

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE EDUCACAO CONTINUADA – ESCOLA POLITÉCNICA
ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA.
ESPECIALIZAÇÃO/USP

COSME RODOLFO ROQUE DOS SANTOS

**Viabilidade de uma Usina híbrida Fotovoltaica e Diesel, para
comunidades isoladas da Amazônia.**

**São Paulo
2017**

COSME RODOLFO ROQUE DOS SANTOS

**Viabilidade de uma Usina híbrida Fotovoltaica e Diesel, para
comunidades isoladas da Amazônia.**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em energia Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

**São Paulo
2017**

COSME RODOLFO ROQUE DOS SANTOS

**Viabilidade de uma Usina híbrida Fotovoltaica e Diesel, para
comunidades isoladas da Amazônia.**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em energia Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Área de concentração: Engenharia elétrica.

Orientador:

Prof. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

**São Paulo
2017**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Catálogo-na-publicação

Dos Santos, Cosme R. R.

Viabilidade de uma Usina Fotovoltaica e Diesel, para comunidades isoladas da Amazônia /

Cosme R. R. Dos Santos. – São Paulo, 2017. 71p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Geração Fotovoltaica 2.Geração à Diesel, 3.Planta híbrida 4.Microgrid 5.Sistemas isolados I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação continuada em Engenharia II.t

AGRADECIMENTO

Primeiramente à Deus pela disposição que sempre tem me dado e pela oportunidade em tratar de um tema inovador e que pode trazer um impacto positivo para inúmeras comunidades remotas do Brasil.

À minha esposa, pela compreensão na minha ausência durante as aulas do curso e na preparação deste trabalho.

Aos meus pais e minha irmã, por terem me incentivado desde criança a fazer sempre o melhor possível, com as condições que eu tenho.

E por fim, porém não menos importante, agradeço ao Professor Dr. Claudio Pacheco pelo apoio, dedicando parte de seu tempo na revisão deste trabalho.

RESUMO

O Brasil possui uma extensa malha de Rede de transmissão de energia elétrica, também chamada de Sistema Interligado Nacional (SIN), possibilitando o atendimento de até 98,3 % das demandas de energia elétrica do país. O percentual restante de consumidores, não atendidos pelo SIN, se concentra principalmente em regiões isoladas do país, como por exemplo, comunidades da região Amazônica.

Para atendimento das demandas energéticas destas localidades, usualmente se utiliza geradores a Diesel, e caso haja infraestrutura e disponibilidade de gás na região, geradores bicomustíveis, operando com Diesel e Gás Natural, também podem ser utilizados.

Como consequência desta solução, o custo da energia produzida é alto, devido ao elevado consumo de combustível para esta aplicação, como também devido à complexa operação logística associada ao abastecimento de combustível nas localidades. Em alguns locais, é bastante comum garantir o suprimento de energia elétrica por apenas um período do dia.

Considerando o grande potencial de energia solar da região, é possível combinar a geração solar fotovoltaica com a geração de energia a partir do Diesel, minimizando assim os efeitos dos altos custos associados e preservando o ambiente através de menores emissões de poluentes atmosféricos.

Para tanto, tomou-se como referência a cidade de Tefé no estado do Amazonas, com uma população de aproximadamente 65 mil pessoas, e dependente dos combustíveis fósseis para geração de sua energia elétrica.

Realizou-se o pré-dimensionamento conceitual de uma gerador fotovoltaico de 8,5 MWp, composto por 39.000 painéis, agrupados em 50 Concentradores de Strings conectados à 2 Inversores de 4,63 MW.

Um estudo de viabilidade econômica foi realizado, indicando um CAPEX total de R\$ 121,3 milhões, e um OPEX médio anual, descontando a inflação, de R\$ 89,75 milhões para o período de 15 anos de contrato.

A substituição de parte da geração convencional pela geração fotovoltaica também produziria um benefício socioambiental. O estudo apontou que 51,6 mil toneladas de CO₂ deixariam de ser emitidas durante a vigência do contrato.

Dessa forma, este trabalho visa fornecer subsídios técnicos para se determinar a melhor tecnologia híbrida a ser adotada para uma determinada localidade da região Amazônica.

Palavras chaves: Geração Fotovoltaica, Geração à Diesel, Planta híbrida, Microgrid, Sistemas isolados.

ABSTRACT

Brazil has an extensive network of electric power transmission, also called the National Interconnected System (NIS), enabling the supply of up to 98.3% of the country's electricity demand. The remaining percentage of consumers not served by the SIN is concentrated mainly in isolated regions of the country, such as communities in the Amazon region.

In order to meet the energy demands of these localities, diesel generators are usually used, and if there is infrastructure and availability of gas in the region, bi fuel generators, operating with Diesel and Natural Gas, can also be used.

As a consequence of this solution, the cost of the energy produced is high, due to the high fuel consumption for this application, as well as the complex logistics operation associated with the fuel supply in the localities. In some places, it is quite common to ensure the supply of electricity for only one period of the day.

Considering the great potential of solar energy of the region, it is possible to combine solar photovoltaic generation, with the generation of energy from Diesel, thus minimizing the effects of the associated high costs and preserving the environment through lower emissions of atmospheric pollutants.

Therefore, the city of Tefé in the state of Amazonas, with a population of approximately 65 thousand people, and dependent on fossil fuels to generate its electric energy, was taken as reference.

A conceptual pre-sizing of a photovoltaic generator of 8.5 MWp was carried out, composed by 39,000 panels, grouped in 50 String Boxes connected to the 2 Inverters of 4.63 MW.

An economic feasibility study was carried out as well, indicating a total CAPEX of R\$ 121.3 million, and an average annual OPEX, discounting inflation, of R\$ 89.75 million for the 15-year contract period.

The substitution of part of the conventional generation for photovoltaic generation would also produce a socio-environmental benefit. The study pointed out that 51,600 tonnes of CO₂ would no longer be emitted during the term of the contract.

Thus, this work aims to provide technical subsidies to determine the best hybrid technology to be adopted for a particular location in the Amazon region.

Keywords: Photovoltaic Generation, Diesel Generation, Hybrid Plant, Microgrid, Isolated Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Elétrico Brasileiro (SIN + Sistemas Isolados) Fonte: ONS	13
Figura 2 - Localização do Município de Tefé-AM	16
Figura 3 - Curva de Carga Semanal de Tefé-AM	17
Figura 4 - Sistema CSP típico	20
Figura 5 - Eficiência dos diversos tipos de células fotovoltaicas	21
Figura 6 - Potencial Eólico da Região Norte.....	24
Figura 7 - Perfil de atuação do Armazenador de Energia	35
Figura 8 - Hierarquia de níveis de controle: primário, secundário e terciário	38
Figura 9 - Controle Secundário com abordagem centralizada	39
Figura 10 - Diagrama de Conexão da Planta de Geração de Energia de Tefé-AM...	41
Figura 11 - Diagrama Simplificado do Setor B da Subestação	42
Figura 12 - Diagrama Simplificado do Setor C da Subestação	43
Figura 13 - Diagrama Simplificado do Setor A da Subestação	44
Figura 14 - CAPEX de Plantas fotovoltaicas de grande porte (EUA-2015)	48
Figura 15 - Principais indicadores financeiros	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Demanda de Carga Semanal de Tefé-AM	17
Tabela 2 – Irradiação Solar no Plano Inclinado	18
Tabela 3 - Insolação Média Mensal incidente no plano Horizontal (kWh/m ² .dia)	25
Tabela 4 - Radiação Difusa Média Mensal incidente no plano Horizontal (kWh/m ² .dia)	25
Tabela 5 - Radiação Direta Média Mensal incidente no plano Horizontal (kWh/m ² .dia)	25
Tabela 6 - Principais Componentes da Planta de Geração de Energia de Tefé-AM.	40
Tabela 7 - Consolidação dos Custos da Planta Fotovoltaica	49
Tabela 8 - Consolidação dos Custos da Planta Diesel.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo	14
1.2	Metodologia.....	14
1.3	A Localidade – Tefé-AM.....	15
1.3.1	Perfil socioeconômico.....	16
1.3.2	Demanda de Energia.....	17
1.3.3	Potencial Solar.....	18
2	ESTADO DA ARTE DAS OPÇÕES TÉCNICAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	19
2.1	Geração Solar	19
2.1.1	Solar Térmica	19
2.1.2	Solar Fotovoltaica	20
2.2	Motores à combustão interna.....	21
2.2.1	Ciclo Diesel.....	21
2.2.2	Ciclo Otto.....	22
2.3	Turbinas	23
2.3.1	Ciclo Rankine.....	23
2.3.2	Ciclo Brayton	23
2.4	Aspectos comparativos	23
2.4.1	Solução para Energia Renovável	24
2.4.2	Solução de Energia Convencional.....	26
3	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....	27
3.1	Geração Solar Fotovoltaica.....	27
3.1.1	Premissas.....	27
3.1.2	Características dos componentes da instalação.....	28
3.1.3	Temperatura de Operação da Célula Fotovoltaica	28
3.1.4	Temperatura Máxima de Operação da Célula Fotovoltaica.....	29
3.1.5	Temperatura Mínima de Operação da Célula Fotovoltaica	29
3.1.6	Potência Máxima do Pannel Fotovoltaico	29
3.1.7	Quantidade de Painéis fotovoltaicos.....	30
3.1.8	Definição do Inversor.....	31
3.1.9	Tensões máxima e mínima de circuito aberto	32
3.1.10	Intervalo aceitável de painéis por String	32
3.2	Geradores Diesel	33
3.2.1	Premissas.....	33
3.2.2	Quantidade de UGDs	34
3.3	Sistemas de Suporte à Operação	34
3.3.1	Sistema de Armazenamento de Energia por Baterias.....	34
3.3.2	Controle de Estabilidade da Geração.....	36

3.4	Diagrama de conexão da Planta	40
4	VIABILIDADE DO PROJETO	45
4.1	Análise Financeira.....	45
4.1.1	Metodologia	45
4.1.2	CAPEX e OPEX da Planta Fotovoltaica	47
4.1.3	CAPEX e OPEX da Planta Diesel.....	49
4.1.4	Retorno do Investimento.....	50
4.2	Análise de Impacto Socioambiental	52
5	CONCLUSÃO	54
	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>56</i>
	<i>APÊNDICE A - Características do Painel Fotovoltaico CS6U-335M.....</i>	<i>57</i>
	<i>APÊNDICE B - Características do Inversor de Tensão APS 4560-PV.....</i>	<i>58</i>
	<i>APÊNDICE C - Características do Concentrador de Strings DC-CMB-U15-32</i>	<i>59</i>
	<i>APÊNDICE D - Características da UGD SF-480 TA-LG</i>	<i>60</i>
	<i>APÊNDICE E - Transformador de Entrada da Subestação.....</i>	<i>61</i>
	<i>APÊNDICE F - Transformador para o Inversor de Tensão (TRAFO-PV).....</i>	<i>62</i>
	<i>APÊNDICE G - Transformador para as UGDs (TRAFO-UGD)</i>	<i>63</i>
	<i>APÊNDICE H - Container do Armazenador de Energia</i>	<i>64</i>
	<i>APÊNDICE I - Proposta Modelo Vencedora.....</i>	<i>65</i>
	<i>APÊNDICE J - Análise de Viabilidade Financeira</i>	<i>66</i>
	<i>APÊNDICE K - Resultado último Leilão ANEEL (Tefé-AM no LOTE II)</i>	<i>67</i>
	<i>APÊNDICE L - Atualização monetária dos índices do Pref.....</i>	<i>68</i>
	<i>APÊNDICE M - Acordo das Nações Unidas contra a mudança climática</i>	<i>70</i>
	<i>APÊNDICE N - Financiamento do BNDES para geração renovável na Amazônia ...</i>	<i>71</i>

1 INTRODUÇÃO

Comunidades isoladas da região Amazônica necessitam de uma infraestrutura de geração e distribuição de energia diferenciada em relação a outras localidades do país. O desenvolvimento de tais comunidades pode se tornar ainda mais desafiador ao poder público e privado, se considerarmos as características geográficas da região, com vastas áreas de florestas e rios que separam as comunidades.

Tal disponibilização de energia elétrica é essencial para o desenvolvimento socioeconômico, podendo impulsionar setores da economia não associados apenas a extração de madeira e outros recursos naturais, diminuindo assim a pressão ambiental que toda região sofre.

Dentre estas comunidades, algumas podem ser consideradas grandes se comparadas ao padrão populacional de comunidades ribeirinhas, como por exemplo, a cidade de Tabatinga, no extremo do Amazonas, com população aproximada de 52 mil habitantes, ou a cidade de Tefé na região central do estado, com uma população de aproximadamente 65 mil habitantes.

Para as cidades de Tabatinga e Tefé, como também para a grande maioria das localidades amazônicas, a única fonte de energia elétrica disponível é a oriunda de geradores à Diesel¹ por estarem fora do Sistema Interligado Nacional (SIN), conforme é possível visualizar na Figura 1.

Figura 1 - Sistema Elétrico Brasileiro (SIN + Sistemas Isolados)
Fonte: ONS



¹ Plano Anual de Operação dos Sistemas Isolados para 2017, fornecido pela ELETROBRAS

Dessa forma, é inevitável que o custo de geração de energia seja alto, e para não inviabilizar o desenvolvimento da região, o poder público federal criou mecanismos para repartir tais custos com todos os consumidores do país através da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), gerida pela Eletrobrás.

Além dos encargos financeiros associados ao alto custo de geração de energia elétrica, existem dificuldades logísticas no abastecimento de combustível nas localidades isoladas, como também é criado um impacto ambiental considerável na emissão de poluentes atmosféricos.

Segundo dados disponibilizados no site do BNDEs (APÊNDICE N), o Estado do Amazonas sozinho possui atualmente 225 usinas a diesel, com capacidade instalada de 683 MW, consumindo em torno de 687 milhões de litros de combustível por ano. O sistema emite cerca de dois milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), outros gases poluentes (NO_x e SO_x) e particulados, além do risco de poluição dos rios decorrentes de naufrágios ou vazamentos no transporte e armazenamento do combustível.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem por finalidade estudar uma solução energética alternativa para uma grande comunidade da região Amazônica que tenha atualmente apenas a geração à Diesel como fonte de Energia.

Esta solução técnica adotou fontes diferentes de energia: uma fonte de energia convencional e outra renovável, caracterizando-se dessa forma, como uma Planta Híbrida de Geração de Energia.

Adicionalmente, para a localidade escolhida na análise, não deve haver previsão de conexão da comunidade ao Sistema Interligado Nacional (SIN), ou a possibilidade de futuras ramificações de gasodutos, reforçando dessa forma sua dependência do óleo Diesel abastecido através dos rios da região.

1.2 Metodologia

Para se definir uma solução híbrida deste porte, foram obtidos dados oficiais de demanda energética, publicados pela ANEEL para uma localidade específica da região amazônica. O último leilão ANEEL para o sistema isolado servirá como fonte de tais dados.

De acordo com os resultados obtidos deste leilão, foi possível verificar que as soluções energéticas propostas para comunidades deste porte ainda se baseiam no uso de combustíveis fósseis, mostrando assim uma oportunidade de diversificação da matriz energética.

A partir dos dados de demanda energética, foi dimensionado um sistema de geração de energia renovável e sistemas auxiliares necessários para se garantir o perfeito funcionamento desta fonte em conjunto com o sistema de geração de energia convencional que servirá de *backup*.

Especificamente para o dimensionamento do sistema de energia renovável, foram utilizados dados de institutos de pesquisa como o CRESESB e NASA (sigla para Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço em inglês) para se definir o potencial energético da localidade.

Para a especificação dos sistemas auxiliares ou de suporte à operação, serão utilizadas tecnologias de mercado, que apesar de grande parte já ter se tornado *commodity*, como ocorre com as baterias, sua aplicação em um sistema híbrido deste porte ainda não foi empregada no mundo.

Uma vez definidos todos os elementos que compõem a solução estudada, será realizado um estudo de viabilidade financeira e impacto sócio ambiental. O resultado oriundo da viabilidade financeira servirá de comparação com os valores oficiais propostos para soluções empregadas no sistema isolado.

1.3 A Localidade – Tefé-AM

Com base nos critérios expostos, a cidade de Tefé, no estado do Amazonas, preenche os requisitos para a realização deste estudo.

O município de Tefé está situado na Planície Amazônica², na região do médio Solimões, a 523 km da Capital Manaus. O município possui aproximadamente 62.230 habitantes³, conforme estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016.

A Figura 2 esquematiza a posição do município de Tefé no estado do Amazonas.

² Dados de Tefé coletados do Site Wikipedia (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Tef%C3%A9>)

³ De acordo com o documento do IBGE “Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2016”.

Figura 2 - Localização do Município de Tefé-AM

Fonte: IBGE



Sua área territorial é de 23.808 km², tornando o município o quadragésimo oitavo maior do Brasil em área e o vigésimo terceiro do Amazonas. Situa-se no encontro dos rios Tefé e Solimões e faz divisa com os municípios de Alvarães a noroeste, Maraã a nordeste, Carauari a sudoeste, Coari a leste e Tapauá a sul.

Só há duas maneiras de acesso à cidade, ou por vias fluviais ou por avião. Para se chegar à Tefé por rio vindo de Manaus, pode se embarcar em um barco tradicional, chamado Barco Recreio, que leva três dias para chegar em Tefé, ou pode embarcar em Lanchas a Jato que pode fazer o percurso em 12 horas.

Por avião, o percurso se dá a partir do Aeroclube de Manaus ou do Aeroporto Eduardinho, ao lado do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes. Leva-se em torno de uma hora e meia para chegar ao destino, em um voo direto.

1.3.1 Perfil socioeconômico

A principal vocação econômica do município é o comércio, devido ao fato de ser sede dos principais bancos e instituições financeiras e públicas da região. A cidade possui quartéis militares das Forças Armadas, instituições de ensino superior e de saúde, Polícia Federal, ONGs e entidades de preservação do meio ambiente e do índio, sede do Poder Judiciário e Político administrativo do Amazonas. É o principal

porto fluvial e rota de passagem de grandes embarcações que navegam no Rio Solimões.

1.3.2 Demanda de Energia

Dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) apontam uma demanda máxima de energia da ordem de 13,5 MW⁴ sendo tal demanda atendida por geradores à Diesel.

No caso de Tefé, há relatos de constantes apagões durante o ano (informação verbal)⁵, tornando a falta de energia e a dependência do óleo diesel o principal problema de infraestrutura da cidade. Através dos Figura 3 e Tabela 1⁶, é possível visualizar a curva de demanda horária/dia, para uma semana no mês de Outubro de 2015.

Figura 3 - Curva de Carga Semanal de Tefé-AM
Fonte: ANEEL

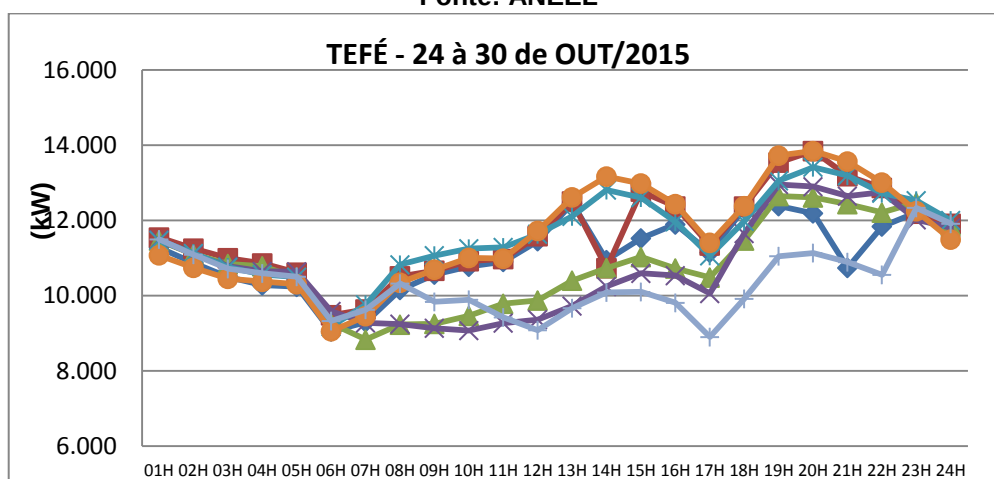


Tabela 1- Demanda de Carga Semanal de Tefé-AM
Fonte: ANEEL

Hora	24	25	26	27	28	29	30
	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex
01H	11.278	11.543	11.465	11.488	11.468	11.073	11.494
02H	10.868	11.249	11.096	11.098	11.124	10.741	11.088
03H	10.490	10.995	10.843	10.781	10.754	10.449	10.710
04H	10.275	10.855	10.781	10.644	10.558	10.369	10.590
05H	10.234	10.609	10.478	10.634	10.493	10.303	10.502
06H	9.047	9.479	9.256	9.582	9.177	9.055	9.325
07H	9.296	9.631	8.828	9.275	9.757	9.455	9.626

⁴ Documento do EPE “Parecer Técnico do Projeto de Referência para atendimento a trinta e três Sistemas Isolados do Amazonas”, para o Leilão de Energia da Aneel 002/2016.

⁵ Equipe JN no Ar (TV Globo), durante o Jornal Nacional exibido no dia 16/09/2010.

⁶ Dados fornecidos pela Aneel para o Leilão de Energia 002/2016.

08H	10.151	10.513	9.228	9.243	10.820	10.343	10.322
09H	10.560	10.662	9.250	9.134	11.064	10.690	9.834
10H	10.769	10.917	9.462	9.071	11.248	11.003	9.890
11H	10.896	10.973	9.784	9.270	11.282	10.983	9.421
12H	11.449	11.582	9.871	9.364	11.632	11.721	9.081
13H	12.456	12.503	10.399	9.725	12.108	12.613	9.666
14H	10.944	10.730	10.733	10.242	12.807	13.165	10.084
15H	11.521	12.767	11.026	10.591	12.606	12.981	10.098
16H	11.892	12.369	10.722	10.532	11.966	12.432	9.808
17H	11.144	11.334	10.481	10.055	11.059	11.404	8.898
18H	12.313	12.368	11.466	11.650	11.975	12.377	9.915
19H	12.379	13.538	12.649	12.954	13.052	13.722	11.048
20H	12.188	13.842	12.611	12.897	13.414	13.841	11.133
21H	10.737	13.177	12.433	12.646	13.190	13.564	10.890
22H	11.838	12.864	12.208	12.749	12.723	13.006	10.553
23H	12.215	12.179	12.474	12.016	12.526	12.245	12.334
24H	11.665	11.910	11.860	11.805	11.999	11.490	11.911
Energia Total diária (kWh.dia)	266.605	278.589	259.404	257.446	278.803	279.026	248.223

1.3.3 Potencial Solar

O município de Tefé no Amazonas possui uma estação terrestre de medição do potencial solar. A Tabela 2 mostra os dados de irradiação solar diária média mensal, disponibilizados pelo CRESESB⁷.

As coordenadas geográficas de Tefé são:

- Latitude: 03° 21' 15" S = 3,354167° S
- Longitude: 64° 42' 41" W = 62,711389 ° O

Tabela 2 – Irradiação Solar no Plano Inclinado
Fonte: CRESESB

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Med
Plano Horizontal	0° N	4,42	4,5	4,56	4,36	4,11	4,14	4,78	5,33	5,06	5,31	5	4,61	4,68
Ângulo igual a latitude	3° N	4,35	4,46	4,55	4,4	4,18	4,23	4,89	5,41	5,07	5,27	4,92	4,52	4,69
Maior média anual	3° N	4,35	4,46	4,55	4,4	4,18	4,23	4,89	5,41	5,07	5,27	4,92	4,52	4,69
Maior mínimo mensal	6° N	4,27	4,41	4,54	4,43	4,24	4,32	4,98	5,47	5,08	5,22	4,83	4,43	4,68

⁷ Página do CRESESB nas Internet (<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>)

2 ESTADO DA ARTE DAS OPÇÕES TÉCNICAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A Planta Híbrida de Geração considerada prevê duas fontes de energia distintas: uma fonte de energia convencional e outra renovável.

Na literatura técnica especializada (WORKING GROUP C6.22, 2015), Plantas Híbridas como a de Tefé também são conhecidas como Microgrids. As Microgrids integram de forma estável, cargas e diferentes fontes de energia distribuídas⁸ e fisicamente próximas entre si, representando assim um conceito diferente da forma tradicional de geração e transmissão de energia, com grandes hidrelétricas e termelétricas escoando a energia por longas linhas de transmissão.

Na Microgrid estudada, a geração de energia renovável será priorizada em detrimento das fontes convencionais de energia, baseadas em combustíveis fósseis. Esta estratégia deverá apresentar um ganho financeiro e socioambiental para a comunidade de Tefé.

Com a diminuição dos custos de equipamentos e a conscientização dos impactos ambientais pelo efeito estufa, inúmeras tecnologias estão despontando como possíveis soluções para fontes renováveis. Para a solução de energia convencional, há soluções consolidadas no mercado, como motores a combustão interna e turbinas, que inclusive já são empregadas na região amazônica.

Dessa forma, serão apresentadas as tecnologias disponíveis, e por fim serão escolhidas as duas opções mais indicadas para a comunidade de Tefé.

2.1 Geração Solar

2.1.1 Solar Térmica

A geração de energia elétrica via solar térmica, se baseia na coleta e concentração da irradiação solar direta, em um único ponto ou linha, para aquecimento de um determinado fluido. Este fluido aquece a água, ou um fluido térmico, que por sua vez gera vapor que é utilizado em turbinas a vapor convencionais, conectadas a um gerador, gerando assim energia elétrica.

Esta conversão de energia solar em energia térmica permite o armazenamento de energia para uso futuro, prolongando assim o período de operação diária da Planta.

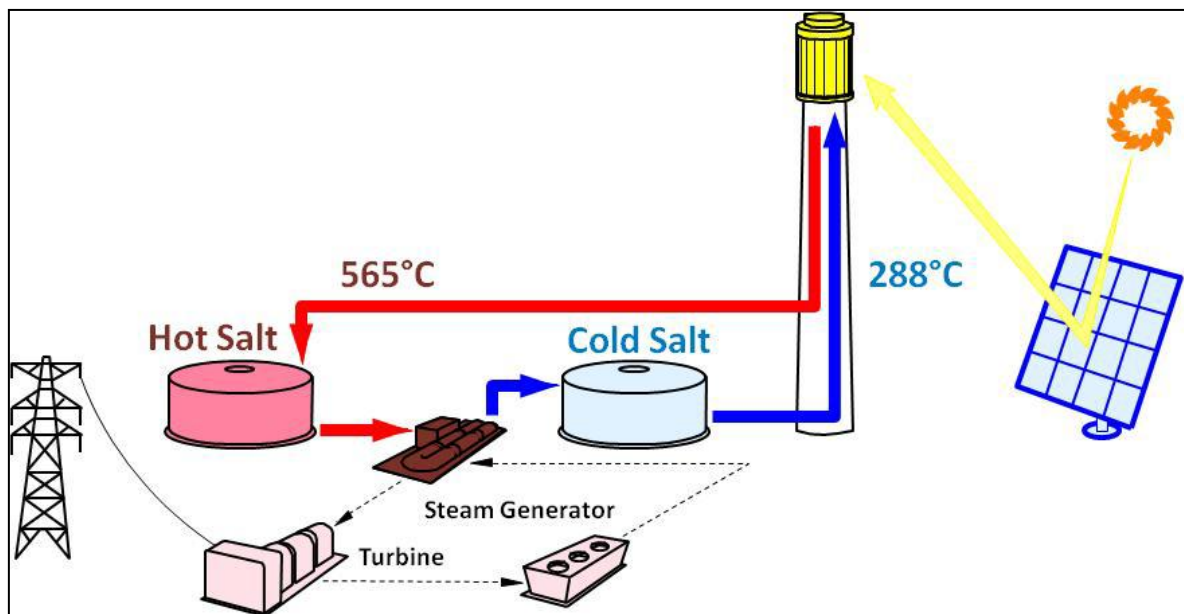
⁸ Em inglês o termo é popularmente conhecido como DES (Distributed Energy Systems).

Esta tecnologia é chamada de Concentrated Solar Power – CSP (Energia Solar Concentrada, em português), e esta dividida em dois grupos, com base na geometria de seus coletores e receptores: ponto focal e linha focal (GLATZMAIER, 2011).

Apesar de tal divisão, todas as tecnologias CSP possuem componentes em comum – coletores solares, receptores e sistemas de conversão de energia térmica.

A Figura 4 exibe um esquema básico de funcionamento de uma planta CSP, com armazenamento de energia através de sal como fluido.

Figura 4 - Sistema CSP típico
Fonte: Glatzmaier-NREL



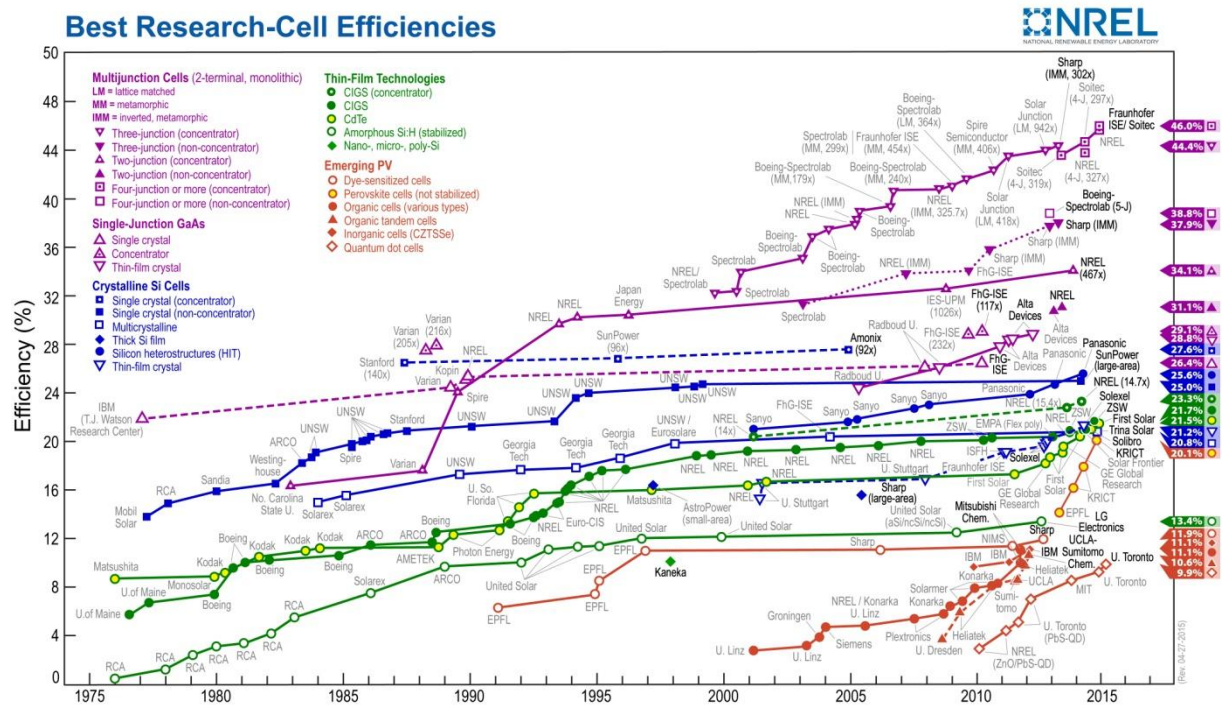
2.1.2 Solar Fotovoltaica

Esta tecnologia se baseia na conversão da irradiação solar, direta e difusa, em energia elétrica, a partir da utilização de materiais semicondutores em painéis fotovoltaicos. Atualmente existem várias opções de materiais semicondutores, classificados de acordo com sua eficiência na conversão da energia.

Os materiais semicondutores mais utilizados são de silício cristalino (c-Si) ou *thin-film* (filme fino, em português). Materiais *c-Si* podem ser classificados como monocristalinos ou policristalinos. Os materiais, chamados *thin-film*, utilizam *CdTe* (Telureto de Cádmio), *CIGS* (Cobre-Índio-Gálio-Selênio) ou silício amorfo (a-Si) como semicondutores, sendo os *thin-film* mais baratos para se produzir se comparados aos semicondutores do tipo *c-Si*, porém possuem uma eficiência menor (MENDELSON, LOWDER e CANAVAN, 2012).

A Figura 5 mostra a eficiência dos diversos tipos de materiais semicondutores, ao longo dos últimos 40 anos de desenvolvimento.

Figura 5 - Eficiência dos diversos tipos de células fotovoltaicas
Fonte: Mendelsohn-NREL



Uma opção para plantas fotovoltaicas é a tecnologia Concentrated Photovoltaic - CPV (Fotovoltaico Concentrado, em português) que se utiliza de lentes, como ocorre com a tecnologia CSP, para focar a irradiação solar em painéis de alta eficiência.

Pelo fato de haver uma integração das lentes, sistemas CPV necessitam de irradiação solar direta para operar, por isso a maior parte dos sistemas que se utilizam desta tecnologia empregam um ou mais *trackers* (rastreadores) para acompanhar o posicionamento do Sol no céu (BLM, 2010).

2.2 Motores à combustão interna

2.2.1 Ciclo Diesel

Os motores de Ciclo Diesel são máquinas térmicas de quatro ou dois tempos. Em motores de quatro tempos, o primeiro tempo se caracteriza pela admissão do ar na câmara de combustão. No segundo tempo, o pistão faz a compressão dessa massa de ar e ao término da compressão injeta-se combustível sob pressão no interior da câmara. Devido à alta temperatura e pressão no interior da câmara, a mistura sofre a explosão ao final do tempo.

A expansão da mistura gasosa origina o terceiro tempo, sendo a descarga dos resíduos da combustão o quarto e último tempo.

Os motores de dois tempos possuem um mecanismo de combustão interna mais simples, havendo, por exemplo, a admissão e a exaustão de gases no mesmo tempo.

A maior parte das aplicações com motores diesel utilizam a tecnologia de quatro tempos, porém algumas aplicações específicas podem utilizar o motor de dois tempos (grandes motores para indústria naval)⁹.

Para a geração de Energia, Motores Diesel combinados a um alternador podem operar como geradores de backup ou até mesmo como fonte principal de energia.

Os mesmos motores empregados em veículos de pequeno, médio e grande porte, podem ser adaptados para esta aplicação, tornando assim esta solução viável financeiramente, devido à produção em larga escala.

Já existe no mercado kits de conversão de motores ciclo Diesel, para poderem operar com gás natural¹⁰. Nesta configuração, os motores podem operar com uma determinada mistura diesel-gás natural, sendo necessária uma utilização mínima de diesel para alcançar a temperatura de ignição.

2.2.2 Ciclo Otto

Motores de Ciclo Otto são semelhantes aos motores de Ciclo Diesel, porém a combustão ocorre após a ignição através de uma vela.

As velas são necessárias pelo fato de que a temperatura de ignição dos combustíveis do ciclo Otto serem muito elevadas (cerca de 700° Celsius para o gás, por exemplo).

Atualmente há aplicações que utilizam gasolina ou etanol como combustível para geração de energia, porém é mais comum utilizar o gás natural pelo fato de haver, em grande parte dos centros urbanos, uma infraestrutura de abastecimento, dentre outros benefícios.

⁹ Dados do site Diesel Service & Supply
(http://www.dieselserviceandsupply.com/industrial_industry_usage.aspx)

¹⁰ Este kits são chamados de Bi-Fuel no mercado

2.3 Turbinas

2.3.1 Ciclo Rankine

Nas turbinas de ciclo Rankine, o combustível não entra em contato com o fluido de trabalho. Este é um processo usado principalmente nas centrais termelétricas a vapor, onde o combustível aquece o fluido de trabalho (em geral água) em uma caldeira até gerar o vapor que, ao se expandir em uma turbina, produzirá trabalho mecânico.

Pelo fato da combustão ser externa, uma gama muito grande de combustíveis pode ser utilizada, incluindo sólidos como, biomassa, carvão coque, dentre outros¹¹.

2.3.2 Ciclo Brayton

Nas turbinas de ciclo Brayton, o ar é comprimido em um compressor que transfere esse fluxo para a câmara de combustão, onde se efetua a combustão da mistura ar e combustível. Os gases de combustão em alta pressão escoam por uma turbina que fornece trabalho mecânico para o compressor e para o gerador de eletricidade. Os gases de combustão podem ser descarregados através de um recuperador de calor que pré-aquece o ar aspirado pelo compressor¹².

Pelo fato da combustão se realizar internamente ao ciclo, é necessária a utilização de um combustível específico que atenda as exigências deste motor.

2.4 Aspectos comparativos

A definição da solução que melhor se enquadra às características de Tefé, leva em consideração os seguintes fatores:

- Combustíveis disponíveis na região;
- Padrão de Irradiação solar (direta e difusa).

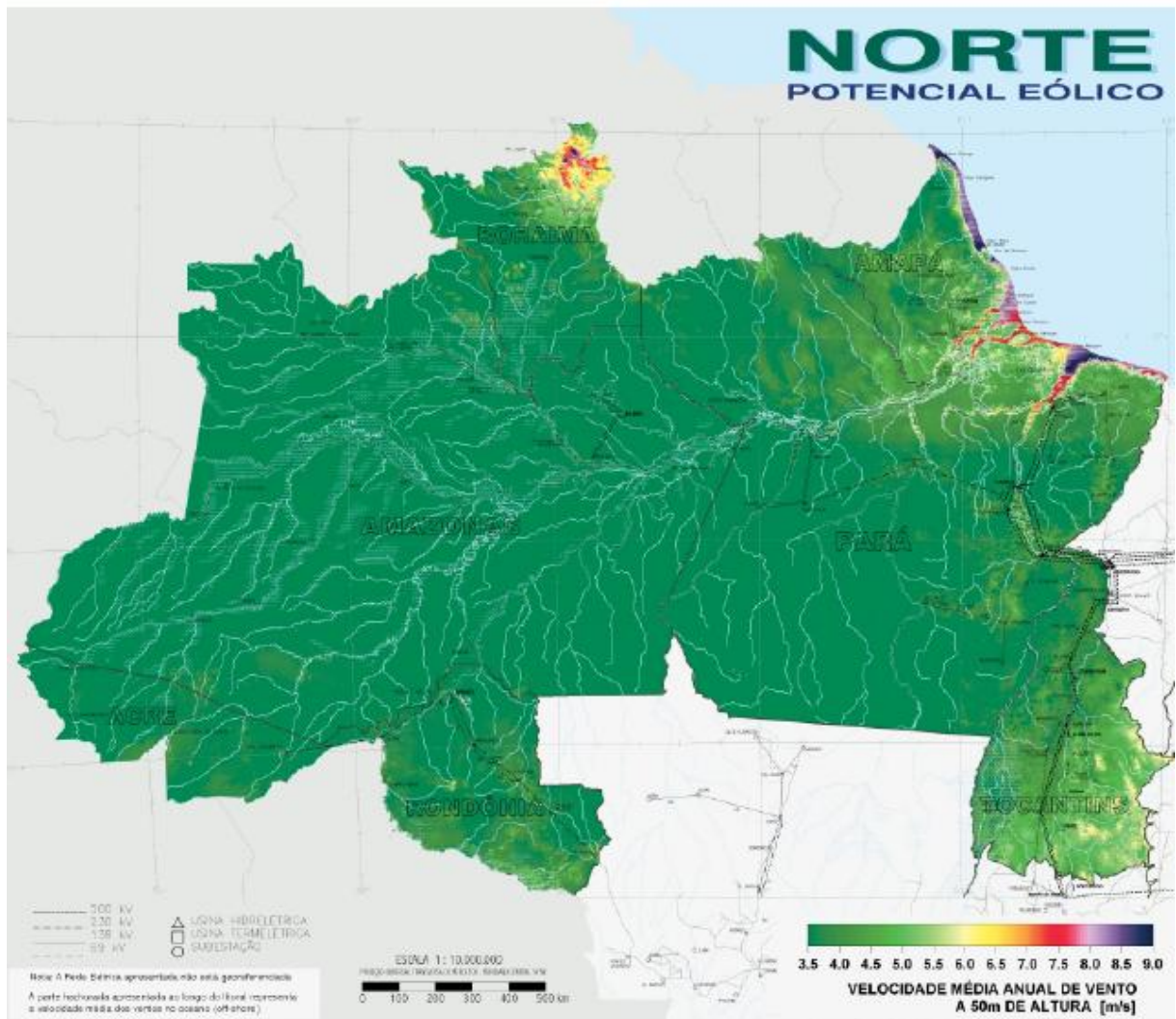
Não se considerou a utilização de energia eólica, uma das fontes renováveis mais empregadas no Brasil, devido ao seu baixo potencial eólico para a região (CRESESB, 2001). A Figura 6 mostra que o potencial eólico para a região de Tefé é

¹¹ Notas de aula da matéria ERG-003 –Cogeração, do Prof. Ronaldo Andreos.

¹² Notas de aula da matéria Geração Termelétrica-UNICAMP, do Prof. Lineu Belico dos Reis.

um dos mais baixos do país, com velocidade média anual de vento em torno de 3,5 m/s.

Figura 6 - Potencial Eólico da Região Norte
Fonte: CRESESB



2.4.1 Solução para Energia Renovável

A região de Tefé possui uma característica de radiação solar global que favorece a utilização de soluções fotovoltaicas, em detrimento de soluções solar térmicas.

As Tabelas 3 e 4 mostram respectivamente, os valores de Insolação total e da Radiação difusa para as coordenadas do município de Tefé, com base em medições realizadas por satélites (NASA). A partir destas medições, é possível obter a Radiação difusa e direta para a localidade, conforme é possível visualizar nas Tabelas 4 e 5 respectivamente.

Tabela 3 - Insolação Média Mensal incidente no plano Horizontal (kWh/m².dia)**Fonte: NASA**

Lat -3.354 Lon - 62.711	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
22-Média anual	4,53	4,49	4,45	4,41	4,15	4,26	4,71	5,18	5,28	5,07	4,75	4,51	4,65

Tabela 4 - Radiação Difusa Média Mensal incidente no plano Horizontal (kWh/m².dia)**Fonte: NASA**

Lat -3.354 Lon - 62.711	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
22-Média anual	2,24	2,33	2,35	2,17	1,97	1,84	1,82	1,95	2,18	2,29	2,25	2,2	2,13

Tabela 5 - Radiação Direta Média Mensal incidente no plano Horizontal (kWh/m².dia)**Fonte: NASA**

Lat -3.354 Lon -62.711	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
22-Média anual	2,29	2,16	2,1	2,24	2,18	2,42	2,89	3,23	3,1	2,78	2,5	2,31	2,52

Através das medições mostradas é possível verificar que para um mesmo mês, a Radiação difusa apresenta um valor relevante se comparada com a Radiação direta. Como exemplo, para o mês de Janeiro, a Radiação difusa média¹³ é de 2,24 kWh/m².dia, em comparação a uma Radiação direta de 2,29 kWh/m².dia.

Dessa forma, a presença de um grande percentual de Radiação difusa na Radiação global, sugere que a melhor opção seria por soluções fotovoltaicas, uma vez que soluções solares térmicas, como Plantas CSP, são recomendadas para locais onde haja uma maior incidência de Radiação direta.

Dentre as soluções fotovoltaicas, a mais indicada é a que utiliza painéis solares distribuídos, em detrimento às soluções CPV que envolvem a concentração de radiação direta em um ponto específico.

Acrescente-se a isso o fato de que os custos unitários dos painéis solares terem diminuído nos últimos anos (DENHOLM, DRURY e MARGOLIS, 2009), favorecendo soluções fotovoltaicas com campos de painéis fotovoltaicos sem concentração.

¹³ As medições do site da NASA apresentam as médias para o período de 1983 a 2005.

Para os campos de painéis solares distribuídos, a tecnologia mais indicada é a de módulos do tipo c-Si, em detrimento aos *thin-film*, devido à melhora nos custos de produção em larga escala (MENDELSON, LOWDER e CANAVAN, 2012).

2.4.2 Solução de Energia Convencional

O isolamento da comunidade de Tefé impede que sejam adotadas soluções que necessitem de redes de abastecimento de gás natural. Dessa forma, Turbinas de Ciclo Brayton e motores de Ciclo Otto não são os mais indicados.

Turbinas de Ciclo Rankine poderiam ser uma opção, utilizando óleo diesel ou resíduos de biomassa como combustível para a caldeira, porém a operação de turbinas a vapor é relativamente mais complexa do que motores de combustão interna.

Caso houvesse uma infraestrutura existente para abastecimento de resíduos de biomassa como combustível, essa seria a opção mais atrativa, tendo em vista os benefícios econômicos e socioambientais da substituição completa do diesel para Tefé. Todavia, a utilização de resíduos de biomassa demandaria um estudo adicional, com o intuito de se verificar a viabilidade de criação de uma estrutura de abastecimento de resíduos para a operação da planta durante a vigência do contrato.

Dessa forma, é recomendada a geração convencional de energia elétrica a partir da utilização de Motores de Ciclo Diesel.

A Planta Híbrida dará prioridade para a geração de energia renovável e os motores serão responsáveis por garantir o atendimento da diferença de energia entre a carga e a geração renovável, como também auxiliar na garantia da estabilidade elétrica do sistema para variações bruscas na geração.

3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Uma vez definidas as tecnologias mais adequadas para geração de energia renovável e convencional, é necessário especificar a capacidade instalada de cada um delas para atendimento de algumas premissas.

Em especial no caso da geração renovável, um estudo de desempenho dos painéis fotovoltaicos, devido à temperatura de operação, deverá ser realizado, definindo assim a capacidade real de geração fotovoltaica.

Para os sistemas de suporte à operação, serão definidas as premissas e o modo de operação, e consequentemente as especificações técnicas dos sistemas.

Para Armazenamento de Energia por Baterias, será definido um período de autonomia, com base na carga a ser atendida e em linha com o modo de operação do Sistema de Controle de Geração.

E Para o Sistema de Controle de Geração, será definido o papel dos três níveis hierárquicos que controlam todos os ativos de geração, sejam eles convencionais, renováveis ou o próprio Sistema de Armazenamento de Energia por Baterias.

3.1 Geração Solar Fotovoltaica

3.1.1 Premissas

As seguintes premissas foram consideradas:

- Atendimento de aproximadamente 90% da Demanda de carga mínima na semana, no momento do pico da Geração fotovoltaica. Em outras palavras, espera-se gerar 8,5 MW às 12hrs, para atender uma demanda de carga de 9,081 MW neste mesmo horário na sexta feira (dia de menor demanda);
- O Índice de Penetração de Geração Renovável deve ser em torno de 15%;
- Esta sendo considerado, por falta de maiores informações, que o perfil de Carga ao longo do ano, se assemelha ao perfil semanal da Tabela 1. Dessa forma foi considerado:
 - Carga mínima diária na semana (Sexta-Feira): 248.223 kWh.dia;
 - Carga máxima diária na semana (Quinta-feira): 279.026 kWh.dia;
 - Demanda mínima: 8,848 MW.

3.1.2 Características dos componentes da instalação

Foi escolhido um Painel Fotovoltaico de um fabricante com representação no Brasil, com serviço de suporte técnico, conforme características descritas no APÊNDICE A.

Devido às dimensões da Planta de Geração Fotovoltaica, foi necessário utilizar componentes desenvolvidos para instalações de grande escala. Dentre estes componentes, os principais são o Concentrador de Strings e o Inversor Central. O concentrador de Strings permite agregar diversos Strings e disponibilizar uma única conexão de saída ao Inversor Central.

Já o Inversor Central, possui dimensões e características voltadas à aplicações de grande escala, se diferenciando dessa forma dos modelos residenciais mais utilizados. Estes dois elementos combinados permitem desenvolver uma solução confiável, de grande escala e com um melhor custo. Os APÊNDICE B e C detalham, respectivamente, as características do Inversor e Concentrador de Strings escolhidos para esta solução.

3.1.3 Temperatura de Operação da Célula Fotovoltaica

A temperatura de operação da célula fotovoltaica afeta diretamente o desempenho do módulo escolhido. Dessa forma, a Equação (1) realiza uma estimativa da temperatura de operação no local de instalação, com base na Temperatura ambiente:

$$T_C = T_a + \frac{G_T}{800} \times (T_{NOC} - 20) \times 0,9 \quad (1)$$

Onde:

- T_C (°C) = Média da Temperatura de Operação da Célula;
- T_a (°C) = Média anual da Temperatura Ambiente de Tefé-AM;
- G_T (W/m²) = Radiação solar média no plano da Célula;
- T_{NOC} (°C) = Temperatura Nominal de Operação da Célula.

Aplicando os valores dos referidos parâmetros, dentro do conceito de HSP, o seguinte valor é obtido para T_C :

$$T_C = 27,0 + \frac{1000}{800} \times (45 - 20) \times 0,9 = 55,13^\circ\text{C} \quad (2)$$

- $T_a = 27^\circ\text{C}$ (NASA);
- $T_{\text{NOC}} = 45^\circ\text{C}$ (dados do painel CS6U-335, conforme APÊNDICE A).

3.1.4 Temperatura Máxima de Operação da Célula Fotovoltaica

Para encontrar a temperatura máxima de operação da célula fotovoltaica, a Temperatura máxima média anual para Tefé é aplicada na Equação (1), conforme é possível visualizar no resultado da Equação (3):

$$T_{C_{\text{max}}} = 29,0 + \frac{1000}{800} \times (45 - 20) \times 0,9 = 57,13^\circ\text{C} \quad (3)$$

- $T_a = 29,0^\circ\text{C}$, sendo a máxima temperatura no ano, ocorrendo no mês de Outubro (NASA).

3.1.5 Temperatura Mínima de Operação da Célula Fotovoltaica

A Equação (1) também é usada para encontrar a temperatura mínima de operação da célula, conforme é possível visualizar na Equação (4) abaixo:

$$T_{C_{\text{min}}} = 26,1 + \frac{0}{800} \times (45 - 20) \times 0,9 = 26,1^\circ\text{C} \quad (4)$$

- $T_a = 26,1^\circ\text{C}$, sendo a mínima temperatura no ano, ocorrendo no mês de Janeiro (NASA);
- $G_T = 0$, pois se considera que a temperatura mínima irá ocorrer à noite.

3.1.6 Potência Máxima do Painel Fotovoltaico

Após a estimativa da temperatura de operação, a Potência Máxima do Painel fotovoltaico escolhido, conforme APÊNDICE A, deve ser estimada pela Equação (5):

$$P_{MP} = P_{MP}^0 \times \frac{G_T}{G_{REF}} \times [1 + \gamma_{MP} \times (T_C - T_{CREF})] \quad (5)$$

Onde:

- P_{MP} (W) = Potência do Painel fotovoltaico;
- P°_{MP} (W) = Potência Nominal do Painel fotovoltaico;
- G_T (W/m²) = Radiação solar média no plano da Célula;
- G_{REF} (W/m²) = Radiação solar nas condições STC;
- γ_{MP} (°C⁻¹) = Coeficiente de temperatura para potência máxima;
- T_C (°C) = Média da Temperatura de Operação da Célula;
- T_{REF} (°C) = Temperatura da Célula nas condições STC;

Aplicando os valores dos referidos parâmetros, dentro do conceito de HSP, o seguinte valor é obtido para P_{MP} :

$$P_{MP} = 335 \times \frac{1000}{1000} \times [1 - 0,0041 \times (55,13 - 25)] = 293,62W \quad (6)$$

- $P^{\circ}_{MP} = 335$ W (dado do painel CS6U-335, conforme APÊNDICE A);
- $\gamma_{MP} = -0,0041$ °C⁻¹ (dado do painel CS6U-335, conforme APÊNDICE A).

3.1.7 Quantidade de Painéis fotovoltaicos

Para a estimativa inicial do número necessário de Painéis fotovoltaicos, a Equação (8) foi aplicada:

$$E_{GFV} = \eta_{SPMP} \times P_{MP} \times HSP \times N \times TD \quad (7)$$

$$N = \frac{E_{GFV}}{P_{MP} \times HSP \times \eta_{SPMP} \times TD} \quad (8)$$

Esta Equação estabelece uma relação entre o número N de painéis fotovoltaicos, com os seguintes parâmetros:

- E_{GFV} = Energia diária média anual a ser fornecida pelo gerador fotovoltaico;
- P_{MP} = Potência máxima do gerador fotovoltaico, levando em consideração características da temperatura da localidade;
- HSP = Horas de Sol pleno média diária anual;

- η_{SPMP} = Eficiência do seguidor do ponto de máxima potência do inversor (0,99);
- TD = Taxa de desempenho adimensional que inclui outras perdas do gerador.

Dessa forma, o número inicial de painéis será:

$$N = \frac{39.525,00}{293,62 \times 4,65 \times 0,985 \times 0,75} = 38.988 \text{ painéis} \quad (9)$$

- $E_{GFV} = 39.525,00$ kWh/dia, com base em uma potencia instalada de 8,5 MWp;
- HSP = 4,65 horas (NASA).

3.1.8 Definição do Inversor

O Inversor de Tensão escolhido é um modelo de 4,634 MW de Potência Nominal, conforme descrito no APÊNDICE B. A quantidade indicada de Inversores para atendimento da Planta pode ser obtida através da Equação (10).

$$N_{INV} = \frac{FDI \times N \times P_{MP}^0}{P_{INV}} \quad (10)$$

Onde:

- FDI = Fator de dimensionamento do Inversor, adotado igual a 0,8;
- N = Numero total de Painéis fotovoltaicos;
- P_{MP}^0 (W) = Potência Nominal do Painel fotovoltaico;
- P_{INV} (W) = Potência Nominal do Inversor.

Dessa forma, o número indicado de Inversor é:

$$N_{INV} = \frac{0,8 \times 38.988 \times 335}{4,63 \times 10^6} = 2 \text{ inversores} \quad (11)$$

3.1.9 Tensões máxima e mínima de circuito aberto

A partir da Equação (12), que estabelece a Tensão de circuito aberto do painel fotovoltaico, é possível obter os valores máximos e mínimos de Tensão, para diferentes cenários de temperatura de operação:

$$V_{OC} = V_{OC}^0 \times (1 + \gamma_{OC} \times (T_C - T_C^0)) \quad (12)$$

Onde:

- V_{OC}^0 = Tensão de circuito aberto nominal;
- γ_{OC} = Coeficiente de Temperatura para Tensão de circuito aberto;
- T_C = Temperatura de operação;
- T_C^0 = Temperatura de referência;

Para a estimativa da Tensão de circuito aberto mínima, aplica-se a Temperatura de operação máxima, conforme item 3.1.4:

$$V_{OCmin} = 46,1 \times (1 - 0,0031 \times (57,13 - 20)) = 40,79V \quad (13)$$

Onde:

- $V_{OC}^0 = 46,10$ V (dado do painel CS6U-335, conforme APÊNDICE A);
- $\gamma_{OC} = -0,0031$ (dado do painel CS6U-335, conforme APÊNDICE A);
- $T_C = 57,13$ °C (conforme item 3.1.4).

O mesmo conceito se aplica na estimativa da Tensão de circuito aberto máximo, conforme valor obtido no item 3.1.5 para Temperatura mínima:

$$V_{OCmax} = 46,1 \times (1 - 0,0031 \times (26,1 - 20)) = 45,23V \quad (14)$$

- $T_C = 26,1$ °C (conforme item 3.1.5).

3.1.10 Intervalo aceitável de painéis por String

Uma vez estimadas as tensões máximas e mínimas de circuito aberto, é possível determinar o intervalo aceitável de painéis por String. A quantidade de painéis por String estará vinculada ao intervalo de Tensão em que o Seguidor do Ponto de Máxima Potência (MPPT em inglês) consegue operar.

O número mínimo de painéis aceitáveis por String pode ser obtido pela Equação (15):

$$N_{série} > \frac{V_{DC\ min}}{V_{OC\ min}} \quad (15)$$

Aplicando os parâmetros na Equação, obtém-se:

$$N_{série} > \frac{958}{40,79} = 23,5 \text{ painéis} \quad (16)$$

- $V_{DC\ min} = 958 \text{ V}$ (dado do Inversor, conforme APÊNDICE B).

De forma análoga, a Equação (17) expressa o número máximo de painéis por String:

$$N_{série} < \frac{V_{DC\ max}}{V_{OC\ max}} \quad (17)$$

Aplicando os parâmetros na Equação, obtém-se:

$$N_{série} < \frac{1500}{45,23} = 33 \text{ painéis} \quad (18)$$

- $V_{DC\ max} = 1500 \text{ V}$ (dado do Inversor, conforme APÊNDICE B).

3.2 Geradores Diesel

3.2.1 Premissas

As seguintes premissas foram consideradas:

- Capacidade instalada 25% superior a maior demanda de pico diária na semana, que para o perfil de carga considerado é de 13,842 MW. Este pico na demanda ocorre aos Domingos às 21hrs;
- Unidades Geradoras Diesel (UGDs) de 1MW de Potência Ativa contínua, para operar com fator de potência médio de 0,92.

3.2.2 Quantidade de UGDs

O principal cálculo que irá definir a solução de Geração à diesel é o que envolve o número de UGDs necessárias para atender o pico de demanda de energia diária, incluindo uma margem de potência para futura expansão da carga.

A Equação (19) define o número de UGDs a serem dispostas em paralelo para atendimento deste requisito:

$$N_{ger} = \frac{D_{max} \times marg}{S_{nom} \times \cos \varphi} \quad (19)$$

Onde:

- D_{max} = Demanda máxima diária na semana;
- Marg = Margem de potência para futuras expansões;
- S_{nom} = Potência aparente nominal da UGD;
- $\cos \varphi$ = Fator de potência de operação.

Aplicando os valores, temos o resultado na Equação (20):

$$N_{ger} = \frac{13,842 \times 1,25}{1,056 \times 0,92} = 18UGDs \quad (20)$$

- $\cos \varphi = 0,92$;
- $S_{nom} = 1,056$ MW, (dado da UGD, conforme APÊNDICE D).

3.3 Sistemas de Suporte à Operação

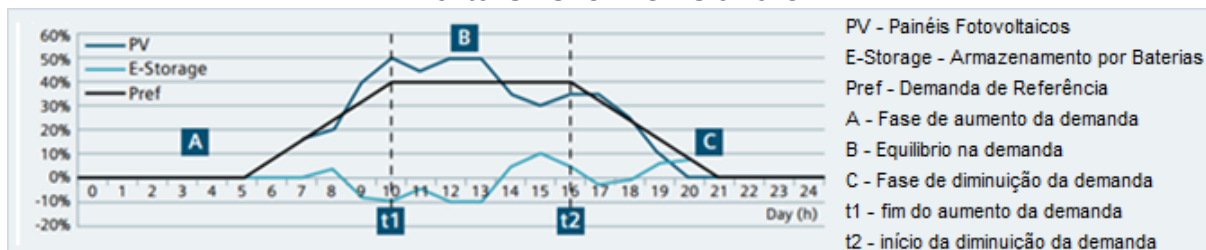
3.3.1 Sistema de Armazenamento de Energia por Baterias

Devido à variabilidade da Geração de energia, inerente às fontes renováveis, é necessário para uma usina Fotovoltaica deste porte, introduzir um Sistema de armazenamento de energia na Planta.

Este sistema de armazenamento tem o foco principal em acomodar o desbalanceamento, de curto prazo, entre a geração de energia e a demanda de carga, que pode impactar na estabilidade da rede e na qualidade de energia.

Através do Figura 7 (SIESTORAGE supporting renewable generation integration), é possível visualizar diferentes cenários de regimes diários de operação da Planta.

Figura 7 - Perfil de atuação do Armazenador de Energia
Fonte: SIESTORAGE-Siemens



Neste exemplo, entre as 14 e 17 horas ocorre uma redução na geração de Energia fotovoltaica, simbolizada pela curva *PV*. No mesmo período, a demanda de energia continua inalterada, simbolizando uma carga contínua na curva *Pref*, como por exemplo, uma linha de produção de fábrica. Neste período, é possível verificar que o déficit de Energia foi suprido pelo descarregamento dos Bancos de Baterias, simbolizado pela curva *E-Storage*.

No caso da Planta de Tefé, o déficit inicialmente irá ser atendido por Banco de Baterias, e dentro de um curto espaço de tempo UGDs serão incluídas automaticamente no sistema para o seu reequilíbrio.

De forma análoga ao que ocorre no déficit de Energia fotovoltaica, quando ocorre o excesso de Energia, como é possível visualizar na curva *PV* entre 9 a 14 horas, as Baterias são carregadas, mantendo o equilíbrio entre oferta e demanda de Energia.

Para a Planta de Geração de energia de Tefé, será considerado o Sistema de Armazenamento de Energia por Baterias¹⁴, pelo fato desta tecnologia ter alcançado preços competitivos para plantas deste porte, como também sua integração ser possível através dos próprios inversores previstos para a planta fotovoltaica.

Nesta monografia não foram abordadas todas as outras possíveis opções tecnológicas disponíveis para armazenamento, podendo ser este tema foco de um estudo mais aprofundado posteriormente.

¹⁴ Battery Energy Storage System (BESS) em inglês.

3.3.1.1 Premissas

As seguintes premissas foram consideradas:

- 10 minutos de autonomia para atendimento total da carga;
- A carga total a ser considerada é igual à potência de pico da Geração fotovoltaica, que é de 8,5 MWp.

3.3.1.2 Cálculo de dimensionamento do Banco de baterias

Definidos a carga e a autonomia necessária para atender o projeto, o dimensionamento do banco de baterias se dará pela sua energia, conforme a Equação (21):

$$D \times \frac{t}{60} = E \quad (21)$$

Onde:

- D = Demanda de carga a ser atendida;
- t = período de autonomia desejado, em minutos;
- E = Energia armazenada no banco de bateria.

Aplicando os valores, temos o resultado na Equação (22):

$$8,5 \times \frac{10}{60} = 1,42 MWh \quad (22)$$

- D = 8,5 MWp, de demanda de carga máxima, coincidindo com a potência de pico esperada para a planta fotovoltaica;
- t = 10 minutos de autonomia, sendo este tempo suficiente para iniciar o processo de partida das UGDs.

3.3.2 Controle de Estabilidade da Geração

Uma lógica de partida e parada das UGDs, priorizando dessa forma a geração renovável disponível no momento, deverá ser implementada. O gerenciamento desta estratégia faz parte da teoria de Microgrids (WORKING GROUP C6.22, 2015) que prevê um Sistema de Controle para esse gerenciamento, e que além desta função

de partida e parada de UGDs, também será responsável pelo despacho da energia armazenada no sistema do item 3.3.1 e pelo controle dos Inversores de tensão dos painéis fotovoltaicos, mantendo dessa forma a Tensão e frequência da Planta dentro dos valores nominais.

Há duas formas principais de operação de Microgrids: modo de operação *on-grid* e o modo *off-grid*.

No modo *on-grid*, a Microgrid irá atender as demandas das cargas através do gerenciamento dos seus Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) – através dos controladores dos Inversores de Tensão dos Painéis fotovoltaicos, dos controladores das UGDs e do sistema de Armazenamento por Bateria - e da energia oriunda da Rede. Neste modo de operação, o déficit e o superávit de energia da Microgrid podem ser trocados com a Rede.

No modo *off-grid*, a Microgrid é desconectada da Rede, e todas as demandas de energia da planta deverão ser atendidas pelos REDs da Microgrid. Além de controlar as potências ativa e reativa de cada fonte, o Sistema de Controle tem a tarefa adicional de garantir o controle da frequência da Tensão (60Hz), tarefa essa mais complexa do que no modo de operação *on-grid*.¹⁵

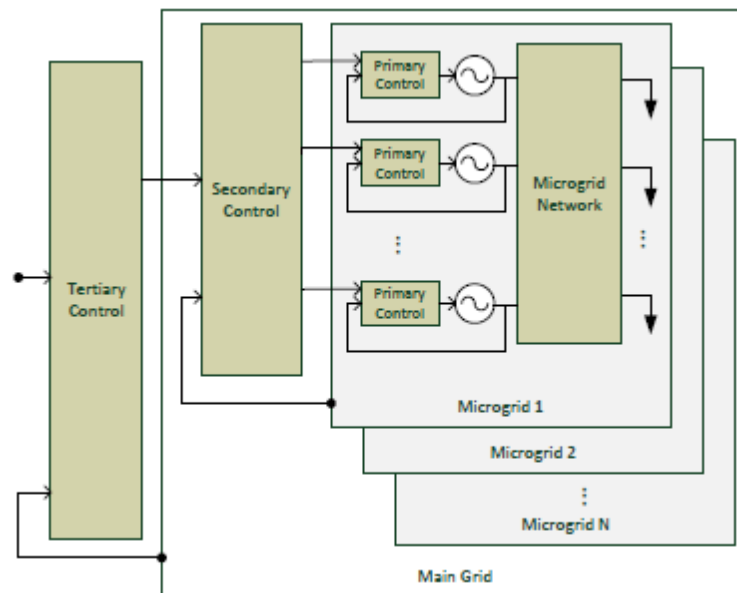
A Planta de Tefé se enquadra em um grupo específico de plantas *off-grid*, as chamadas plantas *isoladas*, por não haver Rede de distribuição de energia conectada ao SIN na localidade, tornando o modo *off-grid* a única forma de operação disponível.

3.3.2.1 Premissas

Para que o Sistema de Controle da Microgrid opere de forma eficiente é necessário que haja os níveis Primário e Secundário de controle dos ativos de geração (CAÑIZARES e BEHNKE, 2013), conforme a Figura 8.

¹⁵ No modo on-grid, a Microgrid segue a frequência imposta pela Rede.

Figura 8 - Hierarquia de níveis de controle: primário, secundário e terciário
Fonte: Cañizares e Behnke



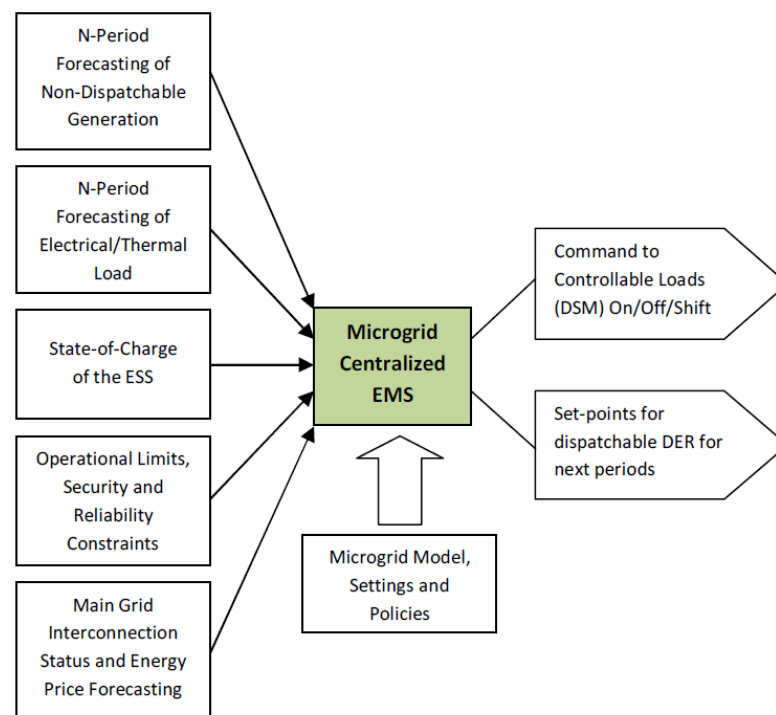
A Hierarquia de controle do sistema é definida da seguinte forma:

- *Controle Primário (Primary Control)*: nível hierárquico também conhecido como interno ou local. É o primeiro nível da hierarquia, se caracterizando como o de mais rápida atuação no sistema. Este controle se baseia apenas nas medições locais e não requer comunicação com outros controles primários. Este nível deverá também receber instruções de controle do nível secundário.
 Para a Planta de Tefé, os controladores específicos dos REDs farão o papel de controle primário.
- *Controle Secundário (Secondary Control)*: nível hierárquico responsável pela operação segura e econômica da planta. Esta tarefa se torna desafiadora ao operar no modo *off-grid*, onde constantes variações na geração renovável podem demandar rápidas intervenções no sistema, no intuito de se garantir a estabilidade de energia. Este nível será responsável por coordenar o controle Primário dentro de um horizonte de curto prazo (minutos), implementando assim a melhor divisão de carga nos REDs (Load sharing). Este nível estará localizado no Sistema de Proteção e Controle da Subestação elevadora.
- *Controle Terciário (Tertiary Control)*: o terceiro e último nível de controle é responsável pela estratégia de operação de longo prazo de uma ou

mais Microgrids para uma determinada região. Uma funcionalidade típica deste nível seria uma ferramenta de previsão de geração de energia renovável. Para o estudo da planta de Tefé, este nível de controle não é necessário.

O Controle secundário possui um papel central no funcionamento da Microgrid, e a este nível hierárquico são fornecidas informações relevantes de todas as REDs disponíveis no sistema. Decisões de despacho de energia podem ser tomadas com base em medições instantâneas para operação ótima (ou quase ótima) ou em configurações pré-definidas com base em cenários de operação (CAÑIZARES e BEHNKE, 2013). A Figura 9 apresenta os *inputs* e *outputs* previstos para este nível hierárquico de controle.

Figura 9 - Controle Secundário com abordagem centralizada
Fonte: Cañizares e Behnke



3.3.2.2 Modo de Operação

Em resumo, o critério de despacho das UGDs e do Armazenamento de Energia por Baterias será:

- Durante a noite, às UGDs devem atender toda a carga, sendo acionadas conforme demanda;

- Durante o dia, às UGDs devem operar de forma a complementar a Geração fotovoltaica;
- Deve se prever 25% de margem de potência instalada em relação à demanda máxima diária, garantindo assim uma possível expansão da carga. A demanda máxima é de 13,842 MW, ocorrendo aos Domingos às 21hrs;
- À medida em que a geração fotovoltaica aumenta, as UGDs deverão ser desligadas automaticamente, de forma escalonada e unitária;
- À medida que decresce a geração fotovoltaica, as UGDs deverão ser acionadas, de forma escalonada e unitária, para complementar o déficit de energia;
- Os Geradores devem operar com uma carga mínima de 75%, evitando assim problemas no baixo aquecimento para a combustão do Diesel;
- Os Geradores podem operar com uma carga máxima de 110%, por até 40 segundos, sendo este o tempo necessário para que um Gerador adicional seja inserido no sistema, impedindo assim a sobrecarga nos Geradores;
- Rápidas variações na geração ou consumo de energia, que resultem em déficit de energia, serão atendidas emergencialmente pelo Sistema de Armazenamento por Baterias;
- De forma análoga, variações que resultem em superávit de energia serão armazenadas pelo mesmo sistema.

3.4 Diagrama de conexão da Planta

O Resultado final do dimensionamento da Planta de Geração de Energia, que toma como base os cálculos dos tópicos anteriores, esta descrito na Tabela 6.

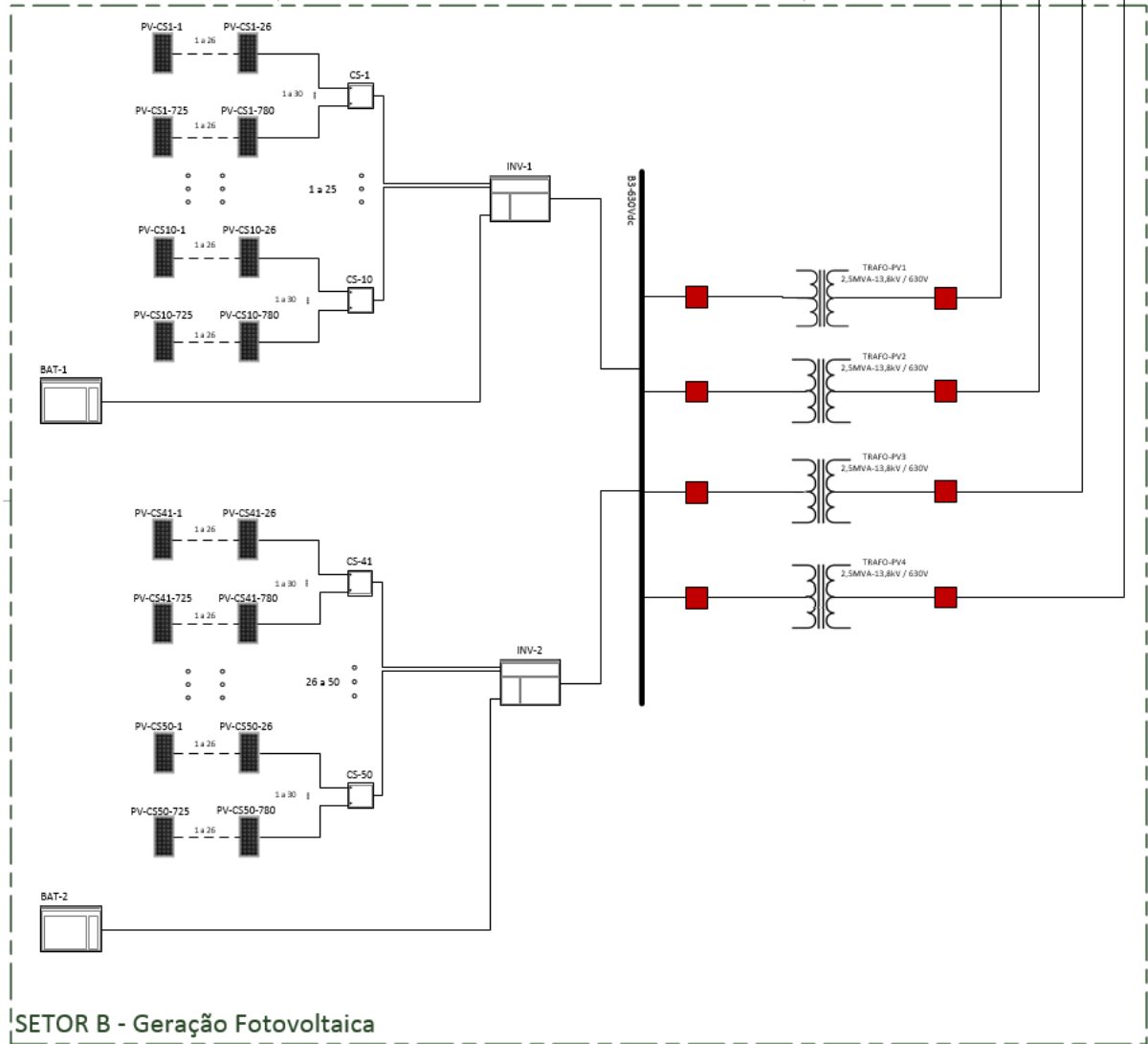
Nesta relação estão incluídos os componentes necessários para a geração fotovoltaica, geração diesel e para subestação elevadora de Tensão.

Tabela 6 - Principais Componentes da Planta de Geração de Energia de Tefé-AM

Planta de Geração Fotovoltaica	
Painéis por String	26 Painéis
Número de Strings por Concentrador de Strings	30 Strings
Numero de Concentrador de Strings	50 Concentradores
Numero de Inversores	2 Inversores de 4,63 MW
Número Efetivo Total de Painéis Fotovoltaicos	39.000 Painéis

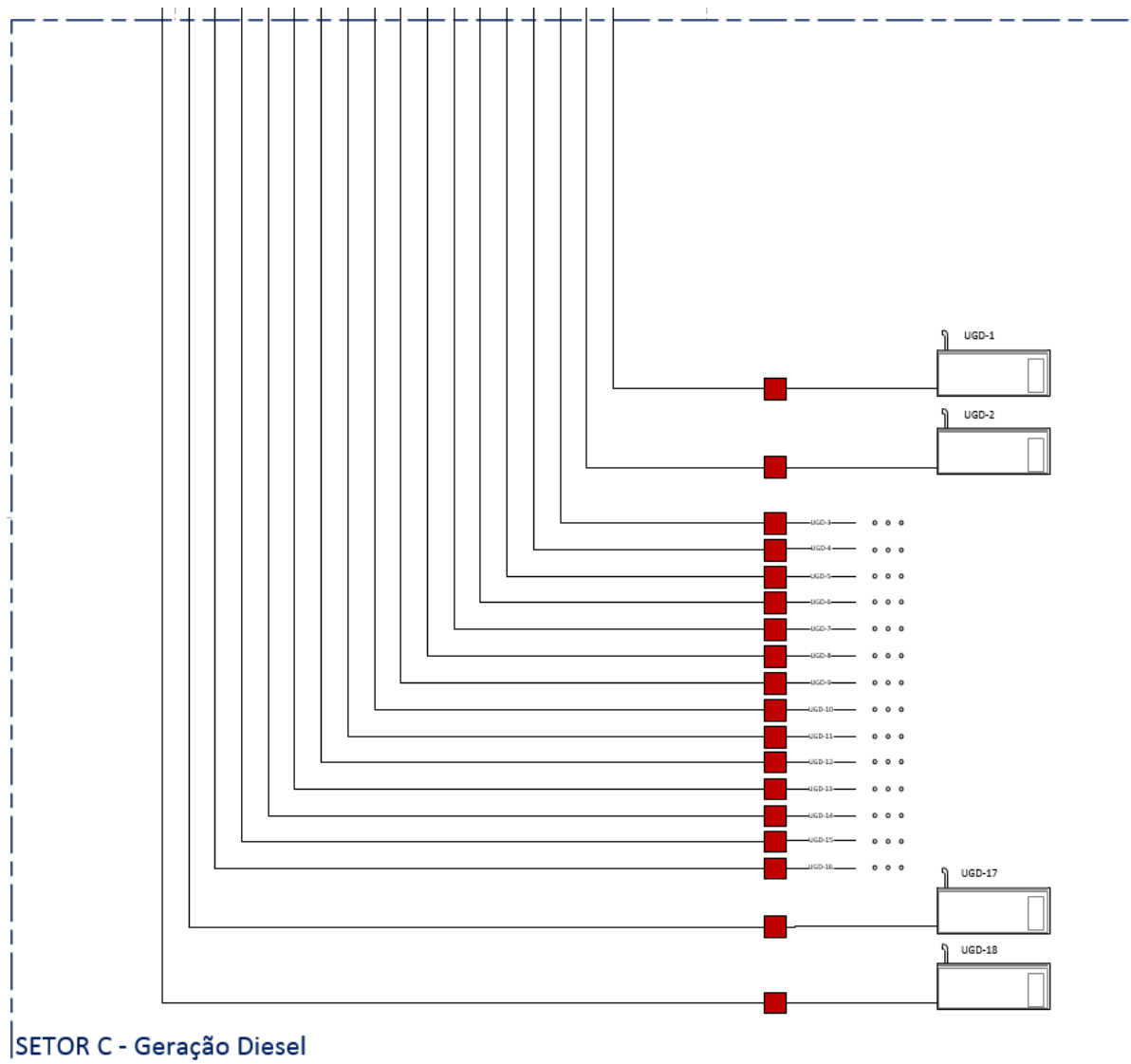
A Figura 11 exibe de forma simplificada a disposição e conexão dos componentes da geração fotovoltaica, localizados no Setor B da Planta.

Figura 11 - Diagrama Simplificado do Setor B da Subestação



A Figura 12 exibe de forma simplificada, a disposição e conexão dos componentes da geração diesel, localizados no Setor C.

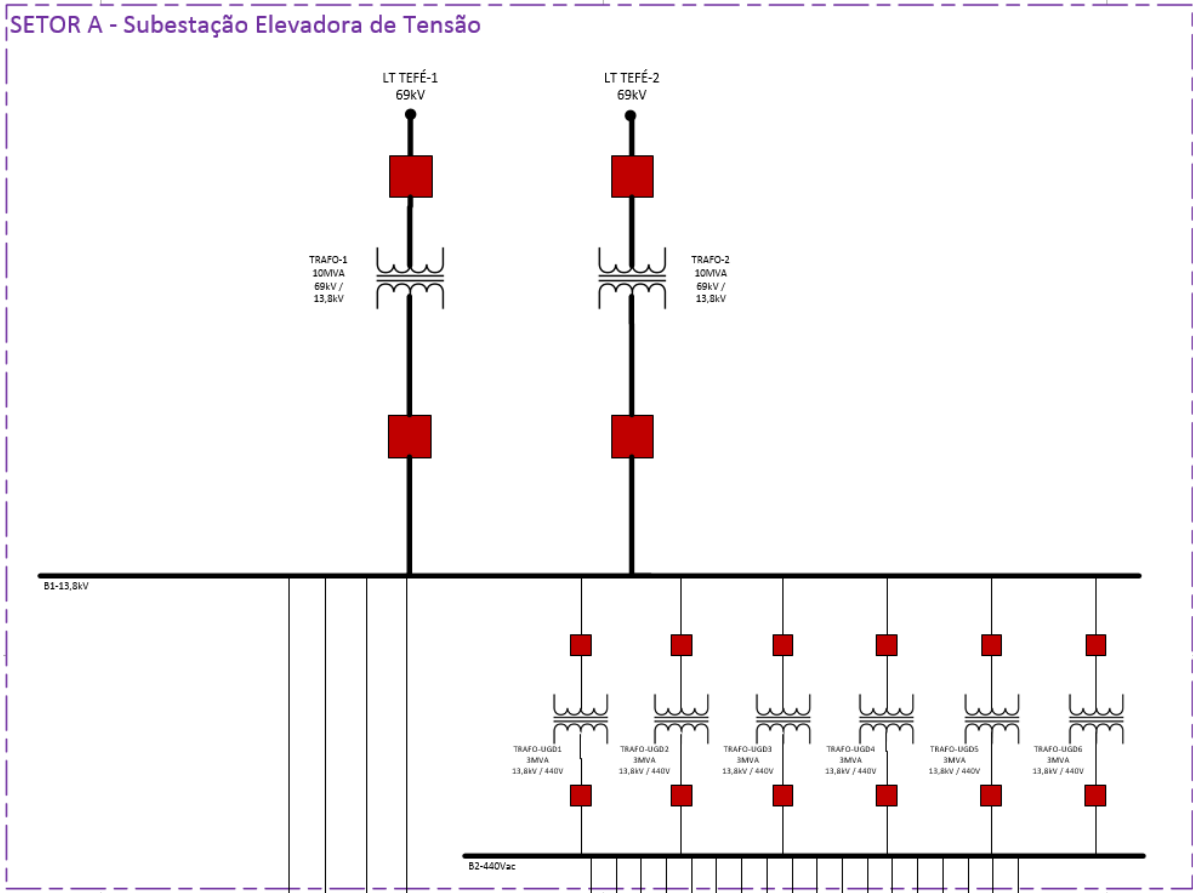
Figura 12 - Diagrama Simplificado do Setor C da Subestação



O último Setor a ser destacado é o Setor A, conforme Figura 13. Este Setor contém os principais componentes necessários para elevação da Tensão de Geração, com intuito de se transmitir para a comunidade de Tefé.

Como é possível visualizar na Figura 13, foram disponibilizadas duas linhas de Transmissão em Alta Tensão (69kV), conectadas à dois Transformadores elevadores, provendo assim a redundância na transmissão de energia para a comunidade.

Figura 13 - Diagrama Simplificado do Setor A da Subestação



4 VIABILIDADE DO PROJETO

Neste capítulo serão levantados todos os custos de implantação do sistema, chamados também de CAPEX (Capital Expenditures) e os custos de operação anuais da planta, chamados também de OPEX (Operational Expenditures).

Ao fim deste processo, será possível aplicar tais custos na fórmula padrão estabelecida pela ANEEL, que define o modo de remuneração para a energia gerada no sistema isolado.

Adicionalmente será realizada uma análise de impacto socioambiental. Uma estimativa de emissões evitadas de gases de efeito estufa será realizada, atrelando a partir deste resultado um benefício financeiro via incentivo governamental.

4.1 Análise Financeira

4.1.1 Metodologia

Antes de iniciar a análise da viabilidade financeira do projeto, é importante entender como será definida a receita da venda de energia. A exploração do serviço de geração de energia fora do Sistema Interligado Nacional é regulamentada através de Leilões de geração no sistema isolado, coordenados pela ANEEL.

A ANEEL reconhece como vencedor do leilão aquele que ofertar o menor Preço de Referência¹⁶, que representa o menor custo de geração em R\$/MWh. Este parâmetro deve incluir todos os custos fixos e variáveis, como também a parcela do retorno de investimento a ser aplicada para cada MWh gerado.

A Equação (23) define como o Preço de Referência (P_{ref}) deve ser contabilizado para empreendimentos que utilizem o Diesel como combustível principal:

$$P_{ref} = \frac{RAF}{E} + CVU_{O\&M} + i_m \times (P_m + P_{log} + P_{trib}) \quad (23)$$

Onde:

- P_{ref} = Preço de Referência, para fins de concorrência em Leilões, em R\$/MWh;
- RAF = Receita anual Fixa, para remunerar os custos de investimento e os custos fixos de operação e manutenção, referentes à energia anual entregue, em R\$/ano;

¹⁶ Último Edital ANEEL realizado é o Leilão 02/2016.

- E = Energia anual entregue;
- $CVU_{O\&M}$ = Custo variável de operação e manutenção da planta, em R\$/MWh;
- i_m = consumo específico dos equipamentos de geração Diesel, em lts/MWh;
- P_m = Preço médio do Diesel praticado pelos produtores e importadores na região Norte, em R\$/lts;
- P_{log} = Parcela de custos de logística a ser incluído no custo do Diesel, em R\$/lts;
- P_{trib} = Parcela de custos de tributação a ser incluído no custo do Diesel, em R\$/lts.

A receita oriunda da geração de energia será paga mensalmente ao Vencedor do leilão, e será definida como o produto da Energia consumida no mês, pelo Preço de Referência. Para facilitar a análise dos cálculos, nesta monografia estará sendo analisada a Receita anual, produto do Preço de Referência pela Energia anual consumida.

Para a localidade de Tefé, o último leilão realizado pela ANEEL estabelecia que os proponentes deveriam considerar um suprimento de Energia anual de 124,115 MWh, com uma potencia Instalada de 30MW¹⁷.

Os contratos de geração de energia possuem duração de 15 anos, sendo previstas atualizações monetárias para os índices que compõem o Preço de Referência (APÊNDICE L), a serem pleiteadas a cada doze meses. Para esta atualização, utiliza-se o índice IPCA.

É importante ressaltar que, por existir a possibilidade de atualizações monetárias anuais permitidas pela ANEEL, esta análise de viabilidade financeira não considerou o efeito da Inflação.

Para o cálculo dos custos envolvidos na implantação (CAPEX) e operação da planta híbrida (OPEX), que irão compor a RAF e o $CVU_{O\&M}$, foram utilizados custos expressos em R\$/MW ou R\$/MWh, baseados em dados de pesquisas e relatórios relacionados às instalações similares.

Quando aplicável, a conversão de valores em dólares para reais se baseou em uma cotação de R\$ 3,27¹⁸ para cada dólar americano. Foi considerada também a

¹⁷ No caso de Plantas híbridas, a ANEEL permite uma configuração diferente, desde que seguindo critérios específicos e previamente aprovados pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética.

necessidade de se atualizar os dados das pesquisas pelos índices de inflação correspondentes. Tanto para os valores em dólares e em reais, esta atualização se baseou nos índices divulgados por órgãos oficiais dos governos americano¹⁹ e brasileiro²⁰.

Além dos materiais envolvidos nestas soluções, estes custos consideram os serviços relacionados à mão de obra especializada, como também tributações praticadas no mercado de referência americano. Para efeito de estimativa, será acrescido apenas o imposto de importação de aproximadamente 14%, quando aplicável aos materiais importados previstos na solução.

Dessa forma, o chamado Custo Brasil²¹ para soluções deste tipo será desconsiderado, podendo ser foco de um estudo mais aprofundado posteriormente.

4.1.2 CAPEX e OPEX da Planta Fotovoltaica

A Planta de Geração Fotovoltaica dimensionada para Tefé possui uma capacidade instalada de 13,07 MW, podendo ser assim classificada como de grande porte. Foi considerado um CAPEX de R\$ 6,31 milhões/MW convertidos de dólares americanos, conforme composição de custos da Figura 14 (FU, CHUNG, et al., 2016) para uma Planta fotovoltaica de 10MW, similar à de Tefé.

¹⁸ Cotação oficial em 09/06/2017, disponível no site do Banco Central (<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/batch/taxas.asp?id=txdolar>)

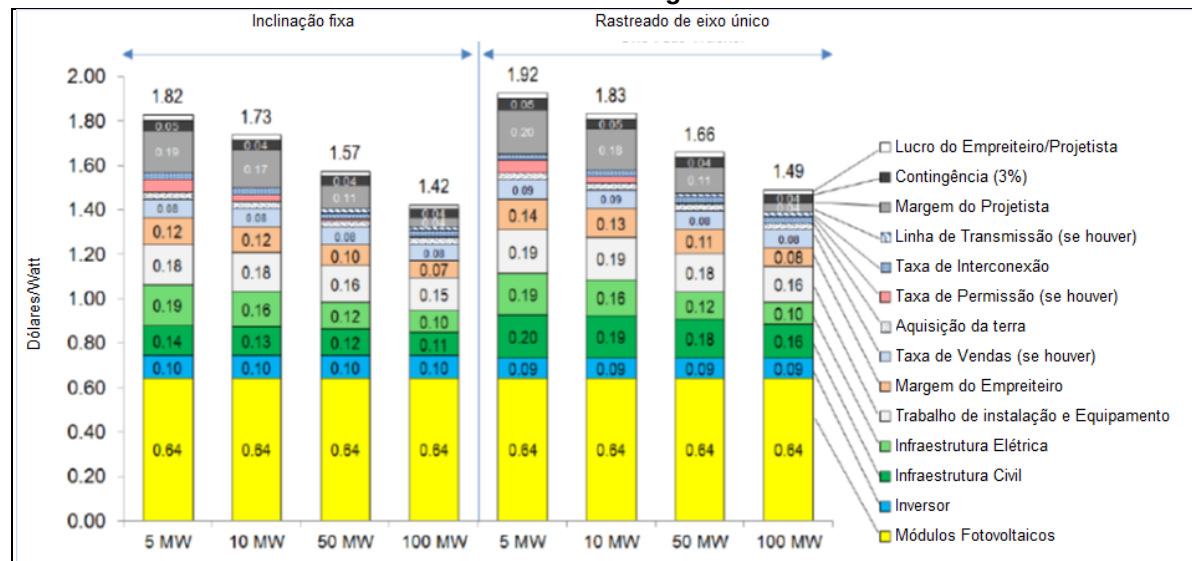
¹⁹ Bureau of Labor Statistics (https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm)

²⁰ Banco Central do Brasil (<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>)

²¹ Termo utilizado para descrever o custo adicional a ser considerado para o mercado brasileiro, relacionado às dificuldades de se realizar negócios.

Figura 14 - CAPEX de Plantas fotovoltaicas de grande porte (EUA-2015)

Fonte: Fu e Chung-NREL



Ao se utilizar os dados da Figura 14, chega-se a um CAPEX de R\$ 74,1 milhões. Quando se inclui o custo médio de 14% de importação dos materiais, uma vez que a indústria nacional ainda não fornece tais tecnologias para aplicações de grande escala, chega-se a uma CAPEX de R\$ 79,32 milhões.

Neste CAPEX já estão incluídos os custos da Subestação que irá atender ambas as Plantas de geração (simbolizado pelo custo Electrical BOS na Figura 14), uma vez que os transformadores e disjuntores de alta Tensão serão compartilhados (conforme Figura 13).

O OPEX da Planta Fotovoltaica envolve basicamente custos fixos de operação e manutenção do sistema, a serem posteriormente incluídos na RAF. O custo estimado é de R\$ 15,6/kW.ano (NREL Energy analysis, 2016), totalizando um custo fixo de R\$ 666,5 mil. Esta sendo considerada também uma depreciação na capacidade de geração fotovoltaica de 0,6% ao ano, diminuindo a penetração média renovável de 14,8% no primeiro ano de operação, para 13,6% no último ano de contrato.

A Tabela 7 apresenta de forma resumida os resultados de custos financeiros encontrados para os diversos elementos que compõe a solução Fotovoltaica.

Tabela 7 - Consolidação dos Custos da Planta Fotovoltaica

CAPEX	
Sistema de Armazenamento de Energia por Baterias	R\$ 1.471.500,00
Inversores de Tensão	R\$ 2.982.240,00
Painéis fotovoltaicos	R\$ 27.342.432,00
<i>Infraestrutura Civil da Planta</i>	<i>R\$ 5.553.931,50</i>
<i>Infraestrutura Elétrica da Planta</i>	<i>R\$ 6.835.608,00</i>
Serviços de Instalação e Equipamento	R\$ 7.690.059,00
Lucro do empreiteiro (EPC Overhead)	R\$ 5.126.706,00
Taxas de Vendas	R\$ 3.417.804,00
Custo do projetista	R\$ 13.243.990,50
Lucro líquido do Empreiteiro e Projetista	R\$ 427.225,50
Impostos Equipamentos Importados (14%)	R\$ 5.229.014,49
Total	R\$ 79.320.510,99
OPEX (15 anos de contrato)	
Custos Fixos de O&M	R\$ 9.997.076,70
Total	R\$ 9.997.076,70

4.1.3 CAPEX e OPEX da Planta Diesel

A Planta de Geração Diesel possui uma capacidade instalada de 19 MW, com um custo estimado de R\$ 2,21 milhões/MW, com base em uma média de custos para diferentes países (BAURZHAN e JENKINS, 2017), totalizando R\$ 42,02 milhões de CAPEX.

O OPEX desta planta se diferencia substancialmente da solução fotovoltaica. Neste caso, os custos de operação apresentam um impacto maior no contrato, se comparado ao seu CAPEX.

O custo fixo de operação estimado é de R\$ 292,8 mil/MW.ano (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), totalizando R\$ 5,56 milhões. Ele envolve encargos relacionados à mão de obra especializada na operação, materiais de trabalho, aluguel do terreno, dentre outros.

Os custos de operação variáveis podem ser divididos em dois grupos: relacionados e não relacionados ao combustível, sendo o custo variável associado ao consumo de combustível o responsável pelo maior impacto dentre todos os custos de OPEX.

Para esta solução, está sendo considerado um consumo (*im* da Equação (23)) inicial de 238 litros/MWh no primeiro ano (consumo médio de 255 litros/MWh, similar a UGD da proposta do APÊNDICE I). Ao se considerar um aumento anual de consumo da ordem de 1% ao ano, para o décimo quinto ano de contrato é previsto um consumo de 273,33 litros/MWh. O custo total do Diesel considerado é de R\$

2,96/litro (valor similar ao utilizado na proposta do APÊNDICE I), sendo este custo composto por parcelas que envolvem encargos logísticos e tributários.

Dessa forma, o custo de operação variável relacionado ao combustível seria de R\$ 74.483.515,13 no primeiro ano, alcançando R\$ 86.819.596,39 no último ano de contrato.

Para o custo de operação variável, não relacionado ao combustível, esta sendo considerado um valor unitário de R\$ 28,21/MWh (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), totalizando R\$ 2,98 milhões no primeiro ano. Relacionados a este custo, estão os encargos de peças de reposição, incluindo uma reforma significativa das UGDs após 15.000 horas de operação.

A Tabela 8 apresenta de forma resumida os custos associados à implantação e operação da Planta Diesel. É possível notar que não foram contabilizados, nesta estimativa, custos de Infraestrutura Civil e Elétrica da Planta (apenas das UGDs em si). Isso se deve ao fato de que tais custos já estarem incluídos na análise para a Planta Fotovoltaica, devido ao compartilhamento de tais infraestruturas.

Tabela 8 - Consolidação dos Custos da Planta Diesel

CAPEX	
Geradores, Infraestrutura e Serviços de Montagem	R\$ 42.017.564,16
Total	R\$ 42.017.564,16
OPEX (15 anos de contrato)	
Custos Fixos de O&M	R\$ 83.503.094,40
Custos Variáveis de O&M	R\$ 1.252.766.915,98
Total	R\$ 1.336.270.010,38

4.1.4 Retorno do Investimento

Para a análise do retorno do investimento, foi considerado um cenário sem inflação, uma vez que a ANEEL permite a atualização monetária dos itens que compõe o Preço de Referência. Dessa forma, todos os valores do fluxo de caixa foram analisados em valores presentes para o ano de 2017 sem a necessidade de correção por uma estimativa de inflação.

O CAPEX total considerado foi de R\$ 121,3 milhões, sujeito a uma taxa de juros de empréstimo de 3% ao ano acima da inflação. O OPEX médio anual contabilizado foi de R\$ 89,75 milhões, totalizando aproximadamente R\$ 1,35 bilhão.

Adicionalmente foi considerado um ressarcimento pela depreciação dos ativos de 4% ao ano, e que ao final do período de concessão da operação, as instalações passarão a ser de propriedade de empresas do grupo ELETROBRAS²².

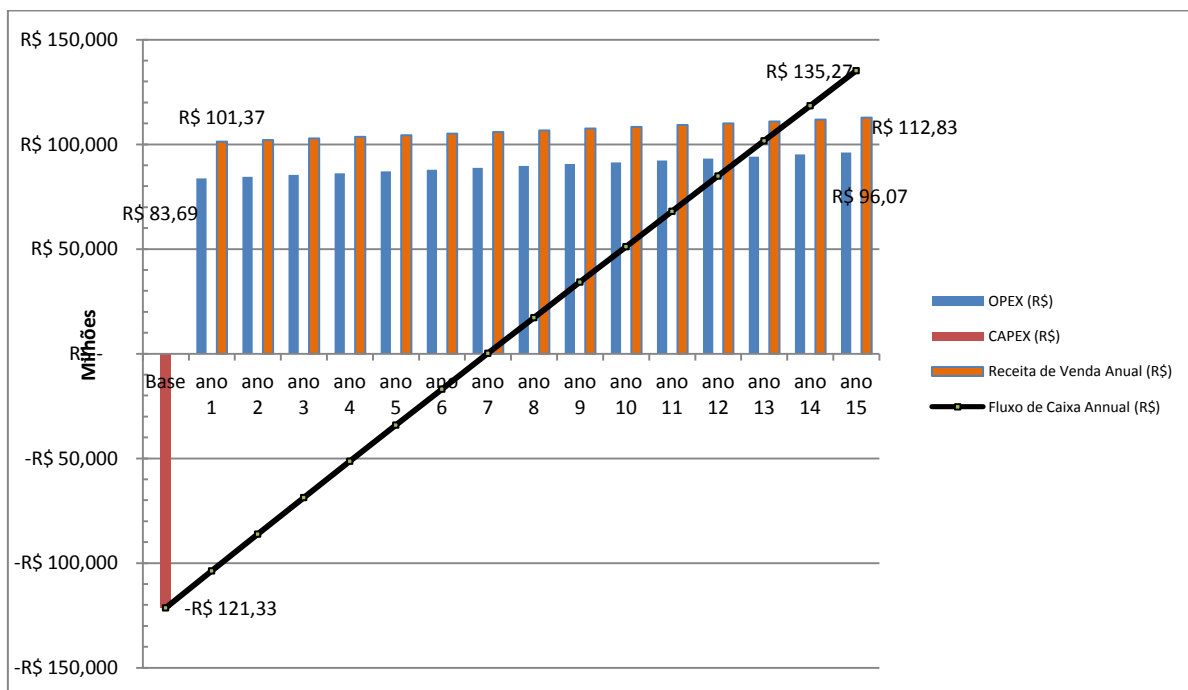
Como remuneração pela operação anual da planta, foi considerada uma taxa de 10% ao ano sobre o valor de OPEX anual. Este valor compôs o cálculo da parcela RAF que faz parte do Preço de Referência.

O resultado desta análise mostrou que com um Preço de Referência médio de R\$ 1.007,33/MWh, incluindo impostos²³ e a ser multiplicado pelo consumo de Energia anual projetada no período do contrato, é possível obter um Lucro médio de 16%²⁴ ao longo dos quinze anos de contrato. E com essa projeção de Receita anual aproximada de R\$ 106,86 milhões (sem incluir impostos), o Payback viria no sétimo ano de operação (ver APÊNDICE J e Figura 15).

O Preço de Referência de R\$ 1.007,33/MWh se mostra competitivo ao se comparar com o valor vencedor de R\$ 1.152,23/MWh, proposto no último Leilão ANEEL que incluía a comunidade de Tefé (ver APÊNDICE K).

A Figura 15 apresenta de forma resumida os principais indicadores financeiros encontrados na análise.

Figura 15 - Principais indicadores financeiros



²² Sociedade de economia mista e de capital aberto sob controle do Governo Federal brasileiro.

²³ Foi considerado 17% de impostos, referente às alíquotas de ISS e PIS/Cofins.

²⁴ EBIT (Earning Before Interest and Taxes) ou LAJIR em português (Lucro antes dos Juros e Tributos)

Com a adoção da tecnologia Fotovoltaica, será possível economizar aproximadamente R\$ 13,81 milhões anuais, ao se evitar a utilização da Geração Diesel que representa um elevado custo variável de operação (combustível e manutenção). Ao longo do contrato de quinze anos serão economizados aproximadamente R\$ 207,15 milhões, economia 161% superior ao CAPEX do sistema fotovoltaico.

Vale ressaltar que esta economia pode ser ainda maior no futuro caso haja uma inflação do combustível superior ao IPCA, índice oficial de atualização permitido pela ANEEL.

4.2 Análise de Impacto Socioambiental

Existem diversas abordagens utilizadas para justificar a utilização de Plantas Híbridas em detrimento de soluções que se utilizam apenas de combustíveis fósseis. Uma dessas abordagens procura apresentar modelos que estabeleçam, através de valores econômicos, os benefícios destas soluções para a sociedade e o meio ambiente.

Alguns países²⁵, como Suécia e Finlândia, inclusive já se utilizam de tais métodos para taxar oficialmente emissões de gases poluentes, no intuito de se incentivar a adoção de tecnologias renováveis.

A Equação (24) procura primeiramente quantificar as emissões de CO₂ evitadas ao se utilizar uma fonte renovável:

$$E_{CO_2} = P_{GP} E_{PV} \quad (24)$$

Onde:

- P_{GP} = Intensidade de carbono por unidade de energia Gerada, em kg/MWh;
- E_{PV} = Energia anual gerada, a partir de fontes renováveis, em MWh.

Considerando que a média da intensidade de carbono na geração de energia seja aproximadamente 195 kg/MWh (WORKING GROUP C6.22, 2015), e a geração de energia fotovoltaica total do primeiro ano seja de 18.382,11 MWh, a emissão anual evitada de carbono será:

²⁵ Relatório obtido do site Carbon Tax Center (<https://www.carbontax.org/where-carbon-is-taxed/#Other>)

$$E_{CO_2} = 195 \times 18.382,11 = 3,58 \times 10^6 \text{ kg} \quad (25)$$

O aplicar este mesmo cálculo para os outros catorze anos de contrato, chega-se a uma estimativa total 51,6 mil toneladas de CO₂ evitadas. Com esta estimativa de toneladas na emissão, é possível correlacionar este valor a um benefício econômico sócio ambiental.

Para isso, pode se utilizar como base a política de taxaço de carbono aplicada pelo governo Canadense (BRITISH COLUMBIA GOVERNMENT) desde 2008, e em processo de aumento na taxaço a partir de 2018.

O governo da Columbia Britânica estabeleceu um custo de emissão de carbono de 10 CD\$/t em 2017 e 2018, aumentando 10 CD\$ por ano a partir de 2019, com limite de 50 CD\$ a ser alcançado em 2022.

Ao aplicar estas taxaçoes ao cenário de operação da Planta de Tefé teríamos, utilizando uma cotaço de R\$ 2,485²⁶ para cada dólar canadense, um benefício socioambiental de R\$ 221.351,65 no primeiro ano, aumentando de forma progressiva até 2022, se estabilizando a partir de 2023 em um benefício anual aproximado de R\$ 1.017.330,71. Ao todo seriam economizados R\$ 12.849.442,75 nos quinze anos de contrato.

Estudos indicam (MORRIS, 2013) que algo precisa ser feito para alterar os impactos provenientes do efeito estufa. O aumento das temperaturas irá elevar o nível dos mares, produzindo de forma mais frequente eventos climáticos extremos e danosos, como secas, incêndios, ondas de calor e tempestades. Tais mudanças irão desencadear alterações no ecossistema e na produção de alimentos, aumentando o numero de mortes relacionadas ao calor, necessitando assim de gastos na adaptação para este novo cenário.

Dessa forma, iniciativas de taxaço de carbono, como a do governo Canadense, podem fomentar ainda mais soluçoes renováveis.

²⁶ Cotaço oficial em 09/06/2017, disponível no site do Banco Central (<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/batch/taxas.asp?id=txdolar>)

5 CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que a utilização de Plantas Híbridas, também conhecidas na literatura especializada como Microgrids, oferecem diversas vantagens para consumidores ou usinas produtoras de energia, melhorando a eficiência energética, minimizando o consumo global de combustível, reduzindo o impacto ambiental, aumentando a confiabilidade do fornecimento de energia, dentre outros benefícios já mencionados na literatura.

Para o caso de Tefé, objeto deste estudo, que é similar a centenas de comunidades espalhadas na região Amazônica, esta solução se mostrou viável economicamente, mesmo se forem levadas em consideração as inúmeras aproximações de custos baseadas em pesquisas no Brasil e exterior.

Mostrou-se que o Preço de Referência da Planta de Geração projetada foi 12,6% menor do que o valor vencedor do último Leilão Aneel (APÊNDICE K), o que tornaria esta solução uma potencial vencedora. No cenário estudado, foi definido um lucro EBIT médio de 16% ao ano, considerado satisfatório para os padrões de investimentos atuais, sendo o Payback do investimento obtido no sétimo ano de operação. Outro benefício observado foi a diminuição na exposição ao aumento de custos dos combustíveis fósseis (óleo diesel) durante o contrato, algo que pode impactar consideravelmente o lucro devido a grande participação que os combustíveis têm nos custos da Planta.

Na esteira dos benefícios econômicos apontados, mostrou-se que mais de 51 mil toneladas de CO₂ deixariam de ser emitidas na atmosfera ao longo dos quinze anos de operação. Atualmente no Brasil não há uma taxação na emissão de gases de efeito estufa, porém com a assinatura das metas estabelecidas no Acordo de Paris (APÊNDICE M) existe uma expectativa de que nos próximos anos algum tipo de mecanismo seja criado para regulamentar esta recomendação. De acordo com o tratado, o Brasil se comprometeu em diminuir a emissão de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025.

A Planta proposta neste estudo possui também o potencial de ajudar o Brasil na diversificação da Matriz energética para sistemas isolados. Ela utiliza conceitos inovadores, e poderia ser enquadrada entre as maiores Plantas de geração Híbrida do mundo. O Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) já reconheceu os benefícios de soluções como esta e aprovou em Março de 2017 condições especiais

de financiamento para empreendimento de geração renovável da segunda etapa do Leilão 002/2016 (APÊNDICE N).

Tecnicamente a solução se mostrou viável graças ao advento de tecnologias específicas para aplicações de larga escala, como inversores de grande capacidade, combinadores de strings fotovoltaicas, armazenadores de energia e sistemas controladores da qualidade de energia especificados neste estudo. Como foi mencionado no item 3.3, contemplam-se para plantas deste porte, um sistema de controle de tensão e frequência, e uma inteligência computacional que prioriza fontes renováveis, garantindo assim a estabilidade da energia com o melhor custo benefício para a operação.

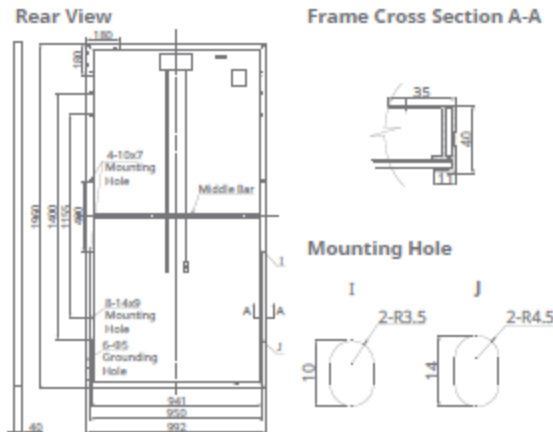
Para o caso estudado, deve ser lembrado que a demanda pelo aumento na geração de energia tende a continuar, como também a preocupação na diminuição dos impactos ambientais pelo uso de combustíveis fósseis. Este cenário faz com que soluções como esta de Tefé sejam aplicadas, não apenas no Brasil, como também em outras partes do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

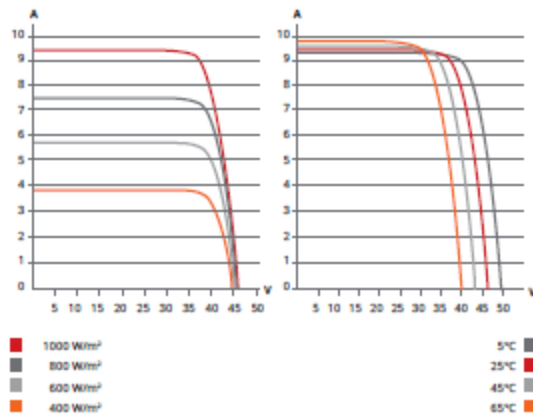
- BAURZHAN, S.; JENKINS, G. P. On-Grid Solar PV versus Diesel Electricity Generation in Sub-Saharan Africa: Economics and GHG Emissions. MDPI, Basel, p. 3-5, Março 2017.
- BRITISH COLUMBIA GOVERNMENT. Climate Planning & Action. Carbon Tax. Disponível em: <<http://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/climate-change/planning-and-action/carbon-tax>>. Acesso em: 16 Junho 2017.
- CAÑIZARES, C. A.; BEHNKE, R. P. Trends in Microgrid control. IEEE. [S.l.]. 2013.
- CRESESB. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2001.
- DENHOLM, P.; DRURY, E.; MARGOLIS, R. The Solar Deployment System (SolarDS) Model: Documentation and Sample Results. NREL. Golden. 2009.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Avaliação de alternativa de suprimento em sistemas Isolados do Acre. EPE. Rio de Janeiro, p. 10-14. 2014.
- FU, R. et al. U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2016. NREL. Golden, Colorado. 2016.
- GLATZMAIER, G. Summary Report for Concentrating Solar Power Thermal Storage Workshop. NREL. Golden, Colorado. 2011.
- MENDELSON, M.; LOWDER, T.; CANAVAN, B. Utility-Scale Concentrating Solar Power and Photovoltaics Projects: A Technology and Market Overview. NREL. Golden, Colorado. 2012.
- MORRIS, A. C. Proposal 11: The Many Benefits of a Carbon Tax. The Brookings Institution. Washington. 2013.
- NASA. Surface Meteorology and Solar Energy. Disponível em: <<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>>. Acesso em: 13 Maio 2017.
- NREL Energy analysis. Distributed Generation Energy Technology Operations and Maintenance Costs, 2016. Disponível em: <http://www.nrel.gov/analysis/tech_cost_om_dg.html>. Acesso em: 11 Junho 2017.
- SIESTORAGE supporting renewable generation integration. Power supply solutions, Erlangen. Disponível em: <<http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/en/mv/power-supply-solutions/siestorage/pages/siestorage.aspx>>. Acesso em: 02 Junho 2017.
- WORKING GROUP C6.22. Microgrid 1 Engineering, Economics & Experience. CIGRÉ. [S.l.]. 2015. (978-2-85873-338-5).

APÊNDICE A - Características do Painel Fotovoltaico CS6U-335M

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6U-335M / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	325M	330M	335M	340M
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W	340 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.4 V	37.5 V	37.8 V	37.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.69 A	8.80 A	8.87 A	8.97 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.8 V	45.9 V	46.1 V	46.2 V
Short Circuit Current (Isc)	9.21 A	9.31 A	9.41 A	9.48 A
Module Efficiency	16.72 %	16.97 %	17.23 %	17.49 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500 V (IEC) or 1500 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 x 12)
Dimensions	1960 x 992 x 40 mm (77.2 x 39.1 x 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	PV1500DC-F1 4 mm² (IEC) & 12 AWG 2000 V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6U	325M	330M	335M	340M
Nominal Max. Power (Pmax)	235 W	238 W	242 W	245 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.1 V	34.2 V	34.5 V	34.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.88 A	6.96 A	7.01 A	7.10 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.0 V	42.1 V	42.3 V	42.4 V
Short Circuit Current (Isc)	7.46 A	7.54 A	7.62 A	7.67 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.5 % from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

PARTNER SECTION



APÊNDICE B - Características do Inversor de Tensão APS 4560-PV

WSTECH

APS-PV-Series 1500 V_{DC}

Outdoor PV hybrid inverters, with output power ranging from 1000 up to 4560 kVA.

The APS-Series 1500 V_{DC} outdoor PV central inverter is the most cost-effective solution for large scale PV installations.

The APS is a turnkey solution made for the most demanding environments.

- ✓ **Ready for 1500 V_{DC} systems** – Breakthrough technology for the newest PV installations.
- ✓ **IP65 outdoor cabinet** – Hermetically sealed against heavy dust, sand and rain.
- ✓ **Two redundant cooling systems** ensuring energy production up to 60 °C ambient.
- ✓ **Low maintenance heat exchangers** – Automatic cleaning function of the water-to-air heat exchanger. Easy to clean air-to-air heat exchanger with no filter mats.
- ✓ Internal maintenance free **patented air dryer** to avoid condensation.
- ✓ **AC circuit breaker** built-in.
- ✓ **Fuse protected DC combiner**.
- ✓ **DC-coupling** in case of an inverter module fault.
- ✓ **Modbus TCP or Real-Time Ethernet** communication interfaces.
- ✓ **Configurable hybrid system** for solar, storage applications (connect PV and batteries to different inverter modules) and STATCOM function.

wstech.com

MADE IN GERMANY

WSTECH

APS-PV-Series 1500 V_{DC} – 630 V_{AC}

1140 ... 4560 kVA

(I) TECHNICAL DATA

	APS 1140-PV	APS 2280-PV	APS 3420-PV	APS 4560-PV	COMMENTS
GRID SIDE					
Maximum AC-power (S_{max})	1140 kVA	2280 kVA	3420 kVA	4560 kVA	At rated grid voltage
Rated AC-power ($P_{N(AC)}$)	1140 kW	2280 kW	3420 kW	4560 kW	At ($\cos \phi$) = 1.0
Number of Apparent Power Units (APU)	1	2	3	4	
Number of independent grids	1		2		
Rated grid voltage ($U_{N(AC)}$)		630 V			3~, phase-to-phase
Grid Voltage range		+/- 10% of $U_{N(AC)}$			
Rated grid frequency (f)		50 Hz			60 Hz option available
Network configuration		IT-grid			
Maximum AC-current per APU ($I_{max(AC), APU}$)		1050 A			
Maximum AC-current – APS ($I_{max(AC), APS}$)	1050 A	2 x 1050 A	3 x 1050 A	4 x 1050 A	
Maximum short circuit level ($I_{SC(AC), APS}$)		50 kA			
Power factor ($\cos \phi$)		> 0.98			At > 20 % of rated power
AC-current distortion (THD)		< 3 %			
DC SIDE					
Independent DC sources	1		2		Depending on configuration
Nominal DC-voltage ($U_{N(DC)}$)		1000 V			
Maximum DC-voltage ($U_{max(DC)}$)		1500 V			Depending on application
Minimum DC-voltage ($U_{min(DC)}$)		958 V / 1054 V			At 100 % / 110 % nominal grid voltage
Maximum DC-current ($I_{max(DC)}$)	1220 A	2 x 1220 A	3 x 1220 A	4 x 1220 A	
Maximum short circuit level ($I_{SC(DC), APS}$)		6.4 kA / 30 kA			Without / With DC-fuses
Rated DC-power ($P_{N(DC)}$)	1159 kW	2317 kW	3476 kW	4634 kW	
Maximum capacity against earthing		2000 μ F			For each IT-grid

wstech.com

MADE IN GERMANY

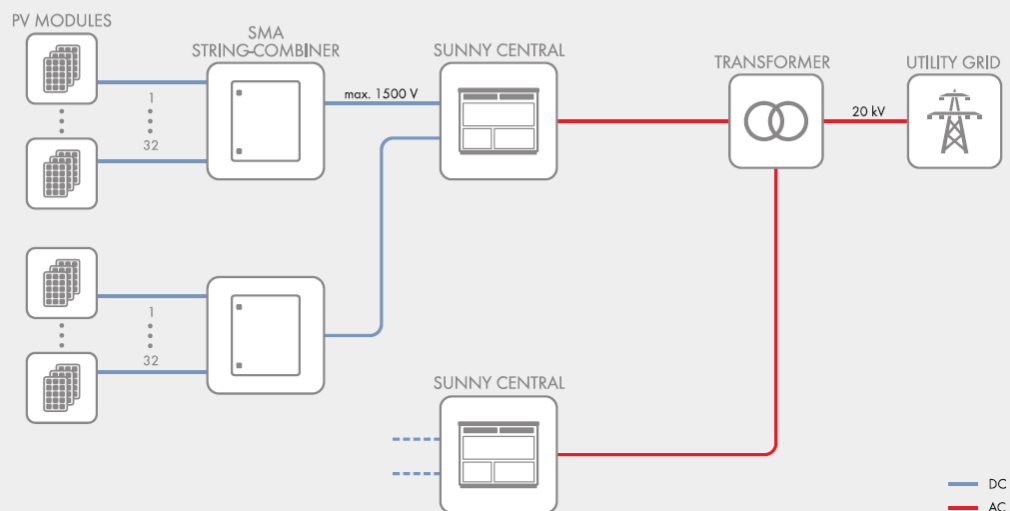
9/17

APÊNDICE C - Características do Concentrador de Strings DC-CMB-U15-32

SMA STRING-COMBINER for 1500 V_{DC} systems

Technical Data	DC-CMB-U15-16	DC-CMB-U15-24	DC-CMB-U15-32
Input (DC)			
Rated voltage	1500 V	1500 V	1500 V
Altitude derating (rated voltage)	2001 m to 3000 m above MSL = reduction by 1.0% per 100 m 3001 m to 4000 m above MSL = reduction by 1.2% per 100 m		
Number of string inputs / fuse holders per pole	16	24	32
Rated current	17.2 A	13.75 A	10.31 A
Fuse type*	10.3 x 85 - 1500 VDC - gPV		
String connection	Connection to the fuse holder		
Sealing range of cable gland	5 mm to 8 mm		
Output (DC)			
Rated current	275 A	330 A	330 A
Temperature derating (rated current)	>50 °C operating temperature = reduction by 1% per K		
DC switch (load-break switch)	400 A / 1500 V	400 A / 1500 V	400 A / 1500 V
Surge arrester	Type 2, I _n = 15 kA; I _{max} = 40 kA		
DC output	Busbar (ring terminal lug M12)		
Number of DC outputs	1	1 / 2	1 / 2
Conductor cross-section	Busbar 70 mm ² to 400 mm ²		
Sealing range of cable glands	17 mm to 38.5 mm	17 mm to 38.5 mm	17 mm to 38.5 mm
Enclosure / Ambient Parameters			
IP degree of protection according to IEC 60529	IP 54 / self-ventilated	IP 54 / self-ventilated	IP 54 / self-ventilated
Enclosure material	Glass-fiber reinforced plastic / UV-resistant		
Dimensions (W / H / D), wall mounting bracket and string cable harness included	550 / 650 / 260 mm (21.65 / 25.59 / 10.24 inch)		590 / 790 / 285 mm (23.23 / 31.10 / 11.22 inch)
Max. weight	25 kg (55 lb)	28 kg (62 lb)	40 kg (88 lb)
Protection class (according to IEC 60529)	II	II	II
Mounting type	Wall mounting		
Ambient temperature in operation / during storage	-25 °C to +60 °C / -40 °C to +70 °C		
Relative humidity	0% to 95%, non-condensing		
Max. altitude above MSL	4000 m	4000 m	4000 m
Standards			
Compliance	CE, IEC 61439-1, IEC 61439-2		
* accessory required			

SYSTEM EXAMPLE



APÊNDICE D - Características da UGD SF-480 TA-LG

SYNGAS ENGINES AND GENSETS FOR LAND APPLICATION

ENGINES				GENSETS				
CONTINUOUS DUTY (kWb)				CONTINUOUS DUTY (KWe)				
Engine Type	N° CYL	Displacement Liters	1200 rpm	1500 rpm	1800 rpm	1200 60Hz	1500 50Hz	1800 60Hz
SFGD 180	6L	12	209	263	283	199	253	271
SFGD 240	8L	24	281	350	377	269	338	362
SFGD 360	12V	36	418	526	565	401	508	544
SFGD 480	16V	48	561	700	754	541	678	729
SFGD 560	16V	56	590	735	-	569	711	

LHV:4.57 MJ/Nm³ Cos phi=1

DUAL FUEL ENGINES AND GENSETS FOR LAND APPLICATION

ENGINES			GENSETS		
Engine Type	N° CVL	Displacement	CONTINUOUS DUTY (kWb)		
			1500 rpm	1800 rpm	60Hz KWe
SFD 180	6L	12	360	407	347
SFD 240	8L	24	480	543	464
SFD 360	12V	36	720	815	698
SFD 480	16V	48	960	1087	930

Cos phi=1

DIESEL ENGINES AND GENSETS FOR LAND APPLICATION

GENSETS									
ENGINES					GENSETS				
CONTINUOUS DUTY (kWb)			PRIME DUTY (kWb)		CONTINUOUS DUTY			PRIME DUTY	
Engine Type	N° CYL	Displacement	1500 rpm	1800 rpm	1500 rpm	1800 rpm	50Hz KWe	60Hz KWe	60Hz KWe
SF 180 TA-LG	6L	12	395	410	425	445	381	394	409
SF 240 TA-LG	8L	24	525	545	565	590	507	525	542
SF 360 TA-LG	12V	36	785	820	850	890	760	791	820
SF 480 TA-LG	16V	48	1045	1095	1130	1180	1012	1056	1092

Cos phi=1

Cos phi=1

APÊNDICE E - Transformador de Entrada da Subestação

2017-6-2

Tela Impressão

	FOLHA DE DADOS	Data : 2 / Jun / 2017
Linha de Produto: Transformadores de Força		
Características		
Potência: 10000/12500 kVA Norma de Fabricação: NBR 5356 Refrigeração: ONAN/ONAF - Óleo Natural, Ar Natural com segundo estágio com Óleo Natural, Ar Forçado Imerso em óleo Isolante mineral Classe de Tensão (kV): 72,5 KV Tensão Primária: 69,0 kV $\pm$ 8 x 1,25% Tensão Secundária: 13800/7967 V Primário: Triângulo (delta) Secundário: Estrela com neutro acessível Deslocamento Angular: 30°	Frequência nominal: 60 Hz Elevação de Temperatura: 65° C no ponto médio dos enrolamentos NBI - Primário: 350kV NBI Secundário: 110 kV Pintura externa anticorrosiva com acabamento na cor cinza claro Munsell N6.5 Perdas em vazio (perdas no ferro): Sob Consulta Perdas totais: Sob Consulta Corrente de excitação: 0.75 % Impedância a 75° C: 8 % Comprimento (C) : 3200 mm Largura (L) : 3230 mm Altura (A) : 3690 mm Peso: 17000 kg Valores garantidos potência nominal no tap de maior tensão	
Acessórios incluídos		
Acionamento externo do comutador Conservador com bujão de drenagem e niple de enchimento Rodas bidirecionais lisas Placa de identificação e diagramática Apoio para macaco Oihal para suspensão do transformador montado Oihal para suspensão da tampa e da parte ativa Secador de ar com sílica gel Indicador magnético de nível de óleo com 2 contatos Niple para enchimento Válvula de drenagem, conexão para filtro-prensa e amostragem Dispositivo de alívio de pressão Caixa de terminais dos aparelhos auxiliares Relê detector de gás com 2 contatos Termômetro do óleo com 2 contatos Abertura para inspeção Bucha AT condensiva Bucha BT com terminal 10 a 70mm² Radiadores destacáveis com válvula inferior Terminal de aterramento para cabo de 50 a 120 mm² Indicador de temperatura do enrolamento com 3 contatos Moto-ventiladores para ventilação forçada		

APÊNDICE F - Transformador para o Inversor de Tensão (TRAFO-PV)

Características Básicas Transformadores Geafol Classe 15 kV

Tensão Primária:
13,8/13,2/12,6/12,0/11,4 kV

Tensão Secundária:
Conforme tabela ao lado

Frequência: 60 Hz

Grupo de Ligação: Dyn1

Norma: NBR 10295

Nível de Isolamento
AT: 34/95 kV BT: 4/- kV

Impedância: 5,75%

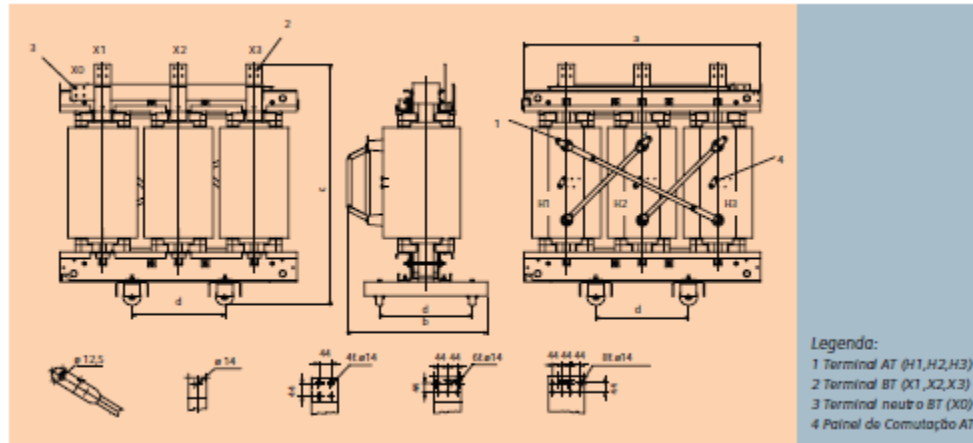
Classe Térmica: F (155°C)

Posição dos Terminais
AT: Superior BT: Superior

Nível de Ruído:
Conforme NBR 10295

Potência (kVA)	BT (V)	Perdas			Dimensões (ver desenho pág. 7)				
		Io (%)	Po (W)	Pk (W)	a	b	c	d	Massa (kg)
750	220	2.00	2750	10900	1660	905	1495	670	2000
	380	2.00	2650	10000	1650	905	1495	670	2100
	440	2.00	2650	9900	1580	905	1495	670	2100
1000	220	1.50	2700	13600	1710	915	1735	670	2400
	380	1.50	2700	12000	1700	915	1715	670	2400
	440	1.50	2800	12000	1620	915	1735	670	2400
1250	220	1.20	3600	18900	1750	925	1895	670	2800
	380	1.20	3100	14300	1710	920	1895	670	2900
	440	1.20	3100	13500	1750	920	1890	670	2900
1500	380	1.00	3900	15300	1820	940	1925	670	3400
	440	1.00	3600	15000	1820	940	1925	670	3400
2000	380	0.90	4900	20400	1990	1055	1885	820	4300
	440	0.90	5300	20100	1990	1055	1885	820	4300
2500	380	0.60	6100	25200	2110	1075	2045	820	5400
	440	0.60	5800	23300	2160	1075	2045	820	5500

Dimensões do transformador



Para as dimensões a), b), c) e d), veja página 8

APÊNDICE G - Transformador para as UGDs (TRAFO-UGD)

2017-6-2

Tela Impressão

	FOLHA DE DADOS	Data : 2 / jun / 2017
Linha de Produto: Transformadores Industriais		
Características		
Potência: 3000 kVA Norma de Fabricação: NBR 5356/93 Refrigeração: ONAN - Óleo Natural, Ar Natural - imerso em óleo isolante mineral Classe de Tensão (kV): 15 kV Tensão Primária: 13.8/13.2/12.6/12/11.4/10.8/10.2 kV Tensão Secundária: 440/254 V Primário: Triângulo (delta) Secundário: Estrela com neutro acessível Deslocamento Angular: 30°	Frequência nominal: 60 Hz Elevação de Temperatura: 65° C no ponto médio dos enrolamentos 65° C no topo do óleo NBI - Primário: 95kV Pintura externa anticorrosiva com acabamento na cor cinza claro Munsell N6.5 Perdas em vazio (perdas no ferro): Sob Consulta Perdas totais: Sob Consulta Corrente de excitação: 1 % Impedância a 75° C: 6 % Comprimento (C) : 3050 mm Largura (L) : 1820 mm Altura (A) : 2530 mm Peso: 6550 kg Valores garantidos potência nominal no tap de maior tensão	
Acessórios Incluídos	Acessórios Opcionais	
Bucha AT com conector para cabo 10 a 70 mm ² Bucha BT com terminal NEMA Acionamento externo do comutador Conservador com bujão de drenagem e niple de enchimento Radiadores fixos soldados ao tanque Rodas bidirecionais lisas Placa de identificação e diagramática Apoio para macaco Olhal para suspensão do transformador montado Olhal para suspensão da tampa e da parte ativa Secador de ar com sílica gel Indicador magnético de nível de óleo com 2 contatos Previsão para instalação de relé detector de gás Terminal de aterramento para cabo de 10 a 70 mm ² Poço para termômetro Niple para enchimento Válvula de drenagem, conexão para filtro-prensa e amostragem	Dispositivo de alívio de pressão Caixa de terminais dos aparelhos auxiliares Relé detector de gás com 2 contatos Termômetro do óleo com 2 contatos Abertura para inspeção	

APÊNDICE H - Container do Armazenador de Energia

SIESTORAGE

A perfectly integrated solution

Comprehensive equipment and advanced technology

Quick setup times

With Siemens, you benefit from a comprehensive portfolio that optimizes the electrical design and equipment layout. The integration of the cabinets into containerized enclosures that are delivered as pre-tested and pre-commissioned systems helps to reduce expensive and time-critical integration on site. SIESTORAGE modularity provides design flexibility to meet a variety of requirements with regard to power and energy.

Single interface competence

You also benefit from a single interface for the overall electrical design, procurement and construction utilizing best-in-class equipment and technology related to MV and LV systems, auxiliary equipment, and building technologies for a safe operation. With SIESTORAGE, you benefit from a completely integrated solution.

Standardized container layout

Containers can be divided into rooms with different climatic zones. Container designs are standardized and comply with international norms.

Example of a 40 ft. container layout



SIESTORAGE components

- 1 Converter cabinet
- 2 Grid connection cabinet
- 3 Control cabinet

Battery cabinets incl. battery management system

- 1 Battery cabinet
- 2 Paralleling cabinet

LV + MV components

- 1 8DJH gas-insulated medium-voltage switchgear
- 2 SIVACON S8 low-voltage switchboard
- 3 GEAFOL cast-resin rectifier transformer

HVAC, fire fighting and safety equipment

- 1 HVAC
- 2 Fire detection and extinguishing system

APÊNDICE I - Proposta Modelo Vencedora

ANEXO VI AO EDITAL DE LEILÃO Nº. 02/2016 - ANEEL (2ª ETAPA)

ANEXO VI – MODELO DE PROPOSTA FINANCEIRA/MANIFESTAÇÃO DE NÃO INTERESSE

A Comissão Especial de Licitação - CEL
LEILÃO Nº. 02/2016-ANEEL (2ª ETAPA)

A PROPONENTE Guascor do Brasil Ltda., declara que:

☐ NÃO POSSUI INTERESSE EM APRESENTAR PROPOSTA FINANCEIRA PARA O LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência DO REFERIDO LEILÃO.

☒ POSSUI INTERESSE EM APRESENTAR PROPOSTA FINANCEIRA PARA O LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência, NOS TERMOS ABAIXO:

1. O seu Preço de Referência (P_{ref}) para o LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência do Leilão n. 02/2016-ANEEL (2ª ETAPA), no valor de **1.315,32 R\$/MWh**, é composto das parcelas abaixo discriminadas, extraídas do Quadro 1 cujos valores foram calculados a partir das informações detalhadas por Usina e constantes do Quadro 2 apresentado por período:

No Período 1 de 180 meses;

Preço de Referência do período **1.315,32 R\$/MWh**

- (i) Receita Anual Fixa (RAF) no valor de R\$ **19.954.309,93**
- (ii) Custo variável de operação e manutenção (C_{OM}) no valor de **28,21 R\$/MWh**;
- (iii) Fator de conversão médio (f_m) no valor de **255,0000** litro/MWh, com quatro casas decimais;
- (iv) Parcela de logística de suprimento do combustível (P_{log}), no valor de **0,5948 R\$/litro**.

Quadro 1 – Componentes do Preço de Referência por Localidade/Usina do LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência.

Localidade/Usina	Potência (MW)	E (MWh/ano)	RAF (R\$/ano)	f_m (FC) (L/MWh ou MMBTU/MWh)	C_{OM} (R\$/MWh)	P_{log} (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	x
Aulazes	10,500	45.633	19.954.309,93	255,0000	28,21	0,5948	3,3050	0,9100
Total Geral	10,500	45.633	19.954.309,93	255,0000	28,21	0,5948	3,3050	0,9100

Quadro 2 – Componentes do Preço de Referência para o LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência.

RAF (R\$/ano)	E (MWh/ano)	$C_{OM-LOTE}$ (R\$/MWh)	f_m (L/MWh ou MMBTU/MWh)	P_{ref} (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	$P_{log-LOTE}$ (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	x
19.954.309,93	45.633	28,21	255,0000	2,0444	3,3050	0,5948	0,5800	0,9100

No Período 2 de 0 meses (Não aplicável)

Preço de Referência do período **Não aplicável**

- (i) Receita Anual Fixa (RAF) no valor de R\$ **0,00**
- (ii) Custo variável de operação e manutenção (C_{OM}) no valor de **0,00 R\$/MWh**;
- (iii) Fator de conversão médio (f_m) no valor de **0,0000** litro/MWh, com quatro casas decimais;
- (iv) Parcela de logística de suprimento do combustível (P_{log}), no valor de **0,0000 R\$/litro**.

Quadro 3 – Componentes do Preço de Referência por Localidade/Usina do LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência.

Localidade/Usina	Potência (MW)	E (MWh/ano)	RAF (R\$/ano)	f_m (FC) (L/MWh ou MMBTU/MWh)	C_{OM} (R\$/MWh)	P_{log} (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	x
Aulazes	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Geral	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 4 – Componentes do Preço de Referência para o LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência.

RAF (R\$/ano)	E (MWh/ano)	$C_{OM-LOTE}$ (R\$/MWh)	f_m (L/MWh ou MMBTU/MWh)	P_{ref} (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	$P_{log-LOTE}$ (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	x
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No Período 3 de 0 meses (Não aplicável)

Preço de Referência do período **Não aplicável**

- (i) Receita Anual Fixa (RAF) no valor de R\$ **0,00**
- (ii) Custo variável de operação e manutenção (C_{OM}) no valor de **0,00 R\$/MWh**;
- (iii) Fator de conversão médio (f_m) no valor de **0,0000** litro/MWh, com quatro casas decimais;
- (iv) Parcela de logística de suprimento do combustível (P_{log}), no valor de **0,0000 R\$/litro**.

Quadro 5 – Componentes do Preço de Referência por Localidade/Usina do LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência.

Localidade/Usina	Potência (MW)	E (MWh/ano)	RAF (R\$/ano)	f_m (FC) (L/MWh ou MMBTU/MWh)	C_{OM} (R\$/MWh)	P_{log} (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	x
Aulazes	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Geral	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 6 – Componentes do Preço de Referência para o LOTE B / V, Eletrobras Distribuição Amazonas e Projeto de Referência.

RAF (R\$/ano)	E (MWh/ano)	$C_{OM-LOTE}$ (R\$/MWh)	f_m (L/MWh ou MMBTU/MWh)	P_{ref} (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	$P_{log-LOTE}$ (R\$/L)	P_{bto} (R\$/L)	x
-	-	-	-	-	-	-	-	-

APÊNDICE J - Análise de Viabilidade Financeira

Base	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10	ano 11	ano 12	ano 13	ano 14	ano 15	Total	Valores Reais
-	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	124.115,00	1.861.725,00	
-	RS 107.337.256,39	102.084.165,13	102.813.134,13	103.559.040,00	104.327.765,65	105.100.916,01	105.885.594,35	106.700.305,47	107.536.165,28	108.379.544,65	109.239.499,99	110.114.740,88	111.005.536,69	111.917.765,25	112.833.367,71	RS 1.020.877.157,26	106.888.477,15
-	105.732,83	105.843,18	105.952,81	106.061,79	106.171,11	106.277,17	106.384,00	106.491,18	106.596,32	106.702,03	106.806,51	106.910,33	107.013,59	107.116,20	107.218,19	1.597.278,32	
238	238,0	240,4	242,8	245,2	247,7	249,4	251,2	253,2	255,2	257,7	260,3	262,5	264,2	267,0	269,8	253,4	
-	202.75	204.99	207.26	209.54	211.86	214.19	216.55	218.94	221.34	223.78	226.24	228.72	231.23	233.77	236.33	264.446,68	
-	16.302,11	16.271,02	16.162,19	16.033,21	15.944,89	15.837,23	15.730,20	15.623,82	15.518,08	15.412,97	15.308,49	15.204,64	15.101,41	15.000,00	14.896,81	264.446,68	
-	0,6%	14,8%	14,7%	14,5%	14,4%	14,4%	14,3%	14,2%	14,1%	14,0%	13,9%	13,9%	13,8%	13,7%	13,6%		
-	RS 916,76	RS 922,50	RS 928,37	RS 934,38	RS 940,52	RS 946,80	RS 953,21	RS 959,75	RS 966,42	RS 973,22	RS 980,15	RS 987,20	RS 994,38	RS 1.001,68	RS 1.009,10	RS 1.007,33	
-	RS 955,61	RS 962,32	RS 969,19	RS 976,22	RS 983,41	RS 990,75	RS 998,26	RS 1.005,91	RS 1.013,72	RS 1.021,67	RS 1.029,77	RS 1.038,02	RS 1.046,42	RS 1.054,96	RS 1.063,65	RS 1.067,33	
-	RS 23.387.551,00	RS 23.376.058,00	RS 23.173.177,00	RS 23.078.612,11	RS 22.992.073,15	RS 22.915.284,38	RS 22.841.978,11	RS 22.777.901,35	RS 22.710.003,33	RS 22.650.449,17	RS 22.596.494,74	RS 22.543.144,71	RS 22.491.746,00	RS 22.439.285,35	RS 22.387.861,70	RS 22.843.346,70	
-	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	RS 10.164.075,63	
-	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	
-	RS 8.633.521,00	RS 8.639.362,00	RS 8.649.082,00	RS 8.659.804,00	RS 8.670.526,00	RS 8.681.248,00	RS 8.691.969,00	RS 8.702.689,00	RS 8.713.408,00	RS 8.724.127,00	RS 8.734.846,00	RS 8.745.564,00	RS 8.756.282,00	RS 8.767.000,00	RS 8.777.718,00	RS 8.788.436,00	
-	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	
-	RS 8.369.959,47	RS 8.432.000,38	RS 8.536.094,65	RS 8.620.448,95	RS 8.704.575,06	RS 8.784.778,00	RS 8.870.770,14	RS 8.966.689,00	RS 9.065.451,77	RS 9.165.160,40	RS 9.265.930,28	RS 9.372.369,00	RS 9.478.684,46	RS 9.583.331,84	RS 9.687.756,62	RS 9.791.593,14	
-	RS 83.699.904,61	RS 84.326.003,00	RS 85.300.946,50	RS 86.204.499,55	RS 87.066.740,56	RS 87.917.788,04	RS 88.817.001,39	RS 89.666.308,00	RS 90.597.547,72	RS 91.457.604,00	RS 92.359.932,71	RS 93.273.998,00	RS 94.198.994,90	RS 95.133.384,74	RS 96.067.966,23	RS 96.974.966,23	
-	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	RS 23.341,74	
-	RS 2.982.724,81	RS 2.966.358,17	RS 2.988.928,06	RS 2.992.002,99	RS 2.996.068,67	RS 2.998.066,03	RS 3.001.115,16	RS 3.004.116,17	RS 3.007.069,18	RS 3.010.064,29	RS 3.013.011,61	RS 3.016.941,24	RS 3.018.833,30	RS 3.021.742,89	RS 3.024.625,10	RS 45.059.271,46	
-	RS 74.482.515,13	RS 75.306.822,89	RS 76.138.672,90	RS 76.979.151,82	RS 77.829.347,14	RS 78.686.347,28	RS 79.555.247,63	RS 80.429.119,97	RS 81.314.073,00	RS 82.200.194,98	RS 83.111.576,43	RS 84.024.312,01	RS 84.946.496,54	RS 85.878.225,76	RS 86.819.566,39	RS 1.207.707.684,52	
-	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	
-	RS 6.322.933,38	RS 6.199.651,38	RS 6.321.240,92	RS 7.128.878,15	RS 7.342.744,49	RS 7.563.026,82	RS 7.768.917,43	RS 8.023.615,17	RS 8.242.332,62	RS 8.457.253,33	RS 8.671.620,33	RS 8.900.649,58	RS 9.301.690,05	RS 9.588.616,12	RS 9.868.034,60		
-	RS 3.640.142,25	RS 3.444.124,25	RS 3.242.834,71	RS 3.035.974,48	RS 2.821.331,14	RS 2.601.480,17	RS 2.374.183,00	RS 2.149.460,47	RS 1.899.152,02	RS 1.651.822,31	RS 1.366.541,37	RS 1.133.426,08	RS 862.506,59	RS 583.469,52	RS 296.041,04		
-	RS 14.814.141,77	RS 10.084.940,40	RS 10.173.249,48	RS 9.444.371,33	RS 86.701.625,84	RS 79.138.602,39	RS 71.346.682,39	RS 63.235.672,22	RS 55.601.743,60	RS 46.540.499,27	RS 37.800.869,33	RS 28.750.219,71	RS 19.448.650,73	RS 9.868.034,61	RS 0,01		
-	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	
-	RS 116.484.552,14	RS 111.825.170,06	RS 107.382.163,26	RS 103.688.076,73	RS 99.935.763,66	RS 94.978.323,51	RS 91.179.190,57	RS 87.532.022,95	RS 84.400.142,03	RS 80.680.512,35	RS 77.442.731,65	RS 74.346.022,58	RS 71.371.221,68	RS 68.516.372,81	RS 65.775.117,90		
-	RS 121.338.075,15	RS 103.692.303,45	RS 86.107.142,11	RS 68.634.934,47	RS 51.300.405,94	RS 34.035.451,45	RS 16.852.323,49	RS 7.286.479,48	RS 2.478.852,63	RS 51.208.193,45	RS 68.089.770,69	RS 84.930.915,57	RS 101.377.145,88	RS 111.516.193,55	RS 120.973.767,26		
-	17%	17%	17%	17%	17%	17%	16%	16%	16%	16%	15%	15%	15%	15%	16%		
-	RS 1.467.833,81	RS 1.345.142,00	RS 1.156.871,07	RS 933.621,91	RS 735.660,789,00	RS 573.989,43	RS 437.955,95	RS 330.823,68	RS 258.939,23	RS 196.959,00	RS 135.858,00	RS 14.007.029,72	RS 14.657.390,10	RS 14.147.990,85	RS 14.147.990,85	RS 13.889.921,81	
-	3.584.571,55	3.583.044,26	3.541.626,45	3.520.376,70	3.498.254,44	3.478.259,91	3.467.389,36	3.458.645,02	3.450.025,19	3.395.529,52	3.375.165,82	3.354.904,89	3.334.786,81	3.324.978,21	3.294.978,21	51.567,10	
-	20.617.913,45	20.639.420,52	20.660.788,5	20.682.048,30	20.703.170,56	20.724.165,09	20.745.035,64	20.765.773,98	20.786.399,85	20.806.896,00	20.827.289,10	20.847.520,11	20.867.649,54	20.887.658,19	20.907.546,79	20.927.546,79	
-	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	
-	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	
-	RS 221.657,65	RS 220.023,54	RS 437.406,80	RS 652.173,55	RS 864.347,34	RS 1.073.951,57	RS 1.067.500,03	RS 1.061.102,81	RS 1.054.736,20	RS 1.048.407,78	RS 1.042.331,53	RS 1.038.864,34	RS 1.035.449,44	RS 1.032.471,35	RS 1.029.471,35	RS 1.027.471,35	
-	4.372.942,30	4.392.177,60	4.409.484,76	4.426.868,13	4.444.299,95	4.461.810,00	4.479.300,03	4.497.038,03	4.514.762,00	4.532.540,00	4.550.330,00	4.568.120,00	4.586.332,00	4.604.940,00	4.624.940,00	4.645.317,87	
-	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	
-	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	
-	RS 221.657,65	RS 220.023,54	RS 437.406,80	RS 652.173,55	RS 864.347,34	RS 1.073.951,57	RS 1.067.500,03	RS 1.061.102,81	RS 1.054.736,20	RS 1.048.407,78	RS 1.042.331,53	RS 1.038.864,34	RS 1.035.449,44	RS 1.032.471,35	RS 1.029.471,35	RS 1.027.471,35	
-	4.372.942,30	4.392.177,60	4.409.484,76	4.426.868,13	4.444.299,95	4.461.810,00	4.479.300,03	4.497.038,03	4.514.762,00	4.532.540,00	4.550.330,00	4.568.120,00	4.586.332,00	4.604.940,00	4.624.940,00	4.645.317,87	
-	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	
-	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	
-	RS 221.657,65	RS 220.023,54	RS 437.406,80	RS 652.173,55	RS 864.347,34	RS 1.073.951,57	RS 1.067.500,03	RS 1.061.102,81	RS 1.054.736,20	RS 1.048.407,78	RS 1.042.331,53	RS 1.038.864,34	RS 1.035.449,44	RS 1.032.471,35	RS 1.029.471,35	RS 1.027.471,35	
-	4.372.942,30	4.392.177,60	4.409.484,76	4.426.868,13	4.444.299,95	4.461.810,00	4.479.300,03	4.497.038,03	4.514.762,00	4.532.540,00	4.550.330,00	4.568.120,00	4.586.332,00	4.604.940,00	4.624.940,00	4.645.317,87	
-	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	
-	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	
-	RS 221.657,65	RS 220.023,54	RS 437.406,80	RS 652.173,55	RS 864.347,34	RS 1.073.951,57	RS 1.067.500,03	RS 1.061.102,81	RS 1.054.736,20	RS 1.048.407,78	RS 1.042.331,53	RS 1.038.864,34	RS 1.035.449,44	RS 1.032.471,35	RS 1.029.471,35	RS 1.027.471,35	
-	4.372.942,30	4.392.177,60	4.409.484,76	4.426.868,13	4.444.299,95	4.461.810,00	4.479.300,03	4.497.038,03	4.514.762,00	4.532.540,00	4.550.330,00	4.568.120,00	4.586.332,00	4.604.940,00	4.624.940,00	4.645.317,87	
-	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	
-	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	RS 61,75	
-	RS 221.657,65	RS 220.023,54	RS 437.406,80	RS 652.173,55	RS 864.347,34	RS 1.073.951,57	RS 1.067.500,03	RS 1.061.102,81	RS 1.054.736,20	RS 1.048.407,78	RS 1.042.331,53						

APÊNDICE K - Resultado último Leilão ANEEL (Tefé-AM no LOTE II)



Resultado do Leilão n. 02/2016 – Sistemas Isolados da Eletrobras Distribuição Amazonas – Grupo A – Lotes II e III

LOTES	LOCALIDADES	POTÊNCIA INSTALADA* (kW)	ENERGIA REQUERIDA (MWh)	INVESTIMENTO (R\$)	PREÇO DE REFERÊNCIA MÁXIMO (R\$/MWh)	VALOR VENCEDOR (R\$/MWh)	DESÁGIO	VENCEDOR
II	Tamaniquá	250	301	267.250.000,00	1.487,00	1.152,23	22,51%	Consórcio Geração Amazonas – formado pelas empresas Aggreko Energia Locação de Geradores LTDA (99%) e Brasil Bio Fuels S.A. (1%)
	Murituba	375	472					
	Japurá	375	974					
	Vila Bifencourt	500	884					
	Caiambé	1.000	2.956					
	Limoero	2.000	7.146					
	Itamarati	2.700	8.288					
	Juruá	3.600	10.162					
	Ipixuna	4.000	10.246					
	Maraá	4.400	12.346					
	Alvarães	4.400	13.500					
	Uarini	3.900	14.198					
	Envira	4.000	14.939					
	Eirunepé	10.000	32.389					
	Carauari	10.000	36.546					
	Tefé	30.000	124.115					
Total Geral		81.500	289.442					
III	Estirão do Equador	500	777	239.800.000,00	1.503,00	1.170,80	22,10%	Consórcio Geração Amazonas – formado pelas empresas Aggreko Energia Locação de Geradores LTDA (99%) e Brasil Bio Fuels S.A. (1%)
	Ipiranga	500	831					
	Palmeiras	400	710					
	Feijóal	720	1.635					
	Alterosa	540	1.540					
	Betânia	900	2.062					
	Belém do Solimões	600	2.103					
	Santa Rita do Well	1.800	3.547					
	Amaturá	3.500	9.184					
	Tonantins	5.000	13.425					
	Santo Antônio do Içá	5.000	17.283					
	Jutai	6.000	17.685					
	São Paulo de Olivença	5.000	18.292					
	Fonte Boa	8.000	22.583					
	Benjamin Constant + Atalaia	10.000	37.885					
	Tabatinga	18.000	86.228					
Total Geral		66.460	235.770					

* A potência instalada poderá variar desde que atendido o critério de dimensionamento do Projeto de Referência.

Em 03/06/2016

APÊNDICE L - Atualização monetária dos índices do Pref

Processos nº 48500.003092/2014-89 e 48500.003437/2015-85



- 7.4.1. Caso o PREÇO MÉDIO utilizado no cálculo da RECEITA DE VENDA do mês “m” não seja o referente ao mês “m”, após a disponibilização dos valores completos pela ANP deverá ser efetuado um ajuste financeiro de forma a compensar a diferença entre o valor utilizado provisoriamente na fatura e o PREÇO MÉDIO do mês “m”.
- 7.4.2. No caso de combustível biomassa ou misto e a componente “FC” diferente de zero, o PREÇO MÉDIO (P_m) considerará os preços do óleo diesel tipo “S-1800”.
- 7.5. O valor mensal da PARCELA DE TRIBUTOS DO COMBUSTÍVEL ($P_{i,trib_m}$) deverá ser calculado mediante a aplicação de uma das equações algébricas a seguir, conforme o caso.

7.5.1. Para combustível óleo diesel:

$$P_{i,trib_m} = PMPF_m \cdot ICMS_{OD} \quad (Eq. 4)$$

Onde:

$PMPF_m$: PREÇO MÉDIO PONDERADO AO CONSUMIDOR FINAL do Estado, através de Atos COTEPE (Comissão Técnica Permanente) do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), em R\$/L, referente ao mês “m”;

$ICMS_{OD}$: Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação, em %, referente à alíquota aplicada ao óleo diesel no Estado.

7.6. As atualizações monetárias da componente PARCELA DA LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL (P_{i,log_A}) deverão ocorrer anualmente, respeitado o prazo mínimo legal de doze meses, contados do mês de realização do LEILÃO, mediante aplicação da seguinte equação algébrica:

$$P_{i,log_A} = 0,8 \cdot P_{i,log_0} \cdot \left(\frac{IPCA_A}{IPCA_0} \right) + 0,2 \cdot P_{i,log_0} \cdot \left(\frac{P_{i,m_S1800_A}}{P_{i,m_S1800}} \right) \quad (Eq. 5)$$

Onde:

P_{i,log_0} : Parcela do custo de logística de suprimento do combustível da USINA “i”, emR\$/L, considerado no cálculo do Preço de Referência (P_{ref}) utilizado durante o LEILÃO, referente ao mês de de 20XX (mês de realização do LEILÃO).

$IPCA_A$: número índice do IPCA referente ao mês de (doze meses da realização do LEILÃO ou mês de INÍCIO DO SUPRIMENTO, o que ocorrer por último);

$IPCA_0$: número índice do IPCA referente ao mês de de 201X (mês de realização do LEILÃO);

P_{i,m_S1800_A} : PREÇO MÉDIO do óleo diesel B S1800 ponderado praticado pelos produtores e importadores na região onde está localizada a USINA “i”, em R\$/L, publicado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), referente ao mês de (doze meses da realização do LEILÃO ou mês de INÍCIO DO SUPRIMENTO, o que ocorrer por último);

P_{i,m_S1800} : PREÇO MÉDIO do óleo diesel B S1800 ponderado praticado pelos produtores e importadores na região onde está localizada USINA “i”, em R\$/L, publicado pela Agência

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	



Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), referente ao mês de realização do LEILÃO.

7.6.1 Na hipótese de o INÍCIO DO SUPRIMENTO ocorrer antes de decorridos doze meses da realização do LEILÃO, o primeiro reajuste da PARCELA DA LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL ($P_{i,log A}$) será aplicado a partir de doze meses após a realização do LEILÃO.

7.6.2 Caso o INÍCIO DO SUPRIMENTO ocorra após doze meses da realização do LEILÃO, o primeiro reajuste da PARCELA DA LOGÍSTICA DE SUPRIMENTO DO COMBUSTÍVEL ($P_{i,log A}$) será aplicado a partir do mês de INÍCIO DO SUPRIMENTO.

7.7. As atualizações monetárias da componente CUSTO VARIÁVEL UNITÁRIO ($CVU_{i,O\&M,m}$) deverão ocorrer anualmente, respeitado o prazo mínimo legal de doze meses, contados do mês de realização do LEILÃO, mediante aplicação da seguinte equação algébrica:

$$CVU_{i,O\&M,m} = CVU_{i,O\&M,0} \cdot \left(\frac{IPCA_A}{IPCA_0} \right) \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

$CVU_{i,O\&M,0}$: Custo Variável Unitário da USINA "i", de R\$/MWh, considerado no cálculo do Preço de Referência (P_{ref}) utilizado durante o LEILÃO, referente ao mês de de 20XX (mês de realização do LEILÃO).

7.7.1 Na hipótese de o INÍCIO DO SUPRIMENTO ocorrer antes de decorridos doze meses da realização do LEILÃO, o primeiro reajuste do CUSTO VARIÁVEL UNITÁRIO ($CVU_{i,O\&M,m}$) será aplicado a partir de doze meses após a realização do LEILÃO.

7.7.2 Caso o INÍCIO DO SUPRIMENTO ocorra após doze meses da realização do LEILÃO, o primeiro reajuste do CUSTO VARIÁVEL UNITÁRIO ($CVU_{i,O\&M,m}$) será aplicado a partir do mês de INÍCIO DO SUPRIMENTO.

7.8. As atualizações monetárias da RECEITA FIXA ($RF_{i,A}$) deverão ocorrer anualmente, respeitado o prazo mínimo legal de doze meses, contados do mês de realização do LEILÃO, mediante aplicação da seguinte equação algébrica:

$$RF_{i,A} = RF_{i,0} \cdot \left(\frac{IPCA_A}{IPCA_0} \right) \cdot \left(\frac{POT_A}{POT_C} \right) \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

$RF_{i,0}$: Receita Fixa do Leilão da USINA "i" de R\$, considerada no cálculo do Preço de Referência (P_{ref}) utilizado durante o LEILÃO, referente ao mês de de 2015 (mês de realização do LEILÃO).

$POT_{i,A}$: POTÊNCIA CONTRATADA da USINA "i" para o ano de suprimento corrente, conforme o item 6.1.

$POT_{i,C}$: POTÊNCIA CONTRATADA da USINA "i" para o último ano de suprimento, considerada no cálculo do Preço de Referência (P_{ref}) utilizado durante o LEILÃO e constante do item 6.1.

APÊNDICE M - Acordo das Nações Unidas contra a mudança climática



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL PRETENDIDA CONTRIBUIÇÃO NACIONALMENTE DETERMINADA PARA CONSECUÇÃO DO OBJETIVO DA CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA

Em conformidade com as decisões 1/CP.19 e 1/CP.20, o Governo da República Federativa do Brasil tem a satisfação de comunicar ao Secretariado da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) sua pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (*intended Nationally Determined Contribution* – iNDC), no contexto das negociações de um protocolo, outro instrumento jurídico ou resultado acordado com força legal sob a Convenção, aplicável a todas as Partes.

Nesta pretendida contribuição pressupõe-se a adoção de um instrumento universal, juridicamente vinculante, que respeite plenamente os princípios e dispositivos da UNFCCC, em particular o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas e respectivas capacidades. É "pretendida" no sentido de que pode ser ajustada, se necessário, antes da ratificação, aceitação ou aprovação do acordo de Paris à luz de disposições ainda a serem acordadas no âmbito do mandato da Plataforma de Durban.

Todas as políticas, medidas e ações para implementar a iNDC do Brasil são conduzidas no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009), da Lei de Proteção das Florestas Nativas (Lei 12.651/2012, o chamado Código Florestal), da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000) e da legislação, instrumentos e processos de planejamento a elas relacionados. O Governo brasileiro está comprometido com a implementação da iNDC com pleno respeito aos direitos humanos, em particular os direitos das comunidades vulneráveis, das populações indígenas, das comunidades tradicionais e dos trabalhadores nos setores afetados por políticas e planos correspondentes, e promovendo medidas sensíveis a gênero.

A iNDC do Brasil tem escopo amplo, que inclui mitigação, adaptação e meios de implementação, de maneira consistente com o propósito das contribuições de alcançar o objetivo último da Convenção, nos termos da decisão 1/CP.20, parágrafo 9 ("Chamado de Lima para Ação Climática").

MITIGAÇÃO

Contribuição: o Brasil pretende comprometer-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025.

APÊNDICE N - Financiamento do BNDES para geração renovável na Amazônia

29/07/2017 BNDES aprova condições especiais de financiamento para incentivar energia renovável em sistemas isolados de eletricidade do Estado ...

FINANCIAMENTOS TRANSPARÊNCIA CONHECIMENTO IMPRENSA

14 de março de 2017 [Energia](#) | [Infraestrutura](#) | [Atuação Socioambiental](#)

BNDES aprova condições especiais de financiamento para incentivar energia renovável em sistemas isolados de eletricidade do Estado do Amazonas

Projetos poderão usar recursos do Fundo Clima com taxas atrativas. Crédito mais barato visa substituir geração térmica poluente na região

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aprovou [condições especiais de financiamento para empreendimentos de geração renovável de energia elétrica nos sistemas isolados da Amazonas Energia](#), a serem licitados na Segunda Etapa do Leilão 002/2016 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), agendado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) para o dia 11 de maio de 2017.

Os itens financiáveis dos projetos poderão usar 15% de recursos do Fundo Nacional de Mudanças do Clima, com taxa anual de 1%, e complementar o financiamento em TJLP, cuja taxa atual é de 7,5% ao ano, até o percentual de 80% previsto nas novas Políticas Operacionais do BNDES. Os projetos de energia solar e micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) que usarem os recursos do Fundo Clima poderão complementar o financiamento com mais 65% em TJLP e as demais fontes renováveis, como eólica e biomassa, em até 55%.

Vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Fundo Clima é um dos principais instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) para apoio financeiro a projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa. As aplicações não reembolsáveis são feitas pelo MMA e as reembolsáveis administradas pelo BNDES, seguindo diretrizes do Comitê Orientador do Fundo Clima, presidido pelo MMA.

Desde 2011, mais de 190 projetos não reembolsáveis já foram contratados pelo Fundo Clima, dos quais 65 já foram concluídos, contribuindo para o alcance das metas de assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris, em 2015.

O Leilão da Aneel já recebeu a inscrição de 36 projetos de energia renovável. O Fundo Clima poderá destinar até R\$ 200 milhões para financiar esses empreendimentos, que terão prazo de até 24 meses para utilização dos recursos após a data do leilão. O Contrato de Compra e Venda de Energia (CCVE) terá prazo de até 15 anos.

O prazo de carência do financiamento é de até seis meses após a entrada em operação comercial do projeto e o prazo de amortização será inferior, em pelo menos dois anos, ao término do prazo do CCVE.

Substituição de combustíveis fósseis – Os sistemas isolados operados pela Amazonas Energia, distribuidora de energia elétrica controlada pelo Sistema Eletrobras, abastecem diversas localidades da região que não estão integradas ao Sistema Interligado Nacional (SIN), devido às longas distâncias das principais redes de transmissão e distribuição de energia. As comunidades desses locais, portanto, precisam contar com fontes de energia dedicadas exclusivamente ao seu suprimento.

A fonte predominante de energia elétrica nos sistemas isolados é a térmica, movida a diesel ou gás natural. O edital da segunda etapa do Leilão 002/2016 Aneel prevê, pela primeira vez, a possibilidade de contratação, pela distribuidora de energia elétrica Amazonas Energia, de energia renovável como alternativa aos projetos convencionais térmicos movidos a diesel ou gás natural para atendimento a municípios do interior do Estado do Amazonas.

O Estado do Amazonas possui atualmente 225 usinas a diesel, com capacidade instalada de 683 megawatts (MW) que consomem por ano 687 milhões de litros do combustível. O sistema emite cerca de dois milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO2), outros gases poluentes (NOx e SOx) e particulados, além do risco de poluição dos rios decorrentes de naufrágios ou vazamentos no transporte e armazenamento do combustível.

A possibilidade introduzida pela Aneel abriu a oportunidade para que o BNDES incentive, por meio de condições financeiras mais atrativas, a substituição de projetos de geração com o uso de combustíveis fósseis de maior impacto ambiental, que não são mais financiados pelo Banco.

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

28/07/17
BNDES participa de solução estruturante de mercado para o Estado do Rio

26/07/17
Saneamento: BNDES aprova condições para financiar investimentos públicos em programa do Ministério das Cidades

25/07/17
Nota de pesar

Notícias

DÊ SUA OPINIÃO

Ajude-nos a aprimorar o site do BNDES preenchendo uma rápida pesquisa.

Central de Atendimento

0800 702 6337
Fale Conosco