UMA SOLUÇÃO ENVOLVENDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA O SUPRIMENTO DE ENERGIA AO LAFAE CONFORME UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Adriano Araujo Carvalho

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Aprovada por:

_____
Prof. Jorge Luiz do Nascimento, Dr. Eng.
(Orientador)

_____
Prof. Luis Guilherme Barbosa Rolim, Dr. -Ing.
(Co-Orientador)

_____
Prof. Walter Issamu Suemitsu, Dr. Ing.

_____
Eng. Aurélio Moreira Luiz

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
AGOSTO DE 2007

Dedicatória

Dedico este projeto a minha família: minha mãe, Gerusa, meu pai, Adalci e meu irmão Rafael. Sem o seu apoio, nada do que sou hoje, teria, ou no futuro, terá se tornado realidade.

Obrigado!

Agradecimentos

Agradeço aos professores por plantar a semente do desejo de estudar na minha vida. Suas aulas funcionaram como um estímulo e que culmina agora com este projeto. Agradeço em especial aos professores Jorge Luiz, Rolim e Jorge Nemésio, pelas aulas inspiradoras deste projeto e ao professor Richard Stephan, pelas conversas, sugestões e todo o conhecimento de engenharia ensinado.

Não posso deixar de agradecer também a alguns amigos que estiveram sempre presentes tanto nos momentos de estudo quanto na diversão nesses anos de faculdade. Em especial: Thiago Messias, Pedro Kastrup, Daniel Giampietro, Victor Peyneau, Leandro Isidoro, Nilo Felipe, Bruno e André Montezano. Agradeço também aos amigos mais antigos, dos tempos de colégio, cujas contribuições e conversas, sempre de alto nível intelectual e bem humoradas, contribuíram, sem dúvida, para a minha formação geral. São eles: Marcelo Sanguinete, Alvaro Mascarenhas, Leonardo Bezerra, Rodrigo Assis, Diego Piedade e Gil Duque.

Agradeço também a Rosane, secretária do DEE que, sempre prestativa e bem humorada, cumpriu seu papel responsavelmente e esteve sempre disposta a ajudar.

Agradeço, finalmente, ao companheiro de estágio no CENPES, Cascão, e aos engenheiros da Petrobras com quem pude aprender um pouco mais da prática em engenharia: Cavaliere, Guido, Jorge Machado, Calixto, Jamil, Marcelo, Cerbino, Zé Mauro além de todos aqueles que passaram até agora em minha vida e que, de algum modo, pude aprender algo.

"Mesmo que vivas um século, nunca deixes de aprender”.

Anônimo

Resumo

O texto faz uma análise do atual quadro energético brasileiro, suas tendências políticas, ambientais e econômicas relacionadas ao modelo energético adotado no passado e suas reflexões no atual momento. Com o intuito de se evitar as más conseqüências ambientais advindas deste modelo energético é proposta uma solução de geração distribuída de energia, com a utilização de painéis fotovoltaicos, visando atender a requisitos de preservação de energia e do meio ambiente. A intenção desta solução é a diminuição dos impactos causados pelas grandes usinas geradoras de energia.

A adoção de propostas deste caráter é respaldada por normas internacionais tal como a ISO 14001. O que se pretende aqui é dar ênfase à parte de uso racional e econômico de energia elétrica, que é um requisito contemplado nesta norma, para justificar a implantação de projetos de geração distribuída.

A solução de engenharia adotada pretende lembrar aos engenheiros que se deve sempre conjugar em seus projetos um conhecimento mais amplo do que aquele relacionado a sua disciplina: há muito de política, administração, economia e compromisso com o meio ambiente na engenharia.

Abstract

This text makes an analysis of the actual energy scene in Brazil, his political, environmental and economical tendencies related with the energy model adopted in the past and his reflections at this moment. Based on the consequences of this selected model, principally on nature facts, the text proposes a solution of distributed generation of energy to minimize the great impacts caused by big power plants, using solar panels. A model to be pursued is the one proposed by ISO 14001, which plans to use, in best way as possible, the electrical energy.

The engineering solution proposed wants also to remember to the professional engineers that is very important know the whole context in which is inserted his work. It must have a lot of politics, administration, economical thinking and nature's respect on the engineer's work.

Índice de figuras

Figura 1 – Sistema Interligado Nacional previsto para 2007 12
Figura 2 – Piranômetro para medição de irradiação solar 28
Figura 3 – Esquemático típico de ligação do arranjo fotovoltaico 34
Figura 4 – Planta do LAFAE..... 48
Figura 5 – Representação de um painel fotovoltaico sombreado e diodos de by-pass..... 61
Figura 6 – Esquema de ligação dos painéis fotovoltaicos e outros equipamentos 62

Índice de gráficos

Gráfico 1 – Divisão da matriz energética no Brasil..... 13
Gráfico 2 – Divisão de geração de energia elétrica no Brasil..... 14
Gráfico 3 – Características típicas do gráfico IxV e PxV de um painel fotovoltaico..... 26
Gráfico 4 – Curvas IxV de um módulo em diferentes radiações e temperaturas..... 58
Gráfico 5 – Comportamento do banco de baterias no mês de maio de 2007..... 68

Índice de tabelas

Tabela 1 – Comparação da evolução de atitudes de responsabilidade ambiental em organizações 18
Tabela 2 – Análise das cargas existentes no LAFAE..... 40
Tabela 3 – Cálculo do fator K 43
Tabela 4 – Fatores de depreciação típicos, de acordo com a luminária escolhida 44
Tabela 5 - Iluminação Direta - Fatores de utilização associados ao fator K 45
Tabela 6 – Cálculo da quantidade de lâmpadas..... 45
Tabela 7 – Resumo dos circuitos elétricos 46
Tabela 8 – Dados de radiação solar média diária, em kWh/m² 50
Tabela 9 – Informações do módulo fotovoltaico escolhido 51
Tabela 10 – Informações da bateria escolhida..... 51
Tabela 11 – Dados do controlador escolhido 51
Tabela 12 – Cálculo do consumo de cargas por jornada 53
Tabela 13 – Correção do consumo de cargas por jornada..... 53
Tabela 14 – Determinação da corrente e do ângulo do arranjo fotovoltaico..... 56
Tabela 15 – Valor de corrente de projeto e horas de sol correspondente para cada inclinação57
Tabela 16 – Valores escolhidos para o projeto..... 57
Tabela 17 – Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos 59
Tabela 18 – Dimensionamento dos parâmetros do arranjo 60
Tabela 19 – Dimensionamento do banco de baterias 65
Tabela 20 – Sucessão de valores de radiação no Rio de Janeiro (maio/2007) para análise de contingência no banco de baterias 67
Tabela 21– Dimensionamento dos controladores de carga 70
Tabela 22– Resumo da instalação 71

Sumário

Capítulo 1 – Introdução 1
1.1 - Histórico 1
1.2 - Motivação 3
1.3 - Objetivo 4
1.4 – Visão geral do texto 6

Capítulo 2 – Revisão bibliográfica e metodologia de pesquisa 7

Capítulo 3 – Desenvolvimento do Estudo 10
3.1 – Da necessidade de adequação do laboratório às exigências de qualidade em gestão do meio ambiente 10
3.1.1 – Contexto energético no Brasil 10
3.1.2 – Responsabilidade Ambiental e Social Corporativa e Desenvolvimento Sustentável 16
3.2 – O Laboratório de Fontes Alternativas de Energia 21
3.3 – Análise de um requisito para a adequação a norma ISO 14001: impressões do laboratório e medidas a serem implementadas 22

Capitulo 4 – Uma solução de engenharia para a adequação do LAFAE aos requisitos de conservação de energia 24
4.1 – Descrição de um sistema fotovoltaico 25
4.2 – Metodologia 35
4.2.1 – Dimensionamento da iluminação 35
4.2.2 – Dimensionamento dos circuitos elétricos 37
4.2.3 – Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos 37
4.2.4 – Dimensionamento das baterias e escolha do controlador de cargas 38
4.3 – Desenvolvimento e resultados 39
4.3.1 – Resultados do dimensionamento de circuitos elétricos e de iluminação 39
4.3.2 – Resultados do dimensionamento do circuito elétrico 46
4.3.3 – Resultados do dimensionamento dos painéis fotovoltaicos 49
4.3.4 – Resultados do dimensionamento do banco de baterias e do controlador de carga 63
4.4 - Medidas educacionais de conservação de energia e gerenciamento de resíduos 71

5 – Conclusões 74

6 – Bibliografia 76

7 – Anexos 79

Siglas, símbolos e unidades utilizados.

AM – Air Mass

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CEPEL – Centro de Pesquisas em Energia Elétrica da Eletrobrás

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IP – Index of Protection

ISO – Internatinal Standard Organization

LAFAE – Laboratório de Fontes Alternativas de Energia

MME – Ministério de Minas e Energia

NBR – Norma Regulamentadora Brasileira

NOCT – Nominal Operating Cell Temperature

SIMERJ – Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro

STC – Standard Test Conditions

TUE – Tomada de uso específico

TUG – Tomada de uso geral

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

A – Área do recinto (m²)

Ah – Ampère-hora

A_{painel} – Área do painel solar (m²)

C – Comprimento do recinto (m)

E – Iluminância (lux)

ϕ – Fluxo luminoso total (lúmen)

φ – Fluxo luminoso por lâmpada (lúmen)

F_d – Fator de depreciação

F_u – Fator de utilização

h – Altura da fonte de luz em relação ao plano de trabalho (m)

H_{sp} – Horas de sol pleno (h)

I – Corrente elétrica (Ampère)

k – kilo (10^3)

K – Fator K de forma do ambiente

L – Largura do recinto (m)

n_l – Número de lâmpadas

N_{painel} – Número de painéis

P – Potência ativa (Watt)

P_{painel} – Potência ativa nominal fornecida por painel (Watt)

V – Tensão (Volt)

$V_{sistema}$ – Tensão do sistema fotovoltaico (Volt)

Wh – Watt-hora

Capítulo 1 – Introdução

1.1 - Histórico

Nos últimos séculos, o desenvolvimento de tecnologias levou o homem a um nível de grande domínio das conseqüências dos fenômenos naturais, onde equipamentos, materiais ou construções são feitos utilizando-se destes conhecimentos científicos e suas implicações, aproveitados, em tese, sempre em favor do bem-estar do ser humano.

A geração de energia e o seu aproveitamento são áreas que se destacam quando se pensa na relação entre natureza e tecnologia. O conhecimento desenvolvido ao longo dos anos na área de conversão eletromecânica de energia permitiu que esta, em suas mais diversas formas, pudesse ser transformada em energia elétrica. Pode-se citar, como exemplos: usinas hidrelétricas ou termelétricas e o aproveitamento eólico.

A utilização da energia solar é citada na história desde o tempo das antigas civilizações egípcias, através de seu uso religioso e medicinal. Em 1959, motivados pela corrida espacial, células fotovoltaicas foram utilizadas como fonte de energia para os projetos de exploração espacial que eram desenvolvidos, utilizando-se do efeito descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, culminando, atualmente, em aplicações com fins comerciais.

São vastas as aplicações da energia solar aproveitada tanto na forma termosolar, quanto nos equipamentos dependentes do efeito fotoelétrico. Algumas destas aplicações são:

- Aquecimento de água;
- Fornecimento de energia a comunidades distantes, isoladas do sistema elétrico e das usinas geradores de energia elétrica;

- Fornecimento de energia para satélites;
- Sistemas de geração de energia, conectados ou não a rede de distribuição etc.

Tais aplicações são exemplos, de fato, do grande avanço tecnológico citado, do conhecimento da ciência e da aplicação da engenharia na resolução de problemas. Entretanto, mesmo com todo este aparato de modernidade e nível atingido, as organizações modernas, sejam elas privadas ou estatais, com ou sem fins lucrativos, têm encontrado dificuldades para se auto-sustentarem financeiramente, sofrendo as mais variadas influências, principalmente devido às mudanças na economia, agora global.

Devido à competitividade, conhecimento desenvolvido e a troca de informações existente, em um futuro bem próximo, algumas organizações tenderão a nivelar-se tecnologicamente e então a adoção de práticas de gestão pela qualidade será um diferencial que contribuirá positivamente para aquela que a cumprir e divulgar às partes interessadas, em seus processos internos e externos, aquilo que vem realizando, resultados positivos obtidos e medidas de correção e prevenção de não-conformidades e, até, de eventuais acidentes.

Assim, não haverá organização que ignore tais práticas de gestão pela qualidade. Há, então, uma ligação que tende a ser irreversível no relacionamento entre a prática de engenharia, as questões políticas e econômicas, que definem os macro-rumos e metas, e a administração, na medida que essa passa a ser, se corretamente posta em prática, um diferencial positivo de uma instituição em relação a outras organizações do mesmo nicho e que se mantenha alijada destas posturas. Cabe, então, àqueles que dirigem tais companhias determinar políticas administrativas que englobem a gestão pela qualidade em conjunto com a questão cultural e social que se apresenta em cada ambiente de trabalho, assim como aplicar as melhores soluções para que níveis de excelência sejam atingidos. É neste contexto que o presente estudo se insere.

1.2 - Motivação

Nos atuais dias, posturas ambientalmente responsáveis são altamente valorizadas por instituições, com ou sem fins lucrativos, que desejam ter uma boa imagem junto aos seus parceiros e clientes, além da imagem apresentada à sociedade, que não deixa de ser uma parte interessada no processo, mesmo que indiretamente. Se soma a isso a necessidade de economia de energia, atitude necessária à preservação da natureza e diminuição de custos de geração, operação e manutenção de processos, fatores que levam a um aumento de competitividade.

Na esteira deste pensamento, é que foi criado o Laboratório de Fontes Alternativas de Energia - LAFAE. Este laboratório, onde a relação entre a natureza e o conhecimento científico é pesquisada, não poderia deixar de lado a adoção dessas práticas, já que a divulgação e a implementação de atitudes ambientalmente responsáveis também é um de seus propósitos (UFRJ-LAFAE, 2005). Daí a necessidade de implementar, no próprio ambiente de trabalho, algumas das práticas recomendadas pelo Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 e que fazem parte da proposta educativa do LAFAE.

Nota-se, portanto, que as soluções de engenharia propostas com o intuito de aproveitar racionalmente e gerar energia, necessitam estar em harmonia tanto com a fonte dos recursos naturais quanto com a força de trabalho que lidará e a utilizará em seu próprio beneficio ou da organização, assim como devem estar de acordo com as decisões políticas e administrativas envolvidas no desenvolvimento e implementação destes projetos.

A motivação para este projeto, portanto, é a possibilidade de conjugar, nos mais variados ambientes, inclusive em um laboratório, de forma responsável, a administração de recursos, soluções de engenharia em geração distribuída e conservação de energia, educação e preservação do meio ambiente.

O estudo, porém, não se propõe a afirmar que a solução de engenharia proposta para o uso racional de energia atrelado à geração própria de eletricidade seja, em absoluto, a melhor ou única maneira de se implementar, na prática, uma proposta dessa natureza.

1.3 - Objetivo

Este projeto tem como objetivo dar início à adequação do LAFAE às ações propostas pela norma ISO 14001:2004, que trata de Sistemas de Gestão Ambiental, visando trabalhar, organizar, documentar e agir, naquilo que for de responsabilidade do laboratório, de modo ambientalmente responsável. Para isso, será explorado um dos requisitos sugeridos à adequação que é o uso racional e a conservação de energia elétrica.

Assim, utilizar-se-á uma solução de engenharia – a instalação de painéis fotovoltaicos – para geração limpa de energia e diminuição de custos, em longo prazo, com a compra de energia necessária ao funcionamento do LAFAE. Associado a isto será proposta uma solução educacional para o uso racional de energia elétrica neste laboratório. Esta proposta é inovadora no sentido em que, atualmente, como os sistemas fotovoltaicos são utilizados quase que exclusivamente para atender comunidades isoladas, podem passar a ser vistos, agora, como parte integrante de um sistema de gestão ambiental, no que se refere à conservação de energia (em relação a produção desta dentro do atual modelo energético) e, conseqüentemente, do meio ambiente.

A questão que se coloca é se é válido, financeiramente, propor medidas educacionais e culturais visando eficiência energética associada a uma instalação elétrica com geração a partir de fontes alternativas de energia. Essa indagação procurará ser respondida nos campos de conhecimento envolvidos nesse estudo e que incluem a própria engenharia elétrica,

questões políticas, administrativas e ambientais, inclusive levando-se em conta a imagem associada ao laboratório, vista pelas partes interessadas.

A solução de engenharia a ser proposta envolve, em linhas gerais, os seguintes itens:

- Dimensionamento dos circuitos elétricos;
- Dimensionamento do banco de baterias e escolha do controlador de carga;
- Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos;
- Escolha dos conversores e conexão à rede CA.

Este projeto, entretanto, se propôs a executar e desenvolver os três primeiros itens: após a análise das cargas existentes, deve-se dimensionar o barramento de corrente contínua, as baterias e o controlador de carga, tendo em vista as cargas presentes no LAFAE. Em seguida, deve-se projetar um sistema isolado (não conectado a rede) de alimentação de energia elétrica por meio de painéis solares fotovoltaicos, que poderia suprir num primeiro momento, algumas cargas dentre o total existente atualmente no laboratório ou até mesmo em sua plenitude, dependendo do fator de demanda da instalação local. É necessário que haja, posteriormente, conexão deste sistema com a rede utilizando-se de recursos da eletrônica de potência, assunto esse que deve ser objeto de um estudo posterior.

Como o estudo não se limita apenas a questão da engenharia, é proposta também a adoção, na prática, de atitudes ambientalmente responsáveis e que instigam a adoção de procedimentos que diferenciarão, no futuro, o LAFAE, dos demais laboratórios de sua área de pesquisa. Com isso, até mesmo outras áreas da Universidade poderão ser levadas a adotar a mesma postura, ganhando em competitividade e qualidade de ensino, numa relação onde ganha a Universidade (economia de recursos) e ganham as partes interessadas (aumento de qualidade dos serviços oferecidos).

1.4 – Visão geral do texto

No segundo capítulo foi feita uma revisão bibliográfica que dá uma pequena amostra do estado da arte dos estudos, em nível de graduação e mestrado, sobre instalações utilizando painéis solares, fazendo uma conexão com o seu uso e conseqüência para a sociedade de um modo geral. No capítulo seguinte, foi apresentada a metodologia do estudo.

No capítulo quatro, foi desenvolvido o estudo sobre sistemas de gestão ambiental e suas conseqüências em relação à responsabilidade ambiental e social para o laboratório e às partes interessadas. Tudo isto baseado no atual contexto energético brasileiro e no cenário que se apresenta para os próximos anos, relacionando políticas e a atuação nas questões de eficiência energética.

Já no quinto capítulo, foi apresentada uma solução de engenharia para a adequação do laboratório a sua política de desenvolvimento de estudos com foco no uso racional de energia e preservação do meio ambiente. Essa solução é o uso de painéis fotovoltaicos para a geração própria de energia, uma proposta de geração distribuída.

A conclusão justificou o modelo energético adotado nessa solução com base nas boas conseqüências advindas deste modelo e que evita o gasto de recursos da natureza.

Capítulo 2 – Revisão bibliográfica e metodologia de pesquisa

Com a crescente preocupação com a questão energética, principalmente após a crise do petróleo, na década de 70, vários foram os estudos feitos nas mais diversas áreas do conhecimento cientifico almejando contornar a dependência extrema da energia obtida através dos derivados do petróleo. Alguns países, notadamente o Brasil, tem buscado desde então, com mais afinco, diversificar sua matriz energética tanto na produção de eletricidade, utilizando-se principalmente hidrelétricas, termelétricas a gás ou nucleares, quanto no uso industrial e em transportes.

A percepção de que as fontes de origem fóssil são inesgotáveis, agora aceita como sendo uma inverdade, também contribuiu para o estímulo a pesquisa e desenvolvimento de estudos, políticas e ações práticas procurando equilibrar exploração, sustentabilidade e rentabilidade na exploração das bases energéticas. Assim, segundo AGUIAR (Aguiar, 2004), o panorama que se apresentou nas últimas décadas e que se estende aos dias de hoje é de que o atual ritmo de uso dos recursos energéticos é insustentável. Citando estudos de MEADOWS (1973) e da ONU (1987), AGUIAR reforça a idéia de que os atuais padrões de consumo energético são desproporcionais, quando se compara uma minoria que desperdiça enormemente energia enquanto a maioria, não tendo igual acesso a estes recursos, se depara com perspectivas negativas, vendo erodir rapidamente as suas condições de vida e do espaço em que ocupam, gerando um mal-estar social.

Associado às necessidades humanas de consumo básico e bem-estar – necessidades estas não atendidas pelo atual modelo de distribuição de renda para a maioria da população brasileira – as indústrias, grandes consumidores de energia, foram atingidas por um incômodo quando perceberam, principalmente após a crise do apagão, em 2001, que os recursos

necessários à manutenção de seus próprios processos e, conseqüentemente, seus negócios, podem se esgotar. Desta forma, diversas entidades locais e mundiais, tais como Universidades e empresas do setor energético, a Organização das Nações Unidas, o Banco Mundial, a Agência Internacional de Energia entre outros, têm investido em pesquisas e estudos para definir opções de modelo de desenvolvimento sustentável, a adoção de políticas de incentivo a fontes alternativas de energia entre outras propostas, onde em comum a todos, segundo SOUSA, (SOUSA A. 2006) resume-se a grande importância da necessidade de adequação às práticas de gestão ambiental responsável, mostrando o poder que esta tem sobre a relação empresas-sociedade. A implementação de processos de qualidade e aqueles ligados a questões ambientais, antes considerados diferenciais, tende a ser um padrão.

Enfim, chegou-se a um momento da história do modelo econômico adotado em que se não houver mudanças significativas na forma como são aproveitados os insumos e como são devolvidos à natureza, haverá um sério risco de colapso. E é com esse espírito que a engenharia elétrica deve nortear também seus esforços a fim de resolver da melhor maneira possível este impasse. A solução que se apresenta é o uso de fontes alternativas em geração distribuída associada com cultura em eficiência energética.

Assim, o estudo foi feito baseado na solução de engenharia proposta por MORAIS, 2005, onde a proposta original era a implementação de um arranjo fotovoltaico para o LAFAE que pudesse atender as cargas somente em caso de falta de energia. A partir de agora, se deseja que o laboratório seja continuamente alimentado pelo arranjo fotovoltaico e que as baterias possam, por meio de inversores, alimentar toda a instalação em corrente alternada do laboratório.

Como uma solução desta ainda é, nos dias de hoje, economicamente inviável, faz-se necessário analisar outros aspectos da instalação que não são economicamente simples de serem mensurados. Nestes aspectos inclui-se preservação do meio ambiente, responsabilidade

ambiental e social, normatização, custos evitados e de imagem associada. Para contextualizar e justificar a instalação, é exposto o cenário energético atual e as tendências futuras. Dissertações de mestrado do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ foram as principais fontes de pesquisa deste temas. (AGUIAR, SOUSA, A. e SOUSA W.)

Algumas matérias, em especial Instalações Elétricas, Engenharia do Trabalho e Fontes Alternativas de Energia, do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFRJ foram fontes inspiradoras deste projeto e por isso são também fontes de pesquisa para este trabalho assim como consultas à Internet em sites relacionados ao assunto.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do Estudo

3.1 – Da necessidade de adequação do laboratório às exigências de qualidade em gestão do meio ambiente

Atitudes ambientalmente responsáveis são necessárias para mitigar os efeitos, hoje conhecidos, causados pelo modelo energético adotado. Além desta, outras atividades com potencial igual ou superior de degradação ambiental, foram desenvolvidas ao longo dos últimos séculos e agora a necessidade de crescimento sustentável é imprescindível para manter os atuais padrões de desenvolvimento associado com o bem-estar humano a preservação da natureza.

A fim de compreender um pouco melhor como se deu o processo de construção de grandes usinas hidrelétricas no Brasil e para onde estamos caminhando, no sentido de criação de oportunidades alternativas de geração de energia é que o próximo item deve ser lido.

3.1.1 – Contexto energético no Brasil

É inegável que a energia elétrica proporciona, à sociedade em geral, grande melhoria na qualidade de vida: é difícil, para a maioria dos habitantes das grandes metrópoles, admitir viver sem o bem-estar e o conforto proporcionados pelo uso de eletricidade. Além do uso residencial, grande parte da produção comercial e industrial depende de insumos elétricos. Desta maneira, é real e, de certo modo, irreversível a dependência do homem em relação à energia elétrica e, indiretamente, à conversão eletromecânica de energia vinda de fontes naturais de energia.

Entretanto, os modos como se gera, transmite e se distribui a energia elétrica são submetidos a questões políticas, sociais e geográficas de modo que nem toda a população aproveita da mesma forma os benefícios já citados e há, ainda nos dias de hoje, comunidades isoladas do sistema brasileiro interligado de transmissão de energia. A justificativa para o não atendimento de tais comunidades é o custo necessário ao investimento em linhas de transmissão e distribuição, frente à carga atendida que, em geral, é muito reduzida, inviabilizando iniciativas nesse sentido. Para melhor visualização do sistema brasileiro e a necessidade de interconexão elétrica entre as diversas regiões, o mapa abaixo, retirado do site do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, é apresentado. É possível notar que ainda há grandes áreas isoladas do chamado Sistema Interligado Nacional – SIN.

Uma solução proposta por especialistas é a adoção de geração distribuída (geração local, próxima ao consumidor) para o atendimento dessas localidades. Há, em ação, dois programas políticos adotados pelo poder público, que podem ser interpretadas como ações para contornar este problema. A primeira, mais antiga, é o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM e a segunda é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA. O PROINFA foi:

> "criado no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME) pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003. A iniciativa, de caráter estrutural, pretende alavancar os ganhos de escala, a aprendizagem tecnológica, a competitividade industrial nos mercados interno e externo e, sobretudo, a identificação e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na definição da competitividade econômico-energética de projetos de geração que utilizem fontes limpas e sustentáveis".(MME, 2003)

Figura 1 – Sistema Interligado Nacional previsto para 2007 (Fonte: www.ons.org.br)

Esta definição mostra a intenção do poder público em estimular o uso de energias alternativas e renováveis – que não só a obtida a partir de hidrelétricas – como parte da matriz energética brasileira. Segundo o Ministério de Minas e Energia, a matriz energética no Brasil tem a seguinte divisão entre as fontes:

Gráfico 1 – Divisão da matriz energética no Brasil
(Fonte: Ministério de Minas e Energia)

A observação deste gráfico mostra que a porcentagem de fontes renováveis chega quase a 44% da matriz energética brasileira. Este número é significativo quando comparado à média mundial que está em torno de 14%, o que respalda, em princípio, uma relação de causa e efeito entre as políticas de incentivo às fontes renováveis de energia com os resultados obtidos. Entretanto, o investimento na matriz hidrelétrica não se deu pelo PROINFA, mas sim por programas muito anteriores a ele, datados principalmente da década de 70, onde as grandes obras de infra-estrutura eram prioridade para o governo militar.

Muito ainda há de ser feito para que os resultados do PROINFA sejam colhidos. O Gráfico 2, a seguir, dá um panorama da importância do aproveitamento hidrelétrico na geração de energia elétrica no Brasil.

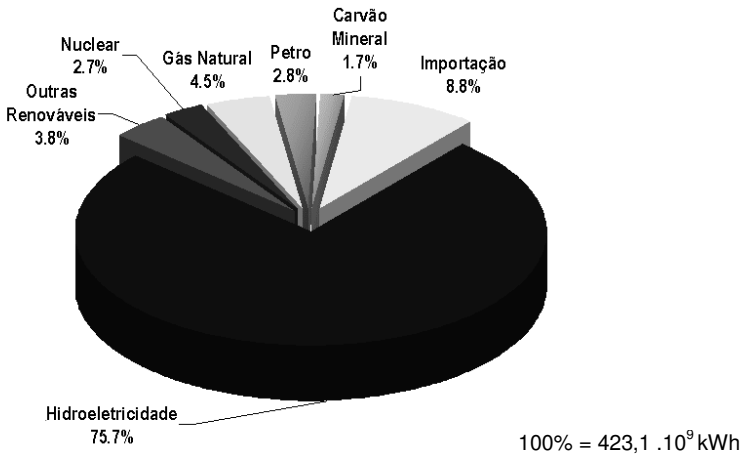


Gráfico 2 – Divisão de geração de energia elétrica no Brasil
(Fonte: Ministério de Minas e Energia)

O Gráfico 1 mostra também que ainda há uma grande dependência dos derivados de petróleo, já que este é em números absolutos o maior fornecedor de energia, contando a totalidade de setores que utilizam alguma forma de energia em seus processos. A alta dependência de uma única fonte de energia, o petróleo, tem causado grandes impactos econômicos e políticos ao longo da história, o que reforça ainda mais a necessidade de se buscar alternativas energéticas sustentáveis, mundialmente abrangentes e que se encaixem na definição de energia limpa e responsável. A energia solar vem se destacando nesse sentido e, por isso, a necessidade de implementar projetos e estudos utilizando-a torna-se cada vez mais importante.

Todavia, o PROINFA não incentiva explicitamente a utilização de energia solar fotovoltaica. Na verdade, as fontes de energia elétrica incentivadas por este programa se restringem a:

- Fontes eólicas;
- Pequenas centrais hidrelétricas (PCHs);

- Projetos de biomassa.

Visando fomentar ainda mais a migração para estas formas de geração de eletricidade, a energia produzida pelas unidades geradoras será adquirida pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás). Os contratos dos geradores com a Eletrobrás terão duração de 20 anos, contados a partir da entrada em operação da geração.

É neste contexto que está inserida a utilização de arranjos fotovoltaicos. Apesar de ser, geograficamente, um país extremamente bem localizado para o aproveitamento solar, políticas objetivas de incentivo ao uso termosolar ou fotovoltaico de energia solar são pouco formuladas, incentivadas e implementadas.

Entretanto, como esta energia é abundante, a tendência é que, aos poucos, a energia solar fotovoltaica deixe de ser "a energia alternativa" dentre as fontes alternativas e passe a figurar como mais uma opção na tanto na solução no atendimento destas comunidades quanto no uso mais óbvio, que é a conexão com a rede.

Já o PRODEEM, programa criado em 1994, visa desenvolver energeticamente as cidades e os estados em que o custo de se levar energia elétrica da maneira tradicional, com redes de transmissão e distribuição sejam incompatíveis com o consumo. Assim, de acordo com este programa, o desenvolvimento energético significa levar eletricidade para tais comunidades através de sistemas fotovoltaicos, propiciando acesso à energia para uso em iluminação pública, sistemas de bombeamento de água e de eletricidade para outros fins.

Por ser mais antigo que o PROINFA, o PRODEEM já possui resultados concretos, apesar de toda a burocracia e dificuldade técnica em se manter os sistemas funcionando corretamente, já que as áreas atendidas não possuem pessoal qualificado para a correta manutenção. Mesmo assim, desde 1996, o CEPEL, responsável pela parte técnica do programa, mantém instalado algumas centenas de sistemas em todo o Brasil.

Este programa, no entanto, tem cunho social e não tecnológico. Ele não tem como objetivo desenvolver a fabricação ou a instalação de sistemas fotovoltaicos em grande escala, no intuito de realmente substituir parte da matriz energética ou mesmo fortalecer a indústria nacional. Pode-se concluir que as ações voltadas para o desenvolvimento do aproveitamento fotovoltaico, apesar do grande potencial brasileiro, ainda são tímidas. Uma nova opção de uso pode ser a sua utilização em geração distribuída, visando adequação da instalação a um sistema de gestão ambiental, gerando diminuição de custos com compra de energia e conseqüente economia na geração de energia através de fontes tradicionais.

3.1.2 – Responsabilidade Ambiental e Social Corporativa e Desenvolvimento Sustentável

Nos atuais dias é notória a importância dada pelas empresas ao tema de responsabilidade sócio-ambiental. É verdade que uma parcela desta responsabilidade social é ligada ao papel de fornecedora de empregos ou alavancadora de projetos de vida. Mas é preciso levar em consideração que o raio de influência das organizações não se resume simplesmente ao fornecimento de empregos ou possibilidade de crescimento pessoal e por isso estas devem agir também no sentido de controlar, através de gestão responsável, todas as suas possíveis influências.

Com a percepção da sociedade e dos responsáveis pelas diretrizes estratégicas das organizações de que a atividade industrial possui efeitos negativos, como os causados através da degradação da qualidade de vida e problemas ambientais, passou-se a haver cobrança para que ações mitigadoras dos riscos fossem adotadas e assim, além de gerar oportunidades, as organizações devem também cumprir requisitos de responsabilidade ambiental, social e de bem-estar às partes envolvidas em seus processos. (SOUSA A.,2006)

Partindo da necessidade de controle dos rejeitos e impactos naturais produzidos e do uso e descarte de recursos, exigiu-se que ações de gestão e controle fossem tomadas no sentido do desenvolvimento com responsabilidade. Passou-se a considerar o ambiente exterior como área de influência.

Após a adoção de alguns modelos notoriamente reativos, optou-se por inserir definitivamente o controle ambiental nas funções e processos para que as conseqüências pudessem ser acompanhadas de forma mais pró-ativa. As conseqüências da adoção desta postura se refletem no aumento de competitividade e na melhoria da imagem associada à organização pelas partes interessadas. O quadro a seguir resume a evolução das ações de responsabilidade ambiental.

Tabela 1 – Comparação da evolução de atitudes de responsabilidade ambiental em organizações (fonte: BARBIERI , 2004 apud SOUSA A. , 2006, p.11)

Características	Abordagens		
	Controle da Poluição	**Prevenção da Poluição**	**Estratégica**
Preocupação Básica	• Cumprimento da legislação • Respostas às pressões da comunidade	Uso eficiente dos insumos	Competitividade
Postura Típica	Reativa	Reativa e proativa	Reativa e proativa
Ações Típicas	• Corretivas • Tecnologias de remediação e controle no final do processo (*end-of-pipe*) • Aplicação de normas de segurança	• Corretivas e Preventivas • Conservação e substituição de insumos • Uso de tecnologias limpas	• Corretivas, preventivas e antecipatórias • Antecipação de problemas e captura de oportunidades, utilizando soluções de médio e longo prazos • Uso de tecnologias limpas
Percepção dos Empresários e Administradores	Custo adicional	Redução de custo e aumento da produtividade	Vantagens competitivas
Envolvimento da Alta Administração	Esporádico	Periódico	Permanente e sistemático
Áreas Envolvidas	Ações ambientais confinadas nas áreas produtivas	As principais ações ambientais continuam confinadas nas áreas produtivas, mas há crescente envolvimento das demais áreas	• Atividades ambientais disseminadas pela organização • Ampliação as ações ambientais para toda cadeia produtiva

É neste contexto evolutivo que surgem, como elementos essenciais ao controle dos processos e à gestão dos recursos naturais necessários ao funcionamento das organizações, as normas internacionais de padronização – ISO's – em especial a ISO 9000, que trata da gestão pela qualidade, e a ISO 14001, que trata de gestão do meio ambiente. Esta última é que terá um requisito estudado e desenvolvido para que o LAFAE possa dar os primeiros passos para adequação do laboratório a esta. Uma consulta a ISO 14001, mostra que um dos elementos ao

qual se deve ter controle é justamente no uso de energia elétrica de forma eficiente. É este ponto que é explorado neste estudo. É também intenção do projeto mostrar que a geração própria de energia, apesar de não diminuir o consumo energético local de uma instalação, traz benefícios à natureza, se analisados de uma perspectiva maior, já que significam custos evitados e, portanto, contribuem, sim, para uma economia de energia. O uso eficiente de energia se encaixa totalmente no contexto citado de responsabilidade ambiental e social.

Já a geração própria de energia através de fontes alternativas, naturais e renováveis é, certamente, a melhor forma de contornar o problema causado, indiretamente, pela necessidade de atendimento – leia-se: conexão com a rede de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica – aos consumidores de eletricidade.

A conexão com a rede, em si, não é o problema, mas isto representa, invariavelmente, o continuísmo de um modelo de geração de energia baseado em grandes usinas hidrelétricas (modelo adotado como ideal no Brasil) e que, apesar de ser considerada uma forma de geração sustentável de energia, trazem também grandes prejuízos a natureza e a população. A união de uso eficiente de energia já "disponível", diminuição em perdas nas linhas de transmissão e geração distribuída surge como uma solução para o desenvolvimento responsável.

Como exemplo dos perigos representados pelo continuísmo deste modelo, pode-se citar diversos problemas de cunho ambientais ligados à construção das grandes barragens. Tais problemas estão presentes desde o momento de sua implantação e persistem durante sua fase operacional.

Alterações de aspectos físicos, químicos e biológicos, tais como a diminuição da correnteza dos rios e mudança na sua dinâmica; a deposição de material orgânico no fundo das barragens, com conseqüente ocorrência de reações químicas devidas à presença de tais materiais gerando produtos nocivos ao ser humano, à fauna e à flora de regiões vizinhas; além

da barreira representada pela própria barragem para espécies aquáticas dependentes dos rios para reprodução, são alguns desses problemas segundo SOUSA. (SOUSA W., 2000). Assim, percebe-se que manter a geração baseada em hidrelétricas de grande porte é contribuir diretamente para estes problemas, um ato que contraria o que se deseja quando se pensa em responsabilidade ambiental.

Já em relação aos problemas sociais pode-se destacar a necessidade de, por vezes, ser necessária a remoção de populações ou comunidades, agindo de forma contrária aos conceitos de responsabilidade social e de manutenção do bem estar e da cultura da população atingida.

Tendo em vista tais conseqüências, pode-se afirmar, sem dúvida, que a adoção de soluções de geração distribuída em conjunto com soluções educacionais de uso racional de energia aos sistemas já existentes como a prática ideal para se conseguir conjugar práticas aparentemente antagônicas: manutenção do crescimento econômico, aumento da oferta de energia e diminuição da construção de hidrelétricas de grande porte.

Apesar do crescimento da oferta de energia elétrica indicar crescimento econômico, é preciso perceber que a eficiência desta relação pode ser aumentada se a forma como é utilizada esta energia for otimizada. A economia de recursos existentes ou o seu uso de forma racional e sustentável é igualmente importante para a manutenção da prosperidade econômica e do bem-estar social.

Considerando a geração distribuída como uma solução, o uso da energia solar fotovoltaica pode suprir as necessidades de geração de eletricidade. Entretanto, há um grande entrave à expansão desta fonte devido, principalmente, ao custo de implantação. É uma tecnologia cara, embora o desenvolvimento das pesquisas no sentido de produzirem-se novos materiais avance no sentido de barateá-la.

Todavia, conforme exposto, há outras nuances que devem ser exploradas quando da adoção da geração distribuída através de painéis solares. Custos evitados com compra de

energia, criação de uma cultura de eficiência energética e melhoria da imagem junto às partes interessadas são alguns dos pontos favoráveis à adoção desta tecnologia. Além disso, por estar-se estudando o caso de um laboratório de ensino, que fomenta consideravelmente o uso das fontes alternativas de energia, as motivações são ainda maiores.

3.2 – O Laboratório de Fontes Alternativas de Energia

> "O Laboratório de Fontes Alternativas de Energia da UFRJ (LAFAE) é produto da articulação do Programa de Engenharia Elétrica (PEE) e do Instituto Virtual de Mudanças Globais (IVIG), pertencentes à Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia (COPPE), e do Departamento de Eletrotécnica (DEE) da Escola Politécnica (EP), subordinados à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)".
>
> "O objetivo do laboratório é a realização de estudos e projetos relacionados à produção, transporte, armazenamento e utilização da energia, enfatizando as tecnologias que fazem uso de fontes primárias renováveis e dos vetores energéticos passíveis de serem obtidas a partir das respectivas fontes e também das tecnologias que apresentem ganhos de eficiência energética, possibilidades de co-geração, emissões evitadas, etc.".
>
> "O grupo atua nos campos da pesquisa, do desenvolvimento tecnológico e da educação. Ele reúne a experiência de docentes-pesquisadores na área de aproveitamento de energia produzida por fontes alternativas diversas, tais como: solar, eólica, marés e célula combustível. O compromisso do grupo é de tentar atender às demandas da sociedade brasileira e internacional, nos setores de indústria, governo, comunidades e educação. As pesquisas estão voltadas para captação de dados dos potenciais energéticos, desenvolvimento, análise e aperfeiçoamento de estruturas conversoras de energias de fontes alternativas em eletricidade, movimento e calor, para uso direto e indireto, bem como de dispositivos de controle e monitoração. Além disso, a larga experiência da maioria de seus pesquisadores no ensino prático, estará direcionada para o estudo de dispositivos educacionais, que mostrem as relações conceituais e práticas dos aproveitamentos energéticos, bem como suas aplicabilidades para estudantes e para o cidadão comum interessado no progresso e na melhoria do bem estar da sociedade. Pretende-se oferecer à sociedade, além das pesquisas de desenvolvimento e análises de viabilidade de projetos, atividades informativas e educativas". (UFRJ, LAFAE, 2006)

Pela descrição, retirada na íntegra do *site* do LAFAE, percebe-se a necessidade da interação entre o uso racional de energia e a administração dos recursos disponíveis. Portanto nada mais conveniente que este laboratório proponha e também implemente tais práticas.

3.3 – Análise de um requisito para a adequação a norma ISO 14001: impressões do laboratório e medidas a serem implementadas

A adequação de uma organização a uma norma com os quesitos definidos pela ISO 14001 é um procedimento extremamente trabalhoso. O objetivo deste estudo, como já mencionado, é dar os primeiros passos rumo à adequação, com foco no que diz respeito ao uso da energia, um recurso natural e, portanto, pertinente ao escopo da análise.

Segundo CAJAZEIRA, 1998 os primeiros passos para a adequação plena a um sistema de gestão ambiental – SGA – devem incluir uma revisão inicial do negócio desenvolvido, contemplando quatro pontos fundamentais, dos quais somente o terceiro item será desenvolvido neste texto:

- Requisitos e requerimentos legais.
- Avaliação e registro dos efeitos ambientais significativos.
- Exame das práticas e procedimentos do sistema de gerenciamento ambiental existente.
- Avaliação e investigação de acidente passados e não-conformidades em relação à legislação, regulamentos políticas e práticas anteriores à revisão.

***

Analisando o aspecto de consumo energético, o Laboratório de Fontes Alternativas de Energia, em seu dia-a-dia consome eletricidade continuamente. Lâmpadas, computadores e ar-condicionado são os principais equipamentos consumidores de energia. O uso dos dois

últimos se justifica durante todo o dia devido às pesquisas realizadas no laboratório, conforme a proposta, transcrita no item 3.2.

O uso do ar-condicionado se justifica já que o laboratório se localiza numa cidade de clima tropical (Rio de Janeiro) e o excesso de calor pode prejudicar o desempenho dos que ali estão, já que o calor é bastante incômodo. Outra justificativa para a climatização do ambiente é a presença de equipamentos que também podem ter seu desempenho prejudicado pelas altas temperaturas, como por exemplo, os computadores e outros equipamentos eletrônicos. Deve ser chamada a atenção para o fato de que este é o aparelho que possui maior consumo energético, representando, aproximadamente, 50% do total gasto pelo laboratório como será visto mais adiante no quadro de cargas.

É de se esperar que os maiores esforços em educação e eficiência energética sejam voltados para o uso racional do ar-condicionado e das lâmpadas. O regime de funcionamento destes deve ser feito de forma que providenciem condições saudáveis de trabalho, mas que não ocorram excessos. Como exemplos: as lâmpadas podem ser desligadas pela manhã quando a luz do sol invade o labratório ou apenas uma parte delas pode ser ligada à tarde, quando o sol já não é tão mais intenso. O ar-condicionado já pode começar a ser desligado antes do término do expediente, economizando energia.

Capitulo 4 – Uma solução de engenharia para a adequação do LAFAE aos requisitos de conservação de energia

Conforme proposto, uma alternativa para a diminuição do custo de energia consumido no LAFAE-UFRJ engloba o desenvolvimento de um sistema próprio de geração de energia, neste caso com o uso de energia solar fotovoltaica. O dimensionamento dos circuitos de iluminação foi todo projetado pensando em otimizar as condições de trabalho daqueles que ali permanecem durante sua jornada de trabalho, respeitando suas características psicofisiológicas, de modo a proporcionar conforto e eficiência na atividade realizada [MTE, 2006]. Deste modo, a quantidade de pontos de luz [NBR5410, 1992] foi calculada utilizando um método de luminotécnica, conhecido como "Método do fluxo luminoso" [MOREIRA, 1999] que será mais bem detalhado em seção posterior.

A escolha da quantidade de tomadas, interruptores e demais itens de instalação elétrica de baixa tensão (BT) foi baseada na recomendação da NBR 5410, que discorre sobre tais instalações.

Houve também necessidade de analisar o ciclo diário de uso de cargas no laboratório para definir qual a melhor opção na escolha de baterias, levando em conta suas características e as condições de operação e de uso.

O dimensionamento dos painéis foi baseado na proposta de instalação elétrica desenvolvida, na disponibilidade de armazenamento de energia através de baterias e na quantidade de irradiação solar recebida e que pode ser efetivamente convertida em eletricidade pelos painéis fotovoltaicos.

4.1 – Descrição de um sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto, em geral, dos seguintes componentes, definidos a seguir:

- Painel fotovoltaico.
- Banco de baterias.
- Controlador de carga.
- Inversor/ conversor.

Painel Fotovoltaico

O painel fotovoltaico tem como objetivo converter a energia dos fótons presentes na luz solar para energia elétrica. Eles são construídos em pequenos módulos que são conectados entre si, compondo os painéis. Desta forma são então capazes de fornecer, dependendo das condições do ambiente onde esteja situada, a tensão nominal projetada. Esta tensão é dada, em geral, em um gráfico relacionado com a corrente. Apesar da tensão fornecida pelo painel depender de alguns fatores como nível de radiação recebido, a temperatura do painel e o tipo de material, por exemplo, os valores de tensão e potência são sempre bem definidos para cada condição de corrente, como mostra a figura a seguir.

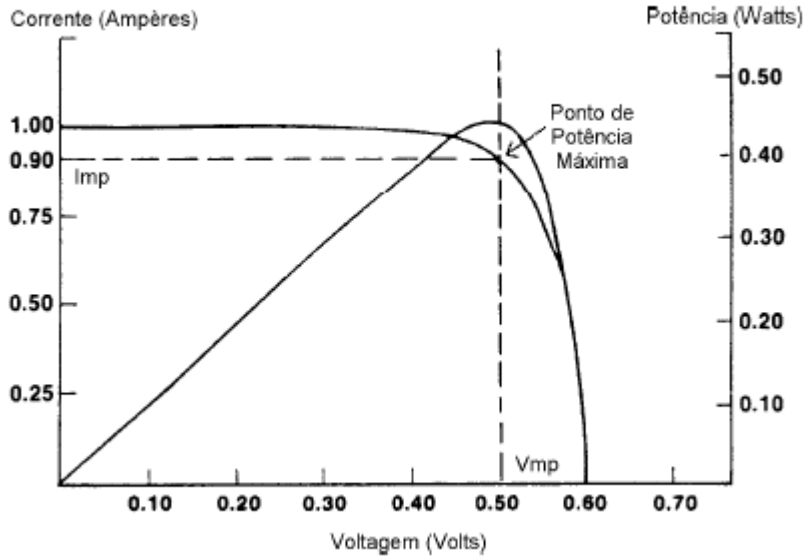


Gráfico 3 – Características típicas do gráfico IxV e PxV de um painel fotovoltaico (fonte: CRESESB, 1994)

Em relação ao material, em geral feito em silício, são três os principais tipos de alotropia utilizados na feitura destes painéis:

- Monocristalino – melhor rendimento na conversão (16%), elevados custos financeiros e energéticos em sua produção;
- Policristalino – médio rendimento na conversão (13%) e menores custos na fabricação do que o monocristalino;
- Amorfo – baixo rendimento na conversão (10%) e menor custo entre estes.

Alguns painéis mais modernos vêm sendo feitos de outros materiais, tais como o telureto de cádmio, usando a tecnologia de filmes finos. Mas, tais tecnologias ainda estão em fase de aperfeiçoamento e não são consideradas plenamente comerciais como os painéis de silício. Tem-se observado que os painéis solares de filmes finos são mais indicados para

instalações onde o nível de radiação solar seja baixo ou, ainda, em um local sujeito a sombreamentos, já que sua eficiência é maior para tais condições.

A quantidade de potência gerada pelos painéis depende de diversos fatores ambientais e geográficos, tais como: localização do arranjo (latitude e longitude), a época do ano e o horário considerado, o posicionamento da reta normal à superfície do painel em relação ao Sol, temperatura ambiente e do painel, nível de poeira, nebulosidade e sombreamento entre outros. Estes fatores influem na quantidade de radiação recebida pelos painéis e em seu maior ou menor rendimento, de acordo com as condições existentes em cada caso.

Para tentar colocar os painéis em condições semelhantes de teste e, portanto, de comparação, já que tantas variáveis podem influenciar em seu funcionamento, foram estabelecidos dados e condições padrões para compor as especificações dos painéis fotovoltaicos e que são relevantes para a feitura do projeto, como segue:

- Potência nominal e potência de pico;
- Tensão na potência de pico;
- Corrente na potência de pico;
- Tensão de circuito aberto;
- Corrente de curto-circuito;
- Dimensões;
- Peso;
- Coeficientes de variação das grandezas elétricas com a temperatura;
- Gráficos IxV com a variação de irradiação recebida e de performance com a variação da temperatura.

Um exemplo destes dados está nas especificações de um painel solar apresentado em anexo.

As condições padrão para o estabelecimento destes dados são definidas em duas: a STC e a NOCT. A STC – *Standard Test Condition* ou condição padrão de teste é definida como sendo as condições em que a temperatura da célula é de 25ºC, a irradiação recebida pelo painel é de 1000W/m² e espectro luminoso, AM 1.5 (Air Mass 1.5). Tais condições, entretanto, são extremamente idealizadas, de modo que é muito difícil, na prática, atingir-se todos estes parâmetros. Assim, mais recentemente, tem-se utilizado também para definição das especificações acima, a condição NOCT – *Nominal Operating Cell Temperature* ou condição nominal de temperatura de operação da célula que é: irradiação a 800W/m², espectro luminoso AM 1,5, velocidade do vento a 1 m/s (contribuindo para o resfriamento do módulo e melhora no desempenho) e temperatura ambiente de 20ºC. Essas condições são mais comuns de serem encontradas na instalação em si, e para uma melhor acuidade do projeto, poder-se-ia adotar estes valores quando do dimensionamento.

Já os valores dos dados de radiação solar incidente podem ser obtidos através de medições, através de instrumentos próprios para esta função como o piranômetro. Como esses dados são influenciados pelo clima, como mencionado, o ideal é que essas medições sejam feitas num espaço de tempo adequado a permitir modelar matematicamente o comportamento do clima e otimizar o dimensionamento. Há casos em que se recomenda uma base de dados de dez anos, contínuos para que o comportamento do clima deixe de ser considerado estocástico.

Figura 2 – Piranômetro para medição de irradiação solar
(Fonte: www.cresesb.cepel.br)

Como esse tempo é inexeqüível para a grande maioria dos projetos, o procedimento adotado deveria ser fazer medições, mesmo que mais curtas, na localidade onde será instalado o arranjo fotovoltaico. Lembrando que as condições climáticas e o posicionamento do Sol (solstícios e equinócios) variam conforme as estações do ano, uma base de dados de um ano torna-se dispendiosa e inconveniente para ser obtida. Assim, usualmente tais informações tem sido obtidas a partir de atlas solarimétricos disponíveis na Internet ou em livros. Vale ressaltar que tais dados não seguem padrões bem definidos de coleta de dados. São variados os parâmetros de inclinação dos instrumentos que obtém os dados, as condições de tempo em que ficam em exposição ao Sol os piranômetros (ou outros equipamentos) e o tempo de coleta de dados, para se chegar a uma base de dados realmente significativa. .

Uma padronização da forma em que são feitas as medições levaria a uma coleta mais profícua de amostra de dados. Erros nesses dados acabam, invariavelmente, levando a erros de sub ou superdimensionamentos dos painéis. Estes erros oneram ainda mais o investimento em sistemas fotovoltaicos, o que casualmente leva a desistência de implantação do projeto.

Baterias

De posse dos painéis e os dados de radiação, é preciso conectar a fonte de energia ao sistema, com o intuito de fornecer a eletricidade produzida para a carga. Todavia, os painéis não a produzem todo o tempo, de modo que é necessário que para estes intervalos de tempo sem produção de energia, a carga tenha a possibilidade de ser continuamente atendida. Assim, faz-se necessário o uso de bancos de baterias visando armazenar a energia produzida para uso quando as condições de produção desta não forem favoráveis.

As baterias mantêm, através de processos químicos, uma diferença de potencial entre seus eletrodos e podem, quando necessário e se carregadas, criar um fluxo de elétrons –

corrente – que, caso conectado a um circuito elétrico, ela o manterá energizado até que sua energia potencial alcance um valor em que não haja mais circulação de carga (tensão final de descarga). Caso isto aconteça, podem ser recarregadas, reiniciando este processo, mas com diminuição extrema de sua vida útil. Recomenda-se que na operação da bateria nunca se permita chegar a tal situação.

Percebe-se, pois, que as ações de carregamento e descarga da bateria são limitadas e determinam sua vida útil. O regime de funcionamento das cargas é importantíssimo no projeto de sistemas fotovoltaicos: tais ciclos ou descargas diárias não podem ser ignorados quando se projeta um sistema fotovoltaico.

As baterias são elementos altamente não-lineares. Seu comportamento é regido não só pelas características elétricas, mas também pelas características físico-químicas, onde os fenômenos químicos associados às reações têm uma ordem de grandeza temporal muito superior aos associados aos fenômenos elétricos. Assim, uma das conseqüências mais importantes e ligadas diretamente a esse fato é a capacidade de fornecimento de corrente, em Ampère-hora (Ah), das baterias. Quanto maior o tempo de fornecimento de energia em um nível de corrente mais baixo, maior a capacidade em Ah da bateria. Logicamente, este valor é limitado a um máximo, o qual é significantemente diminuído quando a necessidade de atendimento de corrente é bastante maior em um curto espaço de tempo. Logo, a velocidade de descarga influi na capacidade de fornecimento da bateria.

Um outro fator que influencia a vida útil da bateria e conseqüentemente o número de ciclos de descarga da bateria é a profundidade de descarga. As baterias comuns são compostas de placas e um eletrólito que envolve ambas. Uma das placas é denominada positiva, pois tem tendência a receber elétrons e a outra é a negativa, pois tem excesso de elétrons. Em operação normal, ou seja, descarregando energia para outro sistema, os elétrons fluem da placa negativa para a positiva. Quando sendo carregadas, os elétrons fluem da placa positiva para a negativa,

num processo contrário ao primeiro. Entretanto, esses processos não têm 100% de rendimento de modo que uma parte do material que se acumula nas placas não volta a se dissolver (sulfatação) justificando a diminuição da vida útil das baterias. O processo de sulfatação é maior quanto maior a profundidade de descarga. E quanto mais for sujeita a este processo, maior é a chance de problemas no funcionamento da bateria ocorrerem.

Com o envelhecimento das baterias outros problemas podem acontecer. Os mais relevantes são: estratificação do ácido, corrosão e sedimentação. Estes problemas devem ser evitados com manutenção preventiva da instalação.

Pode-se perceber então que para a escolha da bateria há de se levar em conta muitos fatores. Além dos já mencionados, é importante lembrar, por exemplo:

- Possibilidade de recarregamento contínuo;
- Necessidade de pouca manutenção;
- Vida útil significativa;
- Condição de suportar descargas profundas;
- Mínima regulação de tensão, mesmo em condições adversas;
- Disponibilidade e custo de fornecedores e de equipamentos de controle.

Segundo a publicação do CRESESB, 1994 as baterias que melhor atendem os requisitos acima e ao funcionamento com ciclos constantes são as baterias de níquel-cádmio, que apesar de terem o seu custo inicial mais elevado em comparação a outros tipos de bateria, são mais indicadas para esse tipo de aplicação. Mais recentemente tem-se dado preferência ao uso da baterias de chumbo-ácido, pois são mais baratas e também apresentam as características citadas, notadamente em relação a pouca manutenção. Como poderá ser visto mais adiante, este foi o material escolhido. Em comum entre todos os tipos de bateria está o

fato de que se deve ter grande cuidado na instalação e manutenção destes bancos, já que estes produzem grande quantidade de vapores tóxicos os quais, quando em contato com vapores de água presentes normalmente na atmosfera reagem produzindo ácidos, deteriorando a instalação elétrica em si e prejudicando o ambiente circundante.

Controlador de Carga

Assim como no momento de descarregamento excessivo, deve ser dada, também, atenção ao momento em que não seja mais necessário carregar o banco de baterias, caso elas estejam com sua carga máxima, a fim de se evitar a gaseificação do material que compõe a bateria. É nesse momento que o controlador de carga passa a agir. Ele é o equipamento que vai controlar o fluxo de energia para a bateria, vindo do painel fotovoltaico e indo para a carga: um inversor, no caso de cargas em corrente alternada; um conversor, se a bateria tiver tensão diferente da carga ou uma outra carga qualquer em corrente contínua e em tensão igual a da bateria. Controlando este fluxo racionalmente, de forma a transmitir a máxima potência elétrica aceitável do painel à bateria e protegendo-a de descargas profundas, catalisadoras do processo de sulfatação, evitam-se situações comprometedoras da vida útil da bateria.

O controlador de carga é configurado para permitir um determinado nível de descarga na bateria e com esse valor é possível prever a quantidade de ciclos de descarga associada.

No caso de baterias utilizadas em arranjos fotovoltaicos, como os ciclos diários são constantes, o número de ciclos corresponde, em geral, ao número de dias. Entretanto, tem-se observado, na prática, que o número de ciclos na verdade é bem menor do que valor teórico esperado e o tempo médio entre falhas é pequeno, o que torna a instalação e a manutenção do sistema deveras onerosa. Um gráfico teórico da relação entre profundidade de descarga e a quantidade de ciclos está no anexo da folha de dados da bateria, na parte final deste texto.

Para prolongar a vida útil da bateria e aumentar seu tempo médio entre falhas, era de se esperar que o controlador de cargas fizesse o papel de analisar qual a melhor taxa de retirada de energia da bateria, visando maximizar a capacidade em Ah. Seria interessante analisar também se a profundidade de descarga é conveniente para cada momento, independente do pré-ajuste feito, de modo que o controlador pudesse "saber" que num determinado período de pouco carregamento da bateria, ou seja, dias sem sol, a profundidade de descarga pudesse ser maior para garantir provimento seguro de energia por um tempo maior do que o estipulado sem comprometer extremamente a vida útil da bateria. Tais controladores poderiam ser desenvolvidos com algoritmos de redes neurais ou de sistemas especialistas e devem ser objetos de outro estudo.

Inversor

Finalmente, o inversor é o equipamento que converte a corrente contínua produzida pelos painéis para corrente alternada. Esta corrente pode ser ligada diretamente aos equipamentos elétricos mais comuns, como os existentes no LAFAE ou a rede, conforme o esquema apresentado na figura 3, logo adiante. É papel do inversor também adaptar esta corrente alternada à freqüência e ao nível de tensão adequados a cada caso.

A conversão de corrente contínua em alternada é feita através de dispositivos eletrônicos de potência (tiristores, IGBTs, GTOs, MOSFETs entre outros) que funcionam como chaves, permitindo a passagem de corrente durante determinados intervalos de tempo. São várias as técnicas utilizadas para esta transformação sendo uma das mais populares a *Pulse Width Modulation* – PWM. Ainda nesta técnica, há diversas formas de controlar o tempo e quais chaves devem estar conduzindo em cada momento.

Independentemente da maneira que este controle seja feito, a onda na saída irá conter harmônicos, diferentes da onda fundamental, ao sistema ou equipamentos (senóide com amplitude e freqüências nominais) que, em princípio, diminuem a qualidade da corrente entregue pelo inversor, além de aumentar perdas. Na análise dos harmônicos da onda de saída do inversor, a componente fundamental deve ser a principal. As demais componentes devem ser filtradas a fim de evitar inconvenientes como ressonâncias de tensão, interferências e distorções de corrente, causados pelos demais harmônicos. Para maiores detalhes, consultar a norma IEEE 519 e MOHAN.

Este inversor deve ainda ter a funcionalidade de rastreamento do ponto de máxima potência. O esquema abaixo mostra a interligação dos componentes que formam o sistema fotovoltaico:

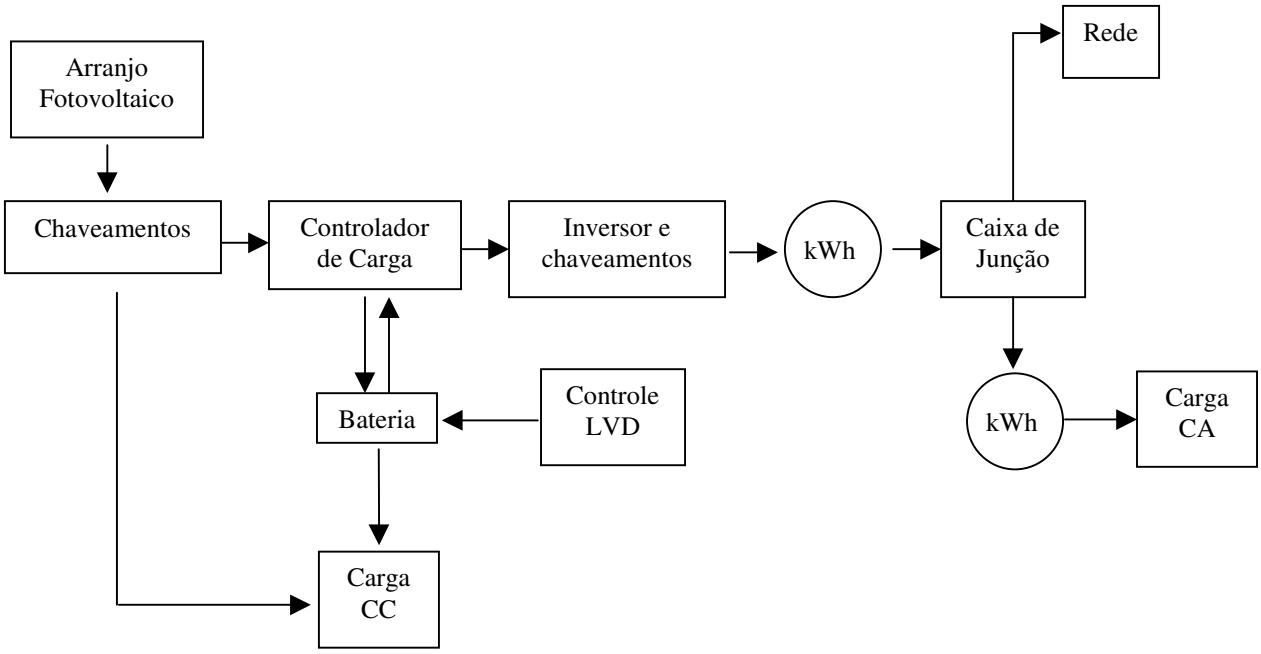


Figura 3 – Esquemático típico de ligação do arranjo fotovoltaico

Na figura acima, o arranjo fotovoltaico se conecta através de chaves com o controlador de carga. Essas chaves atuam no sentido de possibilitar ou não a conexão do sistema gerador

de energia à bateria ou diretamente à carga. Como citado anteriormente, isso é necessário nos casos em que a bateria esteja com a sua carga completa ou que não seja preciso fornecer energia à carga através dela.

Vê-se, também, na figura um bloco de Controle LVD (*Low Voltage Disconnection*). Este bloco é redundante a uma função do controlador de carga. Seu papel é desconectar a carga do sistema de alimentação caso a bateria esteja com uma carga muito baixa, o que seria prejudicial para a vida útil da bateria.

Há nesse esquemático dois blocos em formato circular que representam as medições. Este esquema de medição é chamado simultâneo e é conveniente para casos em que se deseja medir as parcelas da quantidade total de energia efetivamente gerada pelo painel, (excluída a parcela utilizada na carga em corrente contínua e as perdas) entregue a carga e entregue a rede. Este tipo de ligação representa apenas uma das diversas possibilidades de ligação de sistemas fotovoltaicos.

É possível que para determinados aparelhos eletrônicos tais como lâmpadas com reatores eletrônicos, computadores e seus periféricos, não haja necessidade de utilização dos inversores já que aqueles podem ser alimentados diretamente em corrente contínua, se uma adaptação conveniente for feita. Este estudo deve ser objeto de um outro trabalho.

4.2 – Metodologia

Os próximos itens descrevem os procedimentos de metodologia para os dimensionamentos dos equipamentos a que se propõe este estudo.

4.2.1 – Dimensionamento da iluminação

Como a intenção do projeto apresentado por esse texto é de refazer toda a instalação de modo econômico, respeitando decisões político-administrativas da gestão pela qualidade, é necessário que na concepção do projeto haja uma preocupação de quais atividades serão desenvolvidas. O grau de dificuldade destas atividades, a idade dos que ali exercerão suas tarefas, a facilidade ou não da manutenção das lâmpadas, fatores de ordem econômica (custo) e de decoração, influem diretamente na escolha das luminárias. Neste projeto, todavia, não se levaram em conta fatores de ordem de decoração. O principal objetivo foi fornecer melhores condições para a atividade desenvolvida, almejando um custo operacional baixo, com simples manutenção.

Para alguns ambientes, especialmente aqueles em que alguma tarefa não rotineira é desenvolvida, tais como as que possam acontecer em um laboratório, se faz necessária a utilização de uma iluminação especial, diferente, mais apropriada a essa tarefa. Tal diferenciação pode ser tanto o aumento (ou diminuição) da quantidade ou nível de luminosidade quanto na especificação do tipo de uma lâmpada (lâmpadas mistas, incandescentes, vapor de mercúrio ou de sódio, por exemplo). Essas alterações visam, inicialmente, proporcionar um maior bem-estar àquele que está sob efeito de tais raios luminosos, melhorando sua performance e diminuindo eventuais problemas de saúde que porventura possam decorrer da falta de um nível adequado de luminosidade, conforme prega a NR-17.

Trazendo em seu bojo as questões ergonômicas, que justificam o cálculo da quantidade ideal de luminosidade, o ferramental matemático do “Método do Fluxo Luminoso” permite que sejam calculados os níveis ideais de iluminância para casos específicos. Este método foi escolhido, em detrimento ao “Método das Cavidades Zonais”, por se tratar de ambientes com geometria simples.

4.2.2 – Dimensionamento dos circuitos elétricos

O dimensionamento dos circuitos foi todo feito com base na NBR5410 que permite que estes sejam dimensionados através de um ou mais dos seis métodos propostos, como segue:

- Seção mínima do condutor;
- Capacidade de condução de corrente;
- Queda de tensão;
- Proteção contra sobrecargas;
- Proteção contra curtos-circuitos;
- Proteção contra contatos indiretos.

Como se trata de uma instalação relativamente simples e com tensão pouco elevada, optou-se por utilizar o critério de capacidade de condução de corrente, levando em consideração a seção mínima dos condutores.

4.2.3 – Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos

O dimensionamento dos painéis fotovoltaicos deve ser feito levando-se em conta fatores de ordem energética e natural.

Os fatores energéticos se referem às cargas atendidas pela energia elétrica fornecida pelo arranjo fotovoltaico. De posse das informações sobre a carga a ser atendida, o horário de ponta de consumo energético e a respectiva demanda além da tensão e corrente dos circuitos atendidos, pode-se dimensionar a quantidade de painéis e suas conexões série/paralelo,

visando atender as especificações de cada instalação. Neste estudo os painéis serão dimensionados para atender toda a energia necessária ao funcionamento do laboratório.

Devem ser consideradas também as perdas de todas as naturezas possíveis de acontecer nos equipamentos conectados ao painel e que em conjunto, formam o sistema de geração de energia elétrico fotovoltaico. Pode-se incluir, a título de exemplo, as perdas ôhmicas nos condutores, perdas devido ao chaveamento dos inversores etc. Tendo em vista que tais perdas são inevitáveis, é de se esperar que os painéis sejam superdimensionados a fim de supri-las ou que se introduzam fatores de perdas nos cálculos.

Atendendo a estes requisitos, deve-se respeitar também as necessidades naturais e geográficas que permitam maximizar a eficiência na produção de eletricidade. Essas necessidades se referem ao ambiente e a localização física do arranjo. Se num mesmo projeto for possível aliar atendimento da carga, maximização da potência produzida e menores perdas, este projeto será considerado ideal do ponto de vista do balanço energético.

Para o cálculo da quantidade de painéis fotovoltaicos necessários à instalação proposta ao LAFAE foi utilizado o método proposto pela publicação do CRESESB, 1994. A planilha final será apresentada na seção de resultados.

4.2.4 – Dimensionamento das baterias e escolha do controlador de cargas

Ainda na esteira da necessidade de atendimento das cargas dimensionadas é que devemos dimensionar o banco de baterias. Este banco deve fornecer energia suficiente para alimentar a instalação durante um período previamente estabelecido, segundo uma profundidade de descarga que maximize sua vida útil e não onere em excesso outros custos.

O controlador de carga deverá ser acoplado ao sistema visando preservar a vida útil da bateria e a quantidade destes, assim como das baterias também foi calculada pelo método proposto pela publicação do CRESESB, 1994.

4.3 – Desenvolvimento e resultados

A partir da metodologia escolhida para o cálculo do dimensionamento dos circuitos elétricos e da iluminação, dos painéis fotovoltaicos e do banco de baterias é que se chegou aos resultados resumidos no quadro síntese adiante, a tabela 2. Para uma melhor visualização do problema, a seguir está a planta do laboratório.

Nas seções seguintes, as siglas CPU, TUG e TUE significam, respectivamente, *Central Process Unit* (Unidade Central de Processamento), Tomada de Uso Geral de 100VA e Tomada de Uso Específico de 600VA.

4.3.1 – Resultados do dimensionamento de circuitos elétricos e de iluminação

O LAFAE é um laboratório que está em plena atividade e tem sua equipe de trabalho variando, por dia, em torno de 6 a 10 pessoas. De acordo com o atual uso deste espaço e do perfil da força de trabalho é que se definiu o quadro síntese de cargas utilizadas, como segue:

Tabela 2 – Análise das cargas existentes no LAFAE

Análise de Cargas - LAFAE							
	Equipamento	Quantidade	Carga (W)	Carga Total (VA)	Uso (h)	Fator de Intermitência (pu)	Energia (kWh/mês)
Sala 1	Computador	4	120	480	8	0,8	61,44
	Impressora	2	25	50	0,5	1	0,5
	Scanner	1	80	80	0,1	1	0,16
	Ar Condicionado	1	2000	2000	8	0,5	160
	Iluminação	10	32	320	4	1	25,6
	TUG	4	100	400	1	0,5	4
	TUE	1	600	600	1	0,5	6
	Total			3930			257,7
Sala 2	Computador	3	120	360	8	0,8	46,08
	Ar Condicionado	1	2000	2000	8	0,5	160
	Iluminação	12	32	384	4	1	30,72
	TUG	7	100	700	1	0,5	7
	TUE	1	600	600	1	0,5	6
	Total			4044			249,8
Sala 3	Computador	8	120	960	8	0,8	122,88
	Ar Condicionado	1	2000	2000	8	0,5	160
	Iluminação	10	32	320	4	1	25,6
	TUG	7	100	700	1	0,5	7
	TUE	1	600	600	1	0,5	6
	Total			4580			321,48
	Total			12554			828,98

Esses quadros mostram a atual aparelhagem elétrica existente no laboratório além da quantidade de iluminação necessária para preencher os requisitos de luminotécnica e ergonomia. Tais cálculos serão mostrados na tabela 6. A consumo em kWh/mês é calculado multiplicando-se a carga total, pelo némero de horas de uso diário, pelo fator de intermitência e, finalmente, pelo número de dias úteis em um mês. Neste caso, foi suposto 20 dias.

Somando a potência total instalada no laboratório chega-se a um valor de aproximadamente 12,5kVA, considerando-se a hipótese simplificadora e aproximadamente real de que o fator de potência dos equipamentos cuja unidade de potência esteja expressa em Volt-Ampère, seja unitário e, por isso, os valores de potência ativa e aparente são os mesmos.

De posse desta informação e sabendo que o laboratório permanece em funcionamento por aproximadamente 8 horas diárias, excluindo-se os fins de semana, foi possível calcular a energia gasta para manter o laboratório, em kWh/mês, como mostrado na tabela acima. É importante destacar o consumo exacerbado dos aparelhos de ar condicionado, que consomem aproximadamente 50% de toda a energia necessária ao funcionamento do LAFAE, ainda que um fator de intermitência possa diminuir seu peso neste consumo.

Para finalizar o cálculo é preciso calcular a demanda desta instalação. Ele é dado por:

$$D = \sum_{n=1}^{5} d_n P_n + 1{,}5\ d_6 P_6 \quad (1)$$

Onde:

d1 – fator de demanda de iluminação e TUGs;

d2 – fator de demanda de aquecedores de água;

d3 – fator de demanda de máquinas de solda a transformador;

d4 – fator de demanda de ar condicionado central;

d5 – fator de demanda de motores elétricos;

d6 – fator de demanda de ar condicionado de janela;

P – potência instalada (kVA) de cada grupo de equipamentos;

Substituindo os valores, encontra-se um valor de 0,63 para a demanda (demanda máxima sobre carga instalada) e o consumo pode ser aproximado para um valor de 522,25 kWh/mês. Uma outra maneira de racionalizar o valor consumido é adotar um fator de intermitência para o funcionamento dos aparelhos. Este parâmetro é utilizado para aproximar o gasto energético para um valor mais real e foi obtido na referência PROCEL. Ele indica, por unidade, em quanto do tempo inicialmente estipulado, o aparelho está consumindo sua carga nominal. Este valor fornece dados mais reais para algum dos aparelhos utilizados,

principalmente o ar-condicionado, já que apesar de estarem conectados a rede continuamente, seu gasto energético não é uniforme ao longo do tempo.

***

Para o cálculo da iluminação, como já citado, utilizou-se o método do fluxo luminoso, apresentado resumidamente nas próximas linhas.

Em primeiro lugar, define-se para cada ambiente o nível de iluminância que satisfaz os requisitos definidos em norma, segundo os critérios de ergonomia e níveis mínimos também definidos na norma de iluminância de interiores, NBR5413.

No LAFAE, as atividades desenvolvidas por seus professores, pesquisadores, alunos e demais funcionários podem envolver alguma complexidade ligada, principalmente, ao trabalho feito com montagens de circuitos de microeletrônica. Outra necessidade específica é a utilização para estudo e leitura, atividades que exigem um bom nível de iluminação.

A média de idade dos utilizadores do laboratório é baixa, em torno dos 25 anos, não exigindo, então cuidados especiais e iluminamento excessivo.

De posse dos níveis de iluminância, é preciso definir o fator de depreciação da instalação. Este fator é definido como um número, por unidade, em que se espera que o aparelho de iluminação, composto das lâmpadas, reatores, calhas etc vá se desgastando com o tempo quando comparado com o tempo em que foi considerado novo. Há algumas maneiras de se melhorar o fator de depreciação de uma instalação de iluminação e que dependem, essencialmente, de manutenção correta e apropriada. Esse assunto, porém, foge do escopo deste texto e por isso não será analisado. Supõe-se um tempo médio entre manutenções de 250h de uso.

Um outro fator que influi diretamente na quantidade de lâmpadas instaladas é a característica física do ambiente. Inclui-se aí o formato, a existência ou não de reentrâncias, as

cores das paredes, teto e chão, a refletância e o material de que são constituídos os elementos que compõem o ambiente em questão.

Como as formas construtivas para cada recinto são variadas e, em geral, não há um padrão, criou-se tabelas em que se podem compor as variações mais se aproximam da realidade de cada caso e relacioná-las a um fator K, que representa as características do ambiente. A influência deste fator é de que, dependendo da necessidade e do tipo de ambiente, ele pode fazer com que o número de lâmpadas possa ser maior do que o originalmente calculado, quando combinado com as características de refletância e materiais das salas. O fator K é dado por:

$$K = \frac{C \times L}{[h \times (C + L)]} \quad (2)$$

onde:

h = (pé-direito – altura da luminária – altura do plano de trabalho)

C = comprimento do recinto

L = largura do recinto

Os valores encontrados de K para cada sala foram resumidos na tabela 3:

Tabela 3 – Cálculo do fator K

Cálculo do fator K				
	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura da lâmpada (m)	Fator K
Sala 1	4,20	3,85	3,00	0,67
Sala 2	7,55	3,85	2,50	1,02
Sala 3	7,55	3,85	2,00	1,27

Já o fator de utilização é um dado que reflete a relação entre o tipo de luminária utilizado e a quantidade de fluxo luminoso que pode efetivamente sair desta lâmpada e

iluminar o recinto. Este fator, apesar de estar mais ligado ao projeto arquitetônico ou decorativo, não pode ser ignorado.

Por fim, deve-se escolher as lâmpadas que atendam as especificações de índice de reprodução de cores, iluminância, temperatura de cor etc para então definir através de cálculos a quantidade necessária de lâmpadas. Deve ser considerado também como fator importante para a escolha, a disponibilidade das lâmpadas no mercado e o arranjo mais conveniente que será proporcionado pela escolha de uma ou outra lâmpada.

A quantidade de lâmpadas e o fluxo luminoso em cada ambiente são dados por:

$$n_l = \frac{\phi}{\varphi}; \ \phi = \frac{A \ x \ E}{F_u \ x \ F_d} \quad (3) \ (4)$$

Onde:

ϕ = fluxo luminoso total (lm)

φ = fluxo luminoso por lâmpada (lm)

n_l = número de lâmpadas

A = área do recinto (m²)

E = iluminância (lux)

F_u = fator de utilização

F_d = fator de depreciação

Tabela 4 – Fatores de depreciação típicos, de acordo com a luminária escolhida (Fonte: MOREIRA, 1999)

Fatores de depreciação típicos, de acordo com a luminária escolhida		
Orientação	Para cima (%)	Para baixo (%)
Direta	0-10	90-100
Semidireta	10-40	60-90
Uniforme	40-60	60-40
Semi-indireta	60-90	10-40
Indireta	90-10	0-10

Escolhido o tipo de luminária no campo orientação, haverá valores do fator de depreciação associado. Com a luminária escolhida em anexo, o valor de F_d é 0,9 (ou seja, 90% do fluxo total emitido pela lâmpada efetivamente chega ao plano de trabalho) pois trata-se de uma luminária com iluminação direta e apontada para baixo.

De posse dos valores de K e de F_d e supondo valores de refletância para o teto, parede e chão do recinto, de acordo com a sua cor, pode-se encontrar o valor do fator de utilização, F_u, por interpolação linear, e a quantidade de lâmpadas, como segue:

Tabela 5 - Iluminação Direta - Fatores de utilização associados ao fator K

Iluminação Direta - Fatores de utilização associados ao fator K									
Refletâncias									
Teto	70		50		70		50		30
Parede	50	30	50	30	50	30	50	30	30
Piso	30				10				
K	Fatores de utilização								
0,6	0,39	0,33	0,39	0,33	0,38	0,34	0,37	0,33	0,32
1	0,62	0,54	0,6	0,54	0,6	0,53	0,58	0,53	0,52
1,5	0,78	0,7	0,76	0,69	0,75	0,68	0,72	0,68	0,66
2	0,89	0,81	0,85	0,78	0,83	0,77	0,8	0,77	0,74
3	0,101	0,94	0,95	0,89	0,92	0,87	0,88	0,86	0,84
5	0,112	0,106	0,103	0,98	0,99	0,95	0,96	0,93	0,92

Tabela 6 – Cálculo da quantidade de lâmpadas

Cálculo da quantidade de lâmpadas													
	Área (m²)	x	Iluminância mínima (lux)	/	Fat. de depreciação	/	Fat. de Utilização	=	Fluxo Total (lm)	/	Fluxo por Lâmpada (lm)	=	Quant. de Lâmpadas
Sala 1	16,17		700		0,90		0,44		28583,33		2700,00		10
Sala 2	29,07		700		0,90		0,65		34784,62		2700,00		12
Sala 3	29,07		700		0,90		0,73		30972,60		2700,00		11

Observe que para o cálculo da quantidade de fluxo total, multiplica-se a área do recinto pela iluminância mínima, dividindo o resultado pela multiplicação do fator de

depreciação pelo fator de utilização. A quantidade de lâmpadas é encontrada dividindo-se este resultado pelo fluxo luminoso de cada lâmpada.

Sabendo quais os equipamentos elétricos necessários ao LAFAE e a quantidade de iluminação necessária, foi proposta uma planta que atendesse aos requisitos da NR-17, NBR5410 e NBR5413.

4.3.2 – Resultados do dimensionamento do circuito elétrico

O dimensionamento do circuito elétrico foi feito com base nas cargas já existentes e de acordo com a NBR5410. Os circuitos que compõem a instalação foram divididos em sete subcircuitos de acordo com as especificações mínimas recomendadas e resumidos na tabela 7. Os circuitos com tomada terão bitola de 2,5 mm² e os demais, 1,5 mm².

Tabela 7 – Resumo dos circuitos elétricos

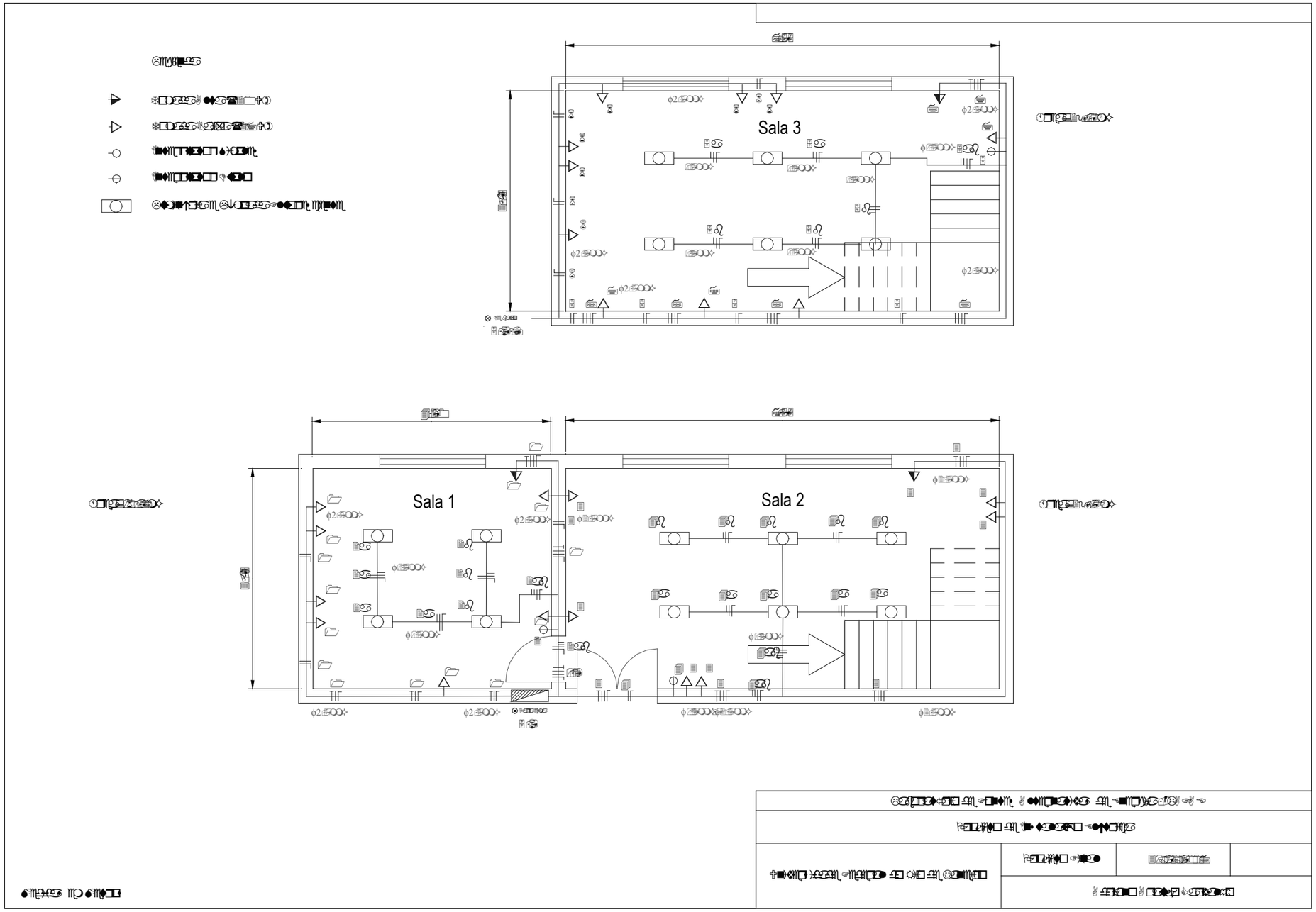
Resumo dos circuitos elétricos							
	TUG's	TUE's	Iluminação (luminárias)	Potência (VA)	Tensão (V)	Corrente (A)	Fase
Circuito 1	7	1		1300	127	10,24	A
Circuito 2			4	400	127	3,14	C
Circuito 3	6	1		1200	127	9,45	B
Circuito 4			6	600	127	4,72	C
Circuito 5			6	600	127	4,72	C
Circuito 6	6			600	127	4,72	B
Circuito 7	4	1		1000	127	7,87	A

Os valores calculados na tabela 7 são referentes à memória de cálculo da tabela 6. Entretanto os valores encontrados de luminárias (quantidade de lâmpadas dividida por dois) foram modificados no arranjo final. Na sala 1, um número ímpar de luminárias prejudica a uniformização da distribuição de fluxo luminoso na sala. Uma solução possível para manter o

valor mínimo estabelecido é aumentar o fluxo luminoso das lâmpadas escolhidas, necessitando assim de uma menor quantidade de lâmpadas.

O valor de luminárias na sala 3 também pode ser reduzido já que o teto é mais baixo e por isso o fator de forma K contribui para um fator de utilização que permite a diminuição da quantidade de lâmpadas, conforme mostrado na tabela 7 e na figura 4 a seguir.

A seguir, a planta com os circuitos e a distribuição das luminárias.


Sala 3
Sala 1
Sala 2

4.3.3 – Resultados do dimensionamento dos painéis fotovoltaicos

Para o correto dimensionamento dos painéis, é preciso definir a quantidade de energia a ser atendida por eles, assim como os níveis de tensão e de corrente. Deve-se levar em consideração, todavia, que a quantidade de energia gerada pelo painel depende das condições climáticas e geográficas da região onde foi instalado.

Não é parte deste trabalho explicar com extremos detalhes as variáveis que influem no dimensionamento e posicionamento do arranjo fotovoltaico, apesar de utilizar-se dos resultados para obter uma solução ideal para o caso estudado. Um detalhamento mais aprofundado pode ser encontrado na publicação do CRESESB, 1994 e na publicação da ALTENER, 2004.

Seguindo as orientações destas duas últimas referências, para maximizar o aproveitamento da radiação solar o painel deve ser ajustado de acordo com a latitude local e o período do ano em que se deseja mais energia. Em nosso país, para as cidades localizadas no hemisfério sul, um sistema fotovoltaico deve ser apontado para o norte, com o ângulo de inclinação aproximadamente igual ao da latitude local. Este posicionamento garante, em geral, que níveis de radiação satisfatórios atinjam o painel, caso este não tenha um rastreador solar.

***

O Laboratório de Fontes Alternativas de Energia se localiza no Rio de Janeiro (coordenadas 22,54S e 43,12W), mais precisamente na Ilha do Fundão, no prédio do Centro de Tecnologia, bloco H, sala 233. Essa informação é necessária para se obter informações da quantidade de radiação solar que incide, em médias diárias, nos diferentes meses do ano.

Acessando os dados de radiação solar do SunData do CEPEL, temos os valores mostrados, em kWh/m² para as proximidades do laboratório, em função do posicionamento em relação à horizontal do painel. A longitude e latitude de obtenção dos dados são: 22,41S e 42,96W, localização de Teresópolis:

Tabela 8 – Dados de radiação solar média diária, em kWh/m²
(fonte: CRESESB, SunData, 2006)

Dados de radiação solar média diária, em kWh/m²												
	Jan	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**
Latitude (22N) :	4,87	4,56	4,73	4,21	4,24	4,03	4,4	4,56	4,24	4,07	4,48	4,58
Maior Média (20N)	4,93	4,59	4,74	4,19	4,19	3,97	4,34	4,53	4,24	4,09	4,52	4,64
Maior Mín(25N):	4,78	4,5	4,7	4,22	4,3	4,11	4,48	4,6	4,23	4,03	4,4	4,49

Para dimensionar os painéis é preciso escolher primeiro pelo tipo de material adotado para sua construção. Foi escolhido o silício policristalino por conseguir, com uma menor área exposta ao sol produzir maior quantidade de potência levando em conta o seu preço, mais acessível que o de silício monocristalino.

Para efeitos de cálculo, foi escolhido um painel padrão no mercado, como, por exemplo, o Shell Solar SQ-75, pode fornecer na condição de 1kW/m², 75W. Ele possui área de 0.63m². Substituindo os dados na planilha do CRESESB e utilizando os dados dos equipamentos escolhidos, listados abaixo, é que foi dimensionado o arranjo dos painéis. Todos os equipamentos foram escolhidos por serem relativamente fáceis de se encontrar no mercado além de serem marcas já consagradas.

A tabela, 12, lista os equipamentos instalados no laboratório e seu consumo aproximado para um dia típico de trabalho no LAFAE. O valor de consumo energético é dado em ampère-hora já que em geral as baterias têm os seus dados também nessa grandeza, proporcionando uma melhor comparação entre os equipamentos que compõem o sistema.

Tabela 9 – Informações do módulo fotovoltaico escolhido

Informações do módulo fotovoltaico		
Fabricante/modelo	Shell SQ75	
Comprimento (m)	1,2	
Largura (m)	0,53	
Espessura (m)	0,06	
Peso (kg)	7,57	
Diodo de By-Pass	Sim	
Tensão nominal (V)	17,00	
Coeficiente de temperatura (V/ºC)	-0,084	
Valor esperado para a temperatura mais elevada (60º) (V)	14,06	
Tensão (V)	Na condição padrão de teste	Circuito aberto
	17,00	21,70
Corrente (A)	Na condição padrão de teste	Curto Circuito
	4,40	4,80

Tabela 10 – Informações da bateria escolhida

Informações da bateria escolhida	
Fabricante	Moura
Modelo	12MC220
Tipo	VRLA (Chumbo-ácido)
Tensão Nominal (V)	12
Capacidade Nominal (Ah)	220
Comprimento (m)	0,517
Largura (m)	0,29
Altura (m)	0,24
Peso (m)	56,2

Tabela 11 – Dados do controlador escolhido

Informações sobre o controlador de carga	
Fabricante/Modelo	ProStar/ MorningStar
Tipo	PS 15M48
Tensão do sistema (V)	48

Assim, para o cálculo do consumo foi levantada através de pesquisa qual a potência típica em Watts dos aparelhos em questão assim como a tensão ao qual são submetidos e daí, então, foi calculada a corrente. Partindo da premissa de que devem ser obedecidas regras de uso racional de energia (cultura de conservação de energia) é que foi determinada a quantidade de horas que cada aparelho está em funcionamento. Os valores de intermitência foram baseados na tabela similar consultada no *site* do PROCEL [1]. Ainda na tabela 12, a corrente em ampères multiplicada pela quantidade de horas em funcionamento é o valor em ampères-hora.

Vale ainda ressaltar que o valor de tensão do sistema fotovoltaico foi escolhido como sendo 48V por questões de segurança pessoal. Quanto maior for este valor mais interessante ao projeto, pois a corrente de pico associada a uma mesma potência será menor e as perdas por efeito joule nos condutores, que variam com o quadrado da corrente seriam menores. Outro fator que leva a acreditar que uma maior tensão é mais interessante é a necessidade de uso ou não de um inversor/conversor. Quanto mais próximos forem os valores de entrada e saída de tensão, menores serão as perdas na conversão. Entretanto, aqui, deve-se ter em mente uma solução de compromisso que atenda tanto ao bom funcionamento do sistema quanto àqueles que o operarão e precisam ter sua integridade assegurada. Acredita-se que este valor atenda bem aos dois.

As perdas nos condutores e a eficiência na conversão química (eficiência da bateria) são consideradas e contribuem para o aumento do consumo da instalação. Os valores atribuídos são típicos para instalações elétricas, conforme valores na tabela 13.

[1] Ver referência ELETROBRAS na bibliografia

Tabela 12 – Cálculo do consumo de cargas por jornada

Cálculo do consumo de cargas

Descrição de cargas	Qtde.	x	Potência de carga CA (W)	=	Potência de carga CA total (W)	Ciclo de serviço diário (h/dia)	x	Fator de Intermitência (pu)	x	Eficiência na conversão (pu)	x Pot. Total CA (kW) =	Consumo (kWh/dia)	x(1/7)x	Ciclo de serviço semanal (dias/sem)	/	Tensão nominal do sistema (V)	=	Consumo (Ah/dia)
Computadores	15		120		1800	8		0,8		1	11,52			5		48		171,43
Impressoras	2		25		50	0,5		1		1	0,03			5		48		0,37
Scanner	1		80		80	0,1		1		1	0,01			5		48		0,12
Ar-condicionado	3		2000		6000	8		0,5		1	24,00			5		48		357,14
Iluminação	32		32		1024	4		1		1	4,10			5		48		60,95
TUG	18		100		1800	1		0,5		1	0,90			5		48		13,39
TUE	3		600		1800	1		0,5		1	0,90			5		48		13,39
Potência total das cargas CA					12554,00									Consumo Total (Ah/dia)				616,80

Tabela 13 – Correção do consumo de cargas por jornada

Correção de consumo de cargas por jornada

Potência total das cargas CA (W)	/	Tensão nominal do sistema (V)	=	Estimativa da corrente de pico (A)	Consumo total (Ah/dia)	/	Fator de eficiência da fiação (pu)	/	Fator de eficiência da bateria (pu)	=	Consumo corrigido (Ah/dia)
12554		48		261,54	616,80		0,98		0,9		699,32

Para se calcular o consumo total em Ah/dia, conforme a tabela 12 foi preciso, de antemão, obter os dados de corrente, tensão e potência dos aparelhos elétricos. Multiplicando a quantidade de horas de uso pelo fator de intermitência do aparelho e em seguida pela eficiência teórica de conversão de energia e pela potência total do conjunto de aparelhos, se obtém o consumo em Wh. Dividindo este valor pela tensão nominal do sistema e sabendo que os aparelhos são usados 5/7 da semana, já que os outros dois são fins de semana e podem ser utilizados para a carga da bateria, é possível encontrar o consumo em Ah/dia de cada aparelho e da instalação.

O consumo corrigido, calculado na tabela 13 é encontrado a partir do valor de consumo total diário, acrescentando-se perdas da ordem de 2% para a fiação e de 10% na eficiência da conversão de energia química para elétrica na bateria. Tais valores representam valores típicos aceitos em instalações deste tipo. Observe que os cálculos são feitos por jornada ou dia de trabalho de 8 horas.

A tabela 14 mostra os valores de radiação obtidos através do *site* do SunData - CEPEL, em kWh/m², fazendo referência a três níveis de inclinação em relação ao solo: o central se refere ao painel com inclinação igual ao da latitude, que no Rio de Janeiro é aproximadamente 22. O módulo deverá ter sido posicionado, então, com uma destas inclinações e apontado para a direção norte. A tabela à esquerda faz referência ao valor de 20 graus e a da direita, 25 graus.

De posse dos valores de radiação pode-se calcular quantas horas equivalentes à condição padrão (STC) temos ao longo dos dias durante o ano em que foram feitas as medidas. Uma hora padrão, nestas condições, é chamada de hora de sol pleno.

O Sol, em média, fornece energia suficiente para o efeito fotovoltaico acontecer durante 10hs por dia, no ano todo, de modo que se calculou, a partir dessa planilha, a quantidade de horas de sol pleno equivalente por dia. Explica-se: o número de horas de sol pleno é

o equivalente em horas da radiação recebida durante um dia inteiro, supondo que esta radiação tenha sido constante e com valor de 1kW/m². A necessidade desta comparação está no fato de que as grandezas relativas à maioria dos painéis solares estão medidas com base em dados obtidos ou normalizados para esta condição. Para achar o valor, basta fazer:

$$h_{sp} = horas\,de\,sol\;\;pleno\,(h) = \frac{kWh/m^2}{kW/m^2} \quad (5)$$

Como o valor do denominador é 1, os valores numéricos encontrados, em horas, são os mesmos da tabela 8. Escolheu-se o pior caso possível para o dimensionamento dos painéis que é a condição com menor valor de corrente e a menor quantidade de horas de sol pleno associada. A inclinação do painel é escolhida a partir dessa condição. Vale lembrar que não está sendo levado em consideração uso de rastreadores solares ou de seguidores de máxima potência. Esses aparelhos podem aumentar a eficiência do arranjo fotovoltaico, dependendo das circunstâncias.

Observe que o valor da corrente de projeto é encontrado dividindo-se o valor do consumo total corrigido por dia, em Ah/dia, pela quantidade de horas de sol pleno associado a cada mês.

Tabela 14 – Determinação da corrente e do ângulo do arranjo fotovoltaico

Determinação da corrente e do ângulo de inclinação do arranjo												
	Inclinação			20º		Inclinação			22º		Inclinação			25º	
Mês	Consumo corrigido (Ah/dia)	/	Sol pleno (h)	=	Corrente de projeto (A)	Consumo corrigido (Ah/dia)	/	Sol pleno (h)	=	Corrente de projeto (A)	Consumo corrigido (Ah/dia)	/	Sol pleno (h)	=	Corrente de projeto (A)
Janeiro	699,32		4,93		141,85	699,32		4,87		143,60	699,32		4,78		146,30
Fevereiro	699,32		4,59		152,36	699,32		4,56		153,36	699,32		4,50		155,40
Março	699,32		4,74		147,54	699,32		4,73		147,85	699,32		4,70		148,79
Abril	699,32		4,19		166,90	699,32		4,21		166,11	699,32		4,22		165,72
Maio	699,32		4,19		166,90	699,32		4,24		164,93	699,32		4,30		162,63
Junho	699,32		3,97		176,15	699,32		4,03		173,53	699,32		4,11		170,15
Julho	699,32		4,34		161,13	699,32		4,40		158,94	699,32		4,48		156,10
Agosto	699,32		4,53		154,38	699,32		4,56		153,36	699,32		4,60		152,03
Setembro	699,32		4,24		164,93	699,32		4,24		164,93	699,32		4,23		165,32
Outubro	699,32		4,09		170,98	699,32		4,07		171,82	699,32		4,03		173,53
Novembro	699,32		4,52		154,72	699,32		4,48		156,10	699,32		4,40		158,94
Dezembro	699,32		4,64		150,72	699,32		4,58		152,69	699,32		4,49		155,75

A partir da tabela 14, deve-se escolher o valor mínimo de horas de sol pleno e o correspondente valor de corrente de projeto, corrente máxima de projeto. O valor mínimo é escolhido para permitir que no pior caso, ainda assim, o sistema seja atendido. A tabela a seguir mostra os valores escolhidos.

Tabela 15 – Valor de corrente de projeto e horas de sol correspondente para cada inclinação

Valor de corrente de projeto e horas de sol pleno correspondente para cada inclinação					
Localização da medição: -22,41 S 42,96W					
Inclinação: 20º		**Inclinação: 22º**		**Inclinação: 25º**	
Sol pleno (h/dia)	Corrente de projeto (A)	Sol pleno (h/dia)	Corrente de projeto (A)	Sol pleno (h/dia)	Corrente de projeto (A)
3,97	176,15	4,03	173,53	4,03	173,53

Dentre estes valores, escolheremos aquele que poderá propiciar as menores perdas ôhmicas associado com inclinação que provê as maiores quantidades de sol pleno. Nesse caso, a inclinação escolhida é a de 20º.

Tabela 16 – Valores escolhidos para o projeto

Valores escolhidos		
Sol pleno (h/dia)	Ângulo de inclinação	Corrente de projeto (A)
3,97	20	176,15

Escolhida a inclinação dos módulos, é necessário dimensionar a quantidade de placas solares e o seu arranjo. As próximas tabelas contêm os outros cálculos necessários para definir tais valores de acordo com a escolha de painel.

O número de módulos em paralelo é dado pela necessidade de corrente total do projeto: cada fileira de módulos em série tem a capacidade de fornecer, nominalmente, um determinado valor de corrente. Cabe definir quantas filas são necessárias para atingir essa corrente, dividindo a corrente de projeto pela corrente nominal de cada painel.

O número de módulos em série, neste projeto, deve ser calculado tendo em mente que os painéis alimentarão um banco de baterias e que estas precisam, para o seu funcionamento, atingir sua tensão de equalização, que é 20% maior que a sua tensão nominal (12 x 1,2 = 14,4V). Então, a necessidade de painéis em série deve contemplar também esta tensão, antes somente restringida pela tensão do arranjo fotovoltaico, definida como 48V. Outra aproximação significativa é que o valor de tensão escolhido para o cálculo da quantidade de painéis em série foi o de tensão com temperatura do painel a 60ºC, tensão abaixo do valor nominal, e que leva a uma aproximação mais real das condições de operação do arranjo. O gráfico a seguir mostra como a operação de painéis pode ser afetada pela temperatura e pela radiação:

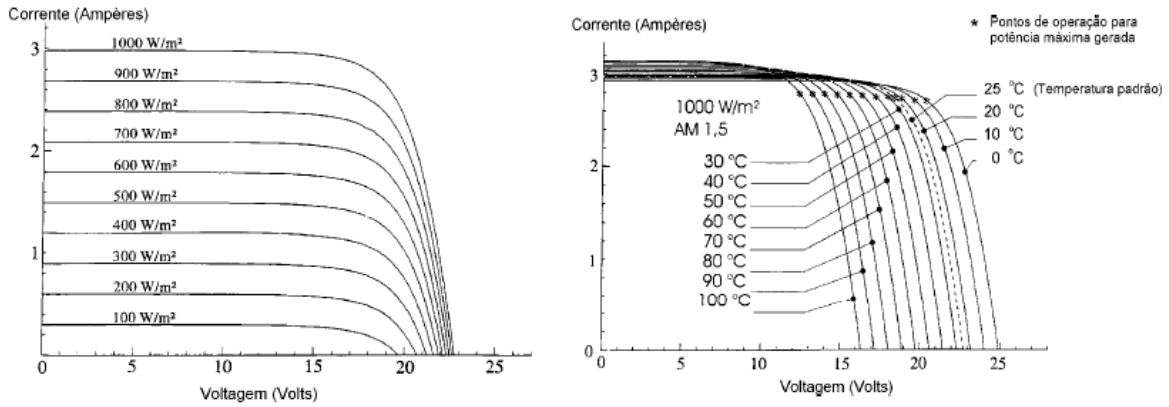


Gráfico 4 – Curvas IxV de um módulo em diferentes radiações e temperaturas (Fonte: CRESESB, 1994)

A próxima tabela mostra os cálculos do arranjo dos painéis fotovoltaicos.

Tabela 17 – Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos

Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos													
		Corrente de Projeto (A)	/	Fator de correção do módulo (pu)	=	Corrente de projeto corrigida (A)	/	Corrente nominal do módulo (A)	=	Número de módulos em paralelo			
		176,15		1		176,15		4,40		40			
Tensão nominal da bateria (V)	x	Número de baterias em série	=	Tensão necesária para carregar as baterias (V) + 20%	/	Tensão do módulo para a temperatura mais elevada (V)	=	Número de módulos em série	x	Número de módulos em paralelo	=	Número total de módulos	
12		4		57,6		14,06		4		40		160	

A quantidade de módulos em paralelo é calculada através da corrente de projeto necessária a carga a ser atendida. Com este valor, pode-se descontar um fator devido a perdas no módulo. Aqui, este valor não foi considerado. Dividindo-se esta corrente pela corrente nominal que pode ser fornecida por cada módulo, encontra-se o número de módulos em paralelo.

Para a quantidade de módulos em série, o cálculo é similar. Nesse caso, a conta deve ser feita levando em consideração a tensão necessária para carregar a bateria em sua tensão de equalização. Dividindo esse valor pela tensão do pior caso de operação, encontra-se o número de módulos em série necessários. De acordo com o cálculo acima, o peso dos módulos somaria aproximadamente 1211,2kg.

Deve-se calcular ainda os valores de corrente de curto circuito e de tensão de circuito aberto para o arranjo fotovoltaico. Esses valores serão utilizados no dimensionamento dos controladores de carga.

Tabela 18 – Dimensionamento dos parâmetros do arranjo

Dimensionamento dos parâmetros do arranjo			
Número de módulos em paralelo	Corrente nominal do módulo (A)	x Nº de módulos em paralelo =	Corrente nominal do arranjo (A)
	4,40	176,00	
	Corrente de curto circuito do módulo (A)	x Nº de módulos em paralelo =	Corrente de curto circuito do arranjo (A)
	4,80	192,00	
Número de módulos em série	Tensão nominal do módulo (V)	x Nº de módulos em série =	Tensão nominal do arranjo (V)
	17,00	68,00	
	Tensão de circuito aberto do módulo (V)	x Nº de módulos em série =	Tensão de circuito aberto do arranjo (V)
	21,70	86,80	

Há ainda outras considerações a serem feitas neste projeto. Em sendo um projeto de baixa tensão, é preferível instalar um número reduzido de módulos ligados em série numa fileira. Uma vantagem deste tipo de arranjo está no fato de que quanto menor a fileira, menor é a influência de sombras no comportamento das outras fileiras, já que o módulo que esteja mais sombreado é aquele que determina a corrente total da fileira onde se encontra.

Para entender esse fenômeno, basta imaginar que, estando sombreada, uma célula funcionará como uma carga, com corrente no sentido contrário ao da fornecida pelo painel. Um conjunto de células sombreadas poderá atingir um determinado valor de tensão em que haja significativo fluxo de corrente no sentido contrário, culminando com a formação dos chamados *hot-spots*, danificando física e permanentemente o painel. Para evitar essa situação, são inseridos diodos de *by-pass* ligados em anti-paralelo às células solares. Eles impedem o aparecimento de tensões reversas comprometedoras ao funcionamento ótimo do painel.

Na prática, os diodos de *by-pass* ou de derivação são normalmente associados a 18 ou 20 células solares, de modo que um módulo solar de 36 a 40 células tem dois diodos de derivação. Caso haja sombreamento, a potência fornecida será proporcional ao número de células ainda iluminadas, excluindo aquelas "by-passadas".Assim, é de se esperar que as perdas totais dependem também do número de fileiras sombreadas: são menores as perdas quanto menos sombreados estão os painéis. Para evitar estas perdas e maximizar a potência fornecida pelo painel é que são colocados os diodos de *by-pass.*

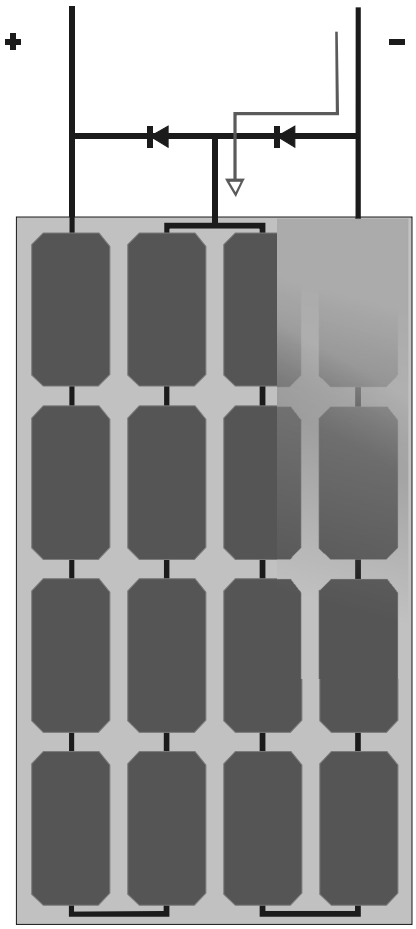


Figura 5 – Representação de um painel fotovoltaico sombreado e diodos de by-pass

Há ainda outros equipamentos que devem ser acoplados ao arranjo: contatores, fusíveis, caixas de passagem e diodos de bloqueio. Estes últimos são colocados devido aos mesmos motivos do diodo de *by-pass* (evitar danos derivados do sombreamento e conseqüente reversão de corrente), mas agora em se tratando da conexão entre diversos módulos e a carga. Caso haja algum problema com alguma das fileiras ou a mesma seja colocada em manutenção, as demais funcionarão sem qualquer problema.

Pode-se alegar incoerência em utilizar tais diodos em instalações fotovoltaicas, já quem os diodos provocam uma queda de tensão, reduzindo a eficiência do conjunto. Apesar de isto ser real, é notório que os benefícios trazidos pelo uso compensam a queda de tensão na ordem de aproximadamente 0,7 V.

A figura abaixo exemplifica a instalação:

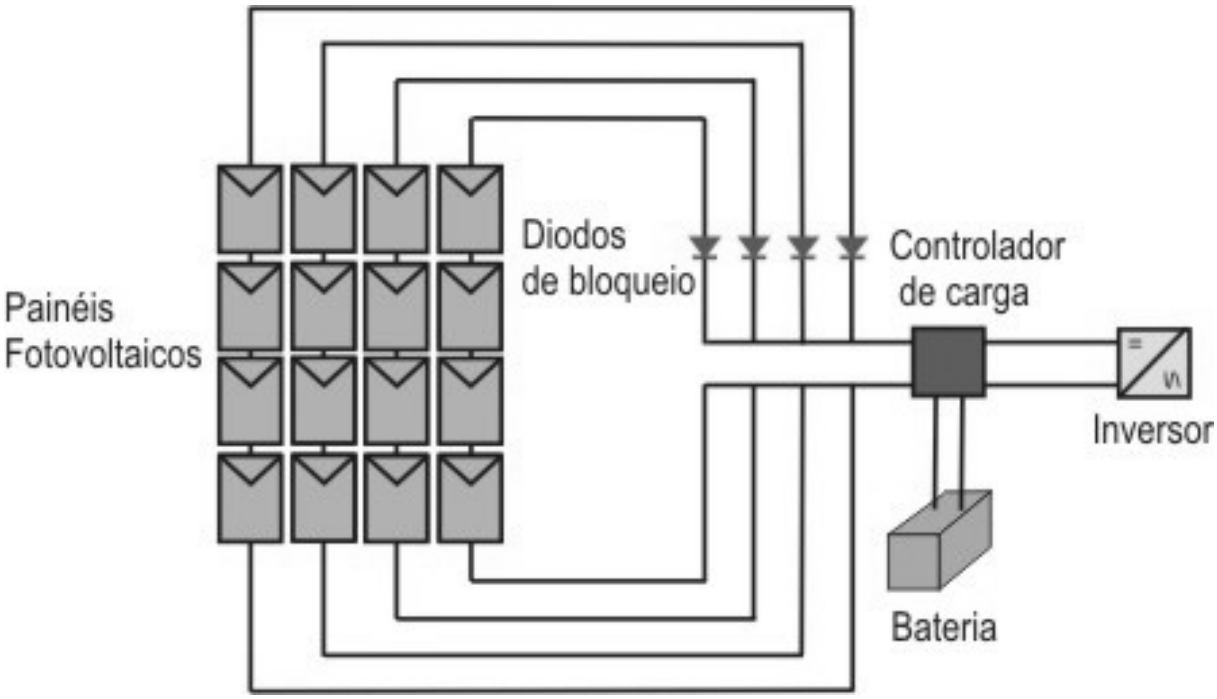


Figura 6 – Esquema de ligação dos painéis fotovoltaicos e outros equipamentos

Vale ressaltar que a configuração acima já não representa a forma mais moderna de instalação. Nestas instalações, tem-se optado por utilizar inversores dedicados a cada uma das fileiras. Essa configuração traz os seguintes benefícios, entre outros:

- Possibilidade de manutenção por fileiras, sem interromper a operação.
- Melhor controle de módulos falhos

Sobre a questão financeira, a instalação de diversos inversores se mostra bastante dispendiosa e por isso ainda é pouco utilizada.

Há de se ter especial atenção ao grau de proteção destes equipamentos. Pelo ambiente em que são instalados, devem ser, no mínimo, IP65. Ou seja, devem ser protegidos contra poeira e contra jatos d'água em todas as direções, características própria para instalações ao ar livre.

4.3.4 – Resultados do dimensionamento do banco de baterias e do controlador de carga

O banco de baterias e os controladores são dimensionados de acordo com as tabelas 19 e 20. De posse dos dados disponíveis na tabela 10, dados da bateria, e da tabela 13, consumo total corrigido em ampères-hora, devemos escolher a quantidade de tempo máxima em que se deseja que a instalação em questão seja suprida exclusivamente pelo banco de baterias.

Como o horário de funcionamento do LAFAE é de aproximadamente 8 horas por dia, foi suposto que pudessem haver 3 dias seguidos sem sol para as cargas serem alimentadas pelas baterias. Como cada dia de trabalho tem 8 horas, multiplicando por 3,

tem-se 24 horas ou 1 dia inteiro. A partir daí, é necessário determinar quanto é o tempo esperado de falha da bateria para que, de acordo com os gráficos fornecidos pelo fabricante, se possa determinar qual a profundidade do ciclo de descarga diário da bateria.

Engenheiros com experiência neste tipo de instalação afirmam que o tempo teórico entre falhas da bateria é maior do que o prático, associado ao mesmo valor de profundidade de carga e por isso, será necessária manutenção constante para que as previsões de troca e de vida útil se mantenham, conforme teoria.

A profundidade de descarga foi escolhida de acordo com o gráfico da bateria Moura, em anexo, para que a vida útil da bateria seja de aproximadamente dois anos. Este valor é de 40%. Admite-se que o banco de baterias irá fornecer, no máximo, a energia correspondente ao projetado na instalação. Este valor projetado deve equivaler ao valor por unidade do total instalado e que pode ser fornecido pelo banco de baterias. A título de exemplo, a instalação do LAFAE consome 699,32 Ah em uma jornada de trabalho. Este valor corresponde a 0,4 do total, 1748,30 Ah instalado e que pode, teoricamente, ser fornecido pelo banco de baterias por dia se a profundidade de descarga pudesse chegar a 100%. Como individualmente cada bateria pode fornecer 220 Ah, é possível encontrar a quantidade de baterias dividindo-se o valor total em Ah pela capacidade de uma bateria. O valor encontrado pode se arredondado para mais ou para menos, dependendo das condições e restrições impostas a cada projeto.

A quantidade de baterias em série deve ser escolhida de acordo com o valor definido para a instalação e com a tensão nominal de uma bateria. Elas devem ser colocadas em série a fim de atingir o valor escolhido. A tabela 19 mostra de maneira simplificada quais os resultados mais relevantes no cálculo feito para dimensionar o banco de acumuladores.

Tabela 19 – Dimensionamento do banco de baterias

Dimensionamento do banco de baterias												
Consumo corrigido (Ah/dia)	x	Dias de armazenamento	/	Profundidade de descarga máxima (pu)	x	Desconto por temperatura (pu)	=	Capacidade necessária para a bateria (Ah)	/	Capacidade de bateria selecionada (Ah)	=	Número de baterias
699,32		3		0,4		1		5244,90		220		24

Tensão nominal do sistema (V)	/	Tensão nominal da bateria (V)	=	Número de baterias em série	x	Número de baterias em paralelo	=	Número total de baterias
48		12		4		6		24

Observe que, nesta tabela, o campo dias de armazenamento corresponde a 8 horas, ou seja, três jornadas de trabalho de oito horas. O valor de desconto por temperatura não será considerado por não influir com muita importância no dimensionamento.

É importante aqui analisar as possíveis contingências no funcionamento diário do banco de baterias. Um gráfico pode exemplificar melhor como se comporta o banco de baterias através de um mês de funcionamento.

Para esta análise, a carga total a ser alimentada pelo sistema é de 699,32 Ah a cada dia. Supõe-se também que no dia anterior ao primeiro dia do mês o banco de baterias tinha 100% de sua carga.

Se as horas em que o painel recebe radiação durante um dia de semana (dias onde há consumo) forem maiores do que as horas necessárias para se carregar o banco, este se mantém com o mesmo nível do dia anterior, caso este esteja em seu nível máximo. Se o nível do dia anterior não for máximo, a diferença excedente será somada ao nível do dia anterior. Se o painel recebe menos radiação do que o consumo do

sistema, em um dia de semana, a perda no banco de baterias será diferença entre o consumo e a energia recebida. Este valor deverá ser descontado do valor do dia anterior.

Já as horas em que o painel recebe radiação em um fim de semana (dias onde não há consumo) são totalmente utilizadas para carregar o banco até que seja atingido o nível máximo. Caso não haja radiação no fim de semana e conseqüentemente não haja carga do banco, este se mantém no mesmo nível do dia anterior.

A tabela a seguir mostra os valores de radiação obtidos na estação de meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, (INMET), localizada no Maracanã, e retirada do *site* do Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro (SIMERJ). Foi a partir dela que se pôde calcular quanta energia foi fornecida ao sistema e daí fazer o balanço do comportamento do banco de baterias. Esta tabela não possuía os valores de horas de sol pleno relativos aos dias 16, 17, 30 e 31 de maio. Para estes dias foram atribuídos valores tais que não mudariam a média de radiação do mês calculado com os valores existentes. Foi suposto que no dia primeiro de maio, feriado, o laboratório não consumiu energia. Mais uma vez é preciso lembrar que a capacidade total de energia que a bateria pode fornecer é o valor consumido em um dia, 699,32Ah multiplicado por 3, que é a autonomia prevista e representa a profundidade maxima de descarga (40%) em relação a capacidade total do banco de baterias, de 5244,90Ah.

Tabela 20 – Sucessão de valores de radiação no Rio de Janeiro (maio/2007) para análise de contingência no banco de baterias

Valores de horas de sol pleno em maio de 2007					
Data	Dia da Semana	Sol pleno (h)	Carga fornecida (Ah)	Carga consumida (Ah)	Saldo de Carga (Ah)
1/5	Terça	4,2	649,0	0,0	2097,9
2/5	Quarta	4,6	705,6	-699,3	2097,9
3/5	Quinta	4,0	613,0	-699,3	2011,6
4/5	Sexta	4,2	656,2	-699,3	1968,5
5/5	Sábado	4,6	720,0	0,0	2097,9
6/5	Domingo	4,5	702,1	0,0	2097,9
7/5	Segunda	4,3	668,5	-699,3	2067,0
8/5	Terça	4,0	625,3	-699,3	1993,0
9/5	Quarta	0,5	73,4	-699,3	1367,1
10/5	Quinta	3,4	531,3	-699,3	1199,1
11/5	Sexta	4,3	662,1	-699,3	1161,8
12/5	Sábado	4,0	618,5	0,0	1780,3
13/5	Domingo	3,0	466,0	0,0	2097,9
14/5	Segunda	2,4	375,5	-699,3	1774,1
15/5	Terça	1,5	225,4	-699,3	1300,1
16/5	Quarta	3,1	477,5	-699,3	1078,3
17/5	Quinta	3,1	477,5	-699,3	856,5
18/5	Sexta	3,6	555,4	-699,3	712,5
19/5	Sábado	1,5	232,4	0,0	944,9
20/5	Domingo	1,7	256,4	0,0	1201,2
21/5	Segunda	4,1	634,9	-699,3	1136,8
22/5	Terça	2,5	384,9	-699,3	822,4
23/5	Quarta	0,5	76,5	-699,3	199,6
24/5	Quinta	0,8	122,1	-699,3	-377,7
25/5	Sexta	2,6	396,1	-699,3	-303,3
26/5	Sábado	4,1	631,8	0,0	631,8
27/5	Domingo	3,2	488,4	0,0	1120,2
28/5	Segunda	2,9	451,8	-699,3	872,7
29/5	Terça	2,3	349,6	-699,3	522,9
30/5	Quarta	3,1	477,5	-699,3	301,1
31/5	Quinta	3,1	477,5	-699,3	79,3

A conversão de horas de sol pleno, H_{sp}, para Ah é feita segundo a fórmula:

$$Ah = \frac{H_{sp} \cdot P_{painel} \cdot N_{painéis} \cdot A_{painel}}{V_{sistema}} \quad (6)$$

Onde:

H_{sp} = Horas de sol pleno

P_{painel} = Potência nominal fornecida pelo painel com radiação de 1kW/m²

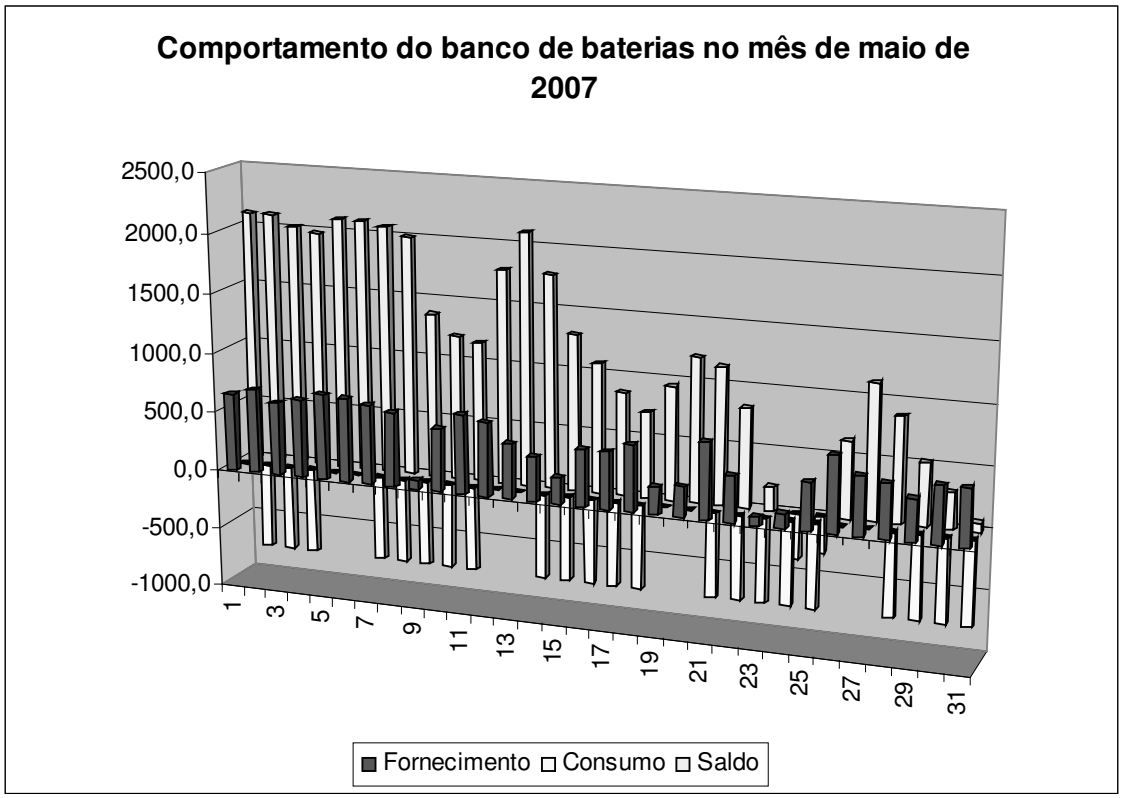
$N_{painéis}$ = número de painéis

A_{painel} = área de um painel fotovoltaico

$V_{sistema}$ = Tensão projetada do sistema fotovoltaico

Observe que somente no dias 24 e 25 de maio o sistema não pode fornecer energia pelo sistema fotovoltaico, durante algumas horas. Para tornar mais fácil a comparação das quantidades de carga consumida pelo laboratório e a carga gerada pelos painéis no mês de maio foi montado o gráfico 5.

Gráfico 5 – Comportamento do banco de baterias no mês de maio de 2007



Através do gráfico 5, é possível perceber que o sistema foi projetado satisfatoriamente, já que consegue manter sua disponibilidade durante 95,7% do tempo de uso projetado do laboratório. É preocupante, entretanto, perceber que o banco de baterias começou o mês a plena carga e terminou quase vazio. Tal fato pode ter diversas explicações, sendo a mais provável que maio seja um mês próximo do período mais frio do ano e com menos dias de Sol. Considerando este fato, é possível que no projeto haja um incremento no número de painéis, visando maior geração.

Caso se deseje tornar a instalação mais econômica, é possível diminuir a disponibilidade do sistema e conectar as cargas a rede ou a uma outra fonte alternativa de energia. Outra hipótese seria o aumento do banco de baterias, já que em diversos dias a geração supera o consumo e a energia recebida poderia ser armazenada. Uma terceira opção é considerar algumas cargas como prioritárias a serem atendidas pelo sistema fotovoltaico, dependendo da época do ano. Vale lembrar que o uso do ar-condicionado é feito quase exclusivamente no verão, o que garante energia suficiente para prover os demais equipamentos ao longo do ano, quando aquele não está em uso.

Supondo que a rede de eletricidade do laboratório seja somente alimentada pelo sistema fotovoltaico, o pior caso pelo qual pode passar o banco de baterias é aquele em que haja um grande déficit de energia nos 3 primeiros dias da semana, de modo que o banco de baterias seja zerado e não haja energia disponível nos dois outros dias. Neste caso, para a completa recuperação do banco é necessário que nos dois dias do fim de semana o banco seja recuperado.

Se a quantidade de horas de sol pleno que leva o banco de baterias ao seu nível máximo não for atingida em um fim de semana há duas possibilidades: a primeira é que possa haver um excesso de energia nos dias que se seguem de modo a completar a carga do banco de baterias. A segunda é a energia fornecida pelos painéis ser suficiente para

alimentar a consumo nominal do laboratório para, finalmente, no próximo fim de semana a energia disponível no banco de baterias atingir seu valor máximo.

Fica, mais uma vez, evidente a necessidade de conexão do sistema a rede ou que alternativas de energia estejam disponíveis para evitar que tais contingências paralisem a operação do laboratório.

Já o controlador de carga deve ser dimensionado de forma que este não fique sobrecarregado quanto à corrente máxima que ele deve controlar. Esta corrente é a corrente de curto-circuito máxima do arranjo e devem ser evitadas as condições em que se possa chegar a este caso. A quantidade de controladores é determinada através de suas características nominais, sendo a mais importante a corrente mínima controlável. A corrente de curto-circuito do arranjo dividido pela corrente mínima fornece o número de controladores de carga necessários. A seguir, este o dimensionamento:

Tabela 21– Dimensionamento dos controladores de carga

Dimensionamento dos controladores de carga				
Corrente de curto circuito do arranjo (A)	/	Corrente mínima do controlador (A)	=	Controladores em paralelo
187,20		15,00		13

A tabela a seguir mostra um resumo do dimensionamento de todo o sistema fotovoltaico.

Tabela 22– Resumo da instalação

Resumo da instalação	
Consumo energético (kWh)	1402,58
Consumo corrigido (Ah/dia)	699,32
Inclinação do painel (º)	20
Quantidade de módulos em série	4
Quantidade de módulos em paralelo	40
Total de painéis	160
Quantidade de baterias em série	4
Quantidade de baterias em paralelo	6
Total de baterias	24
Quantidade de controladores de carga	13

4.4 - Medidas educacionais de conservação de energia e gerenciamento de resíduos

Além de adotar a solução de painéis fotovoltaicos como fonte própria de energia, a conservação dos recursos naturais envolve o comprometimento da força de trabalho e mudanças em relação ao uso dos equipamentos elétricos. Ao longo do texto, foram apresentados e desenvolvidas justificativas diversas em relação a estes aspectos, abordando temas tais como: economia de energia, adoção de um novo modelo energético (geração distribuída), marketing verde e filosofia do laboratório associado ao ensino e pesquisa; e que fazem parte da série de itens a serem incluídos nas mudanças no dia-a-dia do laboratório. Alguns desses requisitos são contemplados na ISO 14001. As conseqüências diretas, em princípio, podem ser a atração de alunos e empresas interessadas em fazer convênios, além da possibilidade de outros laboratórios serem contaminados com a idéia de se adequar a tais requisitos.

Como medidas educacionais de conservação de energia, devem-se destacar a criação de uma cultura de uso racional do ar-condicionado. Segundo a tabela 2, o uso de ar-condicionado representa 50% da energia total projetada a ser consumida. Medidas no sentido de diminuir o uso, sem comprometer o bem-estar dos que ali trabalham são

interessantes. Ventilação natural, adoção de cortinas (diminuindo o efeito estufa dentro da sala), aquisição e instalação de equipamentos com selo de eficiência (PROCEL) e melhorias na circulação de ar são algumas das medidas que podem trazer economia de energia.

Em se tratando de iluminação e uso das tomadas de uso geral ou específico, o ideal é pensar em uma solução de compromisso que aliasse a presença de cortinas, com a possibilidade de parte da área ser iluminada com luz natural. Os aparelhos que possuem função *stand-by* devem ser desligados quando não estão em uso. Em algumas instalações, este hábito pode reduzir significantemente o consumo.

A norma ISO 14001 orienta ainda sobre o tratamento que deve ser dado em relação aos rejeitos gerados pelas atividades inerentes ao laboratório. Em se adotando os painéis, especial atenção deve ser dada ao banco de baterias, durante e depois da sua utilização. Conforme citado no item 4.1, as baterias utilizadas em sistemas fotovoltaicos são feitas de compostos químicos que quando em contato com a água reagem formando ácido. Como a atuação do controlador de cargas não é perfeita, ele pode acabar por permitir que haja uma sobrecarga da bateria, ocorrendo gaseificação. Como há vapor de água presente na atmosfera, há também a formação de vapores de ácido. Em determinadas concentrações, tais vapores podem corroer a instalação em si além de trazer riscos operacionais. Um sistema de segurança é necessário também para evitar que os limites de explosividade do hidrogênio, liberado pela bateria nas constantes cargas e descargas, não atinjam os limites estabelecidos em norma.

O sistema de segurança deve ser composto de um sistema de ventilação adequado, com sinalização indicadora de gases tóxicos e inflamáveis. É preciso também manter documentação atualizada sobre as rotinas de manutenção e tempo de vida útil. É preciso também indicar que se trata de uma sala para o abrigo do banco de baterias e,

portanto, sua entrada desnecessária deve ser evitada. Não se pode esquecer ainda que o peso deste banco deve ser distribuído por uma área que respeite o limite de peso por área aceitável para o local onde está instalado (250kg/m²).

No fim de sua vida útil, as baterias devem ser descartadas de forma responsável, onde o ideal é enviá-la ao fabricante para que possa ser reciclada. Também neste momento, procedimentos de documentação e manutenção devem ser claros, de modo que as baterias sejam usadas até o final de sua vida útil prevista sem comprometer o meio-ambiente.

Por fim, rejeitos recicláveis tais como o papel de embalagens, rascunhos, impressões não mais utilizadas etc devem ter uma destinação adequada e serem reciclados. Para isso, basta que se adotem o simples procedimento de se separar cada um dos tipos de lixo existentes.

5 – Conclusões

De acordo com o texto, pode-se perceber a importância de adotar no atual cenário econômico medidas administrativas voltadas para gestão do meio ambiente. Tais medidas, aqui neste estudo, ligadas a questão energética são extremamente importantes, pois envolvem a revisão de todo o modelo de desenvolvimento político-econômico e procedimentos administrativos de todas as organizações, sejam elas públicas ou privadas.

Estas soluções envolvem comprometimento das partes integrantes seja no processo produtivo, no relacionamento com fornecedores e com compradores, no caso de empresas, e também dos funcionários, em todos os tipos de organizações. Assim, uma conseqüência importante e que sempre se espera a partir da prática de um sistema de gestão ambiental é a criação de espaço para a difusão destas práticas, extrapolando o raio de ação pré-definido nas normas. Este é um fato que traz, efetivamente, uma maior rentabilidade nos negócios, já que passa a haver uma tendência a se preferir fechar acordos com organizações que tenham ideologias semelhantes em relação a pontos comuns. Em empresas com fins lucrativos, apesar da incomensurabilidade econômica direta das conseqüências da aplicação destas práticas, tem-se visto que os resultados financeiros são favoráveis, apesar dos custos de implantação.

Visando início de adequação, foi apresentada uma solução de engenharia, baseada na tendência moderna de se privilegiar a geração distribuída. Tal idéia é associada a questões de responsabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável. Foi visto também que, apesar da proposta apresentada ser ambientalmente correta e o dimensionamento estar justo, ainda há necessidade de conexão do sistema com a rede,

pois o laboratório não pode parar suas atividades devido à interrupção no fornecimento de energia pelo banco de baterias.

O projeto visa, assim, lembrar que um grande diferencial da prática da engenharia é a adoção de uma solução de compromisso entre a própria engenharia e as questões administrativas, econômicas e políticas ligadas a ela. Além disso, é muito importante lembrar que, além do fator de rentabilidade, a cultura de eficiência energética e o desenvolvimento sustentável estão completamente ligados à preservação da natureza. Desta maneira, produzir racionalmente e preservar a energia é tentar garantir a nossa própria qualidade de vida.

6 – Bibliografia

AGUIAR, Wilson Mansur de; *O uso de fontes alternativas como fator de desenvolvimento social para segmentos marginalizados da sociedade*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Planejamento Energético/COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 2004

ALTENER; *Energia Fotovoltaica – Manual sobre tecnologias, projecto e instalação.* Portugal, 2004 (apostila em PDF)
Disponível em:
http://www.greenpro.de/index.html
(acessado em 14/09/2006)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT; *Iluminância de interiores: NBR 5413.* Rio de Janeiro, 1992

_____; *Sistema de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso: NBR ISO 14001.* Rio de Janeiro, 2004

BARBIERI, José Carlos. *Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. Ed. Saraiva, São Paulo, 2004

BATERIAS MOURA, *Site de apresentação da bateria Moura Clean*, 2006
Disponível em:
http://www.moura.com.br
(visitado em 06/12/2006)

BRASIL, Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE, SEGSAU – Programa de Segurança e Saúde no Trabalho; *Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia.*
Disponível em :
http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas/conteudo/nr17/
(visitado em 13/09/2006)

BRASIL; Ministério de Minas e Energia - MME, *PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. 2003.*
Disponível em:
http://www.mme.gov.br/programs_display.do?chn=904
(visitado em 24/11/06)

CAJAZEIRA, Jorge Emanuel Reis; *ISO 14001 – Manual de Implantação*, Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, 1998

CARVALHO, Adriano Araujo e MONTEZANO, André Felipe Moreira, *Instalação Fotovoltaica para o Laboratório Integrado de Eficiência Energética da UFRJ,* Rio de Janeiro, 2006

CARVALHO, Adriano Araujo – *Dimensionamento de iluminação e instalação elétrica para uma empresa de pequeno porte*, Rio de Janeiro, 2005

CRESESB, *Potencial Solar – SunData*,
Disponível em:
http://www.cresesb.cepel.br/sundatn.htm
(visitado em 13/12/06)

CRESESB; Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica (CRESESB/CEPEL) - *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos",* 1994

ELETROBRAS, *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, Listagem de consumo de eletrodomésticos*
Disponível em:
http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?TeamID={32B00ABC-E2F7-46E6-A325-1C929B14269F}
(visitado em 28/02/07)

IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers – *IEEE Standard 519 – Recommended practices and requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, 1992

ITAIM ILUMINAÇÃO, *Catálogo geral de produtos*, 2007
Disponível em:
http://itaim.bighost.com.br/novo/index_main.cfm?p=c
(visitado em 08/02/07)

KYOCERA SOLAR, *Catálogo de módulos solares (35Wp, 70Wp, 80Wp e 120Wp),* Disponível em:
http://www.kyocerasolar.com.br/
(visitado em 05/08/2007)

LIGHT S.A. *Site de apresentação da empresa e de tarifação, 2006*
Disponível em:
http://www.light.com.br
(visitado em 07/12/2006)

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. I.; RANDERS, J.; BEHRENS, W.; *Limites do Crescimento*, Perspectiva, São Paulo – 1973.

MOHAN, Ned; UNDERLAND, Tore M.; ROBBINS, Willian P.; *Power Electronics: Converters, Applications and Design.*, Wiley, 3ª Edição, 2003

MORAIS, Denis Cardoso; *Projeto, monitoramento, registro e publicação de um sistema de geração fotovoltaica para o laboratório de fontes alternativas de energia*, Dissertação de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica/DEE, Rio de Janeiro, RJ, 2005

MOREIRA, Vinícius A.; *Iluminação Elétrica,* Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1999

ONU – Organização das Nações Unidas; *Nosso Destino Comum*; Relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento. Nova York – 1987.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico, *Mapas do SIN.*
Disponível em:
http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#
(visitado em em 19/12/06)

PHILIPS, *Catálogo de produtos de iluminação*, 2007
Disponível em:
http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=505:1_2:357:505
(visitado em 08/02/07)

REVISTA ELETRICIDADE MODERNA; *Guia EM da NBR5410,* São Paulo, 2001

SIMERJ, *Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro*, Climatologia, Dados para download. Disponível em: http://www.simerj.com/default_dadosbrutos.php
(visitado em 14/07/07)

SOUSA, Ana Carolina Cardoso; *Responsabilidade social e desenvolvimento sustentável: a incorporação dos conceitos à estratégia empresarial* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Planejamento Energético / COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 2006

SOUSA, Wanderley Lemgruber de; *Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Planejamento Energético/COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 2000

UFRJ, Laboratório de Fontes Alternativas de Energia; *Página de apresentação do laboratório.*
Disponível em:
http://www.dee.ufrj.br/resLAFAE.htm
(visitado em 24/11/06)

7 – Anexos

Modelo do painel fotovoltaico

Shell Solar

Product Information Sheet

Shell SQ75 Photovoltaic Solar Module

General

The Shell SQ75 module contains 36 series connected 125 x 125 mm PowerMax® mono-crystalline silicon solar cells.

The Shell SQ75 can generate a peak power of 75 watts at 17 volts.

The Shell SQ75 solar module has been designed for grid connected and industrial applications.

Qualifications and Certificates

The Shell SQ75 solar module meets the following requirements:

- IEC 61215 (Pending)
- UL - Listing 1703
- FM approved
- TÜV Safety Class II (Pending)

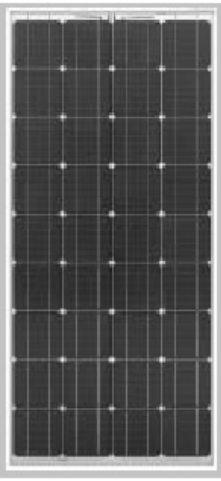
All Shell Solar modules are produced in EN-ISO 9001 certified factories.

Limited Warranties

- Peak Power for 25 years*

*See Shell Solar Limited Warranty for PV-Modules

Shell SQ75 Module



Junction Box

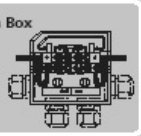
The junction box provides a high quality, dust protected and splash proof IP54-rated housing. The housing contains a rigid connection block with screw terminals and by-pass diodes providing "hot spot" protection for the solar cells.

ProCharger™ -CR Junction Box

Maximum conductor cross-section: 4 mm^2

Type of protection: IP54

Number of by-pass diodes: 2



Benefits

- PowerMax® mono-crystalline solar cells deliver maximum power output even under reduced light conditions.
- Dense packing of cells provides more power where space is a limitation and creates a uniform aesthetic.
- Ideal for large grid connected systems where high power density minimizes system costs.
- Tight electrical specifications guarantee industry leading energy yield performance.
- Highly transparent tempered glass delivers more power and ensures high impact resistance and protection against hail, snow, ice, and storms.
- Over 300MW of cumulative installed experience has been applied to the evolution of our mono-crystalline range to ensure that our products have a long and reliable service life backed by a 25 year warranty.

ELECTRICAL EQUIPMENT, CHECK WITH YOUR INSTALLER

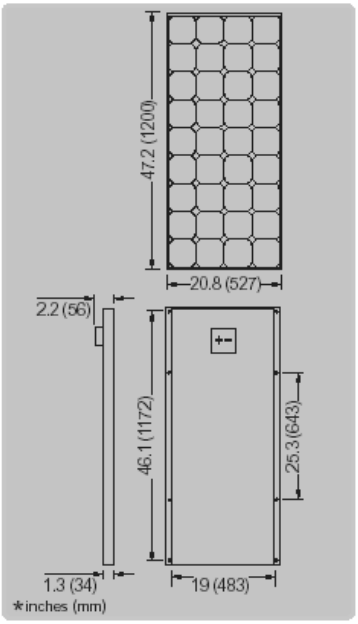
Due to continuous research and product improvement the specifications in this Product Information Sheet are subject to change without notice. Specifications can vary slightly. For installation and operation instructions, see the applicable manuals. No rights can be derived from this Product Information Sheet and Shell Solar assumes no liability whatsoever connected to or resulting from the use of any information contained herein.

CE

Shell SQ75
Photovoltaic Solar Module

Mechanical Specifications Module

A torsion and corrosion-resistant anodized aluminium frame ensures dependable performance, even under harsh weather conditions. Pre-drilled mounting holes are provided for ease of installation.



Outside dimensions (in)	47.2 x 20.8
Thickness (inc. junction box) (in)	2.2
Thickness (exc. junction box) (in)	1.3
Weight (lbs)	16.7

For installation instructions, please refer to the **Installation Manual** which is available from Shell Solar.

Electrical Characteristics

Data at Standard Test Conditions (STC)

STC: irradiance level 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature 25°C

Rated power	P_r	75W
Peak power	P_{mpp}	75W
Peak power voltage	V_{mpp}	8.5*/17V
Peak power current	I_{mpp}	8.8*/4.4A
Open circuit voltage	V_{oc}	10.85*/21.7V
Short circuit current	I_{sc}	9.6*/4.8A
Series fuse rating		15A
Minimum peak power	$P_{mpp\ min}$	70W

The abbreviation 'mpp' stands for Maximum Power Point.

Typical data at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) conditions

NOCT: 800W/m² irradiance level, AM 1.5 spectrum, wind velocity 1m/s, T_{amb} 20°C

Temperature	T_{NOCT}	46°C
Mpp power	P_{mpp}	54W
Mpp voltage	V_{mpp}	15.4V
Open circuit voltage	V_{oc}	19.9V
Short circuit current	I_{sc}	3.9A

* The Shell SQ75 may be reconfigured in the field for 6V operation

Typical data at low irradiance

The relative reduction of module efficiency at an irradiance of 200W/m² in relation to 1000W/m² both at 25°C cell temperature and AM 1.5 spectrum is 8%.

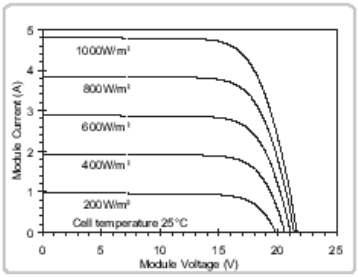
Temperature coefficients

αP_{mpp}	-0.52%/°C
αV_{mpp}	-84mV/°C
αI_{sc}	1.4mA/°C
αV_{oc}	-81mV/°C

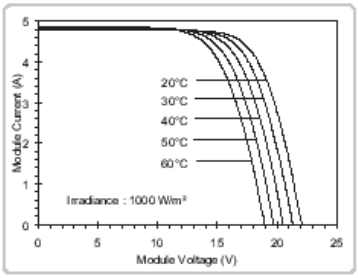
Maximum system voltage: 600 Vdc (UL) and 715 Vdc (TÜV Safety Class II)

Typical I/V Characteristics

The I/V graph below shows the typical performance of the solar module at various levels of irradiance.



The I/V graph below shows the typical performance of the solar module at various cell temperatures.



V4/SQ75/08/03/US

Modelo do controlador de carga

Controllers

Advanced Energy Group

CONTROLLERS

ProStar Controller

Morningstar

ProStar Controller

The ProStar features highly accurate set points, low voltage drops, and sealed & flooded control parameters. Self-diagnostic testing provides assurance the controller is working correctly or indicates a fault is present. The self-diagnostics plus the currents displayed in the digital meter will provide a comprehensive test of the controller. The ProStar's constant voltage PWM regulation uses 4 stages of charging including boost charging. Battery type selections are made via rotary switch and include gel, sealed or flooded. ProStar provides higher charging efficiency, increases the battery capacity, reduces water loss, and extends the life of the battery. Five-year limited warranty.

Features:

- Low voltage disconnect
- Operating temperatures of -40°C to +85°C
- PWM battery charging
- Automatic equalization of wet batteries
- PG models are positive ground
- Temperature compensation

Model/ Description	Voltage	Rated PV Current	Rated Load Current	Dimensions	Unit Weight (oz.)	MSRP
PS 15	12/24V	15 amps	15 amps	6.01" x 4.14"	12	$112.00
PS 15M (w/meter)	12/24V	15 amps	15 amps	6.01" x 4.14"	12	$179.00
PS 15M-48V	48V	15 amps	15 amps	6.01" x 4.14"	12	$222.00
PS 15M-48V-PG	48V	15 amps	15 amps	6.01" x 4.14"	12	$239.00
PS 30	12/24V	30 amps	30 amps	6.01" x 4.14"	12	$152.00
PS 30M	12/24V	30 amps	30 amps	6.01" x 4.14"	12	$219.00
PS 30M-PG	12/24V	30 amps	30 amps	6.01" x 4.14"	12	$236.00

Accessories:

Remote Temperature Sensor

The temperature sensor provides accurate battery charging where the controller and the battery experience different ambient temperatures. For maximum environmental protection, the sensor is encapsulated in epoxy inside a stainless steel housing. The RTP is easily installed by soldering 2 wires to the circuit board. Corrects for temperatures from -30°C (-22°F) to +80°C (+176°F). Five-year warranty. 25 ft cable $32.00

SunSaver

Morningstar - SunSaver

SunSaver's battery charging design closely copies the ProStar's advanced charging algorithm. The series PWM algorithm is very stable, yet responds instantly to changing conditions. The constant voltage PWM charging is a proven advancement compared to the common on/off PV regulators. Five-year limited warranty. L models include Low Voltage Disconnect.

Features:

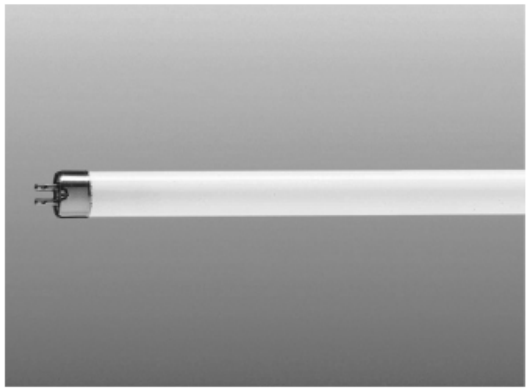
- True 0-100% PWM duty cycle
- Field selectable for sealed or flooded battery
- Temperature compensation
- Series design for constant voltage charging
- Pulse charging
- Approved for use in hazardous (Class 1, Div 2, groups A,B,C,D) locations
- UL1604 listed and CSA 22.2 (Canada)
- Operating temperatures of -40°C to +85°C

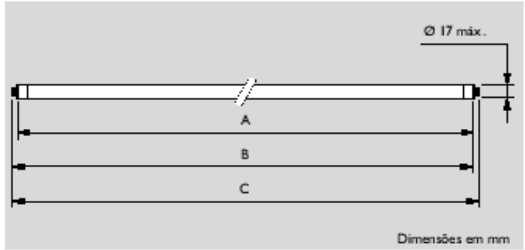
Model/ Description	Voltage	Rated PV Current	Rated Load Current	Dimensions	Unit Weight (oz.)	MSRP
SS6-12	12V	6.5 amps	N/A	6.0" x 2.2"	8	$48.00
SS6L-12	12V	6.5 amps	6.0 amps	6.0" x 2.2"	8	$59.00
SS10-12	12V	10 amps	N/A	6.0" x 2.2"	8	$55.00
SS10L-12	12V	10 amps	10 amps	6.0" x 2.2"	8	$70.00
SS10L-24	24V	10 amps	10 amps	6.0" x 2.2"	8	$76.00
SS20L-12	12V	20 amps	20 amps	6.0" x 2.2"	8	$95.00
SS20L-24	24V	20 amps	20 amps	6.0" x 2.2"	8	$101.00

Modelo da lâmpada

Lâmpadas Fluorescentes

MASTER TL 5 Super 80





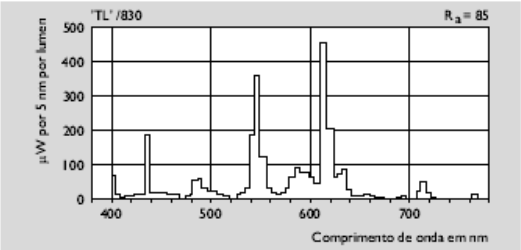
Tipo	A máx.	B min.	B máx.	C máx.
TL 5 14W HE	549.0	553.7	556.1	563.2
TL 5 28W HE	1149.0	1153.7	1156.1	1163.2
TL 5 54W HO	1149.0	1153.7	1156.1	1163.2

São lâmpadas fluorescentes tubulares com diversos tamanhos, potências e aparências de cor. A tecnologia Super 80 (trifósforo) consiste da combinação de terras raras junto ao pó fluorescente da lâmpada que proporciona uma melhor reprodução das cores iluminadas. As lâmpadas MASTER TL5 Super 80 proporcionam excelente economia de energia e ótima qualidade de luz quando comparadas com lâmpadas incandescentes tradicionais, além de seu design diferenciado (diâmetro extremamente fino) que permite sua perfeita instalação nos mais variados tipos de projetos. Necessitam de equipamento auxiliar para seu funcionamento.

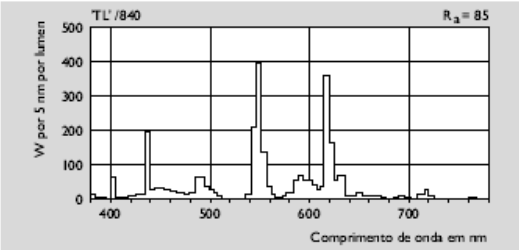
Aplicações
Ideais para iluminação geral de áreas onde exista a necessidade de ótima qualidade de luz aliada a uma excelente economia de energia, como depósitos e galpões industriais e comerciais (supermercados), escritórios, escolas, hospitais, residências e locais similares. Também indicada para uso em sancas (efeito de iluminação indireta).

Código Comercial	Tensão (V)	Corrente (A)	Base	Fluxo Luminoso (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Eficiência (lm/W)	Código de barras individual	Código de barras coletivo
■ TL5-14W-HE/830	82	0,170	G5	1350	85	3000	96	7894400600044	17894400600041
■ TL5-14W-HE/840	82	0,170	G5	1350	85	4000	96	7894400600051	17894400600058
■ TL5-14W-HE/850	82	0,170	G5	1350	85	5000	96	7894400002152	17894400002159
■ TL5-28W-HE/830	167	0,170	G5	2900	85	3000	103	7894400002169	17894400002166
■ TL5-28W-HE/840	167	0,170	G5	2900	85	4000	103	7894400002138	17894400002135
■ TL5-28W-HE/850	167	0,170	G5	2900	85	5000	103	7894400002145	17894400002142
■ TL5-54W-HO/840	121	0,450	G5	4450	85	4000	93	8711500637581	8711500637598

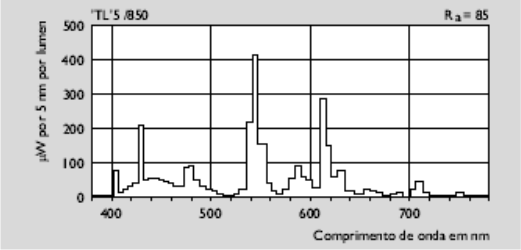
■ Produto Master



Distribuição espectral de energia



Distribuição espectral de energia



Distribuição espectral de energia

Fone: 0800 99 19 25 • (11) 2125-0635 • Fax: (11) 2125-0735
Email: luz.spot@philips.com • Site: www.luz.philips.com

www.Luz.PHILIPS.com
http://www.luz.philips.com

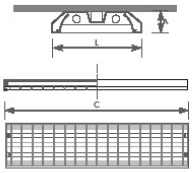
Tendo em vista a constante atualização tecnológica dos produtos PHILIPS, eventuais modificações poderão ser efetuadas sem aviso prévio.
As fotos são meramente ilustrativas. Em caso de dúvidas, consulte o SPOT (Serviço Philips de Orientação Técnica). Revisado em Julho/2003.

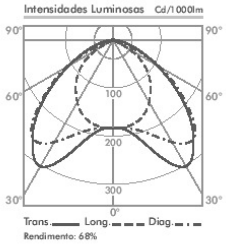
Modelo da luminária

COMERCIAL SOBREPOR

3601

Dimensões (mm)	A	L	C
2 x FL 16/18/20W	70	302	615
2 x FL 32/36/40W	70	302	1240



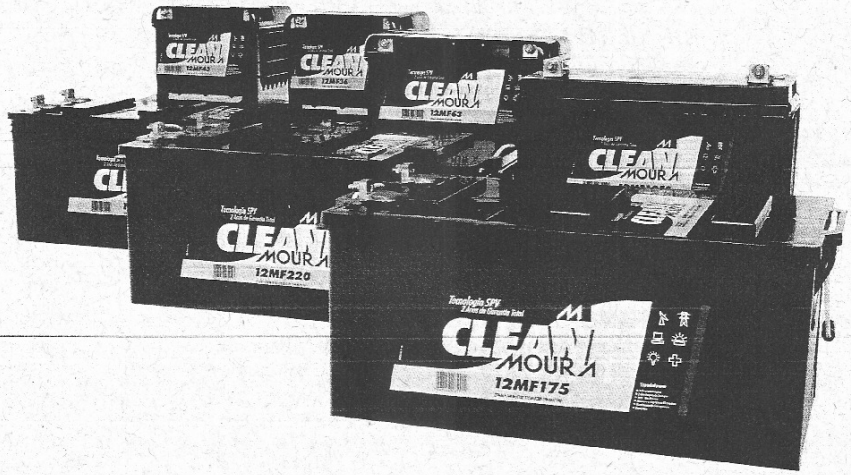


TETO (%)	70			50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10			10			10		0
Kr	FATOR DE UTILIZACAO (X 0.01)								
0.60	31	26	23	31	26	23	26	23	21
0.80	39	34	30	38	33	30	33	30	28
1.00	44	40	36	43	39	36	39	36	34
1.25	49	45	42	48	44	41	44	41	40
1.50	53	49	46	52	48	46	48	45	44
2.00	58	55	52	57	54	52	53	51	50
2.50	61	58	56	60	57	55	57	55	53
3.00	63	61	59	62	60	58	59	57	56
4.00	66	64	62	64	63	61	61	60	59
5.00	67	65	64	66	64	63	63	62	60

Luminária de sobrepor, corpo em chapa de aço tratada e pintura na cor branca. Refletor e aletas parabólicas com acabamento especular de alto brilho. Alojamento de reator no corpo.

Catálogo da bateria escolhida

MOURA CLEAN



A bateria estacionária para altas temperaturas.

CATÁLOGO TÉCNICO
Famílias MF e MC

CERTIFICADA PELA
ANATEL
CADASTRO LIBERADO
FINAME/BNDES

ISO 9001

QS 9000

TECNOLOGIA SPV: UM PASSO À FRENTE NA EVOLUÇÃO DAS BATERIAS ESTACIONÁRIAS

A BATERIA ESTACIONÁRIA PARA ALTAS TEMPERATURAS

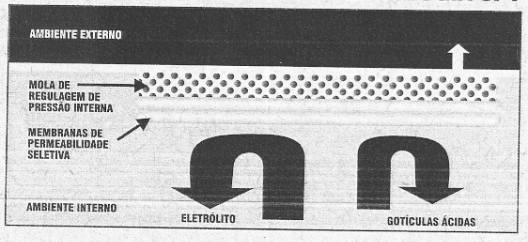
As baterias estacionárias da linha MOURA CLEAN utilizam uma tecnologia completamente nova. Trazem uma solução definitiva para os problemas associados à utilização de baterias reguladas a válvula (VRLA) em altas temperaturas, como também para os decorrentes da instalação de baterias ventiladas no mesmo ambiente de equipamentos eletrônicos. Esta nova família de baterias é o resultado de mais de 40 anos de experiência do Grupo Moura em projeto, desenvolvimento, industrialização e assistência técnica, associada a parcerias tecnológicas com alguns dos maiores fabricantes mundiais do setor.

MOURA CLEAN - Inaugurando Uma Nova Categoria em Baterias Estacionárias

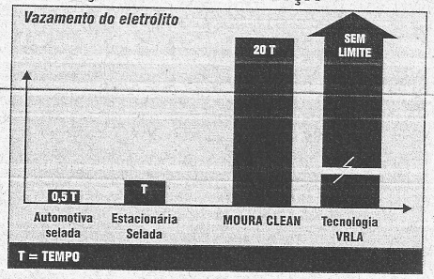
Enquanto as baterias VRLA necessitam de um ambiente controlado, as baterias da linha MOURA CLEAN incorporam sua própria proteção térmica, através de ligas e grades resistentes a altas temperaturas. Essa característica, além de proporcionar um excelente desempenho, torna a bateria ideal para regiões de clima tropical. A tecnologia SPV, presente na MOURA CLEAN, é responsável pela baixa emissão de gases ácidos e estabelece uma nova categoria na evolução tecnológica das baterias estacionárias chumbo-ácido.

A tecnologia SPV possui como principal propriedade separar os ambientes interno e externo da bateria, através de um conjunto de válvulas especiais.
Essas válvulas possuem membranas microporosas de permeabilidade seletiva, que retêm o eletrólito e suas gotículas ácidas, reduzindo drasticamente a liberação de gases ácidos.

TECNOLOGIA SPV



CONDIÇÕES DE SEGURANÇA



A restrição mais importante ao uso de baterias ventiladas próximas a equipamentos eletrônicos é a corrosão provocada pelos gases ácidos. Este fenômeno, juntamente com o risco do vazamento do eletrólito, tem sido o principal inimigo dessas instalações. Anteriormente, apenas as baterias de tecnologia VRLA ofereciam uma solução para este problema, porém exigindo um ambiente de operação extremamente controlado, com temperaturas em torno dos 25°C, uma vez que apresentam uma acelerada degradação a altas temperaturas.

A MOURA CLEAN com tecnologia SPV oferece soluções para ambos os problemas: proporciona uma drástica redução da emissão de gases ácidos, com menor consumo d'água, sem a exigência de ambientes de temperatura controlada. Essas características conferem à MOURA CLEAN a melhor relação custo-benefício para aplicações estacionárias.

ROLL OVER TEST

Um dos mais importantes aspectos de segurança em baterias diz respeito ao vazamento do eletrólito, constituído de uma solução de ácido sulfúrico altamente corrosivo. O contato com este eletrólito é danoso para pessoas e equipamentos.
A MOURA CLEAN foi aprovada nos mais rigorosos testes de qualidade, entre eles o Roll Over Test, em que as baterias em carga são colocadas em posições não-convencionais - apoiadas sobre cada uma das faces laterais, e até de ponta-cabeça - por um período de tempo predeterminado, para testar se ocorre vazamento. A MOURA CLEAN proporciona a retenção do eletrólito por períodos até 20 vezes superiores aos das baterias estacionárias ditas "seladas".

UMA LINHA ADEQUADA DE BATERIAS PARA DIVERSAS APLICAÇÕES

FAMÍLIA MF - FLUTUAÇÃO
ENERGIA DE EMERGÊNCIA

As baterias da família MF utilizam uma liga de grades mais resistente à operação em regime de flutuação, em que as baterias são mantidas durante a maior parte do tempo em estado de plena carga, e assumem o fornecimento de energia em qualquer falha do sistema principal de suprimento. Neste regime de operação, as baterias são submetidas constantemente à chamada tensão de flutuação, destinada a compensar as perdas internas e mantê-las sempre em estado de plena carga.

- TELECOMUNICAÇÕES
- SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS
- UPS / NO-BREAKS • PABX • CENTRAIS TELEFÔNICAS
- ALARMES E VIGILÂNCIA ELETRÔNICA
- ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA E SINALIZAÇÕES
- HOSPITAIS

FAMÍLIA MC - CICLOS CONSTANTES
ENERGIA SOLAR E EÓLICA

As baterias da família MC são equipadas com grades de uma liga mais resistente à operação em regime de cíclos constantes de carga e descarga. Neste regime as baterias MOURA CLEAN fornecem a energia necessária para as instalações, sendo carregadas em intervalos de tempo regulares. A maior vida útil, diante de um maior número de ciclos de carga, é a característica mais importante da linha MC.

- ENERGIA SOLAR
- ENERGIA EÓLICA
- TELECOMUNICAÇÕES
- BÓIAS E SINALIZAÇÃO MARÍTIMA
- FAZENDAS
- MONITORAMENTO REMOTO

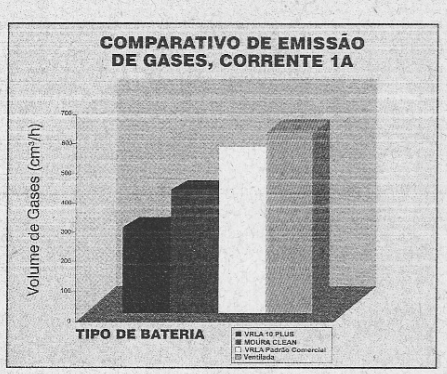
SEGURANÇA E CONFIABILIDADE PARA O SEU SISTEMA

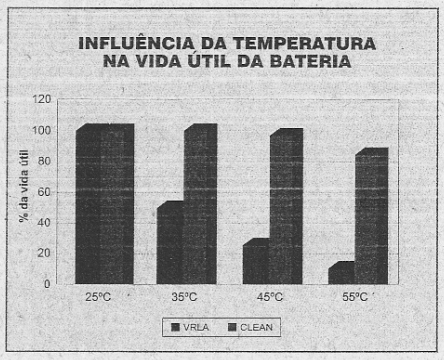
MODELOS DE BATERIAS

Modelo		12MF36 12MC36	12MF45 12MC45	12MF63 12MC63	12MF105 12MC105	12MF150 12MC150	12MF175 12MC175	12MF220 12MC220
Tensão Nominal (V)		12						
Capacidade a 25°C (Ah)	10 h-1,75V/Elem.	32	41	57	94	135	156	195
	20 h-1,75V/Elem.	36	45	63	105	150	175	220
	100 h-1,75V/Elem.	40	50	69	115	165	194	244
Dimensões (mm)	Comprimento	212	212	277	330	512	517	517
	Largura	175	175	175	172	211	290	290
	Altura	175	175	175	254	233	240	240
Peso (kg)		10,5	11,5	16,4	25,5	43,8	51,0	56,2
Posição dos Terminais								
Tipo dos Terminais		Tipo "L"						
Acessórios		Parafusos, arruelas e porcas sextavadas em aço inox						
Tensão de Flutuação (V)		13,20 - 13,38 a 25° C						
Tensão de Eqüalização (V)		14,20 - 14,40 a 25° C						
Compensação de Temperatura		- 0,33V para cada 10°C acima de 25°C						
		+ 0,33V para cada 10°C abaixo de 25°C						

DETALHES CONSTRUTIVOS

Princípio Tecnológico		Filtragem das gotículas ácidas.
Postes		Em chumbo de baixo antimônio sem presença de estanho (Sn).
Placas	Grades:	Liga chumbo-cálcio-estanho-prata (família MF) ou chumbo-cálcio-selênio (família MC); de grande espessura e resistência à corrosão e a altas temperaturas.
	Material Ativo:	De alta densidade e resistência a altas temperaturas.
Separadores		Tipo microporoso de alta resistência mecânica.
Caixa e Tampa		De copolímetro de polipropileno de alta resistência, com tampas seladas por fusão do material, impossibilitando vazamentos.
Indicador de Carga	Verde:	Bateria com carga.
	Preto:	Bateria descarregada.
	Claro:	Substituir bateria.
Certificados de Qualidade		ISO 9001
		QS 9000





DESEMPENHO E QUALIDADE EM APLICAÇÕES ESTACIONÁRIAS

Capacidade nominal (Ah) a 25°C em diferentes regimes

Modelo	Horas																	
	20	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,25
12MF36 12MC36	36,1	32,2	31,8	31,1	30,4	29,6	28,6	28,0	27,3	26,6	25,8	24,8	23,6	22,0	19,8	18,2	16,0	12,2
12MF45 12MC45	45	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	28	25	23	20	15
12MF63 12MC63	63	57	56	54	53	52	50	49	48	47	45	43	41	39	35	32	28	21
12MF105 12MC105	105	94	93	91	89	86	83	82	80	78	75	72	69	64	58	53	47	36
12MF150 12MC150	151	135	132	130	127	123	119	116	113	110	107	103	97	91	81	75	65	49
12MF175 12MC175	174	156	153	150	146	142	137	134	131	128	124	119	113	105	95	87	76	58
12MF220 12MC220	218	195	192	188	183	178	172	169	165	160	155	149	141	132	118	109	95	72

Watts a 25°C em diferentes regimes

Modelo	Horas																	
	20	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,25
12MF36 12MC36	22	35	40	43	47	52	65	62	67	73	91	91	105	126	164	197	234	401
12MF45 12MC45	28	44	50	54	59	65	81	78	85	92	116	114	132	159	206	248	293	502
12MF63 12MC63	39	62	70	76	82	91	113	109	118	129	160	160	184	221	288	345	410	699
12MF105 12MC105	65	103	117	126	137	152	188	182	197	214	269	266	307	369	480	577	683	1168
12MF150 12MC150	93	153	166	179	195	215	258	258	278	303	366	375	432	519	672	807	975	1623
12MF175 12MC175	108	173	192	207	225	248	300	299	322	351	425	435	502	604	783	941	1139	1901
12MF220 12MC220	136	216	240	259	282	311	376	374	403	439	533	544	628	754	977	1174	1420	2368

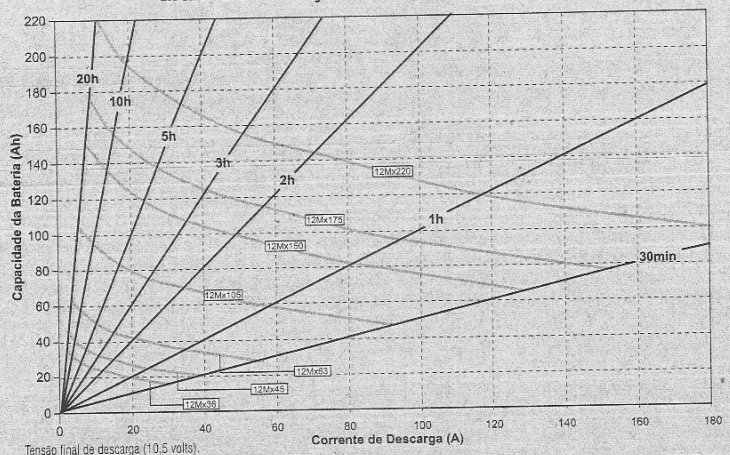
Descarga Máxima (A) a 25°C em diferentes regimes

Modelo	Horas																	
	20	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,25
12MF36 12MC36	1,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,9	5,7	6,2	6,8	7,6	8,6	9,9	11,8	14,7	19,8	24,3	32,0	48,9
12MF45 12MC45	2,3	4,1	4,4	4,9	5,4	6,2	7,2	7,8	8,6	9,5	10,8	12,4	14,8	18,4	24,8	30,4	40,1	61,2
12MF63 12MC63	3,2	5,7	6,2	6,8	7,6	8,2	10,0	10,9	12,0	13,3	15,0	17,4	20,6	25,7	34,6	42,5	56,1	85,7
12MF105 12MC105	5	9	10	11	13	14	17	18	20	22	25	29	34	43	58	71	94	143
12MF150 12MC150	8	13	15	16	18	20	24	26	28	32	36	41	49	60	81	99	130	196
12MF175 12MC175	9	16	17	19	21	24	27	30	33	36	41	48	56	70	95	116	152	231
12MF220 12MC220	11	20	21	23	26	30	34	37	41	46	52	60	71	88	118	145	191	289

MAIS ENERGIA DE INVERNO A VERÃO

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO

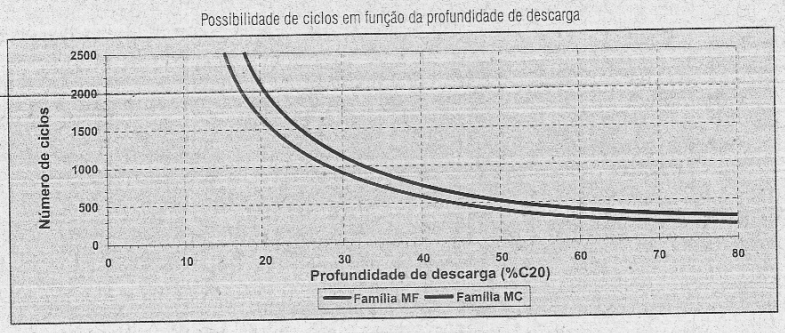
Gráfico de seleção de capacidade (a 25°C)



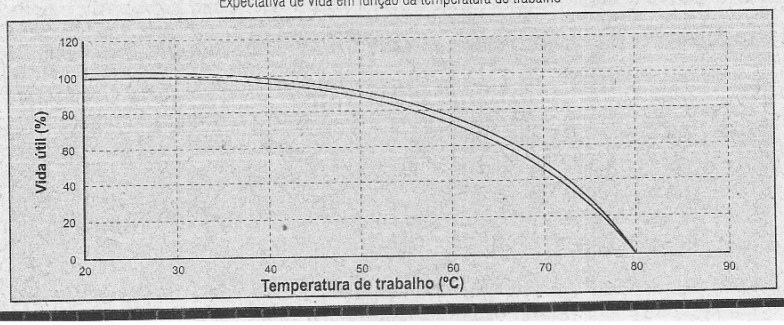
Tensão final de descarga (10,5 volts).
Capacidade da bateria (Ah) = Corrente de descarga (A) x Tempo de descarga (h).
Da equação acima o tempo de duração da descarga e capacidade da bateria variam de acordo com a corrente de descarga.

Como identificar a sua bateria
1) Selecione a intensidade de corrente em Ampere (A) desejada (eixo "corrente de descarga").
2) Selecione por quanto tempo você precisa desta corrente (retas vermelhas).
3) Escolha a bateria representada pela reta que cruza o ponto selecionado ou a que passa imediatamente acima (linhas cinza).
4) Consulte o gráfico de ciclos (abaixo) para determinar a expectativa de vida da bateria em função da profundidade de descarga.

Possibilidade de ciclos em função da profundidade de descarga

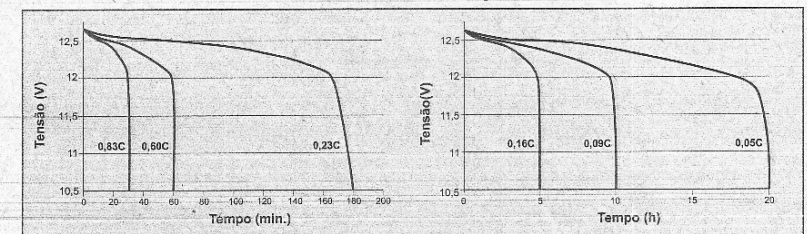


Expectativa de vida em função da temperatura de trabalho



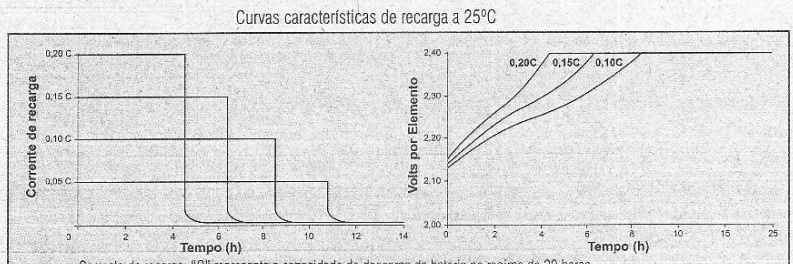
GARANTIA MOURA COM A MAIS ALTA TECNOLOGIA E SEGURANÇA

Curvas características de descarga a 25°C



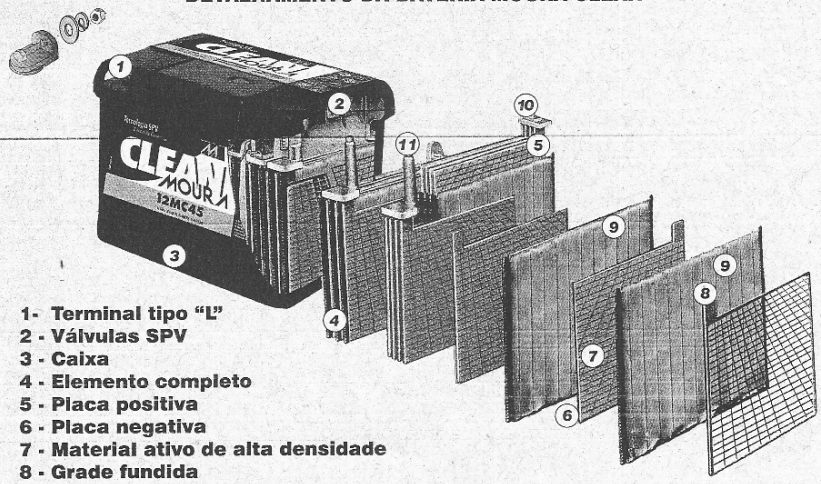
Corrente de descarga: "C" representa a capacidade de descarga da bateria no regime de 20 horas.
Tensão final de descarga: 10,5 volts.

Curvas características de recarga a 25°C

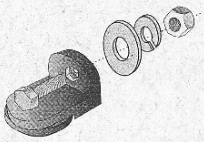


Corrente de recarga: "C" representa a capacidade de descarga da bateria no regime de 20 horas.

DETALHAMENTO DA BATERIA MOURA CLEAN



1- Terminal tipo "L"
2 - Válvulas SPV
3 - Caixa
4 - Elemento completo
5 - Placa positiva
6 - Placa negativa
7 - Material ativo de alta densidade
8 - Grade fundida
9 - Separador microporoso
10 - Conector
11 - Poste



INSTALAÇÕES PROFISSIONAIS

Terminais e acessórios adequados

Os terminais da linha MOURA CLEAN foram especialmente projetados para proporcionar uma conexão perfeita, agregando facilidade e agilidade na instalação da bateria em equipamentos eletrônicos, garantindo acabamento profissional.

SEGURANÇA E CONFIABILIDADE PARA O SEU SISTEMA

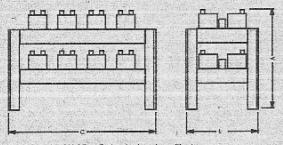
- **2 anos de garantia total.**
- **Resistência a altas temperaturas.**
- **Compatibilidade com equipamentos eletroeletrônicos.**
- **Mantém a originalidade dos cabos de conexão.**
- **Melhor conectividade.**
- **Facilidade e segurança no transporte e manuseio.**
- **Indicador visual do nível de carga da bateria.**
- **Em conformidade com as resoluções do CONAMA nº 257/99 e 263/99.**
- **Rede própria de assistência técnica cobrindo todo o território nacional.**

OBTENHA O MÁXIMO DE SUA BATERIA MOURA CLEAN SEGUINDO AS INSTRUÇÕES ABAIXO.

1) **Sistema de Carga.**
   a) Sistema de carregamento automático:
      I) Início de operação: 90% do nível de tensão (12,50 volts);
      II) Fim de operação: 100 % do nível de tensão de circuito aberto (14,40 volts).
   b) Numa carga flutuante, a tensão deve ser entre 13,20 e 13,38 volts. Adotar um carregador com compensação da tensão da rede. Para variação de mais 10% da tensão da rede, aumentar a tensão de flutuação também em 10%. Quanto maior for a tensão, maior será o consumo do eletrólito e, em conseqüência, menor será a vida útil da bateria.
   c) Inspeção periódica das baterias:
      I) Inspeção visual: danos ou rachaduras, pólos quebrados, danificados ou vazamento de eletrólito, etc;
      II) Inspeção física: peso da bateria. Havendo variações em relação ao indicado na tabela de detalhamento das Baterias MOURA CLEAN, revise o sistema de carga e substitua a bateria se necessário.
2) **Sistemas de grande porte - Precauções adicionais.**
   a) Use terminais adequados. Terminal impróprio ou em más condições pode causar queda de tensão, impossibilitando a recarga adequada (igual em todas as baterias).
   b) Adote as saídas de positivo e negativo em extremidades opostas, quando operando um banco de baterias em paralelo, para permitir o cancelamento de quedas de tensão e melhorar a operação de recarga.
   c) Sistemas de maior tensão em operação:
      I) Para uma melhor eqüalização das tensões de carga de um banco de baterias ligadas em série, ligue inicialmente todas as baterias numa configuração paralela por 24 horas, antes de fazer a ligação em série;
      II) Para ligações série-paralelo: para melhor confiabilidade do sistema, primeiro monte grupos em paralelo e só então proceda às ligações em série.
3) **Regime de Cargas.**
   a) Carga de Flutuação para Baterias MOURA CLEAN: de 13,20 a 13,38 volts / 25ºC.
   b) Carga de eqüalização: a cada 6 meses, carregar por 6 horas, com tensão variando entre 14,20 e 14,40 volts, uma bateria já carregada, com a finalidade de promover a mistura do eletrólito.
      As tensões de eqüalização e de flutuação devem ser compensadas da seguinte forma: diminuir 0,33 volt para cada 10ºC acima de 25ºC e adicionar 0,33 volt para cada 10ºC abaixo de 25ºC.
   c) Para utilização com uma única tensão permanente de trabalho, consulte a MOURA.

ACESSÓRIOS OPCIONAIS

ESTANTES



(Ex.: Estante 2N 2F = Dois níveis e duas filas).

PROTETOR DE PÓLOS

Os acessórios opcionais das baterias MOURA CLEAN possibilitam a disposição adequada do banco de baterias, conexões perfeitas e proteção contra acidentes. Banco de baterias com até 800Ah@10h.

CABOS

Tecnologia SPV 2 Anos de Garantia CLEAN MOURA

DISK MOURA 0800 175566

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

Ref.: MC052003 - F&B

www.moura.com.br

Os dados e informações contidos neste catálogo não constituem compromisso contratual, e podem ser modificados sem aviso prévio, estando sujeitos às tolerâncias normais de fabricação. Válido a partir de outubro/2002. Tiragem de 2.000 exemplares.