

PERSPECTIVAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM SISTEMAS ISOLADOS ATRAVÉS DO USO EFICIENTE DE ENERGIA: UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS HÍBRIDO FOTOVOLTAÍCO

Juraci Carlos de Castro Nóbrega
Carlos Alberto Monteiro da Silva
Elizabete Ferreira Cartaxo

Universidade do Amazonas - FUA
Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3.000 - Aleixo - 69.077.000
FONE (Fax): 644 2194
Email: monteiro@fua.br

Resumo - Os objetivos deste artigo são enfatizar a importância do papel da geração de energia utilizando-se de técnicas racionais de Sistemas Alternativos, como, energia solar em Municípios isolados e estabelecer parâmetros apropriados nas implementações de Sistemas Híbridos, assim como definir condições gerais na operação paralela em utilização pública e finalmente para descrever o método proposto para sucessivas aplicações em comunidades isoladas no Estado do Amazonas.

Palavras-chave - Sistemas Elétricos Descentralizados na Amazônia.

Abstract - The objectives of the paper are to emphasize an important role of generation in the rational technique use of solar alternative energy system in isolated municipal, to establish appropriate parameters on installation of a hybrid system, to define general conditions on parallel operation with public utilities and, finally, to describe a method which has been successfully applied in isolated community in Amazonas state.

Keywords - decentralized electrical systems in Amazônia state.

1. INTRODUÇÃO

A inserção de Sistemas Híbridos de geração de energia elétrica para atendimento de comunidades isoladas está sendo avaliada em todo o mundo, especialmente nas regiões com elevada disponibilidade de recursos energéticos e de fácil acesso. O Brasil é um potencial usuário deste Sistema devido tanto à fartura dos recursos, quanto às suas dimensões continentais.

A região norte, caracterizada pela dispersão de pequenos núcleos consumidores, desponta, desde já, como uma região promissora para a implantação de Sistemas Híbridos no Brasil. Existem, hoje, aproximadamente 300 Sistemas Isolados, com potências entre dezenas de quilowatts e dezenas de megawatts, nesta região onde a dificuldade de manutenção soma-se a uma complexa estrutura de distribuição de combustível. Paralelamente, a associação de uma política de eficiência energética a novos projetos de eletrificação na Região Norte é, acima de tudo, necessária, visto o elevado nível de subsídio para a energia elétrica nesta Região, onde a tarifa

praticamente sequer remunera o gasto com o combustível (óleo diesel).

O presente trabalho busca avaliar a aplicação de estratégias de geração complementar e uso eficiente da energia para o Sistema Isolado de Vila Campinas, pertencente ao Município de Manacapuru. Além disso, analisa-se, sob o ponto de vista de entidades financiadoras, a viabilidade econômica de aplicação de tais estratégias.

2. O MUNICÍPIO DE MANACAPURU

O Município de Manacapuru encontra-se, hoje, atendido por um Sistema Isolado, que totaliza uma capacidade instalada de 9,9 MW.

Este Sistema Isolado é uma usina termelétrica a óleo diesel, contendo sete máquinas totalizando uma capacidade nominal gerada conforme descrita anteriormente que corresponde a um consumo de óleo diesel de 747.102 litros veja Alkmim (1997).

Note que no Estado do Amazonas existem 78 Sistemas Isolados, conforme dados da CEAM - Concessionária de Energia do Amazonas.

A operação, manutenção e pagamento do combustível consumido são atribuições da CEAM, salientando que 30% do consumo do combustível consumido é pago por uma conta comum, gerenciada pela ELETROBRÁS: a CCC (Conta Comum de

Combustível). Com dados fornecidos pela CEAM pôde-se identificar as características da planta de geração e o perfil da demanda de energia.

Informações sobre geração e consumo tarifado de energia foram retiradas diretamente dos levantamentos anuais realizados pela CEAM para cada um dos seus Sistemas Isolados (Dados Operacionais de Sistemas Isolados). Informações mais detalhadas sobre a planta de geração (valores diários ou por unidade geradora, para produção de energia e/ou consumo de combustível) foram obtidos a partir de consolidação, realizada pelo CEPÊL, dos "Relatórios Diários de Usina Diesel", para o período compreendido entre janeiro de 94 a dezembro de 95.

3. VILA CAMPINAS

A Vila Campinas, dista da Cidade de Manaus, Capital do Estado aproximadamente 12 horas de viagem de barco, navegando contra a corrente do rio Solimões, passando pelo lago do Anamã e encontrando o afluente rio Manacapuru. O acesso a Vila Campinas é feito único e exclusivamente por via fluvial, como ocorre em muitos Municípios do Estado, daí a importância da escolha deste Município como piloto para um estudo desta natureza.

A Vila Campinas possui, de acordo com relatório produzido pela CEAM, uma população fixa de 1.001 habitantes em sua sede, e, em torno de 1.000 habitantes distribuídos na área rural. Do total da sede estão distribuídos em 106 residências, onde dos 126 imóveis existentes, 98 são consumidores de energia elétrica ligados regularmente. Os demais encontram-se desligados.

Vila Campinas localiza-se a aproximadamente 53 Km da sede do Município de Manacapuru. É atendida por uma subestação termoeletrônica a diesel, de tensão nominal de 13.8 KV, trifásica. A capacidade instalada é de 96 kW, distribuída entre quatro transformadores, onde a tensão nominal, para o usuário final, é de 220 Volts.

Existe também 50 kW em painéis fotovoltaicos que interagem com o grupo gerador, descrito anteriormente. Um inversor inteligente é responsável por todo o gerenciamento de potência e controle do óleo diesel.

Com a instalação do Sistema Híbrido, a Vila já passou de 6 para 18 horas/dia de suprimento de energia elétrica e a perspectiva é que o acréscimo no consumo de óleo diesel seja minimizado.

4. AVALIAÇÃO DA DEMANDA

Tomando-se por base os dados levantados, pode-se consolidar uma estimativa para a demanda em Vila Campinas.

- excetuando-se junho, pode-se imaginar um ano composto de dias idênticos com um consumo diário de 165 kWh;
- para o mês de junho podemos imaginar que os dias são idênticos e correspondem à média obtida para este mês (365 kWh/dia);
- a totalização do consumo em Vila Campinas dado o comportamento apresentado acima, equivale a, aproximadamente 66,23 MWh/ano;
- projeções para o futuro devem levar em conta a expectativa de crescimento do consumo, descontando-se a redução obtida como o uso eficiente da energia.

A iluminação de Vila Campinas divide-se em dois principais seguimentos: a iluminação residencial (onde considera-se, também, comércio, escolas, etc.) e a iluminação pública. Esta última é toda realizada por lâmpadas de vapor de mercúrio, enquanto que a iluminação residencial é proporcionada em quase sua totalidade por lâmpadas incandescentes.

6. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL

Duas estratégias foram investigadas, no presente artigo: a geração complementar através de fonte renovável solar e uso eficiente de energia.

Uso Eficiente da Energia

Analisando o consumo de energia de Vila Campinas chega-se a constatação de que o ponto de maior sensibilidade quanto à aplicação de eficiência energética é a iluminação, tanto residencial quanto pública, o que é comprovado pelo perfil do consumidor.

Um plano de uso eficiente de energia, deve passar por algumas fases, como:

- i - busca da redução do consumo com iluminação através da troca de lâmpadas por modelos mais eficientes e um forte programa de conscientização da população;
- ii - revisão geral da iluminação pública (otimização da operação, troca de componentes defeituosos, etc.);
- iii - um plano específico para atenuação do problema do aumento brusco da demanda durante o mês de junho.

Conscientização e Incentivo

Este trabalho deve ser feito junto às escolas e associações de classes. Uma cartilha deverá ser distribuída à população com informações sobre o uso racional da energia. Os professores e membros da

associação local serão os vetores de disseminação dos conceitos. Um plano de incentivo à economia de energia deve ser elaborado. Desta forma, deve ser prevista uma etapa de treinamento e esclarecimento a estes profissionais.

Iluminação

Visando a redução do consumo de energia em Vila Campinas, buscar-se-á a substituição parcial de lâmpadas de baixa eficiência na iluminação residencial. A tabela 1 mostra uma comparação de desempenho das tecnologias de lâmpadas mais utilizadas atualmente.

Tabela 01 - Características das lâmpadas

Tipo	Faixa de Potência Nominal (W)	Eficiência Nominal (LPW)	Vida Média (horas x 1.000)
Vapor de Mercúrio	80	44-63	12-24
Fluorescente	20-80	50-60	7,5-15
Incandescente	25-60	8-19,20	0,75-2,5

* Números por Watt

FONTE: Elaboração própria

Na iluminação pública far-se-á apenas a substituição dos componentes defeituosos dos relés fotoelétricos com temporizador, uma vez, que a iluminação pública de Vila Campinas já é toda de lâmpadas de vapor de mercúrio de 80 W, as quais são muito eficientes.

Iluminação Residencial, Comercial e outros Imóveis

Sabe-se que Vila Campinas apresenta 111 consumidores tarifados. Assumindo-se que todos os imóveis não residenciais estão regularmente ligados, restam 98 consumidores residenciais regulares. Assumindo-se, também, que haverá um aumento de aproximadamente 54 consumidores tarifados, chegando então a um total de 152 residências de 18 outros imóveis que comporão a base da análise.

A proposta é substituir as lâmpadas incandescentes mais utilizadas por modelos mais eficientes (fluorescentes), seguindo com a estratégia:

i - a substituição total das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes segundo a tabela 2 (para o cálculo da energia poupada, trabalhou-se com fator de utilização de 50% e período de utilização de 6 horas/dia).

ii - instalações de disjuntores em todas as residências e comércios.

iii - conscientizar à população através de cartilhas, palestras e debates, a fim de facilitar a

utilização por parte dos usuários das lâmpadas fluorescentes, visto que, em experiências anteriores, vários motivos contribuíram para a rejeição destas, tais como: insatisfação dos usuários com a qualidade da iluminação feita através de lâmpadas fluorescentes, a facilidade de reposição realizada pelos usuários das unidades defeituosas incandescentes, sendo estas mais baratas e facilmente obtidas; e o uso limitado (baixo fator de utilização) de lâmpadas em determinadas dependências dos imóveis.

Tabela 02 - Proposta de substituição de Lâmpadas em imóveis

Lâmpadas Incandescentes a serem substituídas	Lâmpadas fluorescentes a substituir	# de sistema	Expectativa de energia poupada (MWh/ano)
25 W	1 x 20 W (*)	42 (2+40)	0,23
40 W	1 x 20 W (*)	66 (6+60)	1,45
60 W	1 x 20 W	258 (228+30)	11,30
Total			12,98

(*) Será colocada um capacitor, em paralelo com o reator, para aumentar o fator de potência que é de 0,5 quando utilizado com uma única lâmpada.

FONTE: Elaboração própria

Iluminação Pública

Como a própria CEAM é a responsável pela iluminação pública em Vila Campinas, ela deverá administrar um programa de redução de consumo. O programa contemplará, a substituição de componentes defeituosos ou de baixa qualidade (relés fotoelétricos, refletores, etc.) com a seguinte estratégia:

i - Substituição de relés fotoelétricos defeituosos. Supôs-se que 10% dos relés atualmente instalados nas lâmpadas VM 80 W encontram-se operando continuamente.

ii - Substituição dos relés fotoelétricos convencionais por modelos com temporizador, limitado a operação das lâmpadas a 6 horas/dia. O total considerado corresponde a 30% das VM 80 W.

Geração Complementar de Energia

A disponibilidade do recurso solar em níveis satisfatórios em Vila Campinas é um fator motivador para a geração complementar naquela região. Além disso, o casamento entre a curva de carga e a disponibilidade do recurso solar na região, juntamente com a otimização do uso de energia mostram que a energia solar, é suficiente para suprir Vila Campinas por um período de dez anos aproximadamente (em condições normais de funcionamento).

O Sistema Híbrido

A composição do Sistema é apresentado na tabela 3. Dos equipamentos básicos listados, a subestação foi adquiridas no Brasil. Os demais componentes fazem parte de uma doação de equipamentos feita pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, através do seu Laboratório de Fontes Renováveis (NREL), ao CEPEL. Deve-se destacar os seguintes aspectos relativos à configuração adotada para o Sistema Híbrido de Vila Campinas:

- O Sistema Fotovoltaico foi projetado de modo a permitir um ajuste anual de inclinação de 5°, 10° e 15°, pois a incidência solar é praticamente constante;
- Um inversor de 60 kW ligado à saída do Sistema de Corrente Contínua (bateria e módulos de PV) entrega uma tensão de 240 V AC para a subestação.

Tabela 03 - Componentes básicos do Sistema Híbrido

Componentes	Capacidade	Características técnicas
Geração fotovoltaica	50 kWp	Módulos de silício monocristalino Tipo Solarex - MSX-64
Geração diesel	2 x 48 kW	Motor de combustão interna, tipo MWM com gerador toshiba 3φ de 60 kVA
Banco de baterias	200 kWh/8h (Capacidade utilização ciclo diário máximo)	Chumbo - ácido estacionárias 2 volts / 120 células
Controle e monitoração	-	Controladores lógicos programáveis a computador ("WONDEWARE"), transmissão de dados via satélite
Inversor	50 kW	-
Subestações	-	Transformador, proteções

FONTE: Elaboração própria

Estratégia de Operação

O Sistema Fotovoltaico foi projetado para alimentar a carga de Vila Campinas, durante o dia, diretamente dos módulos de PV, e a noite através do banco de baterias. O grupo gerador irá complementar a geração do Sistema Híbrido, somente quando houver uma descarga de 40% do banco de baterias. O banco de bateria deve fornecer 200 kWh em um período de descarga médio de 24 horas, o que representa uma demanda média de 8,3 kWh.

Estimativa de Energia Gerada

A estimativa de geração de energia para o ano de 1995, foi constatada, baseando-se na análise dos dados medidos e nas especificações fornecidas pelos fabricantes dos módulos fotovoltaicos, e unidade de condicionamento de potência. Os cálculos realizados mostraram que o Sistema poderia gerar 114 MWh o que corresponderia a 38% da demanda projetada para Vila Campinas, outro aspecto fundamental é a operação privilegiando o período de pico de consumo.

5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A tabela 4. mostra a expectativa de redução de consumo de energia para cada uma das estratégias apresentadas.

Tabela 04 - Expectativa de redução de consumo de energia por programas

Área de atuação	Programa	Redução de consumo (MWh/ano)
Iluminação pública	Otimização da utilização	7,18
Iluminação residencial	Conscientização da População (*)	15,00
	Troca de Lâmpadas	26,67
Total		75,44

* Parcela correspondente à meta do programa.

FONTE: Elaboração própria

A tabela 5, mostra as quantidades dos equipamentos indicados nos programas de uso eficiente de energia.

Tabela 5 - Recursos necessários à compra de equipamentos

Equipamentos	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
Lâmpada Fluorescente 20W (1)(2)	442	11,00	4.846,00
Relé Fotoelétrico com temporizador (80 W)	70	30,00	2.100,00
Total			6.946,00

(1) - Incluindo luminária e reator

(2) - Incluindo reserva de 10% - para peças de reposição para a CEAM

FONTE: Elaboração própria

Note que a CEAM, forneceu os recursos humanos para a instalação dos Sistemas e implantação dos programas de redução de consumo, e portanto, não houve dispêndio com mão de obra, o valor residual das peças substituídas é nulo. O Plano de Conscientização da população apresentou resultado imediato, a partir da sua implantação. Os resultados apresentados tomaram por base as características médias de consumo da Vila Campinas,

levando-se em consideração o período e fator de utilização dos equipamentos, sendo esta uma análise que pode ser mais detalhada para o mês de junho, onde, o consumo cresce assustadoramente.

8. CONCLUSÕES

A implementação de estratégias de geração complementar e conservação de energia na Região Norte, mais especificamente na Amazônia brasileira, apresenta-se de forma promissora. Existe a tendência a não se ter uma visão real dos custos de geração de energia naquela região em função da contribuição, em termos de recurso, de diferentes entidades (concessionárias locais, ELETROBRÁS, etc.).

A instalação de Sistemas Híbridos no Brasil é uma experiência que vem colocar à disposição do setor elétrico novas alternativas de eletrificação de comunidades isoladas face à queda observada nos custos dos Sistemas de Geração Solar e Eólica.

O Sistema Híbrido instalado em Vila Campinas junto com outros Sistemas Híbridos já instalados na Região Norte, permitirá o emprego destes Sistemas como alternativas de redução de consumo de combustíveis fósseis.

A análise do consumo de energia em Campinas mostrou que a iluminação é que apresenta maior problema.

As estratégias para uso eficiente de energia foram então direcionadas para este seguimento, e a solução encontrada foi a substituição de lâmpadas na iluminação residencial, na iluminação pública assim como a substituição de relés fotoelétricos com temporizador.

Um forte programa de otimização da utilização e conscientização da população, deverá também ser feita continuamente.

Na iluminação residencial, propõe-se a tal substituição total de lâmpadas incandescentes por fluorescentes em todas as residências e comércio da localidade.

Na iluminação pública, a adoção do desligamento seletivo, através dos relés fotoelétricos com temporizador reduzirá o consumo em aproximadamente 30% durante a madrugada.

Os cálculos realizados mostram que a economia de energia obtida com as estratégias aplicadas chegaria, em 1996 a um total anual de 190 MWh, correspondendo a 63% do consumo estimado de energia em Campinas para aquele ano. Deste local, o Sistema Híbrido poderia gerar 114 MWh enquanto a conservação de energia resultaria em 75 MWh. Em termos de economia de óleo diesel, chega-se a um total de aproximadamente 66 mil litros.

Como em ambas as estratégias resultam numa redução do pico de consumo na planta de geração de Campinas, é razoável pensar-se, em projetos similares, no estabelecimento de um bônus para a energia gerada.

A redução de demanda em Campinas durante o pico com a implementação das estratégias apresentadas pode alcançar 70 kW, dos quais 20 kW ficam por conta da conservação, e os 50 kW restantes, pela potência máxima nominal do Sistema Híbrido.

Uma análise cuidadosa deve ser realizada no sentido de se tentar evitar o crescimento abrupto do consumo de energia durante o mês de junho. A implantação dos dois programas propostos apresenta tempo de retorno, com base apenas nos combustíveis perfeitamente compatível com a vida dos equipamentos em questão, mesmo considerando-se a taxa de interesse de 12% a.a., quando a vida útil das lâmpadas sugeridas é superior a 4 anos para o regime de utilização previsto. No Sistema Híbrido, este tempo de retorno é de 8 anos, sendo que a tendência declinante de custos pode reduzir significativamente este tempo.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Kreder, J.F., Kreith, F., "Solar Energy Handbook", McGraw-Hill Book Company, 1981;
- [2] Nóbrega, Juraci & Araújo, Telmo & Outros, "Sistema de Informação Geográfica para Tomada de Decisão em Planejamento energético", II Congresso y Exposicion Internacional de Informática, Mendoza-Ergentina, 1994;
- [3] Nóbrega, Juraci, Oliveira Leimar & Outros, "Estimativa do Consumo de Lenha no Semi-Árido Paraibano", III Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Belém - Pa, 1994.
- [4] Alkmim, J.T.D., "Potencial de Cogeração no Estado do Amazonas", Dissertação de Mestrado, EFEI, Brasil, 1997.