

Transição Energética em Sistemas Isolados (TE Sisol)

Relatório de visita técnica: Cobija, Amazonas, Fernando de Noronha
e Oiapoque – Produtos 18 e 19



Como empresa federal de utilidade pública, a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH apoia o Governo Federal da Alemanha em seus objetivos na área de cooperação internacional.

Publicado por: Projeto Sistemas de Energia do Futuro

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Sede social Bonn e Eschborn, Alemanha SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501, 15 andar, Ed. Brasília Trade Center. CEP 70711-902, Brasília-DF, Brasil Telefone: (61) 2101-2170 www.giz.de/brasil	Ministério de Minas e Energia Esplanada dos Ministérios, Bloco U Brasília/DF CEP: 70065-900 Telefone: (61) 2032-5555 www.gov.br/mme
--	--

Coordenação:

Gustavo Pires Ponte – EPE

Roberto Castro – GIZ

Letícia Maciel – GIZ

Autores:

Daniel Odilio dos Santos – Consultor Técnico / IESS/IDEAL/ FV UFSC

Amanda Mendes Ferreira Gomes – Consultora Técnica/ IESS/IDEAL/ FV UFSC

Laís Cassanta Vidotto – Consultora Técnica / IESS/IDEAL/ FV UFSC

Kathlen Schneider – Consultora Técnica / IESS/IDEAL/ FV UFSC

Lucas do Nascimento – Coordenação / IESS/IDEAL/ FV UFSC

Revisão

Ricardo Ruther – IESS/IDEAL/FUV UFSC

Lucas Nascimento – IESS/IDEAL/FUV UFSC

Comitê Técnico – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Gustavo Pires da Ponte

Guilherme Mazolli Fialho

Aline Couto de Amorim

Michele Almeida de Souza

Paula Monteiro Pereira

Fotografia

Antônio Pereira – Semcom Manaus

O projeto Sistemas de Energia do Futuro integra a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e pelo Ministério de Minas e Energia com recursos do Ministério Federal da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha.

Brasília, março de 2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. VISITA EM COBIJA (BOLÍVIA)	6
2.1 Contexto	6
2.2 A visita técnica	6
2.3 Configuração da usina	7
2.4 Desafios identificados	10
2.4.1 DURANTE A EXECUÇÃO DO PROJETO	10
3.4.2 DURANTE A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	10
2.5 Capacitação da equipe técnica de operação e manutenção	11
2.6 Principais Observações	12
3. VISITAS À LOCALIDADES NO ESTADO DO AMAZONAS.....	13
3.1 Contexto	13
3.2 A visita técnica	14
3.2 Localidades e usinas visitadas	16
3.2.1. ANAMÃ.....	16
3.2.2 ANORI	18
3.2.3. BERURI.....	20
3.2.4. TUIUÉ.....	22
3.2.5. NOVO AIRÃO	24
3.3.6. SACAMBU	26
3.3.7. CASTANHO I.....	28
3.3.8. MANAQUIRI	29
3.3.9. CASTANHO II.....	31
3.3.10. AUTAZES	33
3.4 Principais Observações	35
4. VISITA À FERNANDO DE NORONHA.....	37
4.1 Contexto	37
4.2 A visita técnica	38
4.3 Configurações das usinas	39
4.4 Principais Observações	41
5. VISITA À OIAPOQUE.....	44
5.1 Contexto	44
4.2 A visita técnica	46
4.3 Configurações da usina	46
4.4 Principais observações	47

6 OPORTUNIDADES E DESAFIOS IDENTIFICADOS	49
6.1 Desafios para projetos atuais e futuros.....	49
6.2 Projetos Piloto: Oportunidades Identificadas.....	51
6.2.1 SACAMBU – AM.....	51
6.2.2 FERNANDO DE NORONHA – PE	52
6.2.3 OIAPOQUE-AP	54
6. CONCLUSÕES	55

1. INTRODUÇÃO

Muitos dos estudos realizados sobre a realidade da produção de energia nas comunidades isoladas são estudos observando dados de demanda e geração das localidades. Entretanto, apenas os dados não refletem a totalidade dos desafios encontrados pelos operadores dos sistemas. Assim, observou-se a necessidade de uma análise presencial das operações dos sistemas isolados a fim de entender as dificuldades para suprimento desses sistemas.

As visitas técnicas se iniciaram por Cobija, na Bolívia, onde existe uma usina híbrida Diesel + Solar + Armazenamento em pleno funcionamento. Essa comunidade apresentou as dificuldades reais da utilização de diferentes fontes de energia, além de representar as particularidades de todo o processo de concepção, instalação, operação e manutenção desses sistemas na América Latina.

No Brasil, as visitas começaram em comunidades do estado do Amazonas, onde foi possível observar as peculiaridades de uma série de comunidades estrategicamente selecionadas, visando aprender sobre como são administradas as dificuldades logísticas, quais os principais problemas identificados pelos operadores e como funciona a integração entre os geradores e a distribuidora de energia.

Após as visitas na Amazônia, o próximo local avaliado foi o arquipélago de Fernando de Noronha - PE, que apresenta características de um local de forte turismo ecológico nacional. É uma comunidade estratégica para o governo brasileiro, além disso, conta com uma logística marinha complexa e há pouca disponibilidade de área para expansão.

Por fim, a sequência de visitas finaliza em Oiapoque - AP, que apresenta um sistema de geração híbrida Diesel + Solar e ainda conta com a construção de uma pequena central hidrelétrica fio d'água, que quando finalizada suprirá grande parte da energia da comunidade de forma renovável.

De forma geral as visitas representaram uma relevante oportunidade para obtenção de informações sobre não apenas as usinas existentes e seus desafios operacionais, mas também, sobre a dinâmica das comunidades, a cultura, sua relação com a energia e avaliar as possibilidades de projetos piloto para etapas futuras de projetos de pesquisa.

2. VISITA EM COBIJA (BOLÍVIA)

2.1 CONTEXTO

Em Cobija, capital da província de Pando na Bolívia, foi instalado em 2014 um dos primeiros e principais sistemas isolados híbridos da América Latina. A usina híbrida diesel + fotovoltaica (FV) + armazenamento (BESS) possuía inicialmente 10 geradores a diesel (8 integrados ao sistema de controle e 2 de reserva) com potência total de 15,2 MVA, a usina fotovoltaica possui uma capacidade instalada de 5,2 MWp e um sistema de armazenamento composto por dois sistemas com uma potência total de 2,2 MW e uma capacidade energética de 1,2 MWh. A usina fotovoltaica está instalada a cerca de 6 km distante da usina diesel e do sistema de armazenamento.

A usina solar fotovoltaica de Cobija é a primeira usina solar da Bolívia. O projeto foi especificamente planejado para que a geração de energia solar fotovoltaica fosse suficiente para atender, nos períodos de maior irradiação, aproximadamente metade da demanda de Cobija e suas cidades vizinhas.

Cobija possui uma área de aproximadamente 400 km², situada a 614 km de La Paz, às margens do Rio Acre. Com uma população total estimada em 78.500 habitantes (censo de 2020). O consumo energético anual é de 37 GWh e a região onde está localizado município de Cobija não está conectada ao sistema nacional de energia. No passado, toda a energia que alimentava a rede local era produzida exclusivamente por geradores a diesel.

O objetivo desta viagem foi realizar uma visita técnica à usina híbrida, analisando e observando todas as peculiaridades das instalações e da operação dos sistemas. Além de observar o impacto que o sistema proporciona sob a ótica da economia de diesel através do uso de sistema FV, BESS e sistemas de controle.

2.2 A VISITA TÉCNICA

A visita técnica foi realizada entre os dias 19 e 20 de agosto de 2022, onde foi possível visitar as instalações da usina e conversar com os agentes envolvidos no fornecimento, operação, supervisão e diagnóstico desta usina, de modo a entender os desafios técnicos, barreiras e aprendizados que possam ser incorporados na formulação de requisitos técnicos às usinas isoladas no Brasil.

A visita foi realizada pela equipe da IESS pelos engenheiros Lucas Nascimento (Eng. Eletricista), Daniel Santos (Eng. Eletricista) e pelas engenheiras Amanda Gomes (Eng. Eletricista) e Kathlen Schneider (Eng. Civil), conforme é possível visualizar na **FIGURA 1**.

FIGURA 1 - EQUIPE EM CAMPO.



2.3 CONFIGURAÇÃO DA USINA

Atualmente, a cidade de Cobija é atendida por uma UTE a diesel composta por 16 geradores com potências entre 1,0 MW e 1,6 MW. Desse grupo de geradores, 10 estão alocados dentro de um galpão e 6 estão instalados em reboques no pátio externo da usina. Esses geradores são da fabricante Caterpillar e possuem controladores Woodward Easy Gen 3000.

A tensão de geração do conjunto diesel é de 6,6 kV. Portanto, junto à usina há uma subestação elevadora de tensão que eleva a tensão de 6,6 kV para 34,5 kV, 50Hz, usada na distribuição primária da cidade. A **FIGURA 2** apresenta uma vista superior da Usina e a disposição dos geradores.

FIGURA 2 – VISTA SUPERIOR DA UTE A DIESEL + SISTEMA DE ARMAZENAMENTO

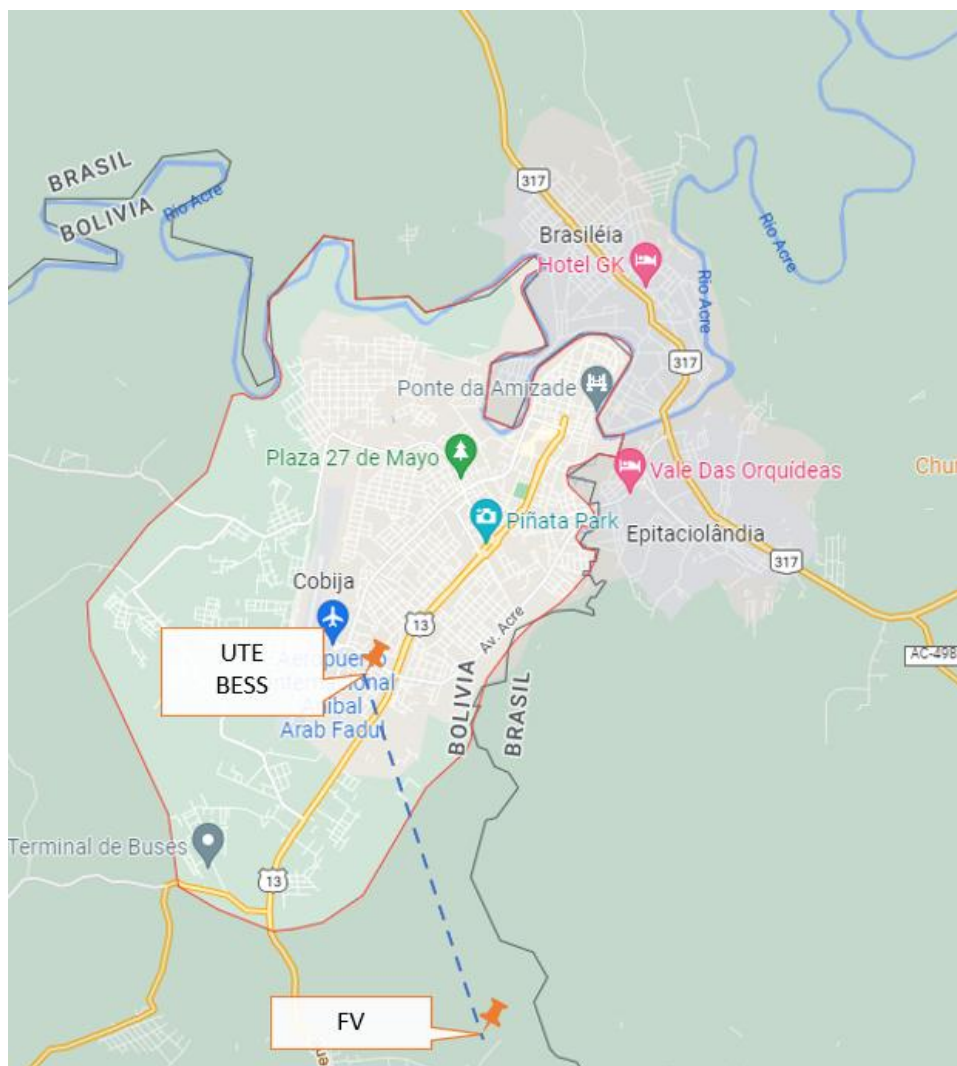


Conforme pode se observar na **FIGURA 2**, a UTE a diesel possui uma sala de operação adjacente ao galpão de geração, além disso possui geradores estacionados no pátio em reboques, subestação e uma área para armazenamento de energia por meio de baterias de íons de lítio.

O sistema de armazenamento de energia conta com dois conjuntos de baterias, cada um com 580 kWh de capacidade de armazenamento e está ligado a dois inversores SMA SCS 630 dispondo de 1 MW de capacidade máxima de potência. Portanto, a capacidade total instalada do sistema de armazenamento é de 1,2MWh/2MW. Adicionalmente, o sistema de armazenamento está instalado no barramento de 6,6kV com o intuito de estabilizar quaisquer flutuações do sistema diesel.

Localizada a aproximadamente 6 km da UTE a diesel (aproximadamente 10 km do centro da cidade de Cobija), a usina fotovoltaica possui um sistema de geração fotovoltaico de 5,2 MWp e ocupa uma área de 30 hectares. A usina possui 17.334 módulos da fabricante Yingli com 300Wp cada. A configuração da usina é disposta em 3 subsistemas, cada subsistema conta com 2 inversores SMA CP 800. Portanto, a capacidade de geração de potência máxima é de 4,8 MW. A **FIGURA 3** apresenta a localização da usina solar fotovoltaica.

FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA UTE E DA USINA FV



A coordenação entre a geração fotovoltaica, o sistema de armazenamento e os geradores a diesel são realizados através de um controlador SMA Fuel Saver, que atua sobre a quantidade de potência entregue pelo sistema fotovoltaico e o despacho do sistema de

armazenamento, visando a estabilidade da minirrede, operando sempre no ponto em que o sistema de geração à diesel não sofra com variações de carga e de irradiação.

Apesar da centralização de controle pelo sistema SMA Fuel Saver, ainda há uma operação manual, e os operadores da geração a diesel não são responsáveis pela gestão do despacho fotovoltaico e da bateria. Os operadores do sistema de geração fotovoltaico realizam, quando necessário, operações de despacho no sistema de armazenamento de forma remota. A comunicação entre os sistemas se dá por meio de fibra óptica (com redundância em radiofrequência).

2.4 DESAFIOS IDENTIFICADOS

2.4.1 DURANTE A EXECUÇÃO DO PROJETO

O principal desafio observado quanto ao projeto, foi que o sistema foi inicialmente projetado com 10 geradores à diesel, com 8 geradores conectados ao sistema de controle. Com o passar do tempo a demanda energética da cidade cresceu e foi necessário a inserção de novos geradores. Todavia, esses novos geradores não foram incluídos no sistema de controle SMA Fuel Saver, portanto, o controlador não tem acesso total ao sistema. Assim, o sistema atual trabalha com 8 geradores em “compartilhamento de carga”, controlados diretamente pelo SMA Fuel Saver e outros 8 geradores funcionando em “carga base” proporcionando reserva girante no sistema.

Além disso, os operadores relataram que em aproximadamente 2 anos de operação, houve uma mudança do software do SMA Fuel Saver, essa alteração ocasionou uma perda de controle do sistema, portanto, não foi possível determinar os ajustes que garantem o melhor ponto de operação do sistema.

3.4.2 DURANTE A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A usina apresenta uma série de problemas técnicos associados aos sistemas de controle de desligamento dos geradores diesel, problemas de capacitação da equipe técnica local e problemas de suporte técnico com os fabricantes dos equipamentos. Em virtude dos problemas encontrados, a usina atualmente apresenta uma economia de apenas 8% de diesel.

Os operadores relataram que decorrente desses dois modos de operação do sistema, deixando algumas máquinas em carga compartilhada e outras em carga base, não se observou

impactos na manutenção das máquinas a diesel. Pois nessa configuração de operação sempre há reserva girante no sistema, assim o sistema não trabalha no melhor consumo diesel, entretanto essa operação garante a estabilidade da rede.

A operação do sistema, ocasionou uma redução de 8% de energia gerada a partir da geração a diesel. Devido à operação mista dos sistemas de geração diesel, o SMA Fuel Saver não conseguiu operar o sistema no melhor ponto e extrair toda a energia disponível da geração solar.

Durante a operação do sistema foram encontrados problemas nos sistemas de armazenamento, os operadores relataram que os módulos de baterias se desbalancearam e a fabricante do sistema não enviou nenhum protocolo de balanceamento do sistema. Portanto, atualmente o sistema de bateria não possui capacidade total de carga, com alguns módulos desconectados.

2.5 CAPACITAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Os operadores demonstraram um amplo conhecimento das usinas e o operador da planta de geração fotovoltaica dominava os conceitos principais da tecnologia e apontava todas as dificuldades técnicas da operação diária do sistema. Além disso, observou-se que internamente há pelo menos uma capacitação completa por ano para os operadores.

Isso inclui também os conhecimentos no sistema de armazenamento de energia, o mesmo operador responsável pelo sistema de armazenamento, possuía um bom nível de capacitação sobre os sistemas de armazenamento em baterias de íon de lítio. O mesmo apontou os principais problemas que ocorreram nos seus sistemas e apresentou as dificuldades encontradas com a fabricante.

Os operadores do sistema de geração à diesel apresentavam um nível de conhecimento menor sobre o sistema de bateria e de geração solar fotovoltaica. Um ponto importante é que apesar de as baterias estarem alocadas no pátio da usina diesel, não havia operadores capacitados *in loco* para uma operação manual ou manutenção do sistema de armazenamento.

Houve um consenso entre os operadores relacionado ao ponto de capacitação externa, proveniente das fabricantes dos equipamentos, os operadores relataram haver muita dificuldade em contactar os fabricantes da bateria, dos inversores e do sistema de controle para terem um treinamento completo. Os mesmos relatam a necessidade de um treinamento

completo, incluindo uma capacitação que abrangesse a possibilidade de alterações de alguns parâmetros nos equipamentos para melhor se adaptar às condições da localidade.

2.6 PRINCIPAIS OBSERVAÇÕES

A usina híbrida de Cobija apresenta um marco para a transição energética de comunidades isoladas. Dentre os problemas encontrados o maior destaque se dá pelo crescimento da demanda e da geração a diesel sem adicionar mais sistemas de controle para essas máquinas, isso fez com que o sistema de controle não fosse 100% atuante no sistema.

Além disso, os problemas com as representações e manutenções das fabricantes, principalmente a fabricante do sistema de baterias e a fabricante dos inversores e controladores, apresentam uma dificuldade para a hibridização dos sistemas em comunidades isoladas.

Foi observado haver capacitação interna dos operadores, pois os mesmos tinham domínio das características dos sistemas de geração solar e do sistema de armazenamento, sabiam os problemas, porém não recebiam o auxílio e a capacitação dos fabricantes para efetuar manutenções em campo.

Foi constatado também a implementação de um sistema de controle autônomo do sistema de armazenamento de baterias que desempenha um papel crucial na garantia da segurança do sistema. Em situações de falhas no sistema de armazenamento, esse controle independente é capaz de assegurar, por conta própria, a continuidade no fornecimento de energia, alternando o uso dos sistemas FV e diesel.

Apesar de ter relatado algumas falhas no sistema de controle, a geração de Cobija está há aproximadamente 4 anos sem uma falha geral de operação, mostrando que desde que se tenha um sistema robusto e uma capacitação interna dos operadores a hibridização das usinas a diesel isoladas é tecnicamente possível.

3. VISITAS À LOCALIDADES NO ESTADO DO AMAZONAS

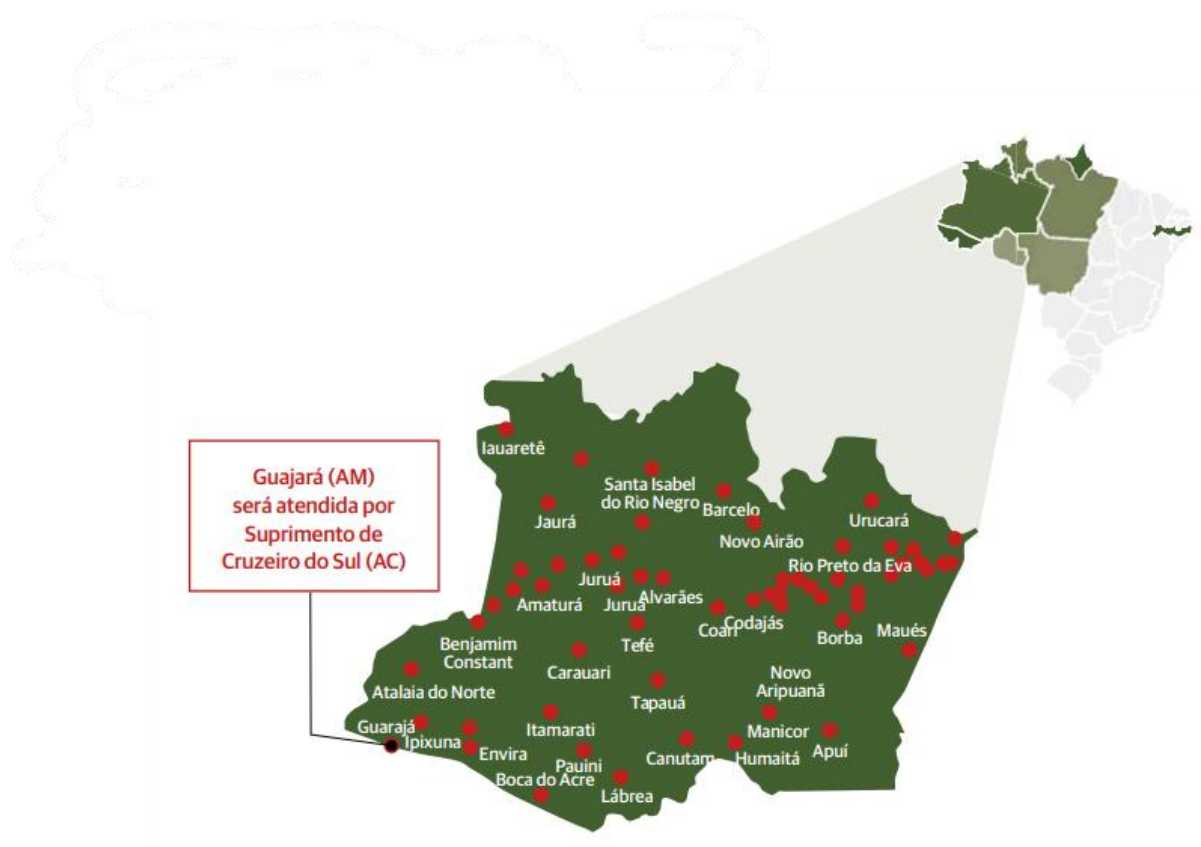
3.1 CONTEXTO

O estado do Amazonas é o maior estado em extensão territorial brasileiro, contando com uma área de aproximadamente 1.571.000 km². Todavia, abriga apenas 2% da população brasileira, e aproximadamente metade vive em Manaus. A floresta amazônica está presente em grande extensão do estado. Além disso, ela é também a maior floresta tropical do mundo, e a Amazônia Legal ocupa áreas de 9 estados do território brasileiro. O Amazonas é cortado pela linha do equador com um clima predominantemente tropical.

A bacia hidrográfica Amazônica está presente no território amazonense e é a maior bacia hidrográfica do mundo, com aproximadamente 4 milhões de quilômetros quadrados de extensão. Devido à extensão fluvial, o transporte interestadual é realizado principalmente por hidrovias, pois a floresta possui uma vasta extensão de rios navegáveis para grandes embarcações. Com um relevo praticamente baixo, 85% da superfície está a menos de 100 m de altitude ao nível do mar.

Devido à abundância de rios, a maioria das cidades são ribeirinhas. Portanto, a interligação entre as comunidades é complexa. Devido às características de demanda energética, longas distâncias e de presença marcante de florestas densas destas localidades, a interligação ao sistema integrado nacional (SIN) na maioria das localidades não está prevista. As conexões elétricas necessárias apresentariam desafios técnicos, econômicos e ambientais para que fossem viabilizadas as interligações das redes de transmissão. A Amazonas Energia é a empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no estado do Amazonas. A **FIGURA 4** apresenta as localidades isoladas pertencentes ao estado do Amazonas, considerando as informações de planejamento da EPE, Ciclo 2022.

FIGURA 4 - APRESENTAÇÃO DAS LOCALIDADES ISOLADAS DO ESTADO DO AMAZONAS.



3.2 A VISITA TÉCNICA

A visita técnica aconteceu entre os dias 19 e 23 de setembro, realizada pela equipe de consultores da IESS/FV-UFSC/IDEAL, pelos engenheiros Lucas Nascimento (Eng. Eletricista), Daniel Odilio dos Santos (Eng. Eletricista) e pelas engenheiras Kathlen Schneider (Eng. Civil) e Laís Cassanta Vidotto (Eng. Sanitarista Ambiental). O roteiro e orientações para realização da visita da equipe se deu por meio do apoio da Amazonas Energia, que foi responsável por organizar a programação da visita técnica e intermediar o contato com os operadores das usinas visitadas.

A viagem contou com uma variação de modais de transporte para avaliar os potenciais problemas logísticos em cada comunidade e a realidade dos operadores na ponta. A **FIGURA 5** apresenta as comunidades visitadas e os modais de transporte utilizados.

FIGURA 5 - ROTEIRO DA VISITAÇÃO NO AMAZONAS

A viagem contou com 5 dias de imersão nas comunidades destacadas. No primeiro dia, foi realizado o deslocamento de carro de 80 km entre Manaus e Manacapuru, onde foi fretada uma lancha para deslocamento até a comunidade de Anamá, que fica duas horas de lancha de Manacapuru, e visitada a primeira comunidade e usina de geração. Na sequência, a equipe seguiu por mais uma hora de lancha para a localidade de Anori para pernoite.

No segundo dia foi visitada a usina de geração de Anori, e posteriormente a equipe deslocou-se de lancha por duas horas para Beruri, e depois por mais duas horas na lancha para visitar Tuiué. Por fim retornou para Manacapuru, também de forma hidroviária, e este deslocamento final também foi de duas horas de lancha.

No terceiro dia foi visitada a localidade de Novo Airão, por um trajeto rodoviário de aproximadamente 100 km. Por fim, a equipe retornou a Manacapuru e visitou a comunidade de Sacambu por meio hidroviário, distante uma hora de Manacapuru por lancha. No final do dia retornou-se a Manaus.

No quarto dia foi realizada visita técnica nas usinas de Castanho I (trajeto de 27 km de Manaus e uma balsa), Castanho II (70 km de Castanho I) e Manaquiri (50 km de Castanho II) por meio de transporte rodoviário. No quinto dia foi visitada a comunidade de Autazes, que fica a 120 km de Manaquiri e foi necessário pegar uma balsa. Por fim, ao final do quinto dia a equipe retornou até Manaus. De forma geral as usinas atendem localidades de mesmo nome,

porém, no caso de Castanho I a localidade não possui população urbana, e atende empreendimentos rurais dos arredores da usina, dessa forma, não existe a localidade com este nome, e a usina de Castanho II atente a localidade de Careiro. Na seção **3.2 LOCALIDADES E USINAS VISITADAS**, estão apresentados mais detalhes de cada visita realizada.

3.2 LOCALIDADES E USINAS VISITADAS

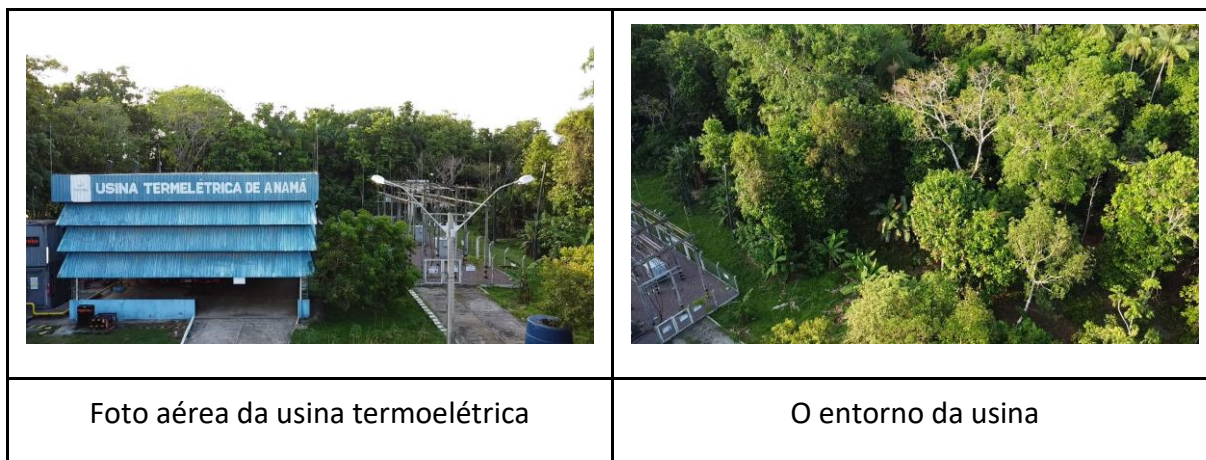
3.2.1. ANAMÃ

Data da visita	19/09/2022
Proprietário	Eletronorte
Fonte	Gás Natural
Ano da usina	2009
Número de habitantes da comunidade	13.956
Demanda	2.036 kW/ano
Número de geradores	4+1
Potência	2.250kW + 1000kW
Tancagem	Não se aplica
Área da usina	3.136,74 m ²

A usina termelétrica está montada em um galpão industrial com área de 300 m² onde estão instalados 6 grupos geradores de 375 kW cada, com motores de combustão interna a partir de gás natural, totalizando potência instalada inicial de 2.250 kW. O galpão da planta tem espaços físicos independentes para a sala de máquinas, sala de comando e controle da operação.

A usina termelétrica de Anamã está localizada a aproximadamente 3,0 km do centro urbano da comunidade, nas proximidades do Terminal do gasoduto de Anamã. Não há área de supressão vegetal nos arredores da usina. A **FIGURA 6** apresenta as redondezas da usina e a área de floresta.

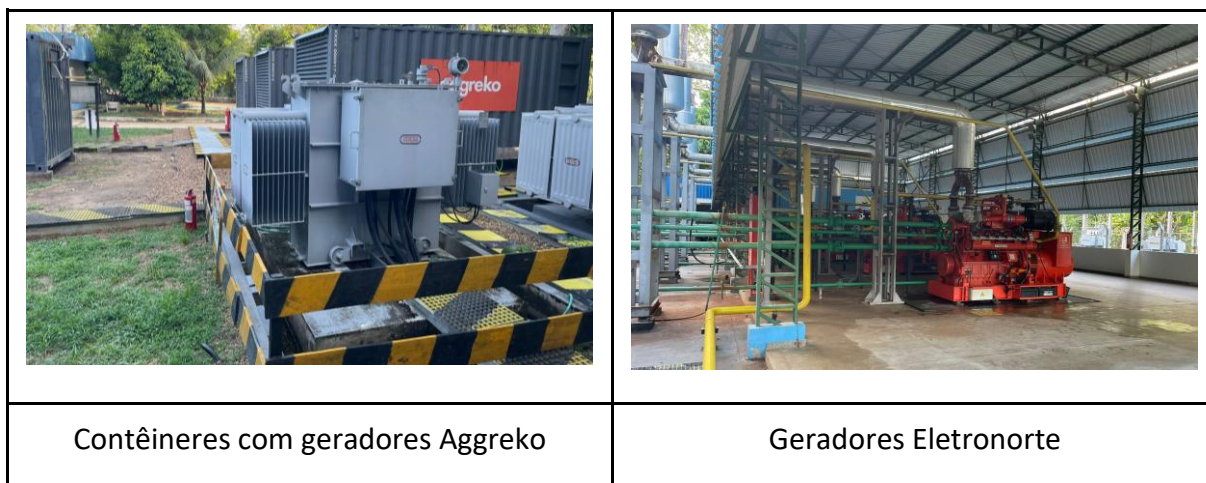
FIGURA 6 - USINA DE ANAMÃ.



As usinas com fonte proveniente de gás natural se enquadram na concessão de 15 anos de geração para a comunidade. Devido ao tempo de concessão e a falta de ampliação de geração proveniente da Eletronorte, foi contratado em regime emergencial uma geração auxiliar proveniente da empresa Aggreko para complementar o atendimento da carga.

Os sistemas Aggreko são máquinas novas instaladas em contêineres e possuem coeficientes de consumo melhores. Nas máquinas da Eletronorte não há uma verificação constante de consumo específico das máquinas (**FIGURA 7**).

FIGURA 7 - GERADORES DE ENERGIA.



O contrato emergencial com a Aggreko era inicialmente de 6 meses, entretanto já perdura por 3 anos. A máquina disponível é de 1500 kW, mas o contrato é de 900 kW.

A média de carga da comunidade é de 2 MW, com os picos de carga entre as 13h e 15h e a partir das 18h até as 23h. Os blecautes acontecem de maneira corriqueira e os empreendedores relatam que os blecautes são prioritariamente provenientes dos alimentadores rurais que apresentam um problema em áreas muito distantes da unidade geradora e a mesma sente o problema no seu religador.

3.2.2 ANORI

Data da visita	20/09/2022
Proprietário	Eletronorte
Fonte	Gás Natural
Ano da usina	2009
Número de habitantes da comunidade	21.937
Demanda	2.989 kW/ano
Número de geradores	6+1
Potência	4400 kW + 1000 kW
Tancagem	Não se aplica
Área da usina	10.300,49 m ²

A usina termelétrica de Anori segue as mesmas premissas da usina termelétrica de Anamã, entretanto a comunidade de Anori tem uma demanda máxima de 3,35 MW com uma capacidade de geração de 5 MW. A geração é com fonte proveniente de gás natural com outorga até 2030, entretanto Anori será uma das primeiras localidades dos sistemas isolados a possuir dois produtores independentes de energia integrantes à mesma localidade, pois além do conjunto Eletronorte + Aggreko, há previsão de implantação de novo empreendimento de geração, de responsabilidade da empresa Xavantes, para atender o aumento da carga, conforme resultado do Leilão de 2021. O contrato de acordo operativo está sendo desenvolvido pela Amazonas Energia.

As **FIGURA 8** e **FIGURA 9** apresentam as características construtivas da usina de Anori com as disposições das máquinas no galpão industrial.

FIGURA 8 - USINA TERMELÉTRICA DE ANORI.



FIGURA 9 - MÁQUINAS DE GERAÇÃO A GÁS DE ANORI.



A usina está localizada em uma área com supressão vegetal. A nova usina da Xavantes será instalada no terreno adjacente ao terreno onde hoje está localizada a usina termelétrica de Anori. Para um projeto futuro de expansão de geração há disponibilidade de terreno com vegetação suprimida conforme apresentado na **FIGURA 8** e **FIGURA 10**.

FIGURA 10 - ENTORNO DA USINA DE ANORI.



3.2.3. BERURI

A usina de Beruri é de propriedade da Oliveira Energia e foi instalada em 2019 distante do centro da cidade. Possui 18 máquinas (15 máquinas para utilização diária e 3 máquinas de contingência), o plano de manutenção prevê que sejam utilizadas apenas 8 máquinas para atender a demanda, assim elas passam grandes períodos desligadas entre a operação.

Data da visita	20/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2019
Número de habitantes da comunidade	20.000
Demanda (kW/ano)	1600-1700
Número de geradores	18 (7 / 8 em operação e resto em stand by)
Potência	10127 kW
Tancagem	600.000 litros
Área da usina	8.103,53 m ²

A **FIGURA 11** apresentada a seguir a disposição física das máquinas na usina.

FIGURA 11 - DISPOSIÇÃO DOS GERADORES



O gerente técnico da usina enfatizou o cuidado da empresa em manter o cronograma de manutenção regular na usina, destacando que as máquinas ficam 3 dias paradas por ano para uma manutenção total preventiva. É utilizado diesel s500 para a geração de energia e o abastecimento de combustível é efetuado por balsa. Sendo assim, quando o rio está baixo não há abastecimento, portanto é necessária uma elevada tancagem de combustível (600.000 litros). O consumo específico de combustível é uma meta bem monitorada na usina, com um teto de 243 L/MWh. A **FIGURA 12** apresenta o entorno da usina.

FIGURA 12 – O ENTORNO DA USINA DE BERURI.



Pode-se observar uma área de mata suprimida para uma expansão, entretanto é uma área que possui uma grande variabilidade de nível de água, inundada em parte do ano. As indisponibilidades de energia para a comunidade são majoritariamente provenientes da

distribuição, a carga é bem equilibrada entre o alimentador rural e o da cidade. Um problema crônico da comunidade é com revoadas de andorinhas que usam os religadores como ponto de descanso, ocasionando eventuais eventos de curto-circuitos e causando problemas para a comunidade.

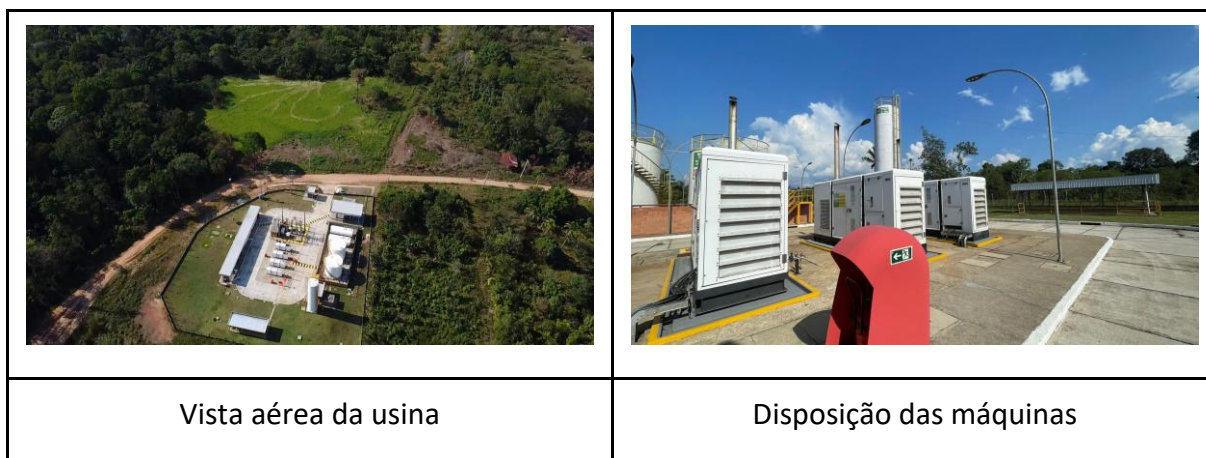
3.2.4. TUIUÉ

Data da visita	20/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2019
Número de habitantes da comunidade	Informação não encontrada
Demanda (kW/ano)	411
Número de geradores	5
Potência	1725 kW
Tancagem	400.000 litros
Área da usina	120.000 m ²

O Distrito do Repartimento de Tuiué é uma localidade pertencente ao município de Manacapuru. Possui uma usina de geração de energia a diesel de pequeno porte para o atendimento da comunidade. Todavia, devido à sazonalidade do rio, possui um grande armazenamento de diesel. Com um consumo médio de 2.000 L/dia, a usina possui tancagem para 3 meses de geração.

A **FIGURA 13** apresenta as características físicas da usina, apresentando o motor utilizado, um motor Scania 6 cilindros em linha que prioriza o consumo de combustível (padrão utilizado em todas as usinas da Oliveira Energia).

FIGURA 13 - DISPOSIÇÃO DA USINA DE TUIUÉ



A balsa que transporta o combustível possui uma tubulação para recebimento do diesel e chega a aproximadamente 800m da usina nos períodos de cheia do rio.

As máquinas desta usina devem trabalhar com um carregamento maior que 60% para obter um melhor consumo específico, cuja meta é 250 L/MWh. A indisponibilidade do sistema é majoritariamente proveniente da rede de distribuição, os operadores reclamam da falta de religadores intermediários na rede. A quantidade de máquinas atende a totalidade da carga.

A usina está inserida em uma área de mata sem supressão, apesar de haver disponibilidade de terreno (aproximadamente 120m), é área de mata nativa, conforme apresentado na **FIGURA 14**.

FIGURA 14 – O ENTORNO DA USINA.



A comunidade já contou com uma cooperativa para produção de energia através de resíduos da casca de cupuaçu, entretanto as instalações estão abandonadas hoje. A equipe da consultoria não obteve sucesso ao tentar contatar os responsáveis pela iniciativa.

3.2.5. NOVO AIRÃO

Data da visita	20/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2019
Número de habitantes da comunidade	23.000
Demanda	3.861 kW/ano
Número de geradores	18
Potência	10.212 kW
Tancagem	600.000 litros
Área da usina	10.000 m ²

Novo Airão é uma localidade disposta ao norte de Manacapuru, com acesso rodoviário. A principal fonte de renda da área urbana é o turismo proveniente das praias no rio negro. Possui mais de 20.000 habitantes com aproximadamente 4.300 unidades consumidoras, com apenas 16 unidades atendidas em média tensão.

A usina possui 18 máquinas Scania (de 330 kW e 625 kW), 6 cilindros em linha e 2 máquinas KTA para emergências e contingências. As máquinas operam em aproximadamente 60% da potência nominal buscando o melhor consumo específico, cuja meta é não ultrapassar 245 L/MWh. As máquinas nessa usina trabalham numa rotina de 18h seguidas, portanto, tem uma taxa de quebra superior.

As **FIGURA 15** e **FIGURA 16** apresentam a disposição física da usina e o abastecimento realizado por caminhão tanque durante a visita. A usina possui um contrato mensal de entrega de combustível e não possuem problema no fornecimento. Foi comentado que em algumas épocas o caminhão chegava diariamente para abastecer os tanques.

FIGURA 15 - ÁREA DE ENTORNO DA USINA**FIGURA 16 - ABASTECIMENTO**

A cidade possui 3 alimentadores, 2 urbanos e 1 rural, e a demanda máxima é de aproximadamente 4 MW. Os maiores problemas da distribuição são os furtos de energia através de ligações clandestinas e o alimentador rural com residências distantes entre si.

Uma expansão está sendo executada, adicionando mais 4 máquinas para o sistema. Essa expansão deve atender os requisitos de manutenção e atender a expansão da carga rural.

Foi relatado na visita que o programa Mais Luz para a Amazônia está atendendo as expansões rurais. As localidades de Aracri, Sobrado, Unini, Bom Jesus do Pudai possuíam MIGFIS solares, todavia, estão desativados por falta de manutenção de responsabilidade da distribuidora.

3.3.6. SACAMBU

Sacambu é um distrito pertencente ao município de Manacapuru, localizado às margens do lago Sacambu, alimentado pelo rio Paraná do Anamã. Atendida por uma usina de energia de pequeno porte com 5 máquinas Scania 6 cilindros em linha (2 máquinas de 360kW e 3 de 250kW). A comunidade possui 1 alimentador com diferentes ramais, totalizando aproximadamente 20 km de linhas de transmissão.

Data da visita	21/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2019
Número de habitantes da comunidade	22.000
Demanda	298 kW/ano
Número de geradores	5
Potência	1.315,5 kW
Tancagem	215.000 litros
Área da usina	3.300 m ²

A UTE está localizada na parte alta da localidade, conforme apresentado na **FIGURA 17**.

FIGURA 17 - UTE SACAMBU

A UTE conta com um consumo diário de 1000 litros de Diesel, a tancagem é alta pois nos períodos de seca é comum ficar até 4 meses sem abastecimento. A equipe de operação relata receber treinamentos e cursos de reciclagem com frequência, sendo que toda a semana há pelo menos um estudo de caso a ser analisado pela equipe.

A área onde estava localizada a antiga usina da comunidade (antes de 2019) é próxima a UTE atual e conta com uma área suprimida para uma possível expansão de energia renovável, já que a equipe relatou um grande aumento de demanda nos últimos anos. A **FIGURA 18** apresenta o terreno com área florestal suprimida em primeiro plano e a usina em segundo plano.

FIGURA 18 – O ENTORNO DA USINA DE SACAMBU

O Cará, a mandioca e o milho são os principais cultivos agrícolas da região, usados principalmente para o consumo próprio.

3.3.7. CASTANHO I

A usina de Castanho I (Internamente conhecida como UTE km 27) está localizada no município de Careiro Castanho, às margens da BR319. Careiro Castanho não tem concentração urbana por estar próxima a Manaus. Entretanto, o município tem grande exploração na pecuária de corte, leite e produção de derivados de leite, concentrando indústrias na região. Portanto, a UTE de Castanho I é de grande porte para os padrões do SISOL, atendendo uma demanda máxima de 6 MW e consumindo 13.000 litros de diesel por dia. A **FIGURA 19** apresenta a UTE km 27 e as áreas do entorno.

Data da visita	22/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2020
Número de habitantes da comunidade	Informação não encontrada
Demanda	13.680 kW/ano
Número de geradores	34
Potência	21.003 kW
Tancagem	1.120.000 litros
Área da usina	107x100 m

FIGURA 19 - UTE CASTANHO I



Por se tratar de uma usina com perfil logístico rodoviário e estar próxima à Manaus, não sofre com problemas logísticos de fornecimento de combustível e fornecimento de peças de reposição. Portanto, recebem diesel com frequência semanal e mantêm um consumo específico de 245 L/MWh.

Devido ao aumento de demanda, a usina está em processo de expansão e já contam com 3 máquinas além do projeto inicial, sendo que estão esperando a instalação de mais 4. Os problemas relatados pelos operadores são de caráter externo. Por exemplo, o sistema de distribuição conta com 2 alimentadores sem religadores externos a UTE, assim, quando há algum sinistro na rede de distribuição o mesmo é sentido pela planta, e isso acaba ocasionando a queima de equipamentos de proteção.

Cerca de 80% das máquinas trabalham em seguidor de carga, dando uma maior estabilidade para o sistema.

3.3.8. MANAQUIRI

Manaquiri é uma localidade com aproximadamente 30 mil habitantes, fica ao sul de Manaus e possui ligação rodoviária com a BR319. Tem uma produção pecuária forte e promove eventos como a Exponaquiri que é uma grande feira anual com rodeio e exposição

de novidades na área agrícola. Além da pecuária, a localidade conta com pequenos produtores de mandioca, melancia e banana.

Data da visita	22/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2019
Número de habitantes da comunidade	33.049
Demanda	4.200 kW/ano
Número de geradores	18
Potência	10.212 kW
Tancagem	800.000 L
Área da usina	13.000 m ²

A comunidade tem uma demanda máxima de 4,7 MW, distribuídas em 20 máquinas diesel Scania de 6 cilindros em linha, sendo atendida por um combustível com 13% de biodiesel. Tem consumo próximo dos 17.000 litros de diesel por dia e recebimento diário de combustível. A carga tem variação diária e variação sazonal dependendo dos períodos de cheia dos rios. A **FIGURA 20** apresenta a UTE e as áreas em seu entorno.

Os operadores relataram problemas com relação à geração de energia reativa não havendo nenhuma forma de controle de reativo por parte do sistema de distribuição, forçando as máquinas a gerarem toda a energia reativa solicitada pelo sistema.

A UTE não vem apresentando grandes problemas de funcionamento, as maiores dificuldades são provenientes dos dois alimentadores externos.

O sistema está com um crescimento de carga constante e a UTE já conta com 2 máquinas além do projeto inicial e deve ampliar esse número. O PIE não conta com área de

expansão para UTE, entretanto, a área ao redor da UTE é uma grande área de mata suprimida utilizada para criação bovina.

FIGURA 20 – UTE MANAQUIRI



3.3.9. CASTANHO II

A comunidade de Careiro, onde fica localizada a UTE Castanho II, é a última comunidade onde se tem uma boa condição rodoviária na BR319 no sentido Manaus - Porto Velho. A cidade conta com uma boa malha hoteleira que serve principalmente de abrigo para os viajantes antes do trecho de aproximadamente 600 km sem pavimentação e cidades.

Data da visita	22/09/2022
Proprietário	Oliveira Energia
Fonte	Diesel
Ano da usina	2020

Número de habitantes da comunidade	38.348 (2020)
Demanda	2.566 kW/ano
Número de geradores	28
Potência	21.003 kW
Tancagem	1.120.000 litros
Área da usina	12.184,65 m ²

A UTE possui 28 máquinas, com um consumo diário de aproximadamente 30.000 litros de combustível por dia. A usina está localizada no centro urbano da localidade, e a logística de abastecimento é facilitada pois possui acesso rodoviário. A **FIGURA 21** apresenta disposição física da UTE e as áreas ao entorno.

Os maiores problemas relatados pelos operadores são referentes às linhas de distribuição. O sistema conta com 3 alimentadores, sendo 2 urbanos e 1 rural. Todavia, o alimentador rural que alimenta um bairro próximo a UTE sofre problemas frequentes com curtos causados principalmente por quedas de galhos ou árvores no sistema. Os operadores relataram que a poda de vegetação e a manutenção próxima às linhas de distribuição devem ser a maior preocupação da distribuidora.

Apesar de haver um religador externo na usina, ele não atua quando necessário, ocasionando problema nas proteções na usina.

A carga da cidade diminui no inverno (época de chuvas) pois se tem um menor consumo de energia proveniente de condicionadores de ar, além de uma menor quantidade de viajantes hospedados na cidade.

FIGURA 21 - UTE CASTANHO II



3.3.10. AUTAZES

Autazes é um município localizado a sudeste de Manaus, conta com uma grande atividade pecuária e produtores independentes de mandioca. Possui acesso rodoviário influenciado pelo regime dos rios, já que depende do acesso por balsa. Autazes possui mais de 40 mil habitantes - uma cidade considerada de grande porte para os sistemas isolados.

Data da visita	23/09/2022
Proprietário	V-Power
Fonte	Diesel
Ano da usina	2019
Número de habitantes da comunidade	40.290
Demanda	6.518 kW/ano
Número de geradores	2 grandes + geradores menores

Potência	12 MW
Tancagem	1.120.000 L
Área da usina	13.000m ²

O PIE responsável pela geração de energia na localidade é a V-Power, que tem configuração das máquinas diferente das demais usinas visitadas. A usina tem 2 grandes geradores de aproximadamente 3 MW cada, com motor de partida por ar comprimido, principais fontes de geração para a comunidade. Além disso, possui mais geradores de menor porte, totalizando 12 MW de potência instalada.

A **FIGURA 22** apresenta a disposição da UTE, o entorno e as máquinas utilizadas nessa usina.

FIGURA 22 - UTE AUTAZES



A área onde está alocada a usina já possui um espaço demarcado para o projeto solar, entretanto essa área é de floresta nativa não suprimida. A V-Power conta ainda com 5 usinas no Amazonas e possui um projeto interno para a solarização dessas usinas visando a descarbonização do sistema.

A carga de Autazes oscila entre 5 MW a 6 MW, com 3 alimentadores sendo 2 urbanos e 1 rural, e em caso de contingência o alimentador 1 (urbano) tem prioridade total pois atende as cargas públicas da cidade, incluindo um hospital. O consumo específico é de aproximadamente 260 L/MW e o consumo diário de diesel é próximo aos 29 mil litros.

Uma das dificuldades apontadas durante a visita e que merecem atenção por parte dos agentes, distribuidora e gerador, é a comunicação entre os operadores de geração e a equipe de manutenção da distribuidora.

3.4 PRINCIPAIS OBSERVAÇÕES

As visitas nas localidades mostraram as realidades da operação. Todos os gerentes, os operadores e os responsáveis pela geração de energia nas comunidades foram solícitos e deram apoio à equipe da consultoria em todas as solicitações. O apoio recebido da Amazonas Energia foi imprescindível para o sucesso das visitas técnicas.

As usinas visitadas são novas e possuem contingência de máquinas e capacidade de armazenamento de diesel adequados para as localidades. As comunidades isoladas que dependem de abastecimento por balsas possuem uma logística bem estruturada e organizada para não faltar combustível e consequentemente, energia nas localidades.

A dificuldade logística apresentada reflete nas escolhas dos sistemas. A Oliveira energia, por exemplo, usa uma grande quantidade de pequenas máquinas para atender suas comunidades. Além disso, metas de consumo de combustível são sempre impostas para que os esquemas logísticos sejam devidamente instaurados.

Os principais problemas técnicos são referentes às linhas de distribuição pois são demasiadamente longas, o que dificulta as logísticas de operação e de manutenção. Não há seccionadores intermediários nos sistemas. As eventuais falhas interrompem as linhas inteiras impactando diretamente na unidade geradora.

Em caso de falhas, as longas linhas e a falta de um método eficaz de comunicação entre as equipes de geração e de manutenção fazem com que as máquinas trabalhem em vazio para o religamento do sistema, podendo acontecer somente depois de algumas horas.

4. VISITA À FERNANDO DE NORONHA

4.1 CONTEXTO

Fernando de Noronha é um arquipélago vulcânico com aproximadamente 26 km² de extensão pertencente ao estado de Pernambuco, e está situado a cerca de 350 quilômetros da costa nordeste do Brasil. É uma localidade caracterizada por sua grande biodiversidade, possui um parque marinho e santuário ecológico protegido, onde o turismo é a principal atividade econômica.

Existem diversas iniciativas locais para tornar Fernando de Noronha mais sustentável, como o [Noronha Plástico Zero](#), e o projeto [Trilha Verde](#), de eletromobilidade. Outras ações também estão sendo implementadas como projetos de eficiência energética, por exemplo, onde houve a substituição da iluminação pública por lâmpadas de LED.

A concessão do arquipélago foi outorgada à Companhia Energética de Pernambuco, Neoenergia - CELPE desde o ano de 1988. Controlada pelo Grupo Iberdrola, a Neoenergia está há 25 anos atuando no Brasil, possui mais de 150 mil empregados e é responsável por 16% da energia gerada no Brasil. A empresa possui objetivos alinhados ao conceito ESG, e em 2021 contava com cerca de 26% de mulheres em cargos de liderança, e meta de chegar a um percentual de 50%.

A geração de energia do arquipélago ocorre através de uma usina a diesel, duas usinas fotovoltaicas principais e outros pequenos sistemas de geração fotovoltaica. Mais informações sobre os sistemas existentes e projetos futuros estão detalhados no item **4.3 CONFIGURAÇÕES DAS USINAS** desta seção. A Neoenergia vem estudando outras possibilidades para atendimento à ilha através de projetos de P&D e adotando programas como o Programa de Mobilidade Elétrica em Noronha.

Existem enormes dificuldades logísticas para abastecimento da ilha, desde alimentos, combustível até materiais de construção, a saber: distância do continente; pequena capacidade do porto (só é possível atracar uma embarcação por vez, formando grandes filas); área restrita para movimentação de carga; tamanho máximo das embarcações (não pode exceder 43 metros de comprimento, com boca de até 11,5 m); calado máximo de até 3,3 m; e os custos logísticos. Um navio leva em média de 35h a 40h de Recife até Fernando de Noronha.

Uma turbina eólica com 70 m de altura e 225kW esteve em operação por alguns anos na ilha e em 2009, um raio atingiu a turbina e gerou um incêndio no reservatório de óleo,

alastrando o fogo para as pás do aerogerador. Também foram atingidos 3 transformadores da ilha, o que agravou ainda mais a situação. Devido a esse acontecimento, foi relatado durante a visita técnica que a população local ainda teria certo receio com a geração eólica. Um fato relevante deste projeto é que para a montagem da turbina foi necessário trazer de navio um guindaste desmontado, e realizar a montagem in loco.

Foi identificado nos últimos anos uma necessidade de maior aproximação entre Neoenergia e ICMBio com relação ao plano de manejo do território. No momento, o plano diretor do arquipélago está sendo refeito. Existe a participação de duas principais entidades na manutenção ambiental da área, a CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente, no escopo estadual e o ICMBio no escopo federal.

4.2 A VISITA TÉCNICA

A visita técnica ocorreu nos dias 6 e 7 de outubro de 2022 e foi realizada por quatro integrantes da equipe IESS, os engenheiros Daniel dos Santos e Lucas Nascimento e as engenheiras Kathlen Schneider e Laís Vidotto, e duas integrantes da equipe da EPE, as engenheiras Aline Amorim e Michele Almeida. A equipe local da Neoenergia organizou um cronograma de visita que contemplava a usina a diesel, as principais usinas fotovoltaicas existentes, o local onde será construída a futura usina solar flutuante e outros importantes pontos da ilha principais relacionados a fornecimento, logística, consumo e geração de energia elétrica. Uma foto da equipe IESS, EPE e Neoenergia segue na **FIGURA 23**.

FIGURA 23 - EQUIPE EM CAMPO COM FUNCIONÁRIOS DA NEOENERGIA NA UTE TUBARÃO.



4.3 CONFIGURAÇÕES DAS USINAS

A geração de energia na ilha conta com uma usina termelétrica a diesel, a UTE Tubarão, com 4 máquinas, totalizando 4.978kW de potência, e um parque gerador de contingência de 2.293kW de potência adicional, também com quatro máquinas, totalizando 7.271kW de potência. Uma particularidade da dinâmica energética de Fernando de Noronha é que a geração está incorporada no contrato de concessão da distribuição com a Neoenergia. Atualmente a Neoenergia possui autorização para gerar 5 MW, porém, a demanda até out/2022 já chegou a 4,5 MW em horário de ponta.

A usina a diesel possui tancagem de 229 mil litros, consome aproximadamente 25 mil litros por dia, e a manutenção dos tanques de armazenamento é feita de 6 em 6 meses. Para evitar falta de combustível especialmente por dificuldades logísticas, a distribuidora utiliza dois tanques da aeronáutica como backup.

Fernando de Noronha conta com duas usinas solares fotovoltaicas, a Solar Noronha I (**FIGURA 24**) e a Solar Noronha II (**FIGURA 25**).

FIGURA 24 – USINA SOLAR NORONHA I



FIGURA 25 – USINA SOLAR NORONHA II

A UFV Noronha I foi construída em um terreno da Aeronáutica com início da operação em julho de 2014 e possui geração média anual estimada de 600 MWh, com potência instalada de 402 kWp. Já a usina Solar Noronha II, foi construída na laje em cima de um reservatório da Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento), e inaugurada em julho de 2015. Esta usina possui geração média anual estimada em 770 MWh, com potência instalada de 550 kWp. Nenhuma destas duas usinas está hoje sob responsabilidade da Neoenergia, porém, a equipe acaba auxiliando em procedimentos de manutenção quando necessário. As usinas são consideradas no balanço da distribuidora como abatimento de carga da ilha.

As usinas solares, que quando foram construídas geravam aproximadamente 10% da carga da comunidade cada uma, devido ao grande crescimento de demanda nos últimos anos, não representam hoje uma diferença muito relevante em comparação com a carga total da comunidade.

Além das duas principais usinas fotovoltaicas, existem também outros pequenos sistemas. Um deles é a usina de Vacaria que possui 50 kWp de potência instalada. Uma usina solar fotovoltaica flutuante de 650 kWp será construída, através de um convênio entre a

Neenergia e a Compesa, em cima do Açude Xaréu - um reservatório de água na parte sul da ilha principal. O Açude é a principal fonte hídrica para abastecimento na ilha, responsável por 65% da água distribuída para a população de Noronha. A Compesa e GIZ lançaram uma chamada pública para um projeto de sistema de armazenamento com baterias para ser implantado na planta de dessalinização na área da usina flutuante.

A Neoenergia também desenvolve projetos de P&D possui iniciativas como o Programa de mobilidade elétrica em Noronha.

4.4 PRINCIPAIS OBSERVAÇÕES

Para alcançar o objetivo de transição energética para uma matriz renovável na ilha foram identificados alguns principais desafios:

- O **perfil de consumo** das unidades consumidoras de Fernando de Noronha é muito elevado. A demanda média residencial, comparado ao resto do país, é 5x mais elevada do que a maior média dos outros municípios brasileiros. Além disso, é importante destacar a demanda expressiva do dessalinizador para tratamento de água de abastecimento, principal consumo da ilha. O tratamento de esgoto também representa uma demanda considerável.
- Existe um **crescimento acelerado da demanda** de eletricidade na ilha, justificado por alguns principais fatores que influenciaram as projeções futuras de aumento: (i) a capacidade de dessalinização de água da Compesa já em operação, aumentou a demanda da ilha em 30%; (ii) a ilha já tem mais de 50 carros elétricos, além de bicicletas elétricas, e a estimativa é aumentar consideravelmente nos próximos anos; (iii) cerca de 400 terrenos foram disponibilizados para a população, o que gera crescimento da demanda (e com base em relatos de funcionários da Neoenergia, estes terrenos acabam virando pousada familiar, o que aumenta ainda mais a demanda); e (iv) o plano habitacional da localidade já tem vários lotes entregues, sendo 100 lotes no total de 112,5kVA e o outro loteamento de 150 onde está previsto ligar 150kVA. Foi citado que de acordo com o histórico da demanda, 4 anos após um loteamento, a potência triplicou e passou a 150kVA.
- Ainda sobre o **crescimento da demanda**, houve alteração de mudança de mono para trifásico e nos próximos anos ocorrerá a implantação de novos

empreendimentos de porte considerável como: empreendimento em construção no Mirante do Boldró de 225 kVA; empreendimento de 300kVA a ser ligado no Forte dos Remédios; ligação recente de 2 consumidores de 150kVA cada.

- Muitos projetos de geração surgem, porém, a **continuidade** dos mesmos se torna um problema, como aconteceu com as usinas fotovoltaicas, que hoje por falta de equipe técnica qualificada que possui responsabilidades de manutenção e operação, acabam dependendo de apoio da Neoenergia.
- Existe um **grande potencial eólico** no arquipélago, tanto onshore quanto offshore. Porém, foi identificado um problema com aves migratórias e profundidade do mar para o offshore, e existem todas as questões de ambientais, logísticas de transporte e instalação do sistema que precisam ser avaliadas, dentre outras.
- Uma das grandes dificuldades da implementação de usinas fotovoltaicas é que estas necessitam de **grandes extensões territoriais**. Além da existência de áreas de APA (Área de Preservação Ambiental), que permitem o uso da terra é permitido para atividades econômicas, desde que haja a proteção da fauna, da flora e da qualidade de vida da população local, uma grande parte do arquipélago está em **área de Parque Nacional**, que são áreas de uso mais restritivo, que apresentam características naturais destinadas a pesquisas científicas e educação ambiental.
- A equipe de operação da distribuidora identifica que a **operacionalidade** do processo de despacho da energia em caso de mais PIEs na localidade seria um desafio.
- Existe um sistema de armazenamento com baterias de lítio de 0,5 MW instalado em Fernando de Noronha, porém, a ilha sofre forte influência de maresia, o que ocasionou um **problema de corrosão** em metais de componentes das baterias. No momento estão sendo feitos ajustes para evitar este efeito corrosivo, e esta é uma questão que deve ser considerada para evitar problemas em futuros projetos. Além disso, dificuldades com suporte de fabricante e equipamentos para reposição em caso de avaria são também pontos relevantes a serem considerados.
- Devido à particularidade de a geração ser responsabilidade do agente distribuidor no caso do arquipélago, a equipe da Neoenergia local demonstrou que precisam de mais **clareza nas possibilidades regulatórias** para fazer o estudo de engenharia e integração dos sistemas. No geral, ao contrário das localidades observadas na

região Amazônica, na ilha a distribuição não é um problema, e sim questões legais e regulatórias que limitam a expansão da geração, por exemplo.

5. VISITA À OIAPOQUE

5.1 CONTEXTO

Oiapoque é um município brasileiro localizado no extremo norte do estado do Amapá - é o município mais ao norte do Brasil e faz fronteira com a Guiana Francesa. De acordo com estimativas do CENSO do IBGE de 2018, o município possui cerca de 26.627 habitantes. Quanto à atividade econômica, a principal da região é a pecuária, seguida pela agricultura. Além disso, o garimpo de ouro é de grande importância para a população local, como renda complementar, e ainda existe o garimpo ilegal na região.

O sistema isolado do Oiapoque fica na área de concessão da Equatorial Energia Amapá. Antes da privatização, a concessão da distribuição era da CEA – Companhia do Estado do Amapá. No ano de 2015, foi contratado um PIE (Produtor Independente de Energia) para atendimento ao SISOL do Oiapoque. A empresa vencedora do certame foi a Voltália Energia do Brasil que apresentou um projeto alternativo de características hidrotérmicas, consistindo basicamente no uso de fonte térmica nos primeiros 5 anos, durante a construção da PCH Salto Cafesoca, e com a entrada em operação da hidro, a geração térmica seria reduzida.

Além da usina térmica a diesel de 12 MW de potência instalada, tancagem de 1.500.000 litros de combustível, e autonomia de até 45 dias (**FIGURA 26**), o sistema isolado possui também em operação uma usina solar de 4MW, que ocupa uma área de 70.870 m² (**FIGURA 27**).

FIGURA 26 - IMAGEM AÉREA DA UTE



FIGURA 27 - IMAGEM AÉREA DA UFV COM UTE AO FUNDO

A operação dos sistemas ocorre individualmente, com supervisores da usina fotovoltaica (Voltália) e da termelétrica (Aggreko) separados. Existe também um acompanhamento remoto da operação pela Aggreko em Manaus.

São observados dois momentos de ponta de carga na região, um perto do meio-dia às 14h, e depois no período noturno às 22h. Nestes horários de picos, a demanda chega a 8 MW e a principal carga da região é residencial.

A Salto Cafesoca será uma PCH fio d'água localizada no rio Oiapoque, que faz divisa com a Guiana Francesa (**FIGURA 28**). A obra está em fase de construção das ensecadeiras e terá 7,5 MW de capacidade instalada, com a possibilidade de adição de uma turbina e expansão se necessário chegando a 10,5MW. A PCH não terá um barramento, somente um pequeno desvio e o canal de adução. A previsão de entrada em operação da PCH é 1º semestre de 2024.

FIGURA 28 - IMAGEM AÉREA DA ÁREA DE OBRAS DA PCH SALTO CAFESOCA

4.2 A VISITA TÉCNICA

A visita técnica ocorreu nos dias 10 e 11 de outubro sendo realizada por quatro integrantes da equipe IESS, os engenheiros Daniel dos Santos e Lucas Nascimento, e as engenheiras Kathlen Schneider e Laís Vidotto e duas integrantes da equipe da EPE, as engenheiras Aline Amorim e Michele Almeida. A equipe local da Voltália organizou um cronograma de visita que contemplava a usina a diesel, a usina fotovoltaica e a pequena central hidrelétrica Salto Cafesoca, que ainda está em fase de obras. Uma foto da equipe IESS, EPE e Voltália no local das obras da PCH segue na **FIGURA 29**.

FIGURA 29 - EQUIPES IESS, EPE E VOLTÁLIA EM ÁREA DE CONSTRUÇÃO DA PCH SALTO CAFESOCA



4.3 CONFIGURAÇÕES DA USINA

Os responsáveis da equipe da UTE, de 12 MW, comentaram que estão em busca de melhorar o consumo específico da usina, que hoje está em torno de 250 L/MWh. Ao todo são 28 máquinas que costumam trabalhar em 310, mas com a participação da solar, chega a 200, com reserva girante de 1,5 MW.

A UFV de 4 MW de potência instalada está em operação desde 2017 e possui módulos de primeira geração da BYD de vidro-vidro com encapsulamento de silicone. A tecnologia utilizada acabou gerando um baixo desempenho e ocorreram muitas trincas. Alguns módulos estão sendo substituídos por módulos BYD 400Wp de alumínio Half Cell.

Devido à falta de previsão do recurso solar em tempo adequado para a operação do sistema fotovoltaico + térmico, a reserva girante acaba sendo da mesma magnitude da

potência da UFV para evitar a queda do sistema. Isso ocasiona um aumento na necessidade de manutenção das máquinas térmicas e diminuição da vida útil.

Para minimizar este problema, junto à UFV existe um sistema com uma câmera Reuniwatt que realiza uma análise preditiva de nuvens de até 20 minutos, e que comunica o operador através de um algoritmo, e este pode regular a geração a diesel para suprir a demanda. Esta câmera faz parte de um projeto de pesquisa e desenvolvimento em parceria com a UFPE. Dentre os resultados deste projeto está a redução do consumo de diesel, que foi de 1,3%. Esta redução gerou uma economia de 258 mil reais no primeiro quadrimestre e de 775 mil reais no primeiro ano. O principal benefício esperado com a instalação desta câmera é a redução da reserva girante e consequentemente, diminuição do consumo de combustível.

A PCH terá inicialmente 2 turbinas com potência de geração total de 7,5 MW de potência instalada. Com a finalização das obras, a PCH terá prioridade no despacho de energia, seguida pela UFV e a UTE será o sistema de Backup.

4.4 PRINCIPAIS OBSERVAÇÕES

Em relação as usinas que atendem ao município de Oiapoque, foram observados os seguintes desafios:

- Uma das preocupações que a equipe local possui com a geração solar é suprir a demanda de forma rápida mesmo com a **ocorrência de nuvens**, que gera uma queda considerável na geração. Uma demora para suprir a demanda com tempo nublado pode gerar queda de energia na usina e as multas por indisponibilidade são muito altas. Para amenizar esta problemática existe em andamento um projeto de P&D da empresa utilizando uma câmera previsão de curto prazo da irradiação solar que visa melhor coordenar o despacho dos geradores diesel e usina FV em função da intermitência de nuvens.
- A **logística de transporte do combustível** é feita de Macapá até Oiapoque e é complexa, principalmente em períodos de chuva, uma vez que os 100 km finais de estrada são de terra e com muitas irregularidades. Atualmente, o plano de contingência no caso de falta de combustível é aquisição de óleo diesel da Guiana Francesa.

- Para a construção das usinas UTE e UFV houve **supressão vegetal**, que também seria necessária caso houvesse expansão do sistema com usinas fotovoltaicas em regiões próximas às usinas existentes.
- Ocorre **sombreamento** no início e no final do dia nos módulos fotovoltaicos, gerado pela floresta no entorno da usina.
- Os módulos fotovoltaicos ficam **sujos** devido ao material particulado proveniente de um lixão que está nos fundos da usina. Por isso, é realizada a limpeza dos módulos 2x ao ano.

6 OPORTUNIDADES E DESAFIOS IDENTIFICADOS

6.1 DESAFIOS PARA PROJETOS ATUAIS E FUTUROS

Tanto nas visitas *in loco* quanto nos estudos dos produtos precedentes a este dentro do escopo deste projeto, identificou-se a tecnologia solar fotovoltaica como uma solução bastante adequada para região onde encontram-se os sistemas isolados brasileiros. A energia solar é uma solução modular, de fácil instalação e baixa manutenção. Contudo, a tecnologia possui um importante ponto negativo que é a grande ocupação do uso do solo, sendo esse um fator bastante relevante quando estamos falando da região Amazônica, ocupada principalmente por florestas fechadas.

Por exemplo, para uma cidade de cerca de 5 mil habitantes, uma área de cerca de 25 hectares seria necessária para instalação de uma usina fotovoltaica com alta penetração renovável. Para a implantação de uma usina solar deste porte, três possibilidades possíveis são identificadas: i) usina centralizada em solo, ii) usina solar flutuante, e iii) usina fotovoltaica distribuída de pequeno porte (telhados ou solo).

A primeira opção, centralizada em solo, esbarra em uma importante dificuldade que é a disponibilidade de áreas degradadas para instalação destas usinas sem a necessidade de supressão vegetal. Este é o principal gargalo desta solução técnica já que para muitas localidades não existem áreas nesta ordem de grandeza para a integração dos sistemas. Caso a supressão de floresta seja necessária para a integração de uma usina FV, vários aspectos multidisciplinares precisam ser considerados já que esta proposta é delicada e complexa como alternativa a ser proposta como política pública.

A segunda opção que vem sendo discutida a fim de mitigar a ocupação de áreas em solo é a utilização de sistemas fotovoltaicos flutuantes, que poderiam ser instalados nas margens dos rios sob as quais estão localizadas boa parte das comunidades isoladas. Estes sistemas, muito utilizados em localidades com alta densidade demográfica e baixa disponibilidade de áreas em solo e.g. (Cingapura, Japão, Taiwan, entre outros) são tipicamente instalados em lagos ou reservatórios, locais de água parada, com movimentação de água somente associada ao vento no local. A viabilidade técnica de instalação de sistemas flutuantes em águas com correnteza e com ondas causadas pela movimentação das embarcações apresenta grande resistência pelos principais e mais experientes fabricantes de sistemas flutuantes, não sendo uma alternativa razoável a se propor para projetos na região amazônica. Sistemas flutuantes

nestes casos somente seriam adequados em locais sem correnteza, onde o rio cria lagos e reservatórios naturais.

A terceira opção de geração fotovoltaica é a solução distribuída que tipicamente é realizada na cobertura das edificações. Esta é uma solução prática, pois utiliza áreas existentes para instalação dos módulos fotovoltaicos, que podem ser instalados em uma variedade de tipos de telhas e construções. Um mapeamento realizado pela equipe do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que faz parte da equipe técnica do projeto, mostra que o número de telhados existentes pode garantir um elevado percentual de atendimento destes sistemas isolados. A opção também apresenta desdobramentos importantes pois para a integração fotovoltaica em muitos sistemas, seria necessário o desenvolvimento de mão de obra local para instalação e posterior manutenção destes sistemas.

Uma opção em locais onde os sistemas fotovoltaicos não possuem área disponível nas coberturas seja por sombreamento da vegetação ou impedimento técnico em virtude do tipo de construção dos telhados, seria possível a instalação de sistema em solo. Estes sistemas que podem estar elevados (cerca de 2 metros de altura do solo) e consorciados com a produção agrícola, os chamados sistemas AgriPV (Agri-Photovoltaic), onde a produção agrícola pode ser beneficiada pelo sombreamento parcial trazida pelo sistema fotovoltaico sem ocupar o solo destinado a estes sistemas. Esta solução pode apresentar um duplo benefício para as plantações, pois além de um potencial ganho de produtividade também pode ser esperado um maior valor agregado a esta produção energeticamente sustentável.

Nesta avaliação de cenários o que pode ser observado para uma transição energética sustentável e resiliente nos sistemas isolados é que uma parcela de geradores fotovoltaicos deverão ser instalados centralizados de maneira a garantir um sistema central de elevado desempenho, disponibilidade e confiabilidade, enquanto outra parcela significativa dos geradores poderiam ser instalados distribuídos nas comunidades, seja em coberturas ou solo.

Levando esses cenários em consideração e com base nas observações feitas nas visitas técnicas, foram identificadas três localidades que poderiam receber projetos pilotos de integração de sistemas de energia solar fotovoltaica e armazenamento nos sistemas já existentes. São eles: Sacambu (AM), Fernando de Noronha (PB) e Oiapoque (AP).

6.2 PROJETOS PILOTO: OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS

6.2.1 SACAMBU – AM

Dentre as comunidades visitadas, foi destacado uma oportunidade de projeto-piloto visando a hibridização das minirredes de geração de pequeno porte em Sacambu. A localidade de Sacambu possui uma logística baseada em rios navegáveis, que possuem uma grande variabilidade anual de altura, assim apresentaria as dificuldades desse tipo de logística. De mesmo modo, possui uma área suprimida de vegetação para a inserção de outra fonte de geração. É próxima a um centro urbano, o que possibilita o acesso de outros empreendedores para analisarem o funcionamento da localidade sem a necessidade de um deslocamento extenso.

Sacambu é um distrito do município de Manacapuru, conta com uma demanda média de 298 kW e com um consumo anual de 1486 MWh. Essa localidade é representativa dos sistemas isolados, pois muitas localidades possuem sistemas de pequeno porte similares. Ao se analisar um sistema de pequeno porte, as usinas solares centralizadas apresentam maior viabilidade, pois permitem que a operação tenha um melhor controle do sistema.

O município de Sacambu conta com uma área de aproximadamente 0,6 hectares já suprimidos de vegetação e com viabilidade de instalação de uma usina fotovoltaica no local.

A **FIGURA 30** apresenta uma foto aérea identificando o terreno em primeiro plano e a usina em segundo plano.

FIGURA 30 - IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DISPONÍVEL JUNTO À USINA

Além disso, o sistema híbrido contaria com uma usina instalada junto a usina de geração diesel. As análises quantitativas para esse sistema serão apresentadas nos produtos subsequentes visando um melhor detalhamento do sistema.

6.2.2 FERNANDO DE NORONHA – PE

A transição energética é de grande interesse da comunidade local, da empresa responsável pela geração e distribuição da usina em Fernando de Noronha. Apesar de existir interesse e projetos de pesquisa em andamento (um deles é com o MIT Energy Institute), os gargalos identificados (conforme apresentado no **ITEM 4.4**) acabam dificultando a transição no ritmo necessário para acompanhar o crescimento de demanda da região (de cerca de 10% ao ano). Portanto, buscar soluções para a expansão renovável e sustentável da rede elétrica da ilha é urgente. Além disso, Fernando de Noronha tem uma grande visibilidade nacional e internacional, podendo tornar-se uma importante vitrine de exemplo de sistema isolado renovável no país. Portanto, a ilha de Fernando de Noronha também foi identificada pela consultoria como uma potencial localidade para recebimento de um projeto piloto.

Além da usina flutuante em desenvolvimento, para a implementação de outros sistemas fotovoltaicos que podem complementar a geração de energia renovável na ilha, foram identificadas inicialmente duas áreas potenciais para expansão e implementação de

novas usinas fotovoltaicas: uma possui cerca de 4 mil m², e fica ao lado da Usina Solar de Vacaria de 50 kW, que fica em uma área de charque e foi idealizada como parte do projeto de mobilidade elétrica para compensar o consumo dos carros elétricos (**FIGURA 31**), e a outra, de mais de 10 mil m², seria ao lado de Noronha I, em terreno da aeronáutica (**FIGURA 32**), o que demandaria tratativas junto a este órgão para a viabilizar uma usina solar.

Além de sistemas fotovoltaicos, a implementação de mais sistemas de armazenamento de energia com baterias (BESS) é de grande importância, uma vez que o principal pico de consumo da população é no início da noite.

Outra possibilidade é o estudo de implementação de sistemas fotovoltaicos de menor porte associados a grandes consumidores, utilizando telhados ou terrenos privados. De acordo com produtos prévios deste projeto, também foi avaliado o potencial de geração distribuída em telhados, que se mostrou de grande relevância. Para utilização de outras áreas seria necessário realizar maior estudo com órgãos responsáveis pelo manejo da área - o plano de desenvolvimento e manejo da ilha está em processo de revisão, o que pode trazer oportunidades para a viabilização de outros sistemas de energia solar.

FIGURA 31 - TERRENO AO LADO DA USINA VACARIA



FIGURA 32 - TERRENO AO LADO DA NORONHA I



Além da energia solar, a eólica também é uma fonte promissora para o arquipélago, porém, é necessário um estudo de viabilidade mais detalhado quanto a logística e impactos ambientais na fauna local, pontos que estão sendo abordados em outros estudos na região. Além disso, foi observado receio por parte da comunidade local com a tecnologia, devido ao incêndio que ocorreu há alguns anos, comentado previamente neste relatório.

6.2.3 OIAPOQUE-AP

O sistema isolado de Oiapoque também foi escolhido como um dos objetos de estudo deste projeto e para um possível projeto-piloto devido ao seu potencial de se tornar 100% renovável em um curto período. Com o funcionamento da PCH em conjunto com a UFV, a termelétrica não seria mais necessária, desde que fosse resolvido o problema de amortização da variação de geração na usina solar em presença de nuvens.

Dessa forma, a localidade representa uma boa oportunidade para a execução de um projeto de armazenamento de grande porte para viabilizar um sistema majoritariamente renovável com transição para 100% renovável em um curto período.

6. CONCLUSÕES

As visitas técnicas realizadas em Cobija, nas comunidades isoladas do Amazonas, Fernando de Noronha e Oiapoque proporcionaram uma compreensão aprofundada dos desafios e oportunidades relacionados à adoção de energia solar e à transição energética nessas regiões isoladas. A análise presencial possibilitou a observação de aspectos que não podem ser capturados apenas por dados teóricos e destacou a importância de considerar as particularidades locais e a dinâmica das comunidades na implementação de soluções energéticas renováveis nestes contextos.

Alguns desafios comuns foram identificados, como a disponibilidade limitada de áreas para instalação de usinas solares, considerando que são regiões cobertas por florestas densas ou no caso de Fernando de Noronha, uma ilha pequena. Dificuldades como a logística de abastecimento de combustível está presente em muitas das comunidades, assim como dificuldades de obtenção de materiais de construção, e a necessidade de mão de obra local qualificada.

Além disso, ao longo do estudo foram destacadas oportunidades para projetos-piloto de integração de sistemas de energia solar fotovoltaica e armazenamento nas comunidades visitadas. Estas oportunidades visam abordar os desafios e acelerar a transição energética para fontes renováveis.

Em resumo, a energia fotovoltaica foi identificada como uma solução promissora para as regiões isoladas devido à sua modularidade, facilidade de instalação e baixa necessidade de manutenção. No entanto, a ocupação de grande área é um desafio. Para contornar esta questão, a possibilidade de sistemas fotovoltaicos flutuantes foi avaliada, contudo se mostrou como uma solução inviável em áreas de rios com forte movimentação. Já, a geração distribuída em telhados ou terrenos privados pode ser uma alternativa prática e sustentável. Isso requer o desenvolvimento de mão de obra local para instalação e manutenção dos sistemas. Sistemas de armazenamento de energia com baterias é considerado essencial, especialmente para atender aos picos de consumo no início da noite.

Por fim, foram propostos três sistemas piloto: As comunidades de Sacambu (AM), Fernando de Noronha (PE) e Oiapoque (AP) foram identificadas como locais adequados para a implementação de projetos pilotos que visam a transição para sistemas de energia renovável

e sustentável. Cada localidade apresenta oportunidades únicas e desafios específicos que devem ser avaliados em maiores detalhes.

Transição Energética em Sistemas Isolados (TE Sisol)

Relatório de visita técnica – Produtos 18 e 19