



**XX SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
XXX.YY  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO -II**

**GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS - GPT**

**SISTEMAS MISTOS CONSTITUÍDOS DE GERADORES DIESEL E BATERIAS PARA A  
ELETRIFICAÇÃO DE PEQUENAS COMUNIDADES RURAIS ISOLADAS**

**Guilherme Fleury W. Soares(\*)  
CEPEL**

**Leonardo dos S.R. Vieira  
CEPEL**

**Francisco Costa Lopes  
CEPEL**

**RESUMO**

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo realizado para avaliar o emprego de sistemas constituídos por geradores diesel de pequeno porte acoplados a bancos de baterias visando o suprimento de energia elétrica a pequenas comunidades rurais isoladas da Amazônia. Foram considerados níveis de consumo mensal de 13 kWh/casa e 40 kWh/casa, sendo que o menor valor corresponde ao nível mínimo estipulado pela Resolução Normativa ANEEL 83/2004, para Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes, enquanto que o maior valor agrega o uso de uma geladeira do tipo mais popular. O estudo foi feito com base na realização de ensaios em laboratório e em simulações realizadas com o programa computacional Homer<sup>®</sup>. Os resultados mostram que os sistemas diesel/baterias podem ser mais econômicos que os sistemas fotovoltaicos em comunidades onde haja agrupamentos de pelo menos 20 casas, e esta vantagem fica maior com o aumento do número de casas ou do consumo por casa. Os sistemas diesel/baterias têm um nicho de aplicação em comunidades de consumo agregado relativamente alto para o uso de fotovoltaicos mas insuficiente para a operação econômica de sistemas diesel convencionais sem bancos de baterias.

**PALAVRAS-CHAVE**

Sistemas híbridos, diesel, baterias

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As características de pequenas comunidades rurais isoladas da Amazônia incluem grande dispersão entre as residências e baixo consumo de energia, o que inviabiliza economicamente o atendimento por extensão de redes já existentes. Por estes motivos, a forma mais comum de suprimento elétrico a estas comunidades é através de sistemas fotovoltaicos. Nestes sistemas, a quase totalidade da energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos durante o dia deve ser armazenada em baterias para o posterior suprimento das cargas residenciais, cuja demanda é maior à noite. O custo da energia fotovoltaica é alto, devido ao investimento nos painéis fotovoltaicos, baterias e outros componentes e também devido à frequente necessidade de reposição das baterias. Uma alternativa para os sistemas fotovoltaicos é a utilização de pequenos geradores diesel. No entanto, devido às características de demanda das comunidades, o gerador diesel, uma vez dimensionado para atender o pico de demanda diário, teria que operar quase que todo o tempo com carregamento muito baixo, de modo a disponibilizar energia 24h/dia, como é desejável e requerido pela Resolução Normativa ANEEL 083/2004. Nestas condições, o consumo específico de combustível é muito elevado, bem como os custos de O&M por kWh gerado.

Como uma alternativa aos sistemas fotovoltaicos e aos sistemas diesel, neste trabalho foi investigado o emprego de um sistema misto constituído por um gerador diesel acoplado a um banco de baterias. No sistema misto, o gerador funciona sempre em condições otimizadas e apenas durante uma fração do dia, englobando o período de maior demanda da comunidade. Neste intervalo de tempo, parte da energia gerada é suprida diretamente às

cargas e outra parte é armazenada no banco de baterias, para uso posterior. Isto minimiza as perdas energéticas e os gastos com baterias, em relação aos sistemas fotovoltaicos, e minimiza o consumo específico de combustível e os custos de O&M por kWh gerado, em relação aos sistemas com gerador diesel sem baterias.

As análises comparativas entre os sistemas foram realizadas com auxílio do programa computacional Homer<sup>®</sup>, desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Energias Renováveis do Departamento de Energia dos EUA (NREL/DoE) para o dimensionamento e otimização de sistemas de geração distribuída. O programa é disponibilizado livremente no site do NREL ([www.nrel.gov/homer/](http://www.nrel.gov/homer/)). Com o intuito de validar as simulações do programa, foram também efetuados ensaios laboratoriais para verificação dos detalhes da operação real de sistemas mistos diesel/baterias e para a comparação dos resultados com aqueles obtidos através do programa computacional. Nos ensaios laboratoriais, foi empregado um sistema constituído de um gerador diesel com potência nominal de 1,8 kW ou de 2,9 kW (foram ensaiados dois geradores distintos) acoplado a um banco de baterias e a um dispositivo conversor (retificador + controlador de carga + inversor), bem como cargas simuladoras do perfil de demanda de uma pequena comunidade.

## 2.0 - ENSAIOS DO SISTEMA DIESEL-BATERIAS

O sistema diesel-baterias utilizado é composto por um gerador, um conversor, banco de baterias e cargas resistivas (representando os consumidores). A Figura 1 apresenta uma foto do arranjo experimental adotado. A Tabela 1 apresenta a especificação dos geradores utilizados nos ensaios. Os preços são de junho/2008. Estes geradores são os menores geradores diesel disponíveis no mercado. A Figura 2 apresenta os resultados de ensaios de consumo específico dos geradores. Observa-se que nestes pequenos geradores o consumo específico é muito elevado, e sofre aumento acentuado com a diminuição do carregamento (percentual da potência nominal). O conversor utilizado nos ensaios é o modelo Xantrex Trace SW 4024 e as baterias utilizadas são do fabricante Tudor modelo 12TE105, de 105 Ah, 12V. A Figura 3 apresenta os resultados dos ensaios realizados com o conversor Xantrex. Observa-se que a eficiência do retificador quando utilizando o gerador Agrale foi menor que com o gerador Branco, o que foi atribuído à maior distorção harmônica verificada para o alternador do Agrale.

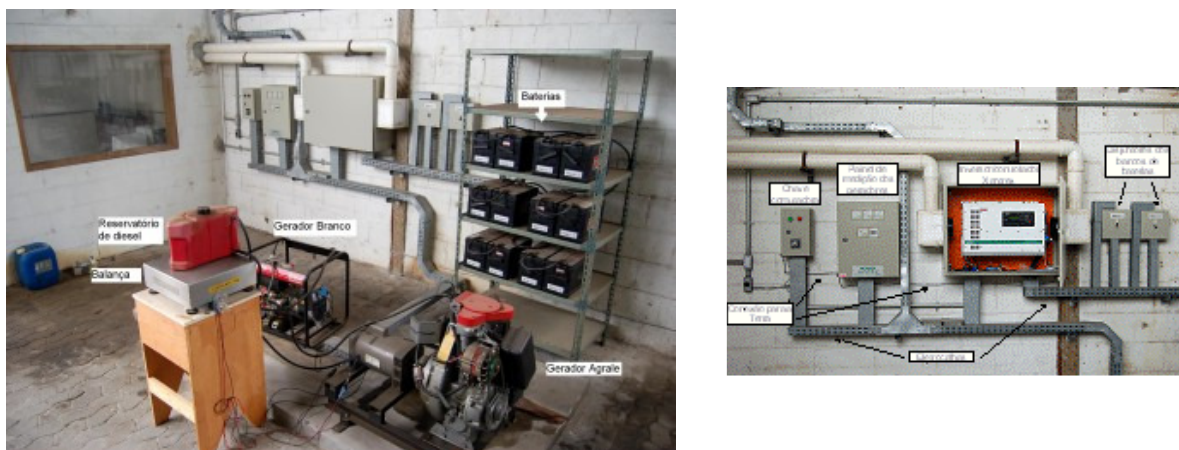


FIGURA 1 – Arranjo experimental. À direita, detalhe do conversor, do painel de medição e de chaves seletoras.

Tabela 1 – Características dos grupos geradores Agrale e Branco utilizados nos ensaios.

Características	Agrale 4 KVA	Branco BD-2500 PE
Motor diesel acionador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agrale, modelo M80, 1800 rpm, 1 cilindro, 502 cm<sup>3</sup>, 4 tempos, injeção indireta, refrigerado a ar;</li> <li>Potência: contínua = 3,9 kW 1800 rpm máxima = 4,3 kW 1800 rpm</li> <li>Consumo específico = 327 g/kWh (0,385 L/kWh) @ 1800 rpm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Branco, modelo BD 5.0, 3600 rpm, 1 cilindro, 211 cm<sup>3</sup>, 4 tempos, injeção direta, refrigerado a ar;</li> <li>Potência: contínua = 3,09 kW 3600 rpm máxima = 3,46 kW 3600 rpm</li> <li>Consumo específico &lt; 299 g/kWh (&lt; 0,352 L/kWh) @ 3600 rpm</li> </ul>
Alternador	Kohlbach modelo 112E	Nuova Saccardo Motori NSM ES 80 A
Grupo gerador, potência contínua / máxima	2,9 kW / 3,2 kW	1,8 kW / 2,0 kW
Rotação (rpm)/Peso (kg)	1800/200	3600/47
Preço do gerador (R\$)	10.412	4.345

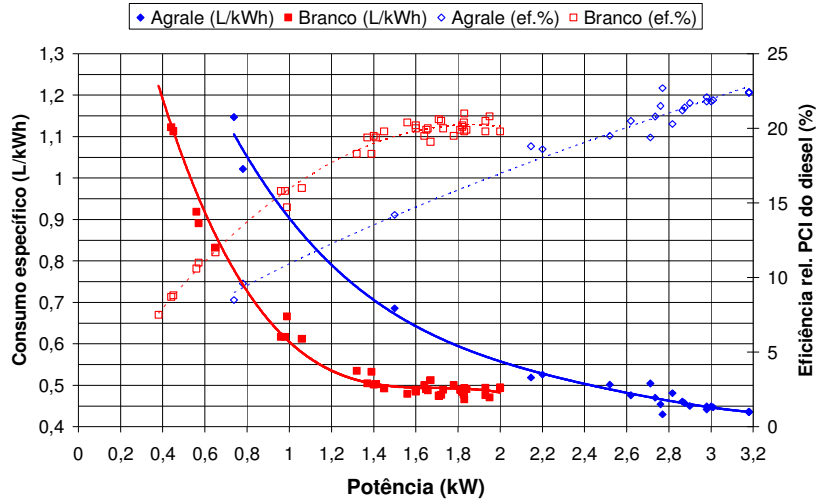


FIGURA 2 – Consumo específico (L/kWh) e eficiência elétrica (%) relativa ao poder calorífico inferior (PCI) do diesel em função da potência fornecida pelo gerador.

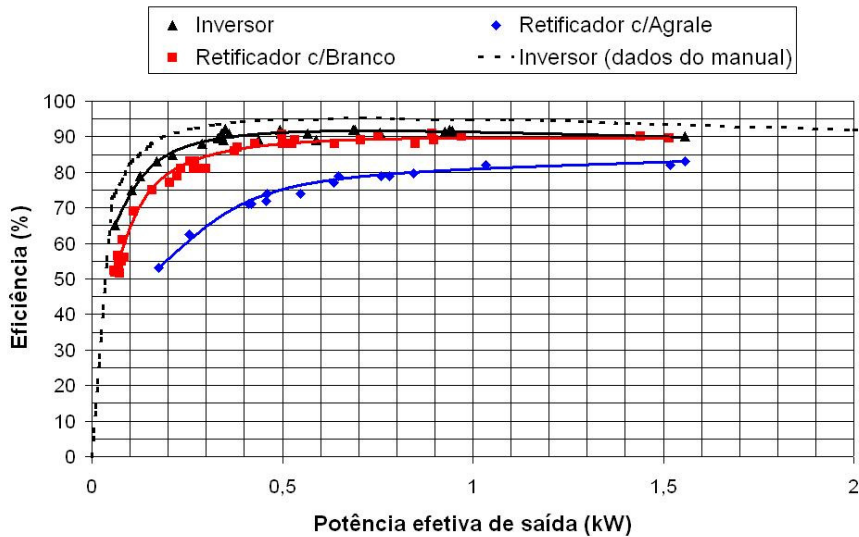


FIGURA 3 – Eficiência dos módulos inversor e retificador do conversor utilizado nos ensaios

As demandas consideradas para 1 casa com e sem geladeira encontram-se discriminadas na Tabela 2. A Figura 4 apresenta o perfil de demanda para 1 casa e para 20 casas sem geladeira. A Figura 5 mostra o perfil de demanda para 20 casas com geladeira. Os perfis de demanda para 40 e 80 casas com geladeira (não mostrados) são obtidos multiplicando-se as ordenadas da Figura 5 por 2 e por 4, respectivamente.

Tabela 2 – Demanda para 1 casa com e sem geladeira

Dispositivo elétrico	Potência (W)	Horas por dia (h)	Consumo diário (Wh)
3 lâmp. fluoresc. 15 W	45W	2	90
1 rádio	10	4,5	45
1 TV colorida de 20"	100	2	200
Receptor de parabólica	20	2	40
Ventilador 40 cm	40	1,5	60
<b>Sub-total</b>			435
Geladeira 240L	100	9	900
<b>Total</b>			1335

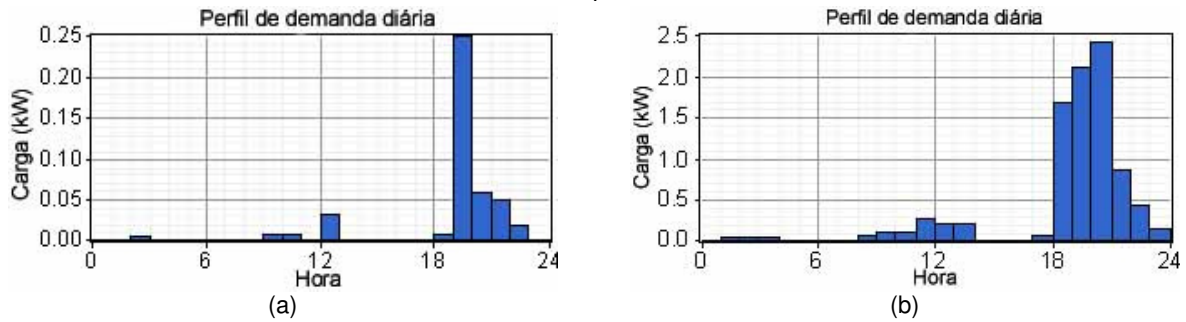


FIGURA 4 - Padrão de perfil de demanda: (a) 1 casa sem geladeira (435Wh/dia = 13 kWh/mês); (b) agregado de 20 casas sem geladeira: (20 x 435 Wh/dia = 8,7 kWh/dia = 261 kWh/mês)

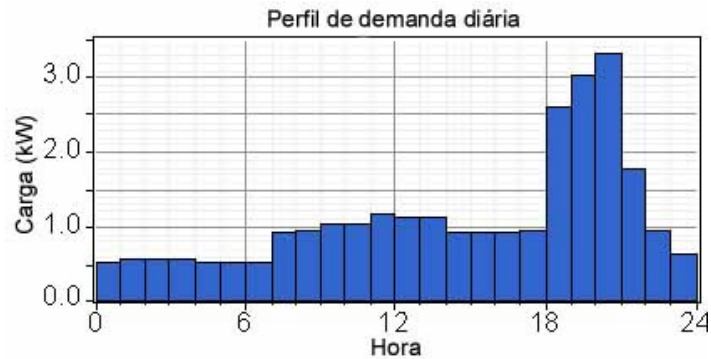


FIGURA 5 – Perfil de demanda de um agregado de 20 casas com geladeira (800 kWh/mês)

Os resultados das simulações para um sistema constituído de 20 casas sem geladeira foram comparados com os ensaios laboratoriais. No caso do gerador de 2,9 kW, a operação requerida para o suprimento da demanda é de 4h diárias, de 18:00h às 22:00h (ver Figura 4b para referência). A Tabela 3 mostra que as simulações realizadas com o gerador Agrale concordam com os valores obtidos nos ensaios, sendo que uma concordância similar foi obtida com o gerador Branco. Isto permitiu que simulações adicionais fossem efetuadas para outras configurações com um número maior de casas e com geladeiras. A única diferença relevante observada entre a simulação e o ensaio é que, na simulação, o estado de carga da bateria ao final de um dia é igual ao do início do dia, o que não foi observado nos ensaios. Por este motivo, a potência média do gerador em um dia na simulação difere da observada nos ensaios, conforme exemplificado na Tabela 3. No entanto, esta diferença é compensada no decorrer dos dias.

Tabela 3 - Resultados obtidos na simulação computacional e no ensaio para o suprimento de 8,72 kWh/dia com gerador Agrale de 2,9 kW

	Parâmetro	Simulação	Ensaio
B	Potência média do gerador (kW)	2,47	2,91
C	Consumo específico médio do gerador (litros/kWh gerado)	0,496	0,467
D	Geração (kWh)	9,88	11,93
E	Parcela de geração empregada no aumento do estado de carga das baterias (final - inicial) (kWh)	0	2,08
F	Geração "corrigida" (= D - E) (kWh)	9,88	9,85
G	Consumo das cargas (kWh)	8,72	8,92
H	Percentual do consumo das cargas suprido diretamente pelo gerador (%)	82	83
I	Perdas no circuito retificador/ baterias/ inversor (= F - G) (kWh)	1,16	0,93
J	Consumo de diesel por kWh das cargas (= C x F / G) (litros/kWh consumido pelas cargas)	0,562	0,516

### 3.0 - PARÂMETROS ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES

Uma vez que o programa computacional Homer® apresentou resultados compatíveis com os experimentalmente verificados na simulação de 20 casas sem geladeira, este mesmo programa foi utilizado para o dimensionamento e avaliação econômica de sistemas para suprimento de até 80 casas com geladeira. Para efeito de comparação, em cada nível de suprimento foram avaliados não apenas os sistemas de gerador diesel + baterias, mas também sistemas convencionais consistindo apenas de gerador diesel, e sistemas fotovoltaicos, individuais ou na forma de

centrais fotovoltaicas com mini-rede elétrica distribuindo para as casas. Os dados a seguir foram utilizados como entrada no programa computacional. Dados de custos são referentes a jun-jul/2008:

- Geradores diesel - Ver preços na Tabela 4. Foram escolhidos apenas geradores de 1.800 rpm, considerados mais duráveis que os de 3.600 rpm. O custo de transporte do gerador até a comunidade foi estimado de acordo com o seu preço, uma vez que este parâmetro reflete a variação de peso e tamanho do gerador. A vida dos geradores foi considerada igual a 15.000 h, em acordo com informações do mercado para geradores deste porte. O consumo específico em função do carregamento do gerador (percentual da potência nominal) foi considerado igual ao verificado para o Agrale de 2,9 kW. O custo de manutenção de geradores diesel compreende trocas periódicas de lubrificante e filtros, bem como, a longo prazo, limpeza de bicos injetores e de cilindros. As informações sobre estes custos, no caso de pequenos geradores, é muito variável, estimando-se que possam somar até 30%, 50% ou 100% do preço do gerador no decorrer de 10.000 h de operação, dependendo da fonte de informações. Neste estudo, adotou-se a hipótese mais pessimista, ou seja, 100% do preço do gerador no intervalo citado.
- Abrigo de alvenaria para os sistemas baseados em geradores diesel ou centrais fotovoltaicas - foi considerado um custo de R\$ 821/m<sup>2</sup>, o que corresponde a 30% acima do custo médio de construção civil na Região Norte (julho/2008). O acréscimo de 30% foi devido ao fato de se estar tratando de comunidades distantes dos municípios. A área do abrigo para cada configuração é mostrada nas diversas Tabelas de configuração dos sistemas. Nos sistemas com gerador diesel, a área inclui saleta de 6 m<sup>2</sup> para um eventual operador.
- Instalações no abrigo e tanques de diesel – as estimativas são mostradas para cada configuração na Tabela 5.
- Rede elétrica - no caso dos sistemas com geradores diesel ou com centrais fotovoltaicas, considerou-se 1 km de rede de distribuição, independente do número de casas, ao custo de R\$ 32.680/km.
- Instalações elétricas no interior das casas – inclui componentes como fios, tomadas, luminárias e lâmpadas, bem como os serviços da instalação. Estes custos foram estimados em R\$771/casa, baseando-se em experiência anterior em instalações em comunidades no interior do Amazonas (1).
- Baterias – R\$ 475/bateria estacionária Tudor 12TE105, de 105 Ah, 12 V. A curva de “nº de ciclos x profundidade de descarga” desta bateria apresenta uma vida de 1500 ciclos e de 500 ciclos, respectivamente, para profundidades de descarga de 25% e 50%. Esta curva foi inserida no programa Homer<sup>®</sup>, mas com limite de 3 anos de vida no melhor dos casos, baseando-se em experiências com baterias semelhantes em projeto anterior no Amazonas (1). A eficiência das baterias foi considerada igual a 85%, como é usual.
- Conversores – 14 kW = R\$ 29.264; 7 kW = R\$ 16.048; 6 kW = R\$ 14.160; 5 kW = R\$ 12.272; 4 kW = R\$ 10.384; 2 kW = R\$ 8.119. Para sistemas fotovoltaicos individuais: inversor senoidal de 600 W = R\$ 864; 300W = R\$ 432; controlador de carga de 30 A = R\$ 450; de 20 A = R\$ 300. Eficiência média dos conversores de 2 kW a 7 kW: módulo inversor = 85%; módulo retificador (só aplicável no caso dos geradores diesel) = 75%. Eficiência média dos inversores de 300 W e 600 W = 85%. Vida estimada para todos estes componentes eletrônicos = 10 anos.
- Painéis fotovoltaicos com suporte de alumínio - R\$ 12,7/W
- Serviços e materiais de instalação de painéis e baterias nos sistemas fotovoltaicos - R\$ 227/casa no caso de consumo individual de 13 kWh/mês (casa sem geladeira), baseando-se em experiência prévia em instalações fotovoltaicas no Amazonas (1). Nos demais casos, o valor foi obtido multiplicando-se R\$ 227 pela relação “consumo (em kWh/mês)/13 kWh/mês”.
- Média anual da radiação solar diária, para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos - 4,4 kWh/m<sup>2</sup>/dia (valor aplicável à maior parte do Amazonas (2). No dimensionamento pelo Homer<sup>®</sup>, admitiu-se um fator de redução da potência dos módulos fotovoltaicos em relação à sua potência nominal de 72% devido ao efeito combinado de tolerância de fabricação ou degradação por sujeira (90%) e ao fato dos módulos trabalharem com tensão menor que a da potência máxima quando conectados às baterias (80%). Além disto, admitiu-se um percentual anual de 5% de não atendimento da demanda, devido a períodos de menor insolação. O dimensionamento resultante utilizando estas premissas é equivalente ao dimensionamento obtido pela metodologia descrita na referência (3), empregando-se a média anual de radiação diária e uma autonomia de 2 dias.
- Preço do diesel – R\$ 2,66/litro. Isto é 20% acima do preço médio dos postos em Manaus em jul/08 (segundo ANP), correspondendo ao valor tipicamente encontrado em comunidades rurais no Amazonas.
- Taxa anual de juros para remuneração dos investimentos - 6% ou 15%.
- Vida útil do projeto - 20 anos.
- Remuneração do operador do gerador – de acordo com dados da referência (4) corrigidos pela variação do salário mínimo para jul/08, o piso salarial de um operador de gerador diesel corresponderia a R\$ 731/mês para

turnos diários de 6h. Levando em conta adicionais de periculosidade e insalubridade, substituições em folgas e férias, bem como diversas obrigações trabalhistas, isto corresponderia a um gasto médio com operador de R\$ 1.460/mês por cada turno diário de 6h. Os custos de geração com sistemas baseados em geradores diesel serão estimados com e sem custos de operador, uma vez que, nos casos estudados neste trabalho, é discutível a necessidade de um operador em tempo constante ao lado do gerador durante seu funcionamento, sendo também discutíveis os critérios aplicáveis de remuneração.

Tabela 4 – Custos associados a geradores diesel em função da potência

Potência de uso contínuo do gerador (kW)	Preço do gerador 1800 rpm (R\$)	Transporte do gerador (R\$)	Reposição (preço do gerador + transporte) (R\$)	Manutenção (= preço do gerador / 10.000) (R\$/hora)
2,9	10.412	1.860	12.272	1,04
4,0	11.897	2.125	14.022	1,19
6,0	14.073	2.514	16.587	1,407
8,0	15.854	2.832	18.686	1,585
14,0	19.989	3.571	23.560	2,0

#### 4.0 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Para um dado nível de suprimento e para um dado tipo de sistema, o programa Homer<sup>®</sup> apresenta diversas configurações que podem suprir a mesma demanda mas que diferem entre si em termos de potência instalada, número de baterias, conversor, regime de operação e custo total da energia em R\$/kWh. A partir das configurações apresentadas pelo programa, foram escolhidas aquelas dentre as de menor custo de geração e que apresentassem maior facilidade operacional. As configurações escolhidas para sistemas com geradores diesel e com painéis fotovoltaicos são mostradas, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6. Os resultados em termos de custos de energia são mostrados nas Figura 6 e 7. Os valores referentes aos sistemas fotovoltaicos são os mínimos encontrados entre sistemas individuais e sistemas centrais. Os sistemas individuais apresentam custo inferior aos sistemas centrais para agrupamentos de até 20 casas com geladeiras.

Tabela 5 - Configurações e dados associados aos sistemas com geradores diesel

Sistema	20 casas		40 casas	80 casas
	s/gel.	c/gel.	c/gel.	c/gel.
<b>Gerador + baterias</b>				
• Potência do gerador	2,9 kW	2,9 kW	6 kW	14 kW
• N° de baterias 12V 105Ah	6	18	36	66
• Conversor	2 kW	2 kW	4 kW	5 kW
• Horário de operação do gerador	18 às 22h	10 às 22h	10 às 22h	10 às 22h
• Área do abrigo	15 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	18,2 m <sup>2</sup>	23,3 m <sup>2</sup>
• Instalações no abrigo e tq. de diesel	R\$ 2.400	R\$ 3.250	R\$ 5.203	R\$ 8.840
• Consumo mensal de diesel	150 L	475 L	965 L	2.105 L
• Custo total de implantação do sistema	R\$ 86.056	R\$ 92.606	R\$ 127.708	R\$ 189.495
<b>Gerador sem baterias</b>				
• Potência do gerador	2,9 kW	4 kW	8 kW	14 kW
• Horário de operação do gerador	24h/dia	24h/dia	24h/dia	24h/dia
• Área do abrigo	15 m <sup>2</sup>	16,3 m <sup>2</sup>	19,7 m <sup>2</sup>	23,3 m <sup>2</sup>
• Instalações no abrigo e tq. de diesel	R\$ 3.250	R\$ 3.535	R\$ 5.545	R\$ 8.840
• Consumo mensal de diesel	581 L	892 L	1.785 L	3.206 L
• Custo total de implantação do sistema	R\$ 75.937	R\$ 79.023	R\$ 103.925	R\$ 145.873

Tabela 6 - Configurações e dados associados aos sistemas fotovoltaicos

Sistema	20 casas		40 casas	80 casas
	s/gel.	c/gel.	c/gel.	c/gel.
<b>Sistemas fotovoltaicos individuais</b>				
• Potência instalada, por casa	0,2 kW	0,6 kW	0,6 kW	0,6 kW
• N° de baterias 12V 105Ah, por casa	2	6	6	6
• Inversor, por casa	300 W	600 W	600 W	600 W
• Controlador de carga, por casa	20 A	30 A	30 A	30 A </td
• Custo total de implantação do sistema para o número de casas considerado	R\$ 104.400	R\$ 264.800	R\$ 529.600	R\$ 1.059.200
<b>Centrais fotovoltaicas</b>				
• Potência instalada	4,8 kW	15 kW	27 kW	57 kW
• N° de baterias 12V 105Ah	30	70	160	290
• Conversor (inversor + controlador)	4 kW	4 kW	7 kW	14 kW
• Abrigo para baterias e conversor	4,5 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	9 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>
• Custo total de implantação do sistema	R\$ 141.956	R\$ 299.636	R\$ 533.256	R\$ 1.302.385

Observa-se que os sistemas diesel/baterias podem substituir com vantagem os sistemas fotovoltaicos em comunidades com 20 casas ou mais, ampliando-se a vantagem com o aumento do consumo agregado. A vantagem é refletida não apenas pelo custo da energia, mas também pelo custo de implantação do sistema. A vantagem do custo de energia torna-se muito mais restrita quando se considera uma remuneração de operadores nos moldes utilizados pelas concessionárias. Os sistemas diesel/baterias são também vantajosos em relação aos sistemas convencionais utilizando apenas geradores diesel, por reduzir o tempo necessário de operação do gerador e por otimizar a operação em termos de eficiência (consumo específico de diesel). Esta vantagem tende a se anular quando se aumenta o nível de demanda agregada. No presente trabalho, este nível limite foi estimado em mais de 3.200 kWh/mês. Os sistemas diesel/baterias podem representar, portanto, uma solução vantajosa para a faixa de transição entre dois níveis de suprimento energético: com baixo consumo agregado, os sistemas fotovoltaicos são mais adequados e com alto consumo as baterias tendem a se tornar dispensáveis.

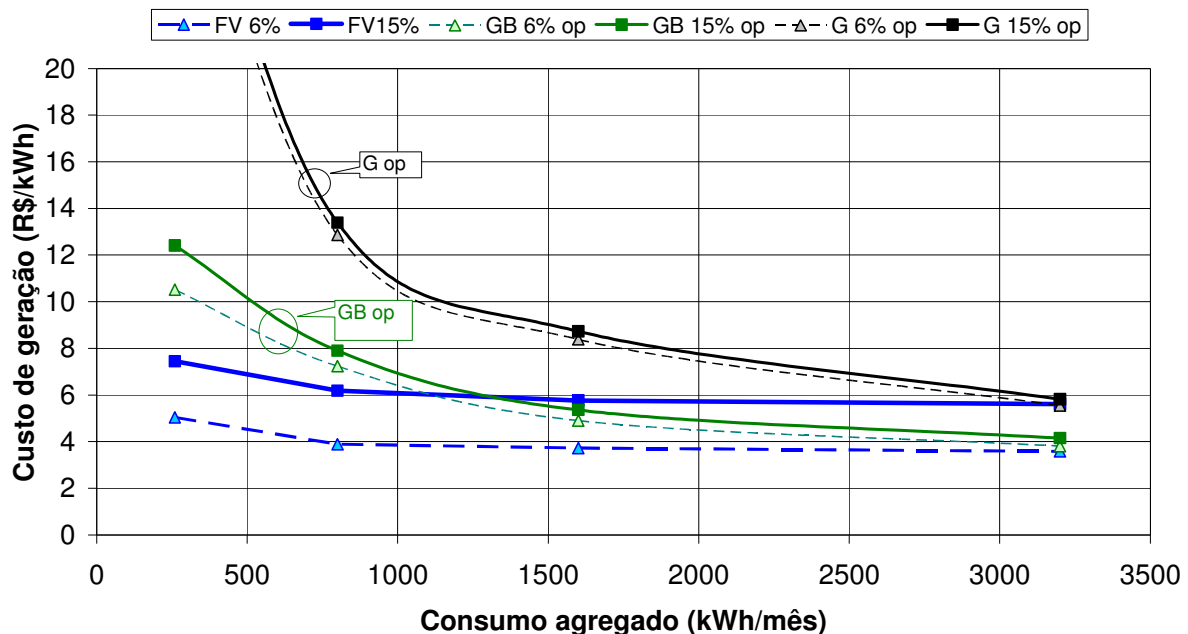


FIGURA 6 – Resultados obtidos nas simulações, para as taxas de juros de 6% e 15% a.a. G = apenas gerador diesel; GB = gerador + baterias; FV = fotovoltaico. O índice "op" indica a inclusão dos custos do operador do gerador diesel nos moldes detalhados no texto.

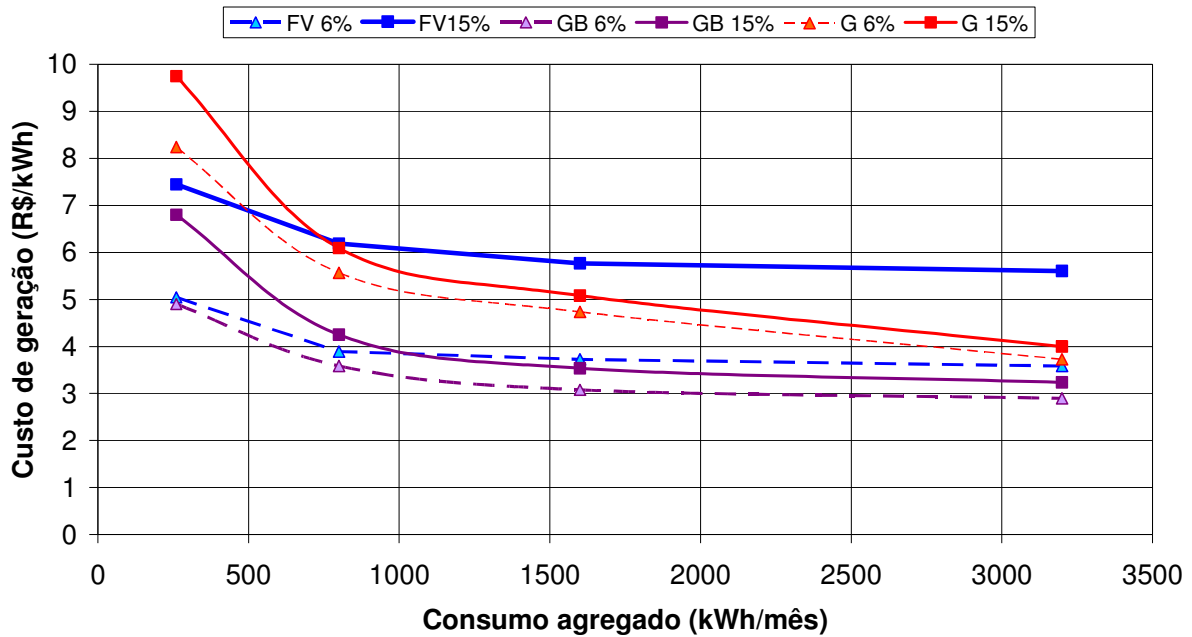


FIGURA 7 – Resultados obtidos nas simulações, não considerando custo de operador do gerador diesel.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho foram avaliados sistemas fotovoltaicos e com geradores diesel com e sem baterias para consumos agregados de até 3200 kWh/mês. Mostrou-se que o sistema misto diesel/baterias pode ser economicamente vantajoso em relação ao sistema que emprega painéis fotovoltaicos/baterias ou apenas geradores diesel, quando o consumo agregado da comunidade está situado na faixa de 260 kWh/mês a 3200 kWh/mês. O limite inferior da faixa corresponde ao consumo agregado de 20 residências, pelo critério de suprimento mínimo estabelecido na Resolução ANEEL 083/2004 para Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (classificação SIGFI13, que prevê a disponibilidade de 13 kWh/mês/residência). O limite superior desta faixa corresponde ao consumo agregado de 80 residências com geladeira, considerando-se que, com o uso de geladeira, o consumo mínimo por residência é de 40 kWh/mês. Abaixo da faixa mencionada, os sistemas fotovoltaicos individuais seriam economicamente vantajosos.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SOARES, G.F.W., GONÇALVES, A.A., SILVA, V.F.P., JACOB, I.P.D. Limitações no uso de energias renováveis para a eletrificação rural do Amazonas. XIX SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, 14-17 de outubro de 2007.
- (2) Atlas Solarimétrico do Brasil. Segunda Edição: 2004. Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.
- (3) Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES. CEPEL/CRESESB, Rio de Janeiro, 1999.
- (4) SILVA, M.V.M.S., ROCHA, B.R.P.R. Análise econômica de um gaseificador de 20 kW. AGRENER GD 2006 – 6º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. Campinas, junho/2006.