



ENERGIA SOLAR EM COMUNIDADES ISOLADAS

ESTUDO DE CASO DE MINIRREDE HÍBRIDA
EM RESEX NO SUL DO AMAZONAS
SETEMBRO 2022

REALIZAÇÃO

Usinazul

Diretor
Engenheiro Aurélio Souza

WWF-Brasil

Diretor de Economia Verde
Alexandre Curvelo de Almeida Prado

Gerente de Ciências
Mariana Napolitano

Coordenador de Conservação
Ricardo Junqueira Fujii

Analista de conservação de transição energética
Alessandra Mathyas

Analista de Engajamento
Maíra Teixeira

Analista de Design
Regiane Stella Guzzon

Fotografias

Aldo Godoy
Alessandra Mathyas
Danilo Nascimento
Gustavo Rocha





SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Contexto do Marco Regulatório	5
3. O Projeto Vila Limeira Solar	6
4. Monitoramento de Dados	10
5. Análise do consumo de energia de Vila Limeira	12
6. Operação e Manutenção do Sistema Energético	15
7. Análise de custo de reposição de banco de baterias	16
8. Comparativo de valor agregado entre sistema SIGFI com MIGDI	18
9. Proposta de gestão de energia para distribuidoras do Norte	19
10. Governança	21
11. Recomendações	22
Referências	23

1. INTRODUÇÃO



Em 2016 o WWF-Brasil, em parceria com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e com apoio da Fundação Charles Stuart Mott (Mott), iniciou o projeto Reservas Extrativistas Produtoras de Energia Limpa (Repel) em duas resex no sul do estado do Amazonas (Médio Purus e Ituxi).

Depois de instalados 30 sistemas solares fotovoltaicos de pequeno porte, se verificou o “interesse dos extrativistas pela tecnologia”, com aumento da produção de “açaí, melhoria na relação comunitária para a produção de gelo, resfriamento de pescados e principalmente, uma redução imensa nos gastos com combustível para a geração de energia elétrica para esses usos coletivos”, conforme descrito no relatório do WWF-Brasil sobre [Potencial Produtivo De Comunidades Remotas Na Amazônia](#) (WWF, 2021).

Do ponto de vista da qualidade de vida integral, sabe-se que pilotos específicos geram alegria, mas também frustração por ainda não ser realidade de todas as pessoas a disponibilidade energética 24 horas em cada comunidade. Assim nasceu o projeto Vila Limeira 100% Solar, a partir de uma demanda da comunidade da Resex Médio Purus, inconformada com a demora no atendimento dos programas governamentais. Com apoio da Fundação Mott, foi possível implantar um sistema de geração centralizado no formato de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI), com distribuição de energia entre as unidades consumidoras, a maioria residenciais.

Tão importante quanto assegurar a segurança energética dessa comunidade é avaliar seus resultados para subsidiar os atuais programas públicos de eletrificação rural. Por isso, o projeto também foi avaliado do ponto de vista de intersecção

dos Programas Mais Luz para a Amazônia (MLA) e Luz para Todos (LpT), e, com base nisso, são apresentadas sugestões para possíveis ajustes na regulamentação ou marco regulatório.

A ideia é, a partir desse exemplo concreto, debater a viabilidade das minirredes com as distribuidoras de energia do Norte do país, com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Ministério de Minas (MME), terceiro setor e academia, visando ampliar os benefícios da geração distribuída em sistemas isolados e remotos, particularmente adotando fontes intermitentes como a energia solar com armazenamento em bancos de baterias com (ou sem) acoplamento com gerador a diesel.

Neste documento foram considerados os dados de consumo de energia fornecidos pela própria comunidade Vila Limeira, a partir da leitura de consumo realizada diretamente nos medidores de energia instalados em cada unidade consumidora (UC), que, por si só, já é um grande diferencial frente a muitos outros projetos que foram implantados em outras regiões, recentemente ou em outras épocas, em que o consumo de energia individual não era medido apropriadamente.

Na região Norte existem centenas de sistemas de minirredes de distribuição de energia com geradores a diesel, a maioria em estado precário, sem qualquer forma de medição ou controle de consumo de energia. Nessas comunidades, ao se ligar o gerador diesel, todas as cargas são acionadas ao mesmo tempo, sem nenhum controle de carga, de consumo ou proteção elétrica nem medidas de eficiência energética. A prática local é viciada por esta forma de gestão de energia, controlada basicamente pelo botão de liga-desliga do gerador.

2. CONTEXTO DO MARCO REGULATÓRIO

Segundo a Eletrobras, o atendimento aos sistemas isolados, conforme Manual para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados, deverá ser feito por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI), os quais possuem procedimentos e condições definidos na Resolução Normativa da ANEEL nº 493/2012. Assim, no caso de Vila Limeira, foi adotado um MIGDI, que são definidos como “microssistemas isolados de geração e distribuição de energia elétrica com potência instalada total de geração de até 100 kW” (Eletrobras, 2017).

Após instalação do sistema e construção da minirrede, houve um período de ajustes e definições, tanto do modelo de operação e de cobrança pela energia gerada até a pactuação sobre a manutenção do sistema. Um treinamento básico foi realizado com moradores que passaram a cuidar da instalação¹.

Como pano de fundo deste projeto, é preciso considerar o programa LpT que “procura se integrar aos diversos programas implementados pelo Governo Federal, para assegurar o aumento de renda e a inclusão social da população beneficiada”. (Eletrobras, 2017). Adicionalmente, como critério do LpT, a disponibilidade energética mensal garantida deve ser tal que atenda às necessidades básicas de iluminação, comunicação e refrigeração dos domicílios e também energia que possa ser usada para apoio às cadeias produtivas locais. Esses requisitos foram atendidos pelo projeto solar em Vila Limeira.

Dentre as muitas justificativas e/ou recomendações definidas do documento preparado para o Programa Luz para Todos pela Eletrobras e MME, intitulado Especificações Técnicas dos Programas para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados no âmbito do Programa Luz para Todos, na edição revisada em 2017, são listados a seguir alguns itens retirados deste documento que estão em linha com o projeto em Vila Limeira, e que servirão de base para apresentação de sugestões práticas de melhorias para o futuro sustentável da eletrificação rural na região Norte, a saber:

- a. MIGDIs apresentam maior possibilidade de preservação devido à condição comunitária da miniusina;
- b. MIGDIs proporcionam maior disponibilidade de energia percebida pela unidade consumidora (UC), em razão da diversidade de consumo propiciado pela própria natureza da rede de distribuição (quando uma UC deixa

de consumir, essa energia pode ser utilizada por outra);

c. SIGFIs apresentam custo específico com aquisição de equipamentos (por UC) maior devido à compra de equipamentos de menor porte. No entanto, os MIGDIs apresentam custos de minirrede e obra civil, que são inexistentes nos SIGFIs;

d. MIGDIs podem apresentar viabilidade econômica para instalação de sistemas de monitoramento e automação, dependendo do número de UCs atendidas;

Sobre os itens acima, é observado que os MIGDIs apresentam ganhos de escala e redução de custos, viabilidade operacional coletiva e otimização no consumo de energia (fator de coincidência de uso não simultâneo), além de apresentar melhor arranjo para monitoramento remoto, dada a natureza de uma fonte de geração centralizada.

DESTA FORMA ESTÁ CARACTERIZADO QUE O PROJETO VILA LIMEIRA SOLAR ESTÁ TOTALMENTE INSERIDO NO CONTEXTO DOS PROGRAMAS MLA E LPT, INCLUSIVE AJUDANDO NO CUMPRIMENTO DAS METAS DE UNIVERSALIZAÇÃO NO ESTADO DO AMAZONAS.



¹ Importante ressaltar que o curso básico não tem a pretensão de trazer todos os conhecimentos necessários à capacitação formal de eletricitistas ou técnicos em energia solar e, sim, passar os conceitos básicos sobre usos e cuidados de segurança e eficiência energética, limpeza do sistema e uso do aplicativo para verificação de geração. E, em caso de qualquer alteração do padrão, saber a quem pedir suporte técnico mais próximo.

3. O PROJETO VILA LIMEIRA SOLAR

O projeto Vila Limeira 100% Solar apresentou diversos desafios ao longo do seu processo de implantação, desde a interrupção de trabalho em campo, causada pela pandemia de saúde pública global (Covid-19) e pelas dificuldades inerentes ao ecossistema Amazônico. Todos os desafios contornados e corrigidos ao longo do ano de 2021.



Figura 1 – Foto da Usina Solar. Fonte: WWF-Brasil, 2021.



Figura 2 – Interior da casa de força da usina com banco de baterias, inversores e controladores. Fonte: WWF-Brasil, 2021.

Contudo, ficou confirmada a dificuldade de logística para vencer as grandes distâncias amazônicas quando há necessidade de reposição de peças e reposição de equipamentos que não são facilmente disponíveis no mercado local, assunto que será abordado oportunamente.

Apesar de todas as barreiras e dificuldades, a instalação física do sistema foi finalizada em meados de 2021 e segue operando e gerando energia limpa e renovável, conforme se verá a seguir. Dados estão sendo coletados localmente e têm gerado informações interessantes sobre o perfil de consumo comunitário².

Na fase de projeto, o consumo de energia elétrica estimado foi da ordem de 64 kWh por dia com base nos dados apresentados pela comunidade das cargas instaladas e tempo de uso esperado por cada um dos equipamentos existentes, considerando inclusive outros a serem adquiridos com a oferta contínua de energia. Contudo, como veremos na sessão a seguir, o consumo médio mensal está abaixo da expectativa e somente cerca de 70% da energia gerada está sendo consumida no período monitorado (11 meses).

Muitos benefícios diretos e indiretos já são percebidos neste primeiro ano da chegada da energia elétrica em Vila Limeira. O link a seguir apresenta detalhes do processo de implantação do projeto, com depoimentos de pessoas da comunidade sobre os ganhos percebidos imediatamente. [Conheça a primeira comunidade 100% solar do sul do Amazonas.](#)

Adicionalmente, vale ressaltar a oportunidade de desenvolvimento local que a energia firme e moderna

² São os próprios moradores, de forma voluntária, que verificam mensalmente os medidores individuais em cada unidade consumidora.

gera para esta comunidade tradicional. Falando somente em educação, onze moradores (desses, quatro mulheres e mães) se inscreveram em curso universitário e hoje estudam à distância via internet. Isso só foi possível por conta da energia contínua, 24 horas por dia, sete dias por semana. O valor agregado da energia neste caso é inestimável, pois irá gerar conhecimento aos jovens que não precisam deixar a comunidade. Além dos acadêmicos, uma turma de educação de jovens e adultos (15 alunos) e uma turma de pré-escola diurna (20 alunos) foram criadas, além de mantidas as turmas de ensino regular (fundamental e médio, com 13 alunos).



Figura 3 – Fotos da nova dinâmica da escola. Destaque para a disponibilidade de internet, disciplina no uso de telefones celulares, criação de novas turmas de educação infantil, educação de jovens e adultos e apoio aos universitários EAD. Fotos: Prof. Aldo Godoy

Além da educação, a produção, segundo os moradores, também melhorou em 2022 por causa do fornecimento ininterrupto de energia. Em valores globais, houve um aumento no valor dos produtos vendidos de R\$ 24 mil em relação a 2019, conforme tabela a seguir. Mas na prática somase a este ganho em torno de mais 30%, pois com energia solar não houve dispêndio de gasolina ou diesel para mover as estruturas produtivas, como o bombeamento de água e iluminação para as casas de farinha e a iluminação e equipamentos da marcenaria. Além disso, atividades restritas ao horário noturno, quando o gerador fóssil era ligado e toda a rede ficava energizada, agora acontecem durante o dia: uso de máquina de lavar roupa, rega de hortas, carregamento de telefone celular, horário de estudos EAD. Já a construção e melhoria das estruturas físicas da comunidade e das casas (novos poços de água, novas residências) não tem mais o custo do combustível para serem realizadas. Boa parte do açaí coletado fica para o consumo da comunidade. Também não há mais o custo de compra de gelo, o que é uma economia para todos os moradores.



TABELA 1 - VENDA EM R\$ DA PRODUÇÃO AGROEXTRATIVISTA DA COMUNIDADE VILA LIMEIRA SET/21 A AGO/22

Produto	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	TOTAL
Farinha de mandioca	4560	4560	–	–	4560	4560	4560	4560	4560	4560	4560	4560	45600
Farinha de tapioca	435	435	–	–	435	435	435	435	435	435	435	435	4350
Goma	1500	1500	–	–	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	15000
Castanha	–	–	–	–	19960	–	–	–	–	–	–	–	19960
Artesanato	–	2875	2860	2860	2875	–	–	2875	2875	2875	–	–	20095
Açúcar mascavo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	500	500	–	1000
Mel de cana	1000	1000	–	–	–	–	–	–	–	1000	1000	1000	5000
Rapadura	–	800	800	–	–	–	–	–	–	800	800	800	4000
Açaí	–	–	–	–	–	1144	–	1144	–	–	–	–	2288
Borracha	–	–	–	–	–	–	–	–	–	680	680	680	2040
TOTAL													119333

Fonte: APAVIL



Copyright Credit © Copyright owner / WWF-

4. MONITORAMENTO DE DADOS

Um ponto de destaque sobre as minirredes – MIGDIs é que “obrigatoriamente tem que implantar Sistema de Coleta de Dados Operacionais [SCD], para medir, registrar, armazenar e disponibilizar os dados de operação da miniusina referente às grandezas elétricas e ao consumo de combustíveis”. (Eletrobras, 2017)

O SCD, conforme definido na Lei nº 12.111/2009, que dispõe sobre os serviços de energia elétrica nos sistemas isolados, é bem apropriado para os sistemas de geração a diesel existentes na região Norte, pois introduziu várias alterações na sistemática de reembolso da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC). Ele prevê a cobertura do custo total da geração para o atendimento ao serviço público de distribuição de energia elétrica nos Sistemas Isolados.

Nesse total, estão incluídos os custos relativos à contratação de energia, à geração própria, aos investimentos realizados, além da possibilidade de inclusão de “demais custos diretamente associados à prestação de serviço de energia elétrica em regiões remotas dos Sistemas Isolados” (§ 2º do Art 3º).

“Art. 3º A Conta de Consumo de Combustíveis – CCC, de que tratam o § 3º do art. 1º e o art. 8º da Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993, passará a reembolsar, a partir de 30 de julho de 2009, o montante igual à diferença entre o custo total de geração da energia elétrica, para o atendimento ao serviço público de distribuição de energia elétrica nos Sistemas Isolados, e a valoração da quantidade correspondente de energia elétrica pelo custo médio da potência e energia comercializadas no Ambiente de Contratação Regulada – ACR do Sistema Interligado Nacional – SIN, conforme regulamento.”





“§ 2º Incluem-se, também, no custo total de geração previsto no caput os demais custos diretamente associados à prestação do serviço de energia elétrica em regiões remotas dos Sistemas Isolados, caracterizadas por grande dispersão de consumidores e ausência de economia de escala, conforme especificados em regulamento.”

Em 2011 a ANEEL publicou a Resolução Normativa 427, que estabeleceu os procedimentos para planejamento, formação, processamento e gerenciamento da CCC, fortalecendo a necessidade do SCD com o principal objetivo de possibilitar ao agente gerador o ressarcimento de parte dos seus custos totais de geração, incluídos custos com combustíveis. A mesma resolução estendeu para SIGFIs e MIGDIs a cobertura pela CCC de parte dos custos de geração, desde que sejam referentes às localidades remotas dos Sistemas Isolados.

Contudo, a obrigatoriedade de instalação do SCD é exigida apenas para os MIGDIs, não havendo tal obrigatoriedade para os SIGFIs. Esse é um ponto importantíssimo, pois parece que acabou se tornando um fator impeditivo (ou barreira), no âmbito do LpT e MLA, para a disseminação dos MIGDIs onde esses sistemas comunitários e centralizados de geração fazem mais sentido. A afirmação da Eletrobras de que a “possibilidade da cobertura desses custos pela CCC é um motivador para a implantação desses sistemas (MIGDIs)” (Eletrobras, 2017), não é verificado na prática. Ao contrário, gerou um maior impeditivo para a disseminação de sistemas centralizados em minirredes.

Em comunicações realizadas no âmbito deste e outros projetos *off-grid* com as concessionárias, fica evidente a preferência pela implantação dos SIGFIs em detrimento ao MIGDIs, inclusive em áreas que atendem aos requisitos de

melhor enquadramento das minirredes frente aos sistemas individuais.

A justificativa encontrada é que a cobertura dos custos da CCC é “mais fácil” para os SIGFIs que para os MIGDIs, justamente porque a “obrigatoriedade de instalação do SCD é exigida apenas para os MIGDIs, não havendo tal obrigatoriedade para os SIGFIs”. (Eletrobras, 2017). Por outro lado, Eletrobras cita que “não há obrigatoriedade de medição de consumo de combustível, no caso, por exemplo, de sistemas híbridos com geração a diesel.”

Então, nitidamente existe um entendimento que instalar minirredes requer maior infraestrutura de dados para o monitoramento e conseqüentemente o maior custo e obrigatoriedade de serviços de acompanhamento da operação *in loco* ao passo que instalação de SIGFIs não demanda tantos custos operacionais, sendo menor essa despesa para a concessionária, em particular em função das grandes distâncias na Amazônia. Esse é o principal fator que torna muito mais viável instalar SIGFI que MIGDI, razão pela qual os programas MLA e LpT têm sido focados na instalação de sistemas individuais para comunidades remotas da Amazônia Legal.

De modo que parece haver um mau entendimento sobre o que preconiza a Lei nº 12.111 e REN 427/2011 sobre a obrigatoriedade de medição de variáveis de consumo de energia elétrica via SCD, na situação na qual o sistema não possui gerador a diesel, como o instalado em Vila Limeira. Mesmo que haja o gerador a diesel, ele não é o principal gerador de energia, mas atua como um backup para manter a carga das baterias em situações de descarga crítica como ocorre em longos dias sem radiação solar suficiente para carregamento do conjunto de armazenamento de energia.

5. ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA DE VILA LIMEIRA

O consumo médio mensal de energia elétrica por unidade consumidora (UC) na comunidade de Vila Limeira desde a instalação do sistema, em setembro de 2021, até julho de 2022 foi de 34,29 kWh. Comparativamente, esse número é menor que a geração equivalente de um sistema SIGFI 45 (que gera 45 kWh/mês), e atualmente um dos menores sistemas instalados no âmbito do Programa Mais Luz para Amazônia (MLA). Isso significa que um sistema solar fotovoltaico nos padrões (capacidade) do SIGFI 45 seria suficiente para atender, na média, a demanda de energia de cada residência e as demais UCs de Vila Limeira.

Contudo, algumas unidades consumidoras (UCs) possuem pico de consumo acima da capacidade de entrega dos SIFGIs 45, que é de no máximo 700 watts contínuo (AC). Ou seja, apesar do consumo médio por unidade consumidora de Vila Limeira estar abaixo da capacidade de entrega de energia de um SIGFI 45, o porte do inversor individualizado é um fator do limitante para cargas maiores, que são mais compatíveis com o sistema centralizado, como as MIGDIs. Exemplos disso são o uso de energia para sistemas de refrigeração (individual), equipamentos para usos produtivos ou até mesmo bombas d'água de maior porte.

Importante reforçar que se todos os consumidores ligarem seus equipamentos eletroeletrônicos simultaneamente, o inversor central de 24 kW, dividido em três unidades de 10 kVA (~8 kW), irá apresentar limitações de potência e possivelmente se desconectará e desligará toda a carga (rede de distribuição local). Por isso é importante acompanhar tanto o consumo quanto a expansão das cargas ligadas simultaneamente e sempre atuar na capacitação dos usuários finais para o uso eficiente de energia.

Duas novas unidades consumidoras (UC#30 e UC#31), se conectaram à minirrede local desde o início da operação em setembro, apesar do baixo consumo verificado, e é uma sinalização de expansão do consumo que normalmente ocorre quando a comunidade recebe energia mais “firme” e contínua, ou seja, energia 24 horas por dia, sete dias por semana.

Há uma grande variação entre maiores e menores consumidores, conforme tabela a seguir, a exemplo da UC#19, cujo consumo mensal médio foi de 126,36 kWh/mês e do outro lado a UC #26, que consome na média cerca de 1,55 kWh/mês. Algumas das UCs são meramente ponto de apoio (uma garagem para barco, por exemplo) e não são residências com pessoas morando e consumindo energia no dia a dia.

Ademais, existem UCs que possuem sistema de bombeamento acoplados ao sistema residencial e por isso o consumo está maior também. Outras residências funcionam como comércio local, e por isso também possuem maior consumo de energia (refrigeração e maior tempo com iluminação e outras cargas ligadas).

Entre as UCs com características residenciais, o maior consumo médio mensal foi verificado na UC #19, somando 126,36 kWh/mês, e o menor consumo médio mensal verificado foi nas unidades consumidoras #1 e #30, totalizando 18 kWh/mês. Nos meses monitorados houve uma variação de cerca de 34% entre o consumo máximo (setembro/2021) e mínimo (junho/2022).



Figura 4 – Foto de medidor de energia.

Os valores foram medidos individualmente por meio de medidores de energia instalados em cada unidade consumidora.

TABELA 2 - CONSUMO DE ENERGIA NA COMUNIDADE VILA LIMEIRA

#	Média	Consumo acumulado	Set/21	Out/21	Nov/21	Dez/21	Jan/22	Fev/22	Mar/22	Abr/22	Mai/22	Jun/22	Jul22
UC	kWh / mês												
1	1,64	16	2	0	2	2	2	2	2	2	1	1	2
2	56,36	553	90	0	60	62	59	55	58	59	66	44	67
3	43,00	442	75	0	54	56	63	41	46	39	41	27	31
4	46,91	469	17	0	71	58	63	50	57	62	63	28	47
5	92,09	924	176	0	127	113	82	79	109	94	106	38	89
6	51,91	521	86	0	69	72	60	42	44	46	56	46	50
7	47,00	478	113	0	84	67	27	28	56	18	41	44	39
8	20,73	228	8	0	8	14	10	7	16	45	74	46	0
9	69,00	691	127	0	67	65	97	57	74	73	75	56	68
10	29,64	289	33	0	25	28	34	29	32	39	46	23	37
11	68,18	683	130	0	88	82	72	60	66	64	73	48	67
12	29,73	247	29	0	23	21	35	21	27	25	28	38	80
13	27,55	251	25	0	24	32	29	24	27	26	28	36	52
14	4,73	52	5	0	15	9	0	0	4	10	9	0	0
15	80,82	796	87	0	96	87	110	77	76	87	108	68	93
16	23,82	262	2	0	2	3	2	46	62	57	63	25	0
17	32,36	312	25	0	19	19	43	33	49	48	47	29	44
18	14,55	160	62	0	23	21	19	7	11	11	5	1	0
19	126,36	1257	171	0	140	155	136	117	141	138	149	110	133
20	27,82	287	2	0	10	27	50	41	71	43	43	0	19
21	13,91	87	4	0	3	5	7	7	7	5	4	45	66
22	3,09	21	2	0	4	3	1	1	1	2	4	3	13
23	38,73	398	38	0	62	81	48	36	41	37	25	30	28
24	8,18	65	2	0	2	2	6	3	12	9	18	11	25
25	3,64	25	0	0	0	0	0	0	7	4	6	8	15
26	1,55	10	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	7
27	64,45	615	71	0	96	81	78	33	53	64	84	55	94
28	2,09	20	3	0	2	1	1	4	2	3	2	2	3
29	24,09	229	2	0	9	10	19	34	38	38	40	39	36
30	9,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9	9
31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0
Soma	1063	11611	1387	0	1186	1177	1154	937	1190	1149	1306	911	1214
Média	34,29	374,55	47,83	0	40,90	40,59	39,79	32,31	41,03	39,62	45,03	29,39	39,16

Fonte: Aurélio Souza – Usinazul, a partir das informações cedidas pelos moradores da comunidade

O gráfico a seguir apresenta o consumo mensal individual (cada cor é uma UC) agrupados por mês monitorado (coluna). O consumo médio mensal de energia de toda a

comunidade é de 1.063 kWh. Esse consumo equivaleria a cerca de 50% da capacidade de fornecimento de energia do gerador solar.

Consumo de Energia por UC (kWh)

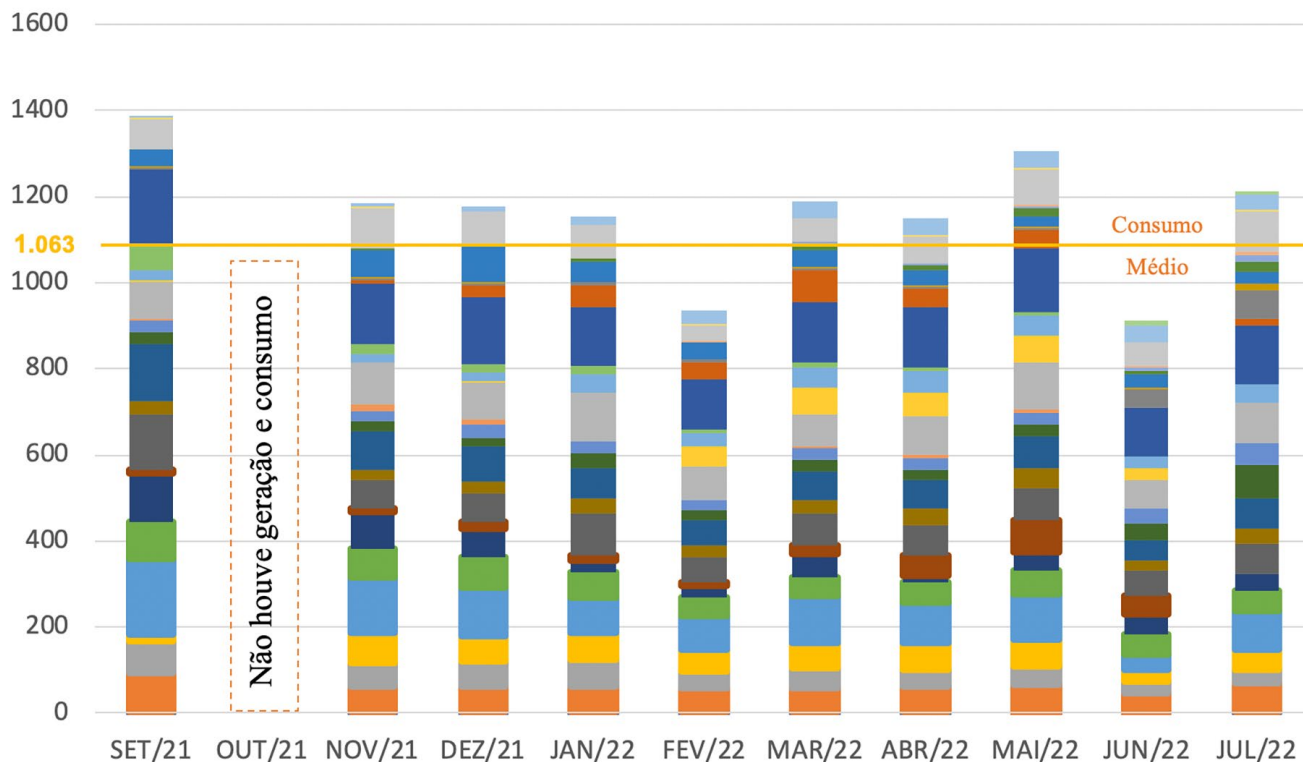


Figura 5 – Consumo de energia por unidade consumidora (UC). Fonte: Aurélio Souza

O consumo de outubro aparece zerado por conta na falha em um dos componentes (cabo) de conexão da bateria com sistema de controle, que teve de ser substituído.

A falta de uma cadeia de suprimento na região dificulta a manutenção corretiva, como foi o caso, mesmo para um simples componente de proteção ou cabo de energia. O componente necessário teve de ser despachado de São Paulo, com custos e prazos bem dilatados.

A NECESSIDADE DE SE ESTRUTURAR UMA CADEIA DE FORNECEDORES DE SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS NA REGIÃO NORTE É DE GRANDE IMPORTÂNCIA PARA QUE OS SISTEMAS ENERGÉTICOS INSTALADOS NA AMAZÔNIA POSSAM FUNCIONAR POR MUITOS ANOS E

GERAR O MAIOR BENEFÍCIO POSSÍVEL PARA AS COMUNIDADES, PERMITINDO AS CONDIÇÕES PARA A UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO À ENERGIA ELÉTRICA NO NORTE ANTES DAS METAS DO GOVERNO.

O trabalho conjunto entre concessionárias, universidades, empresas fornecedoras, associações representativas e ONGs poderia fomentar a criação de empreendedores / empresas locais (regionais) para dar manutenção preventiva e corretiva nestes sistemas energéticos (basicamente sistemas fotovoltaicos), gerando uma competência local que iria diminuir muito os custos com deslocamento e tempo. Contudo, nada disso irá se materializar se não houver políticas públicas melhor desenhadas para o acesso à energia na Amazônia.

6. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA ENERGÉTICO

Durante a implantação do sistema solar em Vila Limeira, foram realizadas atividades de treinamento e capacitação utilizando manual de treinamento desenvolvido especificamente para a Vila Limeira, com dados dos equipamentos que estavam sendo instalados. O manual (cartilha) detalhava questões genéricas da geração de energia solar e energia com demais fontes renováveis, explicava também sobre os principais componentes de um sistema de geração de energia para a zona rural, como os módulos fotovoltaicos, controlador de carga, inversores, baterias para armazenamento de energia e cabeamento.

Do ponto de vista de gestão financeira e cobrança de tarifa pela energia consumida, a comunidade decidiu que seria cobrado, a princípio, R\$ 0,80 / kWh (oitenta centavos por quilowatt-hora). A partir de junho de 2022 em acordo, o valor



Figura 6 – Curso prático aconteceu durante a instalação da usina.
Fonte: WWF-Brasil, 2021.

aumentou para R\$ 1/kWh (um real por quilowatt-hora). Com base nestes valores, a comunidade acumulou cerca de R\$ 9.800 nos 10 meses de operação. Em 12 meses a projeção de receita é de aproximadamente R\$ 12 mil.

O grande desafio neste modelo de gestão comunitária é conseguir, de fato, acumular os valores coletados ao longo dos anos. É comum que as prioridades mudem e necessidades de curto prazo demandem capital que é difícil conseguir de forma rápida. Nesses casos, o valor reservado para a troca do banco de baterias é uma possível, e talvez única, fonte de recurso disponível. Historicamente, fundos de manutenção falharam exatamente por este motivo.

O sistema de energia de Vila Limeira foi 100% doado e, portanto, não houve nenhum investimento monetário feito pela comunidade na compra dos equipamentos. Isso não quer dizer que não houve participação comunitária nas diversas fases do projeto, com alocação e capital social e com recursos locais para as obras civis da usina: construção da casa de força, limpeza e cercamento do terreno, mourões para sustentação dos módulos fotovoltaicos, calhas para aterramento etc.

Assim, nesse contexto de doação inicial do sistema já instalado e manutenção por conta da comunidade, o banco de baterias necessitará ser trocado após alguns anos de uso. A expectativa é que seja em pelo menos 10 anos, quando as baterias em uso já terão atingido seu final de vida útil estimado. De acordo com o fornecedor, o prazo estimado pode chegar a 16 anos.

Realmente, considerando que o sistema está sendo utilizado abaixo da capacidade nominal, como visto pelo consumo apresentado anteriormente, significa que o banco de baterias irá durar mais tempo que o projetado devido à baixa descarga diária desse banco de baterias (DOD). De qualquer sorte este componente irá atingir final de vida útil praticamente na metade da vida útil dos módulos fotovoltaicos e outros componentes, razão pela qual a comunidade tem feito economias para no momento correto adquirir novas baterias e substituir baterias em final de vida útil.

7. ANÁLISE DE CUSTO DE REPOSIÇÃO DE BANCO DE BATERIAS

Sobre reposição de peças e manutenção, o principal custo de reposição de um sistema solar *off-grid* é o banco de baterias, e, portanto, esse é o equipamento que necessitará reposição no meio da vida útil estimada do módulo solar fotovoltaico, que é de 30 anos (ou mais).



O banco de baterias utilizado é composto por seis baterias de íons de lítio modelo B-BOX BYD com capacidade nominal de 13,8 kWh/dia, dimensionado para fornecer 64 kWh/dia. Considerando os 6.000 ciclos de vida útil garantida pelo fornecedor, essa bateria poderá armazenar e entregar 384.000 kWh ao longo de 16 anos³.

Com base nessas variáveis e considerando o custo das baterias na ordem de R\$ 50 mil cada (já com frete), o custo nivelado de armazenamento (LCOS), sem

considerar a mão de obra local e custo de reinstalação, seria de cerca de R\$ 0,78/kWh. Ou seja, se toda a energia entregue pelo sistema solar fosse armazenada e consumida diariamente, o valor cobrado pela comunidade (R\$ 1 /kWh), seria mais que suficiente para cobrir a reposição das baterias após 16 anos. Contudo, essa não é a realidade. **O consumo médio de energia é menor que a capacidade nominal do sistema e, portanto, a receita é menor que a necessidade de acúmulo para reposição deste banco.**

Mantendo a média mensal de consumo, da ordem de 1.063 kWh, o faturamento máximo mensal é de R\$ 1.063 o que representará uma receita acumulada de aproximadamente R\$ 212 mil em 16 anos (6000 ciclos), que é um valor abaixo dos R\$ 300 mil (6 vezes R\$ 50 mil) estimados de custo para a troca do banco de baterias.

Por outro lado, em 16 anos (6000 ciclos) haverá mudanças consideráveis na tecnologia de armazenamento, e, com a tendência de queda dos preços das baterias, pode-se considerar que uma redução anual mínima de 5% no custo da tecnologia, já permitiria que Vila Limeira conseguisse trocar seu banco de baterias em menos de 10 anos. Com um decréscimo de custo de armazenamento de 5% ao ano, o custo de troca de baterias ficará na ordem de metade do preço (R\$ 150 mil), compatível com a receita (cobrança) mensal de R\$ 1.063 e acúmulo de R\$ 212 mil em 16 anos.

³ Cada ciclo é medido como uma carga e descarga completa da bateria.

Importante considerar que a gestão financeira de valores desta ordem é extremamente complexa para comunidades tradicionais. A própria logística para depositar o dinheiro ou gestão de conta bancária é um desafio, mesmo nos tempos digitais que as contas podem ser geridas remotamente e por aplicativos de celular e computador.

A região da Amazônia está muito propensa a descargas atmosféricas, mas será considerado na composição dos custos de operação e manutenção a troca de componentes eletroeletrônicos que venham a se danificar por conta destas descargas atmosféricas. Uma boa instalação com sistema de proteção contra surtos e aterramento minimiza o risco de descarga atmosférica, mas não impede que de fato haja uma descarga que possa danificar um componente.



8. COMPARATIVO DE VALOR AGREGADO ENTRE SISTEMA SIGFI COM MIGDI

Os valores de investimento por unidade consumidora de uma SIGFI 45 (45kWh/mês) são da ordem de R\$ 25 mil. O investimento global na MIGDI de Vila Limeira, dividida por unidade consumidora (31) é da ordem de R\$ 23 mil.

A potência entregue para cada UC no SIGFI 45 é de 700 Watts. Na MIGDI a potência global é de 24 KW, dividido por UC é de 775 Watts.

O gerador fotovoltaico do SIGFI 45 é da ordem de 1kWp (varia com a tecnologia do controlador de carga de acordo com manual de dimensionamento da Eletrobras). O MIGDI tem uma potência de 32 kWp (que é cerca de 1 kWp por unidade consumidora).

Em linhas gerais os sistemas são bem equivalentes. Contudo, duas variáveis são mais favoráveis ao MIGDI, uma sendo a vida útil das baterias (6.000 ciclos) e outras sendo custos finais menores em mais de 10%, neste caso específico. Outra variável é que a potência do inversor de 24 kW é 34 vezes maior que 0,7 kW do SIGFI, e permite o uso de equipamentos produtivos quando de interesse da comunidade.



9. PROPOSTA DE GESTÃO DE ENERGIA PARA DISTRIBUIDORAS DO NORTE

Segundo o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), são 212.791 moradores de assentamentos rurais, 78.388 indígenas, 59.106 habitantes de unidades de conservação (UCs) e 2.555 quilombolas sem acesso à energia elétrica pública na Amazônia Legal. No total, 990.103 são os excluídos elétricos na região, o que corresponde a 3,5% da população local. (IEMA, 2020).

Em meados dos anos 2000 foram desenvolvidos diversos modelos de gestão participativa, operação e manutenção de sistemas de energia em comunidades remotas. Um dos modelos foi desenvolvido pelo Instituto *Winrock International* (WI), com apoio do Ministério de Minas e Energia (MME), Embaixada Americana (USAID), ONGs atuantes na Amazônia, universidades (UNIFEI, USP) e parceiros fornecedores de serviços e tecnologia, como a USINAZUL.

Por este modelo a abordagem seria centrada em uma organização local, baseada na comunidade, que iria operar uma micro usina, fornecendo eletricidade por meio de uma rede local para a comunidade. A organização local empregaria membros da comunidade e iria obter receita com a venda da energia elétrica à comunidade, diretamente ou por meio da concessionária. A operação, manutenção e cobrança de taxas seriam de responsabilidade da organização local. Dependendo das circunstâncias específicas, a organização local poderia ser uma cooperativa ou uma OSCIP.

O modelo previa a capacitação da comunidade para operação, manutenção preventiva, cobrança de taxas mensais (em parceria com a concessionária) visando a sustentabilidade do projeto e redução de custos operacionais. No entanto, para funcionar corretamente, o modelo requer envolvimento de atores multidisciplinares e para ser mais bem sucedido deve ser desenvolvido dentro do marco regulatório do setor de energia elétrica.

Trazendo este modelo para os atuais programas de acesso à energia no Brasil, a ideia é que as concessionárias possam replicar o modelo nas demais comunidades remotas em sua área de concessão, atendendo o marco regulatório da universalização, com recursos dos programas de universalização e de outros, como de eficiência energética (PEE/ANEEL) ou similares com apoio dos diversos setores, inclusive de parcerias privadas.





10. GOVERNANÇA

A estruturação dessa governança e gestão comunitária é uma etapa preparatória para populações e requer o trabalho de agentes locais, que incluem o terceiro setor, a academia e setor privado (representado pelas distribuidoras e empresas fornecedores de soluções) e os órgãos governamentais diretamente responsáveis pelos territórios (ICMBio, Funai, Secretarias Estaduais, por exemplo.)

O que se destaca na experiência piloto dos anos 2000 que poderia ser aproveitada no contexto atual, foi o processo de deliberação comunitária das necessidades e prioridades previamente ao processo de eletrificação rural. Muito comum tais programas de eletrificação serem construídos e implementados sem nenhuma consulta prévia ou com um olhar mais para aspectos produtivos do uso da energia elétrica.

O que se destaca da iniciativa piloto foi a definição de papéis no qual as ONGs se colocaram como facilitadoras de um processo que deve culminar na autogestão do projeto de atendimento energético e desenvolvimento local pelas próprias comunidades.

O objetivo final dos pilotos, que não foi atendido até o momento por diversas razões, é a apropriação do modelo pelas concessionárias, que resistem, supostamente por questões regulatórias e jurídicas, mas que na prática são questões mais de ordem econômica. Parece haver uma percepção de que será mais custoso para elas implantar as MIGDIS ao invés dos SIGFIs.

Um dos arranjos institucionais pensados nos anos 2000, e que segue válido até o presente, pode ser visto no diagrama a seguir. Nele, o termo Energia e Desenvolvimento* seria o equivalente aos programas em curso e já implementados pelas concessionárias para eletrificar comunidades remotas do sistema isolado, cujos recursos** poderão vir de programas como o Mais Luz para a Amazônia (MLA) ou Luz para Todos (LpT), ambos com recursos da Conta de Desenvolvimento Energética (CDE) ou do Programa de Eficiência Energética (PEE) etc.

O modelo derivado daquele dos anos 2000, e novamente proposto agora, prevê algumas mudanças e responde a algumas lacunas identificadas no atual desenho e implementação dos programas MLA e LpT, tais como:

- a.** dimensionamento dos sistemas de geração não considera as demandas produtivas locais, sendo concentrado no atendimento residencial;
- b.** articulação dos programas de eletrificação rural com outras políticas setoriais, que são de suma importância para o desenvolvimento regional;
- c.** falta de envolvimento das comunidades desde a concepção, operação e manutenção dos sistemas, o que gera uma baixa apropriação de novas tecnologias e processos.

No diagrama a seguir uma associação comunitária (Micro-PIE produtor independente de energia) teria o papel de cobrança e manutenção da rede de energia, dentre outros serviços de menor complexidade. A concessionária seria remunerada para manter o sistema operando, com a troca de baterias em qualquer tempo necessário, seguindo o modelo de serviços de distribuição de energia de acordo com contrato de concessão vigente.

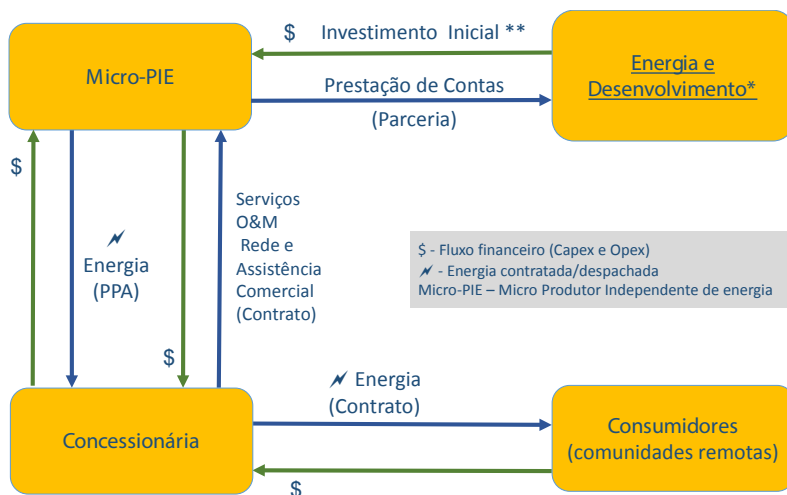


Figura 7 – Modelo de Gestão Comunitária de Ativo de Geração de Energia. Fonte: Winrock, 2005.

O monitoramento remoto seria realizado por meio de sistemas conectados à internet (via satélite, rádio etc), algo que não era tão viável há 15 anos, mas totalmente factível agora.

11. RECOMENDAÇÕES

Assim, a recomendação final que pode ser levada para as concessionárias de energia com o objetivo de absorver o aprendizado acumulado com o projeto Vila Limeira e ampliar os resultados dos programas de eletrificação rural com foco principal no desenvolvimento social e econômico das comunidades nas regiões remotas da Amazônia, é que as comunidades sejam parceiras das concessionárias na gestão energética local.

A geração descentralizada feita no âmbito do MLA e LpT deve ser estruturada a partir de sistemas com capacidade para atender as demandas produtivas locais e ir além das residências, criando metas para as distribuidoras realizarem o atendimento a essas demandas comunitárias.

O uso de ferramentas de georreferenciamento é essencial para o planejamento logístico e levantamento dos custos da universalização, pois somente assim será possível ter uma visualização mais ampla das localidades ainda desassistidas e sua distribuição espacial e como isso se reflete nos custos globais dos programas e em melhor resultados para a sociedade.

A ampliação do acesso à eletricidade nas comunidades remotas da Amazônia exigirá o fornecimento contínuo de componentes para os novos e antigos sistemas de geração e serviços associados que poderão ser muito facilitados pela influência que as concessionárias possuem, apoiando a criação de competências regionais e locais em parceria com o setor privado de peças e componentes focado na distribuição de equipamentos e serviços de acordo com os programas MLA e LpT. Arranjos produtivos locais para garantir o fornecimento energético por fontes renováveis distribuídas serão fundamentais para apoiar o sucesso dos programas governamentais.

REFERÊNCIAS

Cardoso Leite, Camila. Sousa Exclusão elétrica na Amazônia Legal: quem ainda está sem acesso à energia elétrica?, Vinicius. IEMA, 2020.

Especificações Técnicas dos Programas para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados no âmbito do Programa Luz para Todos. Eletrobras, 2017. Disponível em: https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/especificacoes_tecnicas.pdf

Investindo no desenvolvimento – Modelos e instrumentos para aporte de recursos privados em comunidades e territórios. Grupo de Institutos Fundações e Empresas, 2019. Disponível em: <https://humana.net.br/investindo-no-desenvolvimento-modelos-e-instrumentos-para-aporte-de-recursos-privados-em-comunidades-e-territorios/>

WINROCK INTERNATIONAL. Amazon Renewable Energy Project - Sustainable Small-Scale Enterprise Model for Isolated RE Generation. Brasil, 2005.

WWF-BRASIL. Acesso à energia com fontes renováveis em regiões remotas no Brasil: lições aprendidas e recomendações. Disponível em: https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/21abr20_avaliacao_de_impactos_pt_1.pdf

WWF-BRASIL. Potencial produtivo de comunidades remotas na Amazônia a partir do acesso à energia elétrica. Brasil 2021. Disponível em: https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/estudo_abordagemterritorial_final_v2.pdf



**NOSSA MISSÃO É CONTRIBUIR
PARA QUE A SOCIEDADE
BRASILEIRA CONSERVE A
NATUREZA, HARMONIZANDO
A ATIVIDADE HUMANA
COM A CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE.**



Trabalhamos pela conservação
da natureza, pelas pessoas e
pela vida selvagem.

#JuntosÉpossível

wwf.org.br

© 2022

© 1986 Símbolo do Panda WWF World Wide Fund for Nature (antigo World Wildlife Fund)
® "WWF" é uma marca registrada do WWF. WWF, Avenue du Mont-Bland, 1196 Gland,
Suíça. Tel. +41 22 364 9111. Fax +41 22 364 0332.

Para informações de contato e maiores informações, favor acessar
nossa página em wwf.org.br