s\n", nomeno, iface, ip, ste, data, hora);
fflush(fp);
fclose(fp);
strcpy(retmsg, PREFIXO_MSG);
strcat(retmsg, FLAG_ACK);
strcat(retmsg, DELIMITE);
strcat(retmsg, prefixo);
strcat(retmsg, DELIMITE);
strcat(retmsg, ipsvs);
strcat(retmsg, DELIMITE);
strcat(retmsg, ip);
strcat(retmsg, SUFIXO_MSG);
}

/* Função conversor de data e hora em segundos */

int convsegdatahora(char data[], char hora[])
{
    char *rdia;
    char *rmes;
    char *rano;
    char *rhora;
    char *rmin;
    char *rseg;
    char *r_data;
    char *r_hora;

    time_t rsegundos;

    struct tm rdata, *rlocal;

    /* Processamento conversão de data e hora em segundos */

    r_data=data;
    r_hora=hora;

```



```
//printf("r_data: %s r_hora: %s\n", r_data, r_hora);
```

```
rdia=strtok(r_data, "/");
rmes=strtok("\0", "/");
rano=strtok("\0", "/");
rhora=strtok(r_hora, ":");
rmin=strtok("\0", ":");
rseg=strtok("\0", ":");
```

```
rdata.tm_mday=atoi(rdia);
rdata.tm_mon=atoi(rmes)-1;
rdata.tm_year=atoi(rano)-1900;
rdata.tm_hour=atoi(rhora);
rdata.tm_min=atoi(rmin);
rdata.tm_sec=atoi(rseg);
```

```
rsegundos=mktime(&rdata);
```

```
rlocal=localtime(&rsegundos);
// printf(asctime(rlocal));
```

```
return rsegundos;
}
```

```
/* Subrotina tratamento de erro */
```

```
ERRO(char *string)
{
    printf("%s\n", string);
    exit(0);
}
```

10.8 DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 1

Tabela 10.6 – Resultados da descarga da bateria – Situação 1 (t_{stby}=1m, t_{Tx}=2m, t_{Rx}=2m)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,49	8,0	12,30	16,0	11,69
0,5	12,77	8,5	12,27	16,5	11,64
1,0	12,73	9,0	12,23	17,0	11,56
1,5	12,69	9,5	12,20	17,5	11,50
2,0	12,65	10,0	12,17	18,0	11,44
2,5	12,62	10,5	12,13	18,5	11,35
3,0	12,59	11,0	12,10	19,0	11,24
3,5	12,56	11,5	12,07	19,5	11,17
4,0	12,54	12,0	12,04	20,0	10,90
4,5	12,52	12,5	12,00	20,5	10,40
5,0	12,49	13,0	11,97	21,0	10,00
5,5	12,45	13,5	11,92	21,5	9,32
6,0	12,43	14,0	11,89	22,0	8,54
6,5	12,40	14,5	11,84	22,5	7,36
7,0	12,36	15,0	11,79	23,0	6,79
7,5	12,33	15,5	11,74		

Tabela 10.7 – Resultados da descarga da bateria – Situação 1 (t_stby=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,35	8,0	12,31	16,0	11,72
0,5	12,79	8,5	12,28	16,5	11,65
1,0	12,75	9,0	12,26	17,0	11,51
1,5	12,71	9,5	12,23	17,5	11,44
2,0	12,67	10,0	12,20	18,0	11,35
2,5	12,64	10,5	12,18	18,5	11,24
3,0	12,58	11,0	12,15	19,0	11,17
3,5	12,55	11,5	12,11	19,5	10,90
4,0	12,53	12,0	12,07	20,0	10,40
4,5	12,50	12,5	12,04	20,5	10,00
5,0	12,47	13,0	11,99	21,0	9,32
5,5	12,44	13,5	11,96	21,5	8,54
6,0	12,42	14,0	11,93	22,0	7,36
6,5	12,39	14,5	11,87	22,5	6,79
7,0	12,36	15,0	11,82		
7,5	12,34	15,5	11,78		

10.9 DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 2

Tabela 10.8 – Resultados da descarga da bateria – Situação 2 ($t_{Roff}=1m$, $t_{Tx}=2m$, $t_{Rx}=2m$)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,37	8,0	12,29	16,0	11,75
0,5	12,79	8,5	12,25	16,5	11,73
1,0	12,75	9,0	12,22	17,0	11,69
1,5	12,70	9,5	12,19	17,5	11,60
2,0	12,66	10,0	12,15	18,0	11,53
2,5	12,63	10,5	12,12	18,5	11,47
3,0	12,60	11,0	12,08	19,0	11,37
3,5	12,53	11,5	12,05	19,5	11,24
4,0	12,50	12,0	12,02	20,0	11,17
4,5	12,48	12,5	11,98	20,5	10,90
5,0	12,46	13,0	11,95	21,0	10,40
5,5	12,43	13,5	11,92	21,5	10,00
6,0	12,40	14,0	11,88	22,0	9,32
6,5	12,37	14,5	11,85	22,5	8,54
7,0	12,34	15,0	11,81	23,0	7,36
7,5	12,32	15,5	11,78	23,5	6,79

Tabela 10.9 – Resultados da descarga da bateria – Situação 2 (t_RFoff=2m, t_Tx=2m, t_Rx=2m)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,27	9,0	12,31	18,0	11,76
0,5	12,70	9,5	12,28	18,5	11,72
1,0	12,68	10,0	12,25	19,0	11,67
1,5	12,66	10,5	12,22	19,5	11,62
2,0	12,64	11,0	12,19	20,0	11,56
2,5	12,62	11,5	12,16	20,5	11,51
3,0	12,61	12,0	12,14	21,0	11,44
3,5	12,59	12,5	12,11	21,5	11,34
4,0	12,57	13,0	12,08	22,0	11,16
4,5	12,55	13,5	12,05	22,5	10,90
5,0	12,53	14,0	12,03	23,0	10,40
5,5	12,49	14,5	12,00	23,5	10,00
6,0	12,48	15,0	11,97	24,0	9,32
6,5	12,45	15,5	11,94	24,5	8,54
7,0	12,42	16,0	11,90	25,0	7,36
7,5	12,39	16,5	11,87	25,5	6,79
8,0	12,36	17,0	11,83		
8,5	12,34	17,5	11,79		

10.10 DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 3

Tabela 10.10 – Resultados da descarga da bateria – Situação 3 (t_OnOff=1m,t_Tx=2m,t_Rx=2m)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,28	8,5	12,32	17,0	11,78
0,5	12,76	9,0	12,29	17,5	11,75
1,0	12,73	9,5	12,26	18,0	11,66
1,5	12,69	10,0	12,23	18,5	11,62
2,0	12,67	10,5	12,20	19,0	11,56
2,5	12,64	11,0	12,17	19,5	11,51
3,0	12,61	11,5	12,15	20,0	11,42
3,5	12,58	12,0	12,12	20,5	11,34
4,0	12,55	12,5	12,09	21,0	11,25
4,5	12,53	13,0	12,06	21,5	11,17
5,0	12,52	13,5	12,03	22,0	10,90
5,5	12,48	14,0	12,00	22,5	10,40
6,0	12,45	14,5	11,97	23,0	10,00
6,5	12,42	15,0	11,93	23,5	9,32
7,0	12,39	15,5	11,88	24,0	8,54
7,5	12,37	16,0	11,85	24,5	7,36
8,0	12,35	16,5	11,81	25,0	6,79

Tabela 10.11 – Resultados da descarga da bateria – Situação 3 (t_OnOff=2m,t_Tx=2m,t_Rx=2m)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,32	9,5	12,35	19,0	11,84
0,5	12,80	10,0	12,32	19,5	11,80
1,0	12,76	10,5	12,30	20,0	11,76
1,5	12,73	11,0	12,28	20,5	11,73
2,0	12,70	11,5	12,26	21,0	11,67
2,5	12,66	12,0	12,23	21,5	11,63
3,0	12,64	12,5	12,21	22,0	11,56
3,5	12,62	13,0	12,19	22,5	11,50
4,0	12,59	13,5	12,16	23,0	11,42
4,5	12,57	14,0	12,14	23,5	11,34
5,0	12,55	14,5	12,11	24,0	11,25
5,5	12,53	15,0	12,08	24,5	11,17
6,0	12,50	15,5	12,05	25,0	10,90
6,5	12,48	16,0	12,02	25,5	10,40
7,0	12,46	16,5	12,00	26,0	10,00
7,5	12,43	17,0	11,97	26,5	9,32
8,0	12,41	17,5	11,95	27,0	8,54
8,5	12,39	18,0	11,92	27,5	7,36
9,0	12,37	18,5	11,87	28,0	6,79

10.11 DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES - SITUAÇÃO 4

Tabela 10.12 – Resultados da descarga da bateria – Situação 4 (t_{dif}=1m, t_{Tx}=2m, t_{Rx}=2m)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,39	9,5	12,22	19,0	11,49
0,5	12,81	10,0	12,19	19,5	11,43
1,0	12,76	10,5	12,17	20,0	11,38
1,5	12,71	11,0	12,14	20,5	11,32
2,0	12,65	11,5	12,11	21,0	11,30
2,5	12,62	12,0	12,08	21,5	11,28
3,0	12,58	12,5	12,05	22,0	11,26
3,5	12,54	13,0	12,02	22,5	11,23
4,0	12,51	13,5	11,99	23,0	11,21
4,5	12,48	14,0	11,96	23,5	11,19
5,0	12,45	14,5	11,93	24,0	11,17
5,5	12,43	15,0	11,88	24,5	10,90
6,0	12,41	15,5	11,85	25,0	10,40
6,5	12,38	16,0	11,82	25,5	10,00
7,0	12,35	16,5	11,76	26,0	9,32
7,5	12,33	17,0	11,71	26,5	8,54
8,0	12,30	17,5	11,65	27,0	7,36
8,5	12,27	18,0	11,60	27,5	6,79
9,0	12,25	18,5	11,54		

Tabela 10.13 – Resultados da descarga da bateria – Situação 4 ($t_{dif}=2m$, $t_{Tx}=2m$, $t_{Rx}=2m$)

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	13,40	9,5	12,31	19,0	11,78
0,5	12,72	10,0	12,28	19,5	11,75
1,0	12,72	10,5	12,25	20,0	11,72
1,5	12,70	11,0	12,23	20,5	11,69
2,0	12,69	11,5	12,20	21,0	11,65
2,5	12,67	12,0	12,17	21,5	11,60
3,0	12,65	12,5	12,15	22,0	11,55
3,5	12,63	13,0	12,12	22,5	11,51
4,0	12,60	13,5	12,09	23,0	11,43
4,5	12,58	14,0	12,06	23,5	11,34
5,0	12,55	14,5	12,04	24,0	11,16
5,5	12,52	15,0	12,01	24,5	10,90
6,0	12,50	15,5	11,98	25,0	10,40
6,5	12,47	16,0	11,96	25,5	10,00
7,0	12,44	16,5	11,93	26,0	9,32
7,5	12,42	17,0	11,91	26,5	8,54
8,0	12,39	17,5	11,88	27,0	7,36
8,5	12,36	18,0	11,85	27,5	6,79
9,0	12,33	18,5	11,81		

10.12 DESCARGA DA BATERIA DURANTE O CICLO DE TESTES – ROTEADOR LINKSYS WRT54G

Tabela 10.14 – Resultados da descarga da bateria – Roteador Linksys Wrt54G³⁷

TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)	TEMPO DESCARGA (h)	VOLTAGEM BATERIA (V)
0,0	12,89	5,5	12,10	9,5	11,56
0,5	12,77	6,0	12,03	10,0	11,49
1,0	12,70	6,5	11,96	10,5	11,43
1,5	12,64	7,0	11,90	11,0	11,36
2,0	12,57	7,5	11,83	11,5	11,29
2,5	12,50	8,0	11,76	12,0	11,22
3,0	12,43	7,0	11,90	12,5	11,16
3,5	12,37	7,5	11,83	13,0	11,09
4,0	12,30	8,0	11,76	13,5	10,02
4,5	12,23	8,5	11,69	14,0	9,56
5,0	12,17	9,0	11,63		

³⁷ Os valores apresentados na área assinalada em cinza são teóricos