

# **Energização em comunidade isolada com sistema híbrido eólico e solar-fotovoltaico e erradicação da miséria: Estudo de caso de uma comunidade quilombola na Bahia**

Eduardo Teixeira Silva <sup>\*</sup>  
Ednildo Andrade Torres <sup>\*\*</sup>  
Caiuby Alves Costa <sup>\*\*\*</sup>

## **Introdução**

Tendo em vista a necessidade da energização para uma parcela significativa da população mundial que gira em torno de 1,5 bilhão de pessoas sem acesso a energia elétrica, cerca de 85% vive em área rural (IEA, 2010), entornos de 3 bilhões utilizam para cozinhar e aquecer-se madeira, carvão e esterco que são ineficientes e prejudiciais a saúde (REN21, 2011). No Brasil, em torno de 3,3 milhões de pessoas não tem acesso a energia elétrica. O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento ou declaração do Milênio,<sup>1</sup> uma de suas metas é de erradicar a pobreza extrema e a fome. A busca pela universalização do acesso a energia elétrica constitui um grande desafio para vários segmentos da sociedade, governos, autoridades e pesquisadores. No entanto, uma das principais barreiras ao acesso de energia elétrica para milhões de pessoas no mundo é o modelo centralizado da geração e distribuição de energia elétrica aliado a condição da pobreza em que se encontram e a dispersão geográfica. Contudo, nos últimos anos observam-se grandes avanços tecnológicos em fontes de energias renováveis, conjugados às políticas adotadas por programas governamentais e sociais que buscam soluções

---

\* Eduardo Teixeira da Silva, Mestrando, Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Engenharia Elétrica, edudjey@gmail.com

\*\* Ednildo Andrade Torres, Doutor, Universidade federal da bahia, faculdade de engenharia química, ednildo@ufba.com.br

\*\*\* Caiuby Alves da Costa, Doutor, Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Engenharia Elétrica, caiuby@ufba.com.br

<sup>1</sup> PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD - Brasília 08/08/2008. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/odm/>. Acesso em: 20 mar. 2012.

para a exclusão proporcionada pela ausência de energia elétrica. Alguns países como Estados Unidos, Alemanha e Espanha, com forte presença de fontes de energias renováveis em sua matriz energética. Países emergentes como China e Índia avançam nesta mesma direção, motivados pelas mudanças climáticas e pelo mercado em expansão de energias renováveis.

Diante deste contexto, os investimentos em energias limpas, em particular, eólica e solar-fotovoltaica foram as fontes de energia que mais cresceram em 2010, segundo a Agencia Internacional de Energia e Associação Americana de Energia (IEA, AWEA, 2011) energia eólica cresceu 25%, solar fotovoltaica 72% e solar-fotovoltaica conectado a rede 81%. Sendo que, um dos vetores de desenvolvimento da sociedade está ancorado no acesso a energia elétrica, o que tem sido um dos grandes desafios aos países em desenvolvimento de levar energia elétrica a todas as camadas da população, em especial as comunidades que estão isoladas e dispersas geograficamente, sendo em muitos casos inviável economicamente a disponibilidade de energia pelo sistema de distribuição convencional.

A abordagem deste artigo está baseada na necessidade do melhor aproveitamento das fontes de energias locais, em especial eólica que é pouco utilizada para geração de pequenas potências. A microgeração é um mercado que cresce em paralelo com os grandes aerogeradores com uma taxa de 53% relativo a 2007. Somente os Estados Unidos em 2009 tinham uma potência instalada de 179 MW e comercializaram 7,8 mil unidades e, de acordo com a projeção da Associação Americana de Energia Eólica (AWEA, 2010) irão quadruplicar a produção até 2015 de aerogeradores de pequeno porte, neste cenário a China lidera com a fabricação de 130.000 pequenos aerogeradores no ano de 2010. Enquanto o Brasil ainda precisa avançar muito, possui apenas 4 fabricantes de pequeno porte com potência de 250 W a 200 kW,<sup>2</sup> sendo estes sistemas ainda pouco utilizados no país, apresenta-se como uma alternativa viável para energização de comunidades isoladas especialmente quando composta por sistemas híbridos e, com a possibilidade de ser conectado a rede elétrica.

---

<sup>2</sup> REVISTA PESQUISA FAPESP. Mercado Brasileiro de Pequenos Aerogeradores. Novembro, 2010, 177.

## Energia solar

Em 1876 foi concebido o primeiro aparato fotovoltaico advindo dos estudos das estruturas de estado sólido, em 1879 é observado o efeito fotovoltaico em um eletrólito, em 1883 surge à primeira célula fotovoltaica de selênio com eficiência de 1%, e em 1930 é estabelecido à teoria do efeito fotovoltaico e somente no ano 1956 iniciou-se a produção industrial, seguindo o desenvolvimento da microeletrônica.<sup>3</sup>

Os módulos fotovoltaicos são compostos por um conjunto de células fotovoltaicas conectadas em série e em paralelo, condicionadas em um involucro capaz de protegê-las de intempéries e de esforços mecânicos. O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Sendo usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, caracteriza-se por ser de forma contínua

## Energia eólica

As informações fundamentais para análise do potencial eólico de uma determinada região são a velocidade e a direção do vento. Tendo em vista que a velocidade do vento pode variar significativamente em curtas distâncias (algumas centenas de metros), os procedimentos para avaliar o local, no qual se deseja instalar as turbinas eólicas, deve-se levar em conta todos os parâmetros que influenciam nas condições do vento. Entre os principais fatores que influenciam as condições do vento estão: características da vegetação, utilização da terra, construções, presença de obstáculos nas redondezas, relevo que pode causar efeito de aceleração ou desaceleração do ar.

O regime do vento é importante em todas as fases do projeto conforme afirma Blasques.<sup>4</sup> Inicialmente, na escolha das regiões potencialmente utilizáveis e na especificação do sistema eólico mais adequado, e posteriormente, na escolha exata do sistema eólico a ser implantado. Tendo em vista esses fatores serão

<sup>3</sup> CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SERGIO DE SALVO BRITO - CRESESB, 2010. Sistemas Fotovoltaicos: manual de engenharia, Rio de Janeiro; 207p, 1995.

<sup>4</sup> BLASQUES, Luiz. Calos Macedo. Estudo da Viabilidade Técnico Econômico de Sistemas Híbridos Para Geração de Eletricidade. 2005. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

realizados, os cálculos da energia a ser gerada pelo sistema. Segundo Reis,<sup>5</sup> tendo em vista a confiabilidade dos cálculos a serem realizados, os dados devem ser obtidos através de medições, de no mínimo, um ano, se possível mais longo. Outros pesquisadores indicam período mínimo de 5 anos. Em ambos os casos os intervalos das medições variam de acordo com o objetivo da análise.

### Sistema híbrido

Os sistemas híbridos consistem de possíveis combinações de mais de uma fonte primária de energia,<sup>6</sup> podendo ser formado por fontes de energias renováveis ou de fontes convencionais, dependendo da disponibilidade dos recursos, com o propósito de gerar e distribuir energia elétrica de forma otimizada, maximizando a disponibilidade de energia através da complementaridade dos recursos.

Dada a capacidade de uma fonte suprir a falta temporária de uma ou outra, permitindo assim que os mesmos operem com o mínimo de interrupções e com custos mínimos podendo funcionar isolados ou conjugados com a rede, a capacidade desses sistemas pode variar de alguns poucos quilowatts até vários megawatts.<sup>7</sup>

### Comunidades isoladas

Comunidade isolada, segundo o conceito comumente adotado na área elétrica, é aquela que se caracteriza por não ser assistida pelos meios convencionais de energia elétrica,<sup>8</sup> e, portanto, a falta de acesso a essa fonte de energia afeta diretamente os processos de produção e de consumo no dia-a-dia de seus indivíduos. No entanto, o desenvolvimento dessas comunidades, conforme as tendências mundiais de sustentabilidade, é avaliado e monitorado de modo que o investimento realizado possa ser útil e, venha a refletir no progresso da região, além

---

<sup>5</sup> REIS, Lineu Bélico. *Geração de Energia Elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade* – 3. 3 ed. São Pauli: Manola, 2003.

<sup>6</sup> PEREIRA, A. *Sistemas Híbridos*. Disponível em: <http://www.eolica.com.br/sistema.html>. Acesso em: 15 Nov. 2010.

<sup>7</sup> LASCIO, M. A.; BARRETO, E. J. F. *Energia e Desenvolvimento Sustentável para Amazônia Rural Brasileira: Eletrificação de Comunidades Isoladas*. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 2009.

<sup>8</sup> BARRETO, 2008; BALA, 2009.

de satisfazer os critérios de desenvolvimento socioeconômicos estabelecidos pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.<sup>9</sup>

### **Apresentação e localização da comunidade**

A comunidade conhecida por Quenta Sol está localizada numa distância de 9 km do município de Tremedal, com as seguintes coordenadas geográficas, latitude (15° 1' 22,6"), longitude (41° 23' 24,8"). Fica situada na zona rural do município de Tremedal no sudoeste da Bahia, com uma população de aproximadamente 19 mil habitantes. Em novembro de 2006 Recebeu a Carta de Reconhecimento da Fundação Palmares, como Comunidade Remanescente de Quilombo<sup>10</sup>.

com todas as dificuldades que vivem, Como relata a líder comunitária V. L. Santos de 28 anos considera que avançaram, muito e acredita, que é possível potencializar a comunidade, fortalecer seus costumes, a vida comunitária, resgatar os jovens, com projetos de geração de renda, através do acesso a energia elétrica e outros programas.

### **Levantamento do consume de energia**

Foi dimensionado um sistema para atender uma área de uso comum e, mais um agrupamento de 12 moradias que atualmente não possuem nenhum tipo de energia elétrica. Sendo utilizada uma residência como base para o cálculo do consumo de energia, a mesma ficou com um consumo de 22,1 kWh/Mês conforme Tab. 1.

---

<sup>9</sup> PNUD, 2010.

<sup>10</sup> Quilombos são pequenos vilarejos formados por escravos refugiados ou descendentes de escravos negros, cujos antepassados no período de escravidão fugirão de engenhos de cana de açúcar, fazendas e pequenas propriedades onde executavam diversos trabalhos braçais (LEITE, Ilka Boaventura. *Os Quilombos no Brasil: questões conceituais e normativas*. Santa Catarina: UFSC, 2000. p.336).

Tabela 1. Composição de cargas e de consumo residencial (tensão 220V)

Aparelhos elétricos	Quant.	Potência watts	Dias uso/mês	Média(h) utilização/dia	Consumo (KWh)/Mês	Diario Wh/dia
<b>lâmpada fluor. Compacta</b>	6	9	30	5	8,1	270
<b>Liquidificador</b>	1	300	15	0,25	1,1	75
<b>tv em cores 18"</b>	1	70	30	5	10,5	35
<b>aparelho de som pequeno</b>	1	20	30	4	2,4	80
<b>Total Consumo</b>					22,1	460

O consumo de energia de uso coletivo totalizou 192,02 kWh/Mês Tab. 2, o somatório do consumo de energia das 12 residências e o coletivo ficaram 457,22 kWh/Mês. os equipamentos utilizados estão disponíveis, na lista do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) para eletrodomésticos eficientes exceto a máquina de gelo e a bomba shurflo.

Tabela 2. Composição de cargas e de consumo comum(tensão 220V)

Aparelhos elétricos	Quant.	Potência watts	Dias uso/mês	Média(h) utilização/dia	Consumo (KWh)/Mês	Diario Wh /dia
<b>máquina de gelo</b>	1	380	30	12	136,8	4560
<b>bomba Shurflo</b>	1	80	30	3	7,2	240
<b>Microcomputador</b>	1	120	30	3	10,8	360,00
<b>tv em cores 20"</b>	1	90	30	5	13,5	45
<b>aparelho DVD</b>	1	10	8	4	0,32	40
<b>antena parabólica</b>	1	120	30	5	18	500
<b>lâmpada fluor. Compacta</b>	4	9	30	5	5,4	180
<b>Total Consumo</b>					192,02	5925

Na definição da participação de cada uma das fontes de energia para o projeto foi utilizado o método proposto por Habib et al (1999) em que a combinação fica definida com a relação solar-fotovoltaica/eólica que projeta o menor custo, neste caso a proporção de energia eólica será de 59% e a de energia solar-fotovoltaica 41%. Portanto o sistema de energia eólica atenderá o consumo de energia de 269,8 kWh/Mês e restante de 187,5 kWh/Mês será suprida pelo o sistema solar-fotovoltaico.

Para atender a demanda da comunidade e viabilizar o sistema foi proposto a distribuição de carga de uso residencial e coletivo, a carga residencial de maior

consumo é iluminação, enquanto na de uso coletivo a de maior consumo é a máquina de gelo conforme Fig. 1 e Fig. 2, esta configuração de cargas além de reduzir custos e atender as necessidades da comunidade também possui aspecto sociais de fortalecer os vínculos das relação coletivas. A opção da configuração em carga residencial e coletiva é para reduzir custo de implantação do sistema, ficando o maior consumo localizado na área de uso coletivo com isso há uma redução com cabos e distribuição.

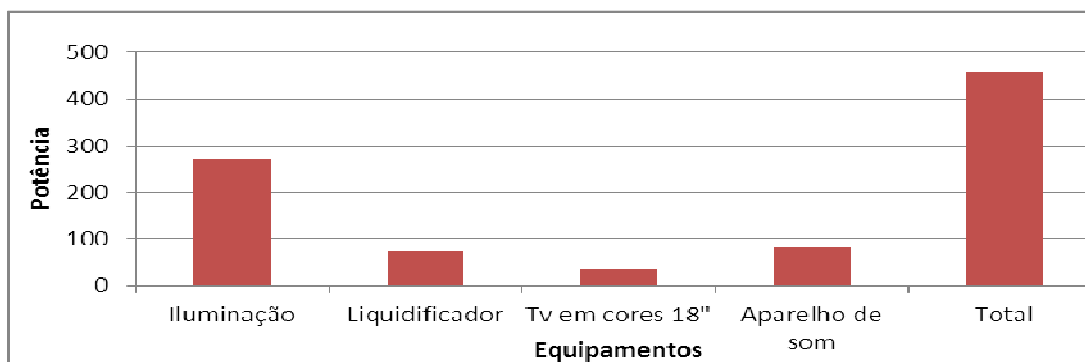


Figura 1. Consumo dos equipamento residencial em kW

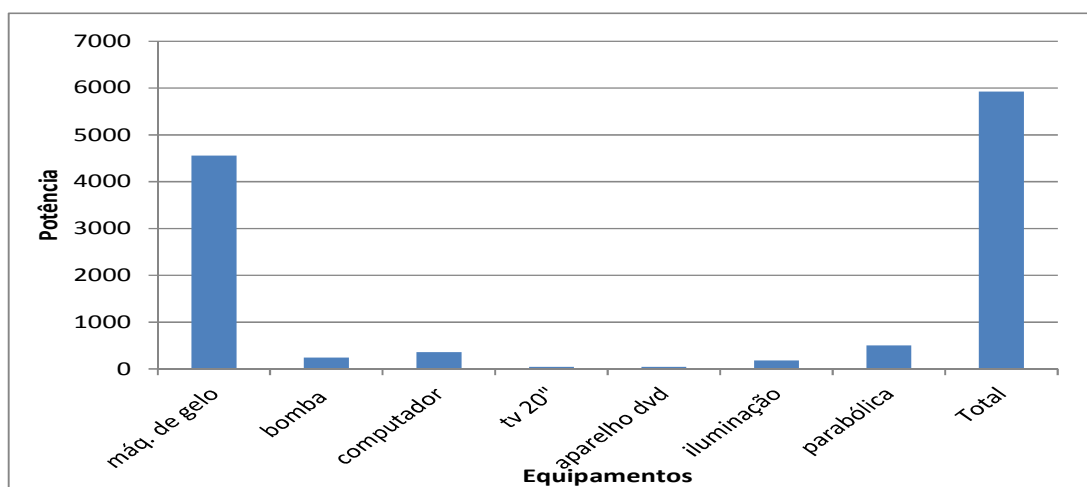


Figura 2. Consumo dos equipamentos de uso coletivo em kW

## Avaliação econômica

Para o cálculo do VPL do sistema híbrido foram considerados os valores dos investimentos da implantação do mesmo trazendo ao valor presente às reposições dos equipamentos (banco de baterias, inversores de frequência e controlador de carga) ao longo da vida útil do sistema, conforme demonstrados na Tab. 3. No entanto para o cálculo do VPL do sistema convencional, foram considerados os dados do custo da rede, custo de manutenção e reforma na rede

que segundo dado da Departamento de Eletrificação Rural da Coelba ocorre em média a cada 5 anos, foi usado a mesma metodologia do sistema isolado.

Devido às especificidades do projeto, os investimentos para a implantação do sistema foi o mais aproximado possível com a metodologia utilizada, portanto o mesmo poderá ser otimizado para atingir redução de custos, no entanto para o estudo proposto os elementos são suficientes. Foram criados dois cenários para a avaliação econômica, onde os resultados pudessem ser comparados e também usados como referencia em outros estudos. O primeiro teve os valores dos investimentos para a implantação do sistema isolado considerando vida útil de 20 anos comparado com o custo do investimento do sistema convencional para o mesmo período, onde foi estabelecido como referência o valor da tarifa. No segundo cenário, leva-se em consideração o custo de transmissão e distribuição.

Tabela 3. Equipamentos para o sistema híbrido

DISCRICÃO	UNID.	QTDE	PREÇO (R\$)	TOTAL (R\$)
Aerogerador	pç	3	9.000	27.000
Torre, cabos, acessórios p/ turbina.	vb	3	1.200	3.600
Módulo solar	pç	18	1.450	26.100
suporte em alumínio p/ módulo	vb	1	4.500	4.500
Baterias estacionárias	pç	70	980	68.600
Controlador de carga	pç	3	850	1.950
Inversor cc/ca	pç	1	2.598	2.598
Materiais complementares	vb	1	12.000	12.000
Mão de obra				36.000
<b>Total</b>				<b>156.548</b>
				<b>176.348</b>

Fonte: Bendocchi Engenharia, 2010

### Cenário 1

Neste cenário é comparado o custo do sistema híbrido eólico solar-fotovoltaico isolado com o custo da instalação da rede convencional num horizonte de 20 anos, considerando o custo de manutenção e reposições de equipamentos no período avaliado. Os resultados desses cálculos e as variáveis consideradas para a montagem do fluxo de caixa e cálculo do VPL encontram-se na Tab. 4.



Tabela 4. Dados básicos das variáveis

Variáveis	Unidade	Valor
Taxa média de atratividade	%	5,57
Energia gerada média anual	kWh/ano	5.486,64
Custo anual de O&M do sistema híbrido	R\$/ano	1.280,00
Custo anual de O&M da rede convencional	R\$/ano	13.300,00
Valor evitado transmissão (incentivo)	R\$/kWh	119,279
Valor evitado distribuição (incentivo)	R\$/kWh	864,09
Incentivo total (valor evitado transmissão médio e distribuição)	R\$/ano	983,37

Na análise da rede convencional foi usado os mesmos critérios de análise do sistema híbrido de modo que, para que haja equivalência no estudo foram desconsiderados os subsídios embutidos na tarifa, fazendo análise do investimento bruto com isso foi obtido um valor de tarifa real. Para tanto foi utilizado a análise de VPL onde foi fixada uma receita que pague o investimento do sistema, usando um TMA de 5,57% considerando recursos do BNDES11 (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) num horizonte de 20 anos chegando a um valor da receita de R\$ 30.177,00 ver fluxo de caixa Tab. 5. Para o investimento no sistema da rede convencional é considerado os custos por km, fornecidos pela Coelba e avaliado com as mesmas condições do sistema híbrido, a receita para zerar o investimento é R\$ 36.212,00 conforme demonstrado no fluxo de caixa da Tab. 6.

<sup>11</sup> BNDES é um banco público cuja missão é proporcionar o desenvolvimento nacional, considerando as ações sociais e ambientais, e cujas taxas são as menores no mercado, é composta pela taxa de juros de longo prazo (TJLP) cujo valor, a remuneração do BNDES de 0,9%, a taxa de risco de 3,57%.

Tabela 5. Fluxo de caixa do sistema híbrido

Sistema Isolado								
Ano	Investimento Inicial	Bateria	Inversor	Controlador	Manutenção	Total Despesas	Receita	Fluxo de Caixa
-	176.348	0	0	0	0	176.348	0	(176.348)
1	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
2	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
3	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
4	0	68.600	0	0	1.280	69.880	30.177	(39.703)
5	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
6	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
7	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
8	0	68.600	0	0	1.280	69.880	30.177	(39.703)
9	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
10	0	0	2.598	1.950	1.280	5.828	30.177	24.349
11	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
12	0	68.600	0	0	1.280	69.880	30.177	(39.703)
13	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
14	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
15	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
16	0	68.600	0	0	1.280	69.880	30.177	(39.703)
17	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
18	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
19	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
20	0	0	0	0	1.280	1.280	30.177	28.897
<b>Total</b>	176.348	274.400	2.598	1.950	25.600	480.896	603.530	122.634
	VPL	28						
	TIR	6%						
	Tarifa (R\$)	5,50						

Por esta análise de investimento a receita anual do sistema híbrido é de 30.177,00 R\$/ano dividido pela quantidade anual de energia gerada de 5.486,64 kWh/ano, assim, obtém-se um valor de energia que remunera o sistema de 5,50 R\$/kWh. Já para a análise do investimento do sistema conectado à rede, a receita anual é de (36.212,00 R\$/ano). Este valor dividido pela quantidade anual de energia gerada 5.486,64 kWh/ano, faz com que se obtenha o valor da energia que remunera o projeto de 6,60 R\$/kWh, logo, o com esta análise o valor da tarifa a ser pago para remunerar o investimento do sistema convencional é superior ao da tarifa do sistema híbrido, portanto, constata-se que para distâncias maiores que 11km de rede, as diferenças tarifárias também aumentarão.

Tabela 6. Fluxo de caixa do sistema convencional

Sistema Convencional						
Ano	Investimento Inicial	Ampliação da rede	Manutenção	Total Despesas	Receita	Fluxo de Caixa
-	264.300	0	0	264.300	0	(264.300)
1	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
2	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
3	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
4	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
5	0	4563	13.300	17.863	36.212	18.349
6	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
7	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
8	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
9	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
10	0	4563	13.300	17.863	36.212	18.349
11	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
12	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
13	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
14	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
15	0	4563	13.300	17.863	36.212	18.349
16	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
17	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
18	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
19	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
20	0	0	13.300	13.300	36.212	22.912
		13690	266.000	543.990	724.236	180.247
	VPL	(236)				
	TIR	6%				
	Tarifa	6,60				

## Cenário 2

A pesquisa para o cenário 2 está associada aos custos das perdas técnicas no sistema de distribuição e transmissão. Visto que não há necessidade de adquirir e transportar o montante de energia, uma vez que esta seria produzida localmente pelo sistema isolado. Como na composição da tarifa não existe um critério técnico para o uso dos sistemas de distribuição na geração distribuída,<sup>12</sup> considerou-se para este cenário, que a parcela de perdas técnicas seja incluída como incentivos tarifários. Desta forma a parcela de incentivo constitui um crédito para o gerador, diminuindo o valor do preço, respectivamente, segundo o efeito do gerador nas perdas e uso dos sistemas. Então, os valores considerados para o cálculo dos

<sup>12</sup> OLIVEIRA, B.; UTURBEY, W. Incentivos para a Conexão de Geradores Distribuídos em Redes de Média e Baixa Tensão. In: THE 8th LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION. [S.l.: s.n.], 2009.

incentivos é o valor evitado do custo de transmissão, obtido através do produto da geração do sistema (kWh) pela parcela associada ao preço de energia para transmissão da referida classe<sup>13</sup> (0,02174 R\$/kWh); o valor evitado do custo de distribuição, calculado pelo produto da geração (kWh) pela parcela do preço de energia para distribuição (0,15749 R\$/kWh).

Tabela 7. Fluxo de caixa do sistema conectado a rede

Ano	Despesa		Receita		Fluxo de Caixa	
	SI	Rede	SI	Rede	Si	Rede
0	176.348	264.300	0	0	(176.348)	(264.300)
1	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
2	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
3	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
4	69.880	13.300	29.194	36.212	(39.703)	22.912
5	1.280	17.863	29.194	36.212	28.897	18.349
6	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
7	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
8	69.880	13.300	29.194	36.212	(39.703)	22.912
9	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
10	5.828	17.863	29.194	36.212	24.349	18.349
11	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
12	69.880	13.300	29.194	36.212	(39.703)	22.912
13	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
14	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
15	1.280	17.863	29.194	36.212	28.897	18.349
16	69.880	13.300	29.194	36.212	(39.703)	22.912
17	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
18	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
19	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
20	1.280	13.300	29.194	36.212	28.897	22.912
<b>Total</b>	<b>480.896</b>	<b>543.990</b>	<b>614.057</b>	<b>724.236</b>	<b>122.634</b>	<b>180.247</b>
	<b>SI</b>	<b>Rede</b>				
<b>VPL</b>	28	(236)				
<b>TIR</b>	6%	6%				
<b>Tarifa</b>	5,32	6,60				

<sup>13</sup> RESIDENCIAL B1, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO ANEEL 971 DE 19.04.2010 É DE 0,51772 R\$/KWH. SENDO, 14,20% DO PREÇO DE ENERGIA PARA TRANSMISSÃO IGUAL A 0,02174 R\$/KWH, E 30,42% PARA A DISTRIBUIÇÃO IGUAL A 0,15749 R\$/KWH

Incentivo total (valor evitado transmissão médio e distribuição) R\$/ano 983,30, no entanto, se o incentivo for incorporado aos cálculos, o valor que remunera o investimento deve conter a parcela relacionada a geração de energia do projeto e ao incentivo tarifário. Desta forma a parcela de geração é o valor de 30.177,00 R\$/ano menos o incentivo total de 983,37 R\$/ano, resultando em 29.190,63 R\$/ano. Assim, a razão entre a nova parcela de geração (29.194,00 R\$/ano) e a energia gerada pelo projeto (5.486,64 kWh/ano) equivale ao novo valor da energia de geração na baixa tensão. Este valor é chamado de tarifa incentivada, que ficou da ordem de 5,32 R\$/kW conforme demonstrado na Tab.7.

Nestes dois cenários com os valores das tarifas apresentados, foi possível analisar cada caso isoladamente. No primeiro foi simplesmente avaliado o custo bruto do investimento inicial dos dois sistemas, desconsiderando para o sistema convencional qualquer tipo de subsídio, com este critério a diferença dos valores da tarifa do sistema híbrido em relação ao convencional é R\$ 1,05. No segundo cenário com o uso dos valores de taxas de transporte de energia na distribuição e transmissão, estes valores foram transferidos como incentivo para o sistema de energias renováveis, o mesmo ficou com valor da tarifa menor que o convencional, com uma diferença de R\$ 0,24.

## **Conclusões**

No estudo de caso, foram constatadas as dificuldades vividas na comunidade pela falta de energia elétrica, a indisponibilidade de água para consumo e irrigação, a utilização de lampião a querosene e velas para iluminação, que são nocivos à saúde; falta de refrigeração para armazenamento dos alimentos, alguns são salgados para melhor conservação, o que também é nocivo à saúde, dificuldade de comunicação e de transporte, pouco acesso a informação, e outras necessidades decorrentes da ausência de energia elétrica.

Na análise do potencial energético da comunidade, através da metodologia adotada, verificou-se o potencial das fontes de energia eólica e solar fotovoltaica, sendo que tais fontes podem suprir as necessidades básicas da comunidade, agregando qualidade de vida e geração de renda, o que pode ser replicado para outras comunidades.

No dimensionamento do sistema foi avaliada a demanda de consumo da comunidade considerando as limitações do sistema. Todavia, privilegiou-se carga coletiva com o propósito de redução de custo e fortalecimento das relações da comunidade.

Ha uma relação direta entre desigualdade e o acesso à energia elétrica, o que reforça a importância da universalização para o desenvolvimento sustentável. Deste modo, o acesso à energia não pode ser encarado como um processo assistencialista, mas deve vir acompanhado de políticas de geração de renda, de educação, de saúde que venha realmente a trazer o desenvolvimento sustentável.

O sistema de energia elétrico deve estar vinculado a uma atividade produtiva, que elimine a dependência das comunidades rurais e isoladas e gere emprego e renda, possibilitando a capacitação profissional e a inclusão social.

No estudo da viabilidade econômica foram construídos dois cenários, no primeiro constatou-se, através da metodologia adotada com análise do VPL, que o sistema convencional sem nenhum tipo de subsídios, o custo final da tarifa equivale ao sistema de energias renováveis, demonstrando que existe concorrência econômica dos dois sistemas. No segundo cenário eliminou-se o custo do transporte de energia na transmissão e distribuição, repassando para o investimento inicial do sistema de energia renovável esta diferença, com isso há redução final no custo da tarifa, constatando que a aplicação de políticas adequadas com incentivo a sistemas de energias renováveis, é possível tornar tais investimentos competitivos. É verificado que para distâncias maiores que o estudo de caso o investimento em sistema convencional tende a aumentar seu custo.

Tanto no cenário 1 quanto no cenário 2, constatamos viabilidade econômica do sistema híbrido bem como a necessidade de políticas de incentivo para o crescimento destas fontes de geração de energia, além disso estes empreendimentos agregam benefícios sociais e ambientais.

## **Referências**

BENDOCCHI Engenharia de Instalações Ltda. Disponível em: <[www.bendocchiengenharia.com.br](http://www.bendocchiengenharia.com.br)>. Acesso em: 06 jun. 2012.

BLASQUES, Luiz. Calos Macedo. *Estudo da Viabilidade Técnico Econômico de Sistemas Híbridos Para Geração de Eletricidade*. 2005. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SERGIO DE SALVO BRITO - CRESESB, 2010. *Sistemas Fotovoltaicos: manual de engenharia*, Rio de Janeiro; 207p, 1995.

HABIB, M.; SAID, S. A. M. et al. *Optimization Procedure of a Hybrid Photovoltaic Wind Energy System*. Energy, 24,919-929, 1999.

LASCIO, M. A.; BARRETO, E. J. F. *Energia e Desenvolvimento Sustentável para Amazônia Rural Brasileira: Eletrificação de Comunidades Isoladas*. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 2009.

LEITE, Ilka Boaventura. *Os Quilombos no Brasil: questões conceituais e normativas*. Santa Catarina: UFSC, 2000.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA- MME. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 13 de Nov. 2011.

OLIVEIRA, B.; UTURBEY, W. Incentivos para a Conexão de Geradores Distribuídos em Redes de Media e Baixa Tensão. In: THE 8th LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION. [S.l.: s.n.], 2009.

PEREIRA, A. *Sistemas Híbridos*. Disponível em: <http://www.eolica.com.br/sistema.html>. Acesso em: 15 Nov. 2010.

REIS, Lineu Bélico. *Geração de Energia Elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade* – 3. 3 ed. São Pauli: Manola, 2003.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD - Brasília 08/08/2008. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/odm/>. Acesso: 20 de Março de 2012.

REVISTA PESQUISA FAPESP. *Mercado Brasileiro de Pequenos Aerogeradores*. Novembro, 2010, 177.

SOUSA, A.; CLEMENTE, A. *Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: fundamentos técnicos e aplicações*. 4º ed. São Paulo: Atlas, 2001.

[recebido em: junho de 2012;  
aceito em: agosto de 2012]

## **Energização em comunidade isolada com sistema híbrido eólico e solar-fotovoltaico e erradicação da miséria: estudo de caso de uma comunidade quilombola na Bahia**

### **Resumo**

A questão energética incita toda sociedade direta ou indiretamente a buscar estratégias para suas muitas necessidades, uma delas destacamos neste artigo que apresenta pesquisa de aplicação sobre eletrificação rural e erradicação da miséria. Deste modo o presente artigo trata da energização de comunidades isoladas, tem como referência as Metas do Desenvolvimento do Milênio (PNUD) e o Programa Luz para Todos do Governo Federal, visto que o mesmo assegura o suprimento de energia elétrica para as necessidades essenciais da comunidade, privilegiando o atendimento individual por residência. De modo que este estudo é apresentado como uma alternativa ao sistema de painéis solares instalados pelo Programa, com a aplicação das fontes de energia eólica solar-fotovoltaica, pela complementaridade das mesmas e pela possibilidade de uma geração de maior porte. Tendo como estudo de caso uma comunidade quilombola, assim, atende-se as necessidades da comunidade como um todo, além de incrementar e potencializar o seu desenvolvimento socioeconômico, quer no aspecto do suprimento residencial, quer no aspecto do suprimento de água para irrigação, artesanato, confecção local de produtos. Para tanto são analisados dois cenários, um considerando o sistema convencional e outro isolado. São avaliados os valores de investimento e o custo da tarifa. Foi constatado que com o uso de alguns programas já disponíveis e a implementação de políticas específicas, e tarifas adequadas o sistema híbrido adquire viabilidade econômica, além dos benefícios socioambientais que apresenta.

### **Palavras-chave:**

Eletrificação Rural, Energia Eólica; Energia Solar; Comunidades Isoladas; Erradicação da Miséria.



## **Energy supply to an isolated community by means of a hybrid system with wind and solar photovoltaic energy, and eradication of poverty: a case study of a quilombola community in Bahia**

### **Abstract**

The issue of energy encourages every society directly or indirectly to seek strategies to meet their many needs. One such strategy is featured in this article, which presents research on implementing electrification of rural areas and eradication of poverty. This paper deals with the energization of isolated communities, and uses as a reference the Brazilian Federal Government's Millennium Development Goals (UNDP) and Light for All Program, since the Government guarantees the supply of electricity for basic needs of the community, prioritizing on service to individual residences. This study is presented as an alternative to solar panel systems installed by the federal program, and focuses on the application of renewable energies -- photovoltaic and solar-wind -- which may serve as complements and permit an increased generation of energy. We take as a case study a quilombo that caters to the needs of the community as a whole -- thus, we increase and enhance their socio-economic development, both in terms of residential energy supply, and in terms of the water supply needed for irrigation, crafts, and manufacture of local products. For that two scenarios are analyzed, one being a conventional energy supply system and the other an isolated one, and an evaluation of investment and rate costs is performed. It was found that through the use of some of the already available programs as well as the implementation of specific policies and adequate rates, the hybrid system acquires economic viability, in addition to the social and environmental benefits it presents.

### **Keywords**

Rural Electrification, Wind Energy, Solar Energy, Isolated Communities; Eradication of Poverty