



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

**KETSON PATRICK DE MEDEIROS FREITAS
PRISCILA SAYME ALMEIDA SOUZA**



Pantanal Editora

2021

Ketson Patrick de Medeiros Freitas
Priscila Sayme Almeida Souza

**GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A
PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS
AMAZONENSES**



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome	Instituição
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos	OAB/PB
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu	Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois	UO (Cuba)
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior	IF SUDESTE MG
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña	Facultad de Medicina (Cuba)
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia	ISCM (Cuba)
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo	UEA
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu	UNEMAT
Prof. Dr. Carlos Nick	UFV
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia	AJES
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos	UFGD
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva	UEMS
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos	IFPA
Prof. Msc. David Chacon Alvarez	UNICENTRO
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira	IFMT
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira	UFMG
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão	URCA
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves	ISEPAM-FAETEC
Prof. Me. Ernane Rosa Martins	IFG
Prof. Dr. Fábio Steiner	UEMS
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza	UFF
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez	(Colômbia)
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles	UNAM (Peru)
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira	IFRR
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto	UCG (México)
Prof. Msc. João Camilo Sevilla	Mun. Rio de Janeiro
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales	UNMSM (Peru)
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski	UFMT
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira	Mun. de Chap. do Sul
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris ArgenteL-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes	IFB
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patrícia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo	UEMA
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos	IFB
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca	UFPI
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira	FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix	UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme	UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

F866g Freitas, Ketson Patrick de Medeiros.
Geração de energia elétrica a partir dos resíduos sólidos urbanos nos sistemas isolados amazenses [livro eletrônico] / Ketson Patrick de Medeiros Freitas, Priscila Sayme Almeida Souza. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. 102p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88319-83-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786588319833>

1. Energia elétrica – Amazonas. 2. Sistemas de energia elétrica – Amazonas. I. Souza, Priscila Sayme Almeida. II. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



Pantanal Editora

Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

Os Sistemas Isolados - SISOL, que no âmbito na rede elétrica são aquelas localidades não conectadas ao Sistema Interligado Nacional - SIN, estão majoritariamente concentrados na região norte do país, mais especificamente no estado do Amazonas. Esses locais são afetados por diversos problemas, como: déficit energético, altos preços da energia e grandes emissões de poluentes.

Ao mesmo tempo, a errada destinação de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU no estado Amazonas é um problema ainda existente. Diante do exposto, o presente ebook tem por objetivo analisar a viabilidade da geração de energia elétrica, a partir de RSU, nos SISOL amazonenses. Para isso, foi inicialmente selecionada a tecnologia de tratamento de RSU, com recuperação energética, a ser utilizada nas análises. Essa seleção envolveu diversos parâmetros, tais como: custos, receitas, logísticas, emissões e até parâmetros sociais.

Também foram caracterizados os SISOL do estado do Amazonas, levantando e estimando diversos dados, tais como: população, renda per capita, consumo elétrico, geração de RSU per capita, composição gravimétrica, dentre outros. Selecionada a tecnologia a ser analisada e determinados os dados referentes a cada SISOL, foi realizado a análise econômica na condição de certeza do projeto, além da a análise de sensibilidade.

SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo 1	8
Sistemas isolados de energia elétrica	8
SISOL no estado do Amazonas	9
Emissões de Poluentes	10
Capítulo 2	12
Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbano	12
Conceitos Básicos de RSU	12
Gestão Integrada e Gerenciamento de RSU	13
Gestão de RSU no Contexto Brasileiro	13
Gestão de RSU no Contexto do Estado do Amazonas	13
Destinação dos RSU	14
Reciclagem	14
Compostagem	14
Aterro Sanitário	14
Digestão Anaeróbia	15
Incineração	15
Pirólise	16
Tratamento de RSU com Recuperação Energética	16
Digestão Anaeróbia com Recuperação Energética	16
Modelos de Biodigestores	17
Vantagens da Digestão Anaeróbia	18
Desvantagens da Digestão Anaeróbia	18
Incineração	18
Modelos dos Sistemas de Incineração	19
Vantagens da Incineração	20
Desvantagens da Incineração	20
Pirólise	21
Tipos de Pirólise	21
Vantagens da Pirólise	22
Desvantagens da Pirólise	23
Capítulo 3	24
Seleção da tecnologia mais adequada ao estudo de caso	24
Metodologia de Seleção	24
Análise Quanto aos Custos	25

Custos de implantação – CAPEX	25
Custos Operacionais – OPEX	26
Custos Totais	26
Ranqueamento com base nos custos	26
Análise Quanto as Receitas	27
Receitas Provenientes da Venda de Energia Elétrica	27
Receitas Provenientes da Venda de Subprodutos	27
Ranqueamento com Base nas Receitas	28
Análise Quanto as Emissões	28
Pesos na Análise Multicritério	28
Tipos de Emissões	29
Ranqueamento com base nas emissões	29
Análise Quanto a Logística	30
Tamanho da Instalação	30
Temperatura de Operação	31
Tempo de Operação	31
Redução de Volume	31
Aplicabilidade Usual	31
Atividades Extras	32
Ranqueamento com base na logística	32
Análise Quanto o Social	33
Ranqueamento Geral e Seleção da Tecnologia	34
Capítulo 4	36
Caracterização dos sisol amazônicos	36
Geração de RSU per capita	36
Composição Gravimétrica	40
Capítulo 5	44
Resultados	44
Investimentos	44
Gastos com a implantação	44
Gastos Operacionais	45
Depreciação	46
Receitas	46
Venda de energia elétrica	46
Venda de Biofertilizante	47
Impostos	47
Análise Econômica	48

Análise de Sensibilidade	50
Cenário 01	50
Cenário 02	51
Cenário 03	51
Capítulo 6	53
Conclusão	53
Sugestões para trabalhos futuros:	54
Referências	55
APÊNDICE A – ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO	59
APÊNDICE B – ESTIMATIVA DO PRODUTO INTERNO BRUTO - PIB	66
APÊNDICE C – ESTIMATIVA DA RENDA <i>PER CAPITA</i> - RPC	75
APÊNDICE D - ESTIMATIVA DO IDHM	80
APÊNDICE E – ESTIMATIVA DO CONSUMO ELÉTRICO <i>PER CAPITA</i>	83
APÊNDICE H – CLASSIFICAÇÃO DOS SISOL QUANTO A RENDA LOCAL	90
APÊNDICE I – VPLs DOS SISOL DE ACORDO COM CADA CENÁRIO	94
ANEXO A – LEVANTAMENTO SISOL DO ESTADO DO AMAZONAS	97
ANEXO B - GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> DE RSU: MUNICÍPIOS AMAZONENSES	99
Índice Remissivo	100
Sobre os autores	102

Sistemas isolados de energia elétrica

No âmbito da energia elétrica, é denominado como Sistemas Isolados (SISOL), locais não conectados à rede nacional de transmissão, isto é, ao SIN (Sistema Interligado Nacional). Essa ausência de interligação se dá por razões técnicas ou econômicas. Dessa forma, a maior parte desses sistemas são supridos eletricamente por geração local, normalmente baseada em geradores de óleo diesel (CCEE, 2017).

De acordo com a ONS (2019), existem, atualmente no Brasil, 235 SISOL, localizados principalmente na região norte, compreendendo os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e a ilha de Fernando de Noronha que pertence ao estado de Pernambuco. A Figura 1 apresenta a distribuição geográfica dos SISOL, bem como a carga de energia total nesses sistemas, por estado, prevista para o ano de 2020.

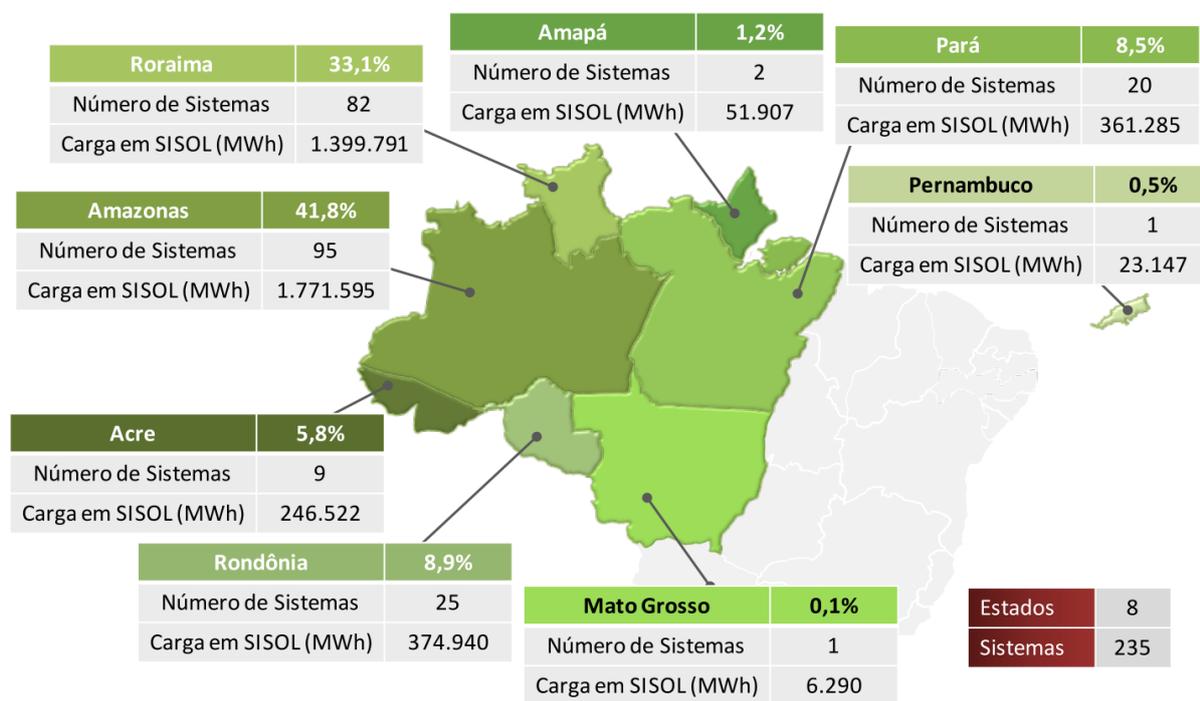


Figura 1. Distribuição geográfica e carga de energia total prevista para 2020 dos SISOL. Fonte: ONS, 2019.

Observando a Figura 1, é possível notar a concentração dos SISOL na região norte, com destaque para o Amazonas, que possui o maior número de sistemas (95) e conseqüentemente a maior carga de energia total prevista para 2020.

SISOL no estado do Amazonas

É válido notar a variedade dos 95 SISOL localizados no estado do Amazonas, visto que são desde pequenas localidades, como Carvoeiro, que possui uma demanda verificada de 58 kW em 2018, até cidades maiores como Itacoatiara, com uma demanda verificada de 31.680 kW (EPE, 2019). A Figura 2 apresenta a distribuição geográfica dos SISOL no estado do Amazonas.

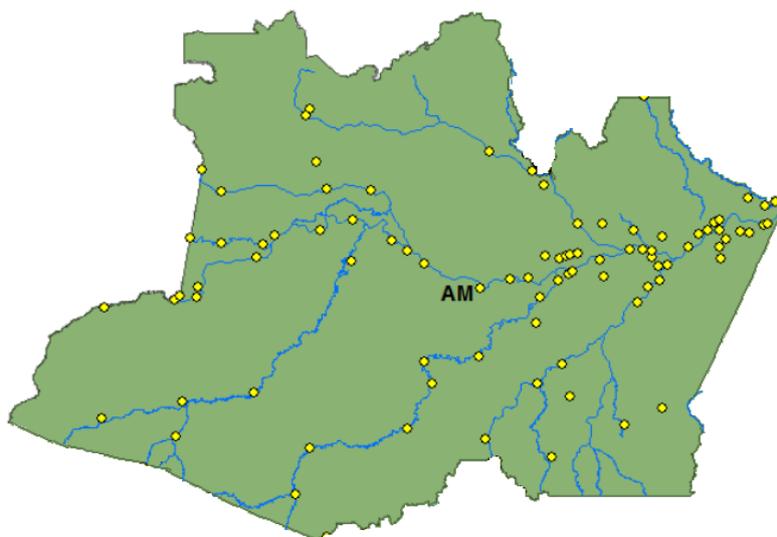


Figura 2. Distribuição Geográfica dos SISOL no estado do Amazonas. Fonte: EPE, 2019.

Percebe-se, através do mapa da Figura 2, que a maioria das localidades estão situadas ao longo das calhas dos rios, que representam a principal via de transporte da região Norte. O suprimento de energia elétrica nesses SISOL depende de uma complexa logística de fornecimento de combustível, que muitas vezes sofre interrupções em épocas de estiagem, limitando o calado das embarcações. Além disso, em muitos casos, as localidades não dispõem de infraestrutura de porto e aeroporto apropriadas, assim como serviços de transporte e comunicação satisfatórios (Frota, 2004).

No Amazonas, apesar de possuir SISOL supridos por gás natural (Anamã, Anori, Caapiranga e Codajás) e também uma localidade parcialmente suprida por biomassa de cavaco de madeira (Itacoatiara), os motores a diesel têm se mostrado como uma solução de fácil instalação, manutenção e operação. Ainda que apresente maiores impactos ambientais e uma complexa logística de fornecimento de combustível, com custos de operação bastante elevados. Como exemplo, enquanto nos leilões dos SIN a energia elétrica é comercializada a valores da ordem de R\$200/MWh, nos SISOL esse valor pode chegar a R\$1.600/MWh (Ponte, 2019).

O Ministério de Minas e Energia (MME), por meio do Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados - Horizonte 2024 (2019), realizou um levantamento e estimativa de carga e balanço de

energia e de demanda de todos os SISOL, para os anos de 2019 a 2024. O Anexo A apresenta os dados levantados referente aos 95 SISOL do estado do Amazonas.

Por meio das informações de balanço de demanda presentes no Anexo A, é possível ainda verificar as localidades que apresentarão déficit de energia, bem como o ano de início dessa carência. A Tabela 1 reúne as localidades com previsão de déficit no balanço de demanda em 2024, o ano de início do déficit, a previsão de interligação ao SIN e os tipos de combustível utilizados.

Tabela 1. SISOL do Amazonas com previsão de déficit no balanço de demanda. Fonte: Adaptado de EPE, 2019.

Localidade	Combustível Utilizado	Balanço de Demanda em 2024 (kW)	Ano de início do Déficit	Previsão de Interligação ao SIN
Anamã	Gás Natural	-3664	2021	-
Anori	Gás Natural	-4664	2024	-
Caapiranga	Gás Natural	-5668	2020	-
Caiambé	Óleo Diesel	-33	2023	-
Codajás	Gás Natural	-7414	2021	-
Humaitá	Óleo Diesel	-20100	2023	mar/2023
Itacoatiara	Óleo Diesel e Cavaco	-42290	2020	ago/2020
Itapiranga	Óleo Diesel	-2858	2021	dez/2020
Parintins	Óleo Diesel	-30958	2020	mar/2024
Rio Preto da Eva	Óleo Diesel	-10367	2021	dez/2021
Silves	Óleo Diesel	-1764	2021	dez/2020

Diante dessas diversas localidades com déficit energético, já é possível justificar a busca por novas alternativas energéticas para os SISOL. Essa busca por fontes alternativas de energia pode ainda ser corroborada quando analisada a as emissões de poluentes causada pela geração local de energia em SISOL.

Emissões de Poluentes

Como dito a geração local de energia nos SISOL se dá, predominantemente, por meio de usinas termelétricas à óleo diesel. Esse tipo de geração levanta bastante questionamentos a respeito das emissões de gases poluentes (material particulado) e causadores do efeito estufa, o que se torna mais relevante em razão da localização dos SISOL, em meio a floresta amazônica (Ponte, 2019).

Diversos esforços vêm sendo realizados para conectar os SISOL ao SIN, buscando reduzir a necessidade de geração local e, conseqüentemente, as emissões. Entretanto, a grande extensão de redes elétricas requer um elevado custo de investimento, e em diversos casos, apresenta restrições técnicas e econômicas (Ribeiro, 2012).

O MME também realizou um levantamento das quantidades estimadas de energia gerada e de dióxido de carbono (CO_2) emitidas, para o ano de 2020. A Tabela 2 apresenta a informação da emissão,

em milhões de toneladas de CO_2 equivalente, na geração de energia estimada para 2020, por tipo de fonte de energia.

Tabela 2. Quantidade de CO_2 emitida com a geração de energia nos SISOL em 2020. Fonte: EPE, 2019.

Fonte	Energia Gerada (MWh)	Consumo de Combustível	Emissões ($MtCO_2eq/ano$)
Óleo Diesel	4.228.396	1.175.494 m^3/ano	2,764
Gás Natural	165.232	44.612.585 m^3/ano	0,092
Biomassa	52.560	142.800 ton/ano	0,004
Fotovoltaica	6.555	-	0
PHC	54.844	-	0
Total	4.507.587		2,871

Utilizando os valores totais obtidos, de energia gerada (4.507.587 MWh) e emissões estimadas (2,781 $MtCO_2eq$), estima-se que, no ano de 2020, ocorra uma taxa de emissão de 0,637 tCO_2eq/MWh . Para efeitos de comparação, de acordo com o próprio MME, em 2017, o SIN apresentou um indicador de intensidade de emissões de 0,090 tCO_2eq/MWh , isto é, mais do que 7 vezes menor que o estimado para os SISOL no ano de 2020.

Diante disso, a utilização de fontes alternativas para a geração de energia local nos SISOL, é uma excelente alternativa não só para as localidades com déficit energético, mas como para as que possui sua matriz energética dependente do óleo diesel, que são a maioria.

Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbano

O tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) com recuperação energética, é algo positivo tanto por ser uma fonte alternativa de geração de energia local nos SISOL, quanto por ser uma forma de contornar a problemática de disposição final dos RSU no contexto nacional e local.

Conceitos Básicos de RSU

Os RSU compreendem aqueles que são produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas. Abrange resíduos de diversas origens (residencial, comercial, agrícola etc.), sendo sua disposição final, normalmente responsabilidade do poder municipal (Zanta; Ferreira, 2003)

Esta definição dimensiona a complexidade do conceito e vem de encontro com as definições de outros trabalhos (IPT, 2000; Mancini, 1999) no qual o termo RSU é empregado muitas vezes como sinônimo de lixo, e corresponde a qualquer material sólido proveniente das atividades diárias do homem em sociedade, cujo produtor ou proprietário não o considere como algo de valor suficiente para conservá-lo.

Os RSU podem ser classificados quanto à sua natureza física, quanto a sua composição química, quanto ao seu grau de degradabilidade, quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública (periculosidade), ou até mesmo em função da sua origem ou natureza.

Já com relação a caracterização dos RSU, consiste em determinar quanti e qualitativamente os seus aspectos físico-químico e biológicos. Permitindo assim, a verificação dos materiais presentes nos resíduos gerados, possibilitando inferir a respeito da viabilidade da implantação de coleta seletiva, os recursos humanos necessários, dimensões de instalações e destinação adequada para os resíduos (Fernando; Lima, 2012).

Os RSU podem ser caracterizados pelas características biológica, químicas ou físicas. É relevante recordar dessas caracterizações, os conceitos de:

- Poder Calorífico: Determina a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima.
- Composição Gravimétrica: indica o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduos analisada, permitindo analisar o seu poder calorífico total.
- Geração *per capita*: relaciona a quantidade de RSU gerada diariamente e o número de habitantes em uma determinada região.

Gestão Integrada e Gerenciamento de RSU

Antes de tudo, é necessário entender a diferença entre gestão integrada e gerenciamento de RSU. A primeira objetiva elaborar diretrizes de forma a disciplinar ações, considerando os diversos aspectos envolvidos (ambientais, culturais, econômicos, políticos, sociais etc.), de modo que as medidas adotadas sejam sustentáveis. Já o gerenciamento, são justamente as ações disciplinadas pela gestão integrada. Assim, o gerenciamento faz parte da gestão, podendo ser entendido como as etapas a serem realizadas (Lopez, 2007).

Gestão de RSU no Contexto Brasileiro

No Brasil, em 2010, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que é uma Lei Federal (nº 12.305/10) que tem por objetivo a gestão integrada de RSU no Brasil. A PNRS contempla diversos tipos de resíduos (domiciliar, industrial, perigoso etc.), com exceção dos resíduos radioativos, que possuem uma legislação própria.

É importante destacar que para a execução da PNRS, é previsto a elaboração de Planos de Resíduos Sólidos para cada esfera administrativa do governo, isto é, planos nacionais, estaduais, regionais, intermunicipais e municipais. Uma característica do plano municipal, por exemplo, é que esse é um requisito necessário para os municípios terem acesso a recursos da União.

Os planos, basicamente, são documentos estratégicos que determinam, para uma área de abrangência, metas norteadas pelos objetivos da PNRS. Um dos objetivos principais da PNRS é reduzir a quantidade de RSU direcionada para aterros e lixões. Este objetivo fez-se com que fossem estipulados prazos (o primeiro até 2014) para que os municípios extinguissem os lixões. Ocorrerão diversas prorrogações, e o objetivo total ainda não foi (e está longe de ser) alcançado.

Gestão de RSU no Contexto do Estado do Amazonas

O estado do Amazonas é o maior estado brasileiro em extensão territorial, essa dimensão associada a dinâmica de urbanização e crises na gestão pública, favorecem o descumprimento de normalizações, fiscalizações e implantação de sistemas eficazes para as questões ambientais (Araújo; Schor, 2011).

O levantamento divulgado pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA (2015), aponta que 96,8% dos municípios do estado do Amazonas possuem o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Apesar de aparentar uma informação favorável, vale lembrar que este plano é condição necessária para que os municípios tenham acessos a recursos da União, o que faz com que esses planos, muitas vezes, sejam feitos às pressas e dificilmente são cumpridos.

Corroborando com a ideia de que grande parte dos PMGIRS são apenas um documento existente, porém inaplicável, no mesmo levantamento divulgado pelo MMA em 2015, foram coletados dados a respeito da disposição final dos RSU de cada município. Dos municípios amazonenses, 90,3% descartam

os RSU em lixões e o restante em aterros controlados. O que mostra uma total inconformidade com os objetivos da PNRS que deveriam nortear os planos municipais. É destacável que nenhum município possui um aterro com condições específicas para ser considerado como aterro sanitário.

Diante disso, é essencial a busca por alternativas que diminuam as destinações dos RSU para lixões (que já é algo teoricamente proibido) e também para os aterros (que é mais adequado para os rejeitos sem possibilidade de tratamento ou reaproveitamento).

Destinação dos RSU

O termo destino traduz-se principalmente em tratamento e disposição final dos RSU. De acordo com Abreu (2019), as principais formas de tratamento e disposição de RSU são: reciclagem, compostagem, aterro sanitário, biodigestão, incineração e pirólise.

Reciclagem

De acordo Lajolo (2003) e Teixeira (2000), a reciclagem é um processo que consiste num conjunto de operações interligadas, realizadas por diferentes agentes econômicos, no qual o material, após seu uso, retorna ao ciclo produtivo, que seja o de sua origem, ou em qualquer outro.

Essa reintrodução ao processo produtivo, além de recuperar e reduzir a quantidade de RSU, economiza, de modo significativo, a quantidade de energia gasta na produção industrial. Basicamente, consiste em algumas etapas, como a separação, coleta e triagem dos RSU de acordo com o tipo, classificação e prensagem. Posteriormente ocorre algum tipo de beneficiamento, e por fim, acontece a reciclagem propriamente, sendo o material reintroduzido no processo produtivo (Calderoni, 2003; Cunha, 2002; Renó et al., 2002).

Compostagem

A compostagem é uma técnica de tratamento de RSU no qual a matéria orgânica, em condições adequadas de temperatura, umidade e areação, é transformada em um produto estável conhecido como composto orgânico, que possui propriedades condicionadores de solo, muito utilizada na agricultura.

No processo em si, os materiais orgânicos, presentes nos RSU, são separados dos materiais inertes (alumínio, vidro e plástico) e levados a locais apropriados (pátios de compostagem, silos ou tambores rotativos), onde serão submetidos a um processo de degradação controlada, visando a produção do composto (Pavan, 2010).

A separação que ocorre no processo, auxilia na qualidade do composto. Diante disso, a compostagem depende de uma coleta seletiva, ocorrendo, geralmente, integrada a um processo de reciclagem. O composto formado é utilizado em segmentos de mercado como: agricultura, jardinagem, paisagismo, cobertura de solo e reflorestamento.

Aterro Sanitário

O aterro sanitário é uma técnica que consiste na disposição dos RSU no solo, baseado em critérios da engenharia e normas operacionais, garantindo a proteção tanto do ambiente quanto da saúde pública. Nesse processo, os RSU dispostos são compactados e cobertos com solo em formato de células diárias, formando camadas de resíduos. É fundamental a adoção de princípios de engenharia para tratamento e coleta dos líquidos percolados gerados, além de uma impermeabilização de fundo (Mutz et al., 2017).

É importante diferenciar aterro sanitário de aterro controlado e lixão. Nos lixões, ou vazadouros, o RSU é descarregado sobre o solo, sem critérios técnicos e medidas de proteção ambiental ou à saúde pública, tornando-se local de geração de vetores de doenças e tendo seu lixiviado infiltrado no solo. Já nos aterros controlados, apesar de existirem medidas para minimização dos impactos, não é observada a impermeabilização de base, ocasionando muitas vezes também a infiltração do seu lixiviado (Rosa et al., 2017).

Integrado ao aterro sanitário, podem ser observados sistemas de coleta, queima e beneficiamento de biogás, sendo uma alternativa de aproveitamento energético a partir dos RSU.

Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo bioquímico, no qual a matéria orgânica é degradada e estabilizada, na ausência de ar, através da ação de microrganismo, resultando em um produto denominado biogás. O biogás é rico em energia, por possuir elevada percentagem de metano. O processo gera ainda, um efluente denominado biofertilizante, que é amplamente utilizado como condicionador de solo na agricultura (Mayer, 2016).

Por ser um processo focado na parte orgânica dos RSU, assim como na compostagem, a biodigestão ocorre de maneira integrada com a coleta seletiva. Vale lembrar também, que existem técnicas de captação do gás metano em aterros sanitários, porém apresentam uma eficiência de produção menor do que a produção nos biodigestores. O biogás produzido pode ser queimado diretamente ou utilizado como combustível para motores de combustão interna e turbinas a gás na geração de energia (Pedroxa et al., 2017).

Incineração

A incineração é um processo que reduz o peso, toxicidade e volume dos RSU, através de uma combustão controlada a elevadas temperaturas. Como produtos do processo observam-se cinzas, água, escórias (como metais ferrosos, vidros e pedras) e gases, como CO_2 , SO_2 , N_2 , oxigênio do ar em excesso e gases inertes provenientes do ar e dos próprios RSU. Em casos de combustão incompleta (que não é o ideal), ainda podem ser observados monóxido de carbono, fuligem, dioxinas, furanos e dissociados de nitrogênio (Lima, 1991).

Os incineradores requerem valores altos de investimento e custos de operação mais elevados que os demais métodos apresentados. Isso se deve ao fato de se tratar de unidades mais complexas, com alto

grau de automatização, muitos dispositivos de controle e necessidade de uma mão-de-obra mais qualificada. Vale salientar que, geralmente, é realizado o aproveitamento da energia liberada na queima, para a geração de vapor e eletricidade.

Pirólise

A pirólise é um processo térmico de tratamento que promove a decomposição dos RSU em atmosfera ausente de oxigênio. Nesse processo os RSU são encaminhados para um reator, normalmente um forno sem a presença de oxigênio, onde são submetidos a elevadas temperaturas por um determinado tempo. O processo resulta em combustíveis de alta qualidade, que podem ser gasosos, líquidos e sólidos, a depender do objetivo da planta (Abreu et al., 2019).

Ainda de acordo com Abreu et al. (2019), os processos de pirólise, geralmente, contam com o tratamento dos efluentes gasosos e líquidos, gerando praticamente nenhum passivo ambiental. Assim como a incineração, a pirólise reduz significativamente a massa e o volume de RSU. Por ser uma tecnologia relativamente nova, é um método com poucos exemplares de implantação em grande escala operacional. Logicamente, os combustíveis gerados, a partir dos RSU, em um processo de pirólise, também podem e são utilizados para a geração de energia.

Tratamento de RSU com Recuperação Energética

Conforme Pedroxa (2017), as principais tecnologias de tratamento e destinação para a conversão de RSU em energia, mais especificamente em energia elétrica, são: a digestão anaeróbia, a incineração e a pirólise.

Digestão Anaeróbia com Recuperação Energética

Conforme Verma (2002), a digestão anaeróbia é uma consequência de diversas interações metabólicas entre vários grupos de microrganismos. O processo ocorre, basicamente, em três estágios: hidrólise, acidogênese e metanogênese. Primeiramente, um grupo de microrganismos segrega enzimas, hidrolisam materiais poliméricos a monômeros como a glucose e aminoácidos. Em seguida, outro grupo, converte os materiais formados em hidrogênio e ácido acético. E, por fim, outras bactérias são responsáveis por converter o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato em metano.

A digestão anaeróbia pode ser dividida em duas fases: fase mecânica e fase biológica. E os seus sistemas ainda podem ser classificados quanto a temperatura, quanto ao teor de sólidos e quanto ao tipo de sistema utilizado.

De acordo com Costa (2010), a digestão anaeróbia não se trata de uma tecnologia única, mas uma combinação de processos tecnológicos que visa o alcance do objetivo pretendido. Esses objetivos geralmente são: aumento da recuperação de materiais recicláveis, produção de biofertilizantes, produção de material estabilizado para aterro, produção de calor e energia elétrica e produção de combustível derivados de resíduos.

Como o sistema de tratamento por biodigestão é focado na fração orgânica dos RSU, percebe-se e ainda é reforçado pelo estudo da EPE (2008), que a reciclagem é uma alternativa que se compõe muito bem com a geração de energia elétrica a partir da digestão anaeróbia de RSU.

A digestão anaeróbia se dá de maneira natural em diversos ambiente, como: pântanos; sedimentos de rios, lagos e mares; minas de carvão; trato digestivo de animais e em aterros sanitário (Amaral, 2004). Com isso, diversas tecnologias de captação de metano em aterros sanitários foram desenvolvidas e implementadas. Outra forma de utilização da digestão anaeróbia de RSU é realizá-la controladamente em reatores, conhecidos geralmente como biodigestores.

De acordo com diversos trabalhos (Amaral, 2004; Leite, 2016; Souza et al., 2012) o sistema mais apropriado para a digestão anaeróbia de RSU depende das características dos resíduos, da área disponível, dos recursos financeiros e operacionais, da importância da geração de energia para o sistema, da prevenção à poluição, e diversos outros fatores. Tudo isso, torna a digestão anaeróbia dos RSU em reatores mais atrativa do que a captação em aterros sanitários. Isso é devido a possibilidade de, nos reatores, potencializar a produção de biogás, ter um melhor controle operacional do processo, maior facilidade na captura do biogás e menor tempo de permanências quando comparados aos aterros.

Modelos de Biodigestores

Os biodigestores, normalmente, são uma estrutura física com uma câmara onde ocorre o processo de degradação da matéria orgânica. Esta estrutura pode ser cilíndrica, vertical e superficial, podendo estar, ou não, acima do solo, acompanhada de uma campânula (também conhecida como gasômetro) onde se é acumulado o biogás formado (Pinto, 2008).

Friço (2015) em seu artigo sobre modelos e aplicações de biodigestores, aprofunda os conhecimentos em diferentes modelos de biodigestores, como: modelo chinês, modelo indiano, modelo canadense e modelo batelada. Por poder ser utilizado em pequenos e grandes projetos, apresentar uma maior produção de biogás e ser o mais difundido no Brasil, o modelo considerado neste trabalho é o biodigestor do tipo canadense.

O biodigestor do modelo canadense é caracterizado por ser horizontal, apresentando uma câmara de fermentação em alvenaria com largura maior que a profundidade, o que promove uma maior área de exposição ao sol, aumentando a produção de biogás e até evitando entupimento (Castanho; Arruda, 2002).

Uma outra característica é a existência de uma manta superior fixada sobre uma valeta de água que circunda a base, formando uma campânula diferente de armazenamento, onde está situado também, o registro para saída do gás. A câmara de fermentação também é revestida com uma lona plástica (Pereira et al., 2009).

É necessário um local de instalação que proporcione o menor risco de ocorrência de furos na manta superior que venham causar vazamento do biogás. Esse tipo de biodigestor é o mais difundido no

Brasil, além de poder ser utilizado em instalações tanto de pequeno quanto de grande porte (Frigo et al., 2015).

A Figura 3 apresenta a configuração de um biodigestor do modelo canadense. É destacável a lona de PVC fixada sobre uma valeta de água circundante a base, formando o gasômetro do sistema. Bem como a câmara de fermentação também revestida por um material impermeabilizante.

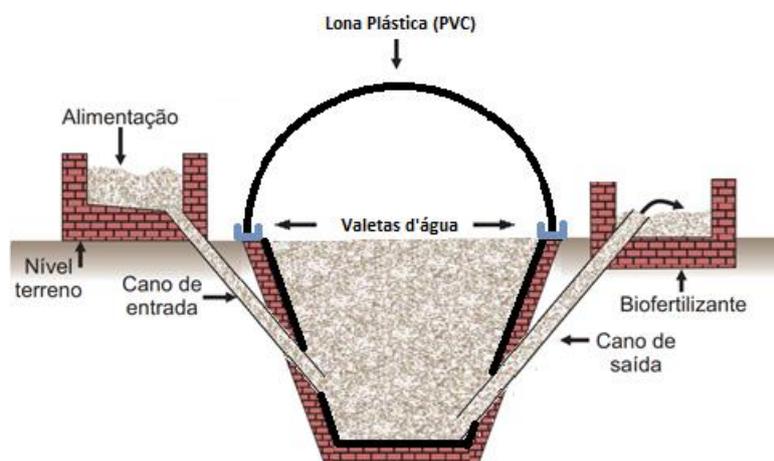


Figura 3. Biodigestor: Modelo Canadense. Fonte: Adaptado de Perlingeiro (2014).

Vantagens da Digestão Anaeróbia

Algumas das vantagens de um sistema de digestão anaeróbia, de modo geral, são: redução do volume e umidade dos RSU para destinação final, redução da quantidade de material orgânico dispostos em aterros, redução da formação de gases que geram o efeito estufa, geração de importantes insumos agrícolas, descentralização da geração de energia, promoção de uma gestão integrada dos RSU, dentre outras (Leite, 2016).

Desvantagens da Digestão Anaeróbia

Como desvantagens da digestão anaeróbia pode ser citado, por exemplo, a formação de sulfetos pela redução dos sulfatos, o que acaba gerando o gás sulfídrico devido a não geração de metano da matéria oxidada. Esse gás tem odor desagradável e oxida componentes metálicos. Algumas outras desvantagens que são lembradas são: bioquímica e microbiologia do processo complexa, sensibilidade das bactérias a diversos compostos, possibilidade de demora da partida do processo, baixa remoção de fósforo e nitrogênio, dentre outras (Mayer, 2016).

Incineração

A incineração pode ser definida como um processo de redução de peso e volume dos RSU através de uma combustão controlada (GRIPP, 1998). Menezes (2000) ainda complementa apresentando que o principal objetivo da incineração no passado era a redução de massa e volume, e atualmente são

incorporados mecanismos de aproveitamento da energia térmica, através da energia no processo de combustão derivada do poder calorífico dos RSU.

Conforme Machado (2015), a incineração é o processo de tratamento térmico a alta temperatura mais difundido, com alto número de unidades em operação comercial pelo mundo. Isso é especialmente verdade em países com pequena disponibilidade de área para aterro, como Japão, Suíça e Suécia. Estimando-se uma redução entre 12 e 30 % da massa e 4 e 10% do volume dos resíduos originais.

Basicamente, os sistemas de incineração consistem em câmaras onde ocorre a combustão controlada dos RSU, apresentando como remanescentes gases, água, cinzas e escórias. E adicionalmente, algum mecanismo de aproveitamento energético, normalmente máquinas térmicas a vapor.

As máquinas térmicas a vapor utilizam a energia da combustão dos RSU para um fluido de trabalho, geralmente a água, gerando vapor e convertendo a alta energia do fluido em trabalho mecânico ou calor para processos secundários de aquecimento. Esse tipo de sistema vem sendo responsável por grande parte da energia elétrica produzida no mundo (Henriques, 2004).

Esses de aproveitamento energético, geralmente, são constituídos por: caldeiras (onde é produzido e acumulado o vapor), turbinas (que convertem a energia termodinâmica em trabalho mecânico), geradores (para converter a energia mecânica em elétrica), condensadores (para retornar o vapor ao estado líquido), além de sistemas de bombeamento. Essas características são recorrentes nos diversos modelos de incineradores.

Modelos dos Sistemas de Incineração

Existem uma variedade de sistemas de incineração. Uma divisão que é geralmente aceita é a categorização em sistema de grelhas e de fornos. Os sistemas do tipo (i) grelha são adequados para resíduos grandes e irregulares, mantidos em uma grelha móvel ou estacionária, permitindo que o ar penetre pela grelha e passe pelos resíduos. Os incineradores do tipo forno são diversos e incluem os do tipo: Forno Rotativo, Câmara Fixas Múltiplas, Leito Fluidizado, Injeção Líquida e de Plasma.

Os incineradores do tipo grelha são os mais indicados para o tratamento de RSU, sendo inclusive os equipamentos mais empregados para incineração de RSU. Basicamente nesse modelo os RSU são queimados e grelhas metálicas que permitem a circulação do ar por baixo, por cima e pelo resíduo. Evidentemente, esse tipo de incinerador depende de os resíduos manterem-se sobre a grelha e não caírem no poço de cinzas antes de serem queimados. Os incineradores de grelha móvel são amplamente utilizados para resíduos municipais e raramente para resíduos de processo (Lança, 2008)

A Figura 4 apresenta o processo térmico, já com aproveitamento energético, utilizando um sistema de incineração do tipo grelha. Observa-se que os RSU são descarregados no fosso (1), de onde são encaminhados, através de garras, à moega (2). Os resíduos da moega alimentam o incinerador (3) do tipo grelha, que por sua vez fornece calor, através da combustão, para a caldeira (4). Na caldeira o vapor é produzido e conduzido ao sistema turbina-gerador, para a geração de energia elétrica. As cinzas

restantes sobre a grelha passam por separadores eletromagnéticos (5). E os gases resultantes da combustão são encaminhados aos sistemas de tratamento (6 e 7) para remoção de poluentes, sendo posteriormente lançados, através da chaminé (8), ao ambiente.

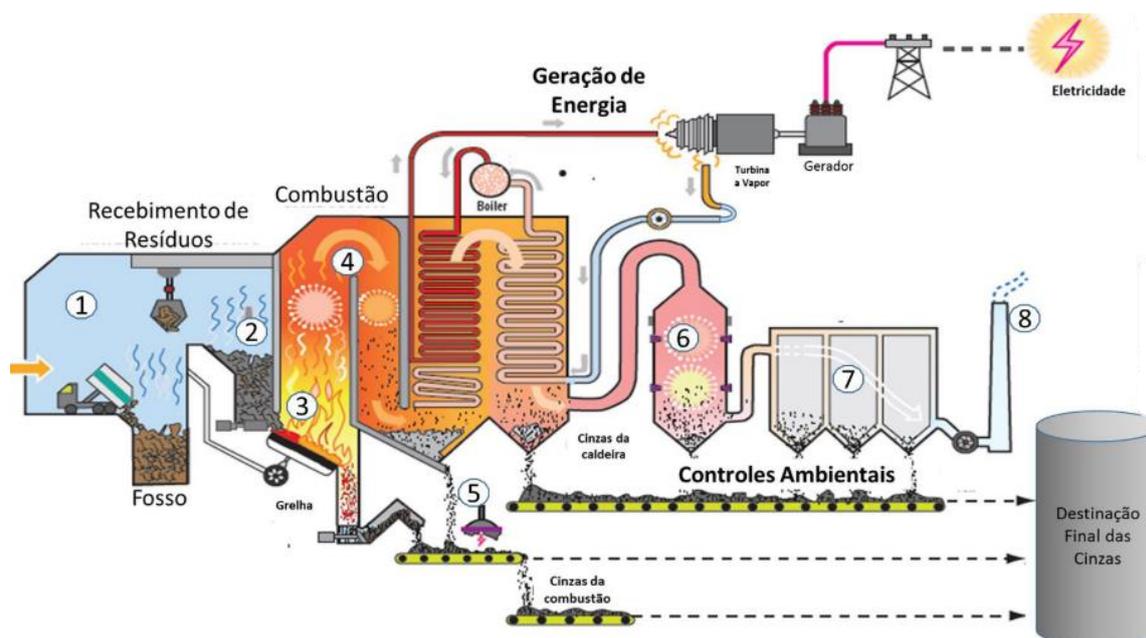


Figura 4. Processo de tratamento térmico com incinerador de grelha. Fonte: Leite (2016).

Vantagens da Incineração

De modo geral, uma das vantagens da incineração é a capacidade de reduzir consideravelmente o volume e massa dos RSU a serem dispostos em aterros. Alguns autores também consideram como vantagem a não necessidade, em geral, de separação dos RSU. Geralmente, a incineração apresenta um rendimento energético maior que a digestão anaeróbia. E o processo de incinerar é mais vantajoso também, em relação à destruição de resíduos de serviços de saúde (Leite, 2016).

Desvantagens da Incineração

A principal desvantagem que é levantada pela maioria das pessoas, são os efluentes do processo de incineração. Pois além dos produtos comuns a combustão, isto é, o vapor d'água e dióxido de carbono, são produzidos também outros poluentes, como as dioxinas e furanos, que são poluentes orgânicos persistentes, muitos sendo elementos tóxicos cancerígenos que se acumulam no tecido adiposo de mamíferos (IDEC, 2005).

No Brasil usinas de incineração vêm sendo desativadas, principalmente devido a precariedade das instalações, existindo controvérsias sobre os níveis aceitáveis de exposição as dioxinas, que na maioria dos casos contaminam por ingestão, mas também podem contaminar por inalação (Caixeta, 2005).

Por fim, uma característica amplamente debatida é a questão de o processo de incineração concorrer com a alternativa de reciclagem. Visto que a incineração além de não necessitar de uma

separação prévia, ainda é favorecida, energeticamente falando, com o poder calorífico de materiais como papel e plástico, que são componente que proporcionam o maior benefício na reciclagem.

Pirólise

A pirólise consiste na decomposição da matéria orgânica aquecida na ausência total (ou parcial) de oxigênio atmosférico ou outro agente oxidante. Esse aquecimento é controlado por faixas de temperatura, fornecendo a energia necessária para o rompimento das macromoléculas presentes na biomassa dos resíduos (Diniz, 2005).

Os processos de pirólise ocorrem através de reações químicas complexas, os quais dependem qualitativa e quantitativamente das condições reacionais, além das características próprias dos resíduos. Algumas das principais variáveis observadas em uma operação pirolítica são: taxa de aquecimento do reator, pressão no reator, temperatura de reação e tempo de residência tanto das fases sólidas quanto dos vapores (Pedroxa et al., 2017).

A pirólise possui como produtos principais a formação de carvão, bio-óleo e gás combustível. Esses produtos podem ser utilizados na geração de calor e eletricidade ou passar por processos de melhoramento para serem usados como combustível ou produtos químicos. Dependendo das condições do reator, a produção de um desses produtos pode ser maximizada, e são justamente essas condições que determinam os diferentes modelos e tipos de pirólise (Mota et al., 2015).

Tipos de Pirólise

De acordo com Mota et al. (2015), uma divisão bem aceita para os tipos de processos de pirólise, é a classificação em: Pirólise Lenta, Pirólise Rápida e Pirólise Ultrarrápida. A pirólise lenta é o tipo menos complexo e conseqüentemente com uma aplicabilidade mais possível, sendo a considerada neste trabalho.

A pirólise lenta, também conhecida como pirólise convencional e até mesmo carbonização, é caracterizada por taxas de aquecimento pequenas e uma faixa máxima de temperatura por volta de 600 a 800°C. Além de um tempo de permanência da biomassa no reator entre 5 e 30 minutos, ou até mesmo horas (Mota et al., 2015)

O principal produto da pirólise lenta é o carvão, possuindo uma densidade energética bem maior que aquela do material original e queimas em temperaturas muito mais elevadas. Além disso, em menores quantidade, é produzido gás combustível, bio-óleo e ácido pirolenhoso (Pedroxa et al., 2017).

A Figura 5 apresenta um sistema de tratamento de RSU com recuperação energética, utilizando o processo de pirólise lenta. Basicamente os RSU alimentam a moega (1), sendo encaminhados por meio da esteira (2) até o forno de carbonização (3). No forno, os resíduos são aquecidos sem a presença de oxigênio, o que promove a decomposição da matéria orgânica sem a combustão.

Os gases formados são canalizados (4) até o destilador (5), onde são liquefeitos gerando o extrato pirolenhoso (um subproduto amplamente utilizado na indústria química e na agricultura). Após o

destilador, os gases restantes ainda passam por um filtro (6) onde são separadas as partículas sólidas, liberando somente vapor de água pela chaminé (7).

Os RSU, transformados em carvão, seguem para o separador (8). No separador são retirados para reciclagem, através da esteira (9), os materiais não carbonizados, como alumínio, vidro, ferro, cobre etc. Parte do carvão (cerca de 10%) é utilizado como combustível para o forno e o restante é encaminhado para o sistema de turbina a vapor (10), para a geração de energia elétrica, através do motor, gerador e transformador.

Outro ponto interessante é o fato das cinzas, tanto do forno (11) quanto da caldeira (12), serem encaminhada para dentro do forno, fazendo parte do processo de decomposição. Além disso, os gases resultantes da queima do carvão, também tanto no forno quanto na caldeira, são canalizados e direcionados ao destilador e filtro. Isso faz com que, em teoria, a emissão desse sistema se resuma em vapor de água.

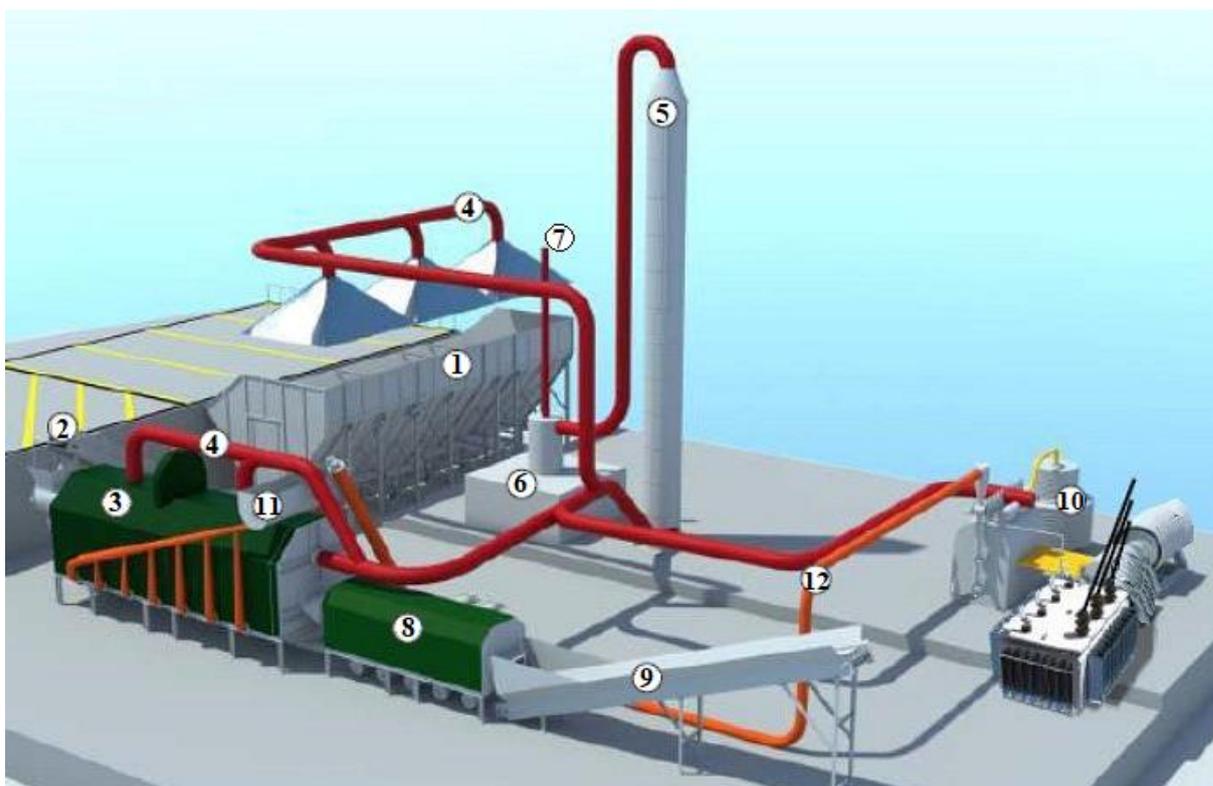


Figura 5. Processo de Pirólise Lenta com Recuperação Energética. Fonte: Adaptado de Usitrar (2017).

Vantagens da Pirólise

A utilização do processo de pirólise no tratamento de RSU apresenta vantagens como a redução significativa do volume dos RSU e também como a incineração, pode ser utilizado para a eliminação satisfatória de resíduos de serviços de saúde. Geração mínima de passivos ambientais. Possibilidade de geração de empregos diretos e mais seguros e saudáveis aos colaboradores. Utilização de um pequeno espaço para instalação do empreendimento (Abreu et al., 2019).

Desvantagens da Pirólise

Por se tratar de uma tecnologia inovadora, existe ainda muita resistência quanto a implantação em grande escala operacional. Devido ao elevado risco de contaminação do ar, os custos de tratamento dos efluente gasosos tende a ser elevados. Além disso, geralmente, é necessário uma mão de obra mais qualificada, o que pode tornar o custo operacional e de manutenção mais alto que os demais (Abreu; Henkes, 2019; Monteiro et al., 2001).

Seleção da tecnologia mais adequada ao estudo de caso

Neste capítulo as tecnologias de tratamento de RSU com recuperação energética são comparadas e ranqueadas com bases em diferentes parâmetros como: custos, receitas, emissões, logística e social. Diante do ranqueamento é possível selecionar a tecnologia mais adequada para os SISOL. A tecnologia selecionada neste capítulo, será utilizada na aplicação do estudo de caso, apresentada nos capítulos subsequentes.

Metodologia de Seleção

Foram utilizadas nesta seleção as tecnologias de geração de energia a partir de RSU apresentadas no capítulo 2: Digestão Anaeróbia, Incineração e Pirólise. Dentre os tipos de cada tecnologia, foram considerados os mais adequados para o tratamento de RSU em cidades de pequeno e médio porte, ou seja, os sistemas mais eficientes, porém com o menor custo e grau de complexidade possíveis, o que implica, geralmente, nos sistemas mais utilizados: biodigestores do tipo modelo canadense, incineradores do tipo grelha e pirólise lenta.

Com relação aos dados e informações, foram utilizados dados secundários obtidos em diversos trabalhos publicados. Por se tratar muitas vezes de temas com poucas informações, como é o caso da pirólise, e buscando realizar uma análise diversificada e mais próxima possível da realidade, foi utilizada, na maioria dos casos, a relação matemática da transitividade.

A relação da transitividade é a que se estabelece entre três (ou mais) elementos, de tal forma que se o primeiro tem relação com o segundo e este tem relação com um terceiro, então o primeiro possui relação com o terceiro. Um exemplo clássico é se existe as relações “ $A > B$ ” e “ $B > C$ ”, então existe também a relação “ $A > C$ ” (Lima; Neves, 2019).

Como muitos trabalhos apresentavam dados sobre as tecnologias, porém em ambientes diferentes (quantidade de RSU, composição gravimétrica etc.), era inviável comparar diretamente essas informações. Com isso, utilizou-se a relação de transitividade para a classificação das tecnologias.

Ilustrando a abordagem da relação de transitividade neste trabalho, observa-se como exemplo que alguns trabalhos comparavam digestão anaeróbia e incineração, enquanto outros abordavam incineração e pirólise, assim, foi possível estabelecer uma relação e conseqüentemente uma classificação das três tecnologias. Vale lembrar que foram utilizados variados estudos, o que diversifica os ambientes analisados, minimizando as características de tendência.

A PNRS estabelece que qualquer prática ou tecnologia de processamento de resíduo para ser licenciada, deve ser limpa e ambientalmente correta, ser economicamente viável e socialmente inclusiva (Medeiros; Castro, 2015). Diante disso, a seleção realizada neste capítulo, baseou-se em cinco diferentes parâmetros de análise: (i) Custos, (ii) Receitas, (iii) Emissões, (iv) Logística e (v) Social.

- (i) Custos: Este é um parâmetro quantitativo, e considera: (i) custos de implantação (CAPEX) e (ii) custos operacionais (OPEX).
- (ii) Receitas: Basicamente, é soma das multiplicações entre quantidade de produtos gerados e suas estimativas de preço. Esse parâmetro é quantitativo, e considera: (i) receita da energia elétrica e (ii) receita dos demais subprodutos.
- (iii) Emissões: Trata-se de um parâmetro quali e quantitativo, considerando: (i) os tipos de poluentes emitidos e (ii) o peso das emissões em uma análise multicritério.
- (iv) Logística: É um parâmetro majoritariamente qualitativo, observando fatores como tamanho das instalações, destinação dos subprodutos, tempo de processamento, etc.
- (v) Social: Já é um parâmetro qualitativo, observando questões como concorrência com a reciclagem, aspectos da mão-de-obra, entre outras.

Em cada parâmetro de seleção, as tecnologias foram avaliadas e classificadas. Essa classificação, em forma de *ranking*, permitiu adotar uma pontuação para, através de uma análise quantitativa, determinar a tecnologia selecionada. Vale lembrar que, a PNRS não possui uma distinção clara da importância de cada parâmetro de análise, por esse motivo, todos receberam o mesmo peso nesta seleção.

Análise Quanto aos Custos

Na análise quanto aos custos, foram levados em consideração tanto os custos de investimentos iniciais (CAPEX), quanto os custos operacionais (OPEX). Em cada caso, foram analisados diferentes trabalhos, realizadas as conversões de moedas necessárias e calculadas as médias dos custos. Por fim, foram somados o CAPEX e OPEX, e com base nesse resultado, as tecnologias foram ranqueadas no parâmetro “custos”.

Custos de implantação – CAPEX

Para determinação do CAPEX foram considerados os guias para tomadores de decisão de Mutz (2017) e do CNI (2019). O primeiro apresenta uma estimativa dos custos em Euros, enquanto o último reúne e resume diversos trabalhos, apresentando um panorama dos custos em Dólares. Na Tabela 3 estão reunidas as informações coletadas em ambos trabalhos, já convertidas e adaptadas para o formato de Dólares por Capacidade, isto é, US\$/ (toneladas ao ano), bem como a média dos valores.

Tabela 3. CAPEX das tecnologias de tratamento de RSU com recuperação energética. Fonte: Adaptado de Mutz (2017) e CNI (2019).

Fonte	CAPEX (US\$/ton/ano)		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
CNI, 2019. ¹	334,00	723,50	574,00
Mutz et al., 2017. ²	172,80	378,00	432,00
Média	253,40	550,75	503,00

Custos Operacionais – OPEX

Para a determinação do OPEX também foram utilizados os trabalhos de Mutz (2017) e do CNI (2019). O primeiro apresentava custos operacionais específicos, bem como o custo operacional total (valor que foi considerado no presente trabalho). Já no estudo do CNI (2019), de maneira análoga ao realizado no CAPEX, foram utilizados a média dos valores apresentados para cada informação. A Tabela 4 reúne os dados de OPEX, em Dólares por ano, além da média destes.

Tabela 4. OPEX das tecnologias de tratamento de RSU com recuperação energética. Fonte: Adaptado de Mutz (2017) e CNI (2019).

Fonte	OPEX (US\$/ton)		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
CNI, 2019. ¹	100,50	118,50	45,00
Mutz et al., 2017. ²	30,24	87,48	81,00
Média	65,37	102,99	63,00

Custos Totais

Como os demais custos, como a tributação por exemplo, tendem a ser semelhantes ou imensuráveis previamente, o custo total considerado nesse trabalho é dado pela soma dos valores médios de CAPEX e OPEX obtidos para cada tecnologia. Esta informação é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Custos totais médios das tecnologias de tratamento de RSU. Fonte: Autor (2021).

Tipo de Custo	Custos (US\$/ton)		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
CAPEX	253,40	550,75	503,00
OPEX	65,37	102,99	63,00
Total	318,77	653,74	566,00

Ranqueamento com base nos custos

O ranqueamento parcial é realizado em cada parâmetro de análise, e servirá de suporte para o ranqueamento geral. Esta classificação com base nos custos, leva em consideração os custos totais médios

¹ Foi utilizado a média dos dados reunidos no guia do CNI (2019).

² Foram adaptados os valores do guia de Mutz (2017) para o formato “investimento x capacidade” e convertido os valores conforme a seguinte taxa: 1,00 EUR = 1,08 USD.

obtidos, classificando-os do menor para o maior. A tecnologia melhor ranqueada obtém 3 pontos, enquanto a última colocada, 1 ponto. A tecnologia intermediária obtém 2 pontos. Esse padrão de pontuação é mantido nos demais parâmetros de análise. E os pontos são utilizados para uma análise quantitativa no ranqueamento geral. A Tabela 6 apresenta o ranqueamento parcial, junto com as pontuações obtidas por cada tecnologia no parâmetro “custos”.

Tabela 6. Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Custos”. Fonte: Autor (2021).

Parâmetro: Custos	Ranqueamento Parcial		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Valor Considerado	318,77	653,74	566,00
Posição	1º	3º	2º
Pontuação	3 pontos	1 ponto	2 pontos

Análise Quanto as Receitas

Na análise quanto as receitas, foram levadas em consideração a receita proveniente da venda de energia elétrica produzida com as tecnologias e as receitas com a venda de subprodutos. Foram utilizados trabalho que apresentavam uma comparação pareada das tecnologias, e através da propriedade transitiva das relações obtidas foi possível classificar parcialmente as tecnologias de tratamento.

Receitas Provenientes da Venda de Energia Elétrica

Para a determinação das relações das tecnologias no âmbito das receitas com a venda de energia elétrica produzida, foram utilizados os estudos de Bain e Company (2012) e de Medeiros e Castro (2015). O primeiro apresenta os valores, em reais por toneladas, referentes às tecnologias de digestão anaeróbia e incineração, utilizando para isso a eficiência energética de cada planta e um valor de venda de 150 R\$/MWh. O segundo estudo apresenta a eficiência energética das tecnologias de incineração e pirólise. Utilizando o mesmo valor de venda do trabalho de Bain e Company (2012), pôde-se estimar as receitas a partir dos dados de Medeiros e Castro (2015). A Tabela 7 reúne e apresenta os valores de receitas de ambos trabalhos.

Tabela 7. Receitas com a venda de energia elétrica produzida pelas tecnologias. Fonte: Adaptado de Bain e Company (2012) e Medeiros e Castro (2015).

Fonte	Receitas (R\$/ton)		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Bain e Company, 2012.	37,50	100,00	-
Medeiros e Castro, 2015.	-	81,6	85,65

Receitas Provenientes da Venda de Subprodutos

Ainda de acordo com Bain e Company (2012), a geração de energia elétrica é a única efetiva receita adicional do processo de incineração. Com relação a digestão anaeróbia, percebe-se que a receita

com a geração de energia elétrica é muito inferior a incineração (<40%), com isso a receita com produtos não principais, como o biofertilizante, não alteraria a colocação da tecnologia.

A pirólise, por sua vez, que conforme Medeiros e Castro (2015), já apresentam uma receita principal maior que as demais, além de possuir subprodutos, como o extrato pirolenhoso, que mesmo com uma receita menos relevante, serve para destacar ainda mais a tecnologia das demais.

Diante disso, a receita proveniente da venda de subprodutos, em geral, não é capaz de alterar o cenário de classificação das tecnologias de acordo com a receita proveniente da venda de energia elétrica produzida.

Ranqueamento com Base nas Receitas

O ranqueamento parcial com base nos custos foi feito através da propriedade transitiva das relações apresentadas. Devido ao, em geral, menor impacto das receitas de subprodutos nas receitas totais, foram utilizadas, nesta análise, as relações entre as receitas provenientes da geração de energia elétrica. As tecnologias foram classificadas da maior para a menor receita. A Tabela 8 apresenta tanto as relações obtidas por cada fonte e a relação geral entre as tecnologias, quanto o posicionamento e pontuação no ranqueamento parcial.

Tabela 8. Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Receitas”. Fonte: Autor (2021).

Parâmetro: Receitas	Ranqueamento Parcial		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Bain e Company, 2012.	Digestão Anaeróbia <	Incineração	-
Medeiros e Castro, 2015.	-	Incineração <	Pirólise
Relação Geral	Digestão Anaeróbia <	Incineração <	Pirólise
Posição	3°	2°	1°
Pontuação	1 ponto	2 pontos	3 pontos

Análise Quanto as Emissões

Na análise quanto as emissões, foram consideradas os tipos de emissões de cada método de tratamento, além de uma análise multicritério utilizada para, também, uma hierarquização das tecnologias. Com base nesses dados quali e quantitativos pôde-se determinar o ranqueamento para o parâmetro “emissões”.

Pesos na Análise Multicritério

Marchezetti (2009) realizou uma avaliação de alternativas tecnológicas para o tratamento de RSU, por meio de um método de análise multicritério denominado AHP (Processo Analítico Hierárquico). Nesse estudo, para cada tecnologia considerada, foram auferidos pesos a diversos critérios, dentre estes o critério de emissões de poluentes. Com isso, quanto menor o peso, maior a quantidade de poluentes

emitidos. A Tabela 9 apresenta os pesos de relevância do critério de emissão de poluentes, na escala do trabalho de Marchezetti, para as tecnologias estudadas no presente trabalho, além de uma relação geral referente a quantidade de poluentes emitidos por cada tecnologia.

Tabela 9. Pesos das emissões no estudo de hierarquização das tecnologias. Fonte: Adaptado de Marchezetti (2009).

Fonte	Peso das Emissões no Estudo de Hierarquização		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Marchezetti (2009). Relação Geral	0,081 (Digestão Anaeróbia <	0,040 Incineração) >	0,087 Pirólise

Os dados de pesos, apresentados na Tabela 9, servem como forma de estabelecer uma relação geral, também apresentada, das tecnologias estudadas. Para corroborar com essa relação, pode ser observados os tipos de emissões de cada tecnologia

Tipos de Emissões

O trabalho de Marchezetti (2009) ainda apresenta, como anexo, um levantamento dos tipos de poluentes emitidos por cada tecnologia. Nesse compilado é possível observar a grande diversidade de poluentes da incineração. E com relação as demais tecnologias, a digestão anaeróbia apresenta a emissão de metano e gases ácidos, fato que é mais impactante ao ambiente do que as emissões de inertes, como cinzas e escórias, da tecnologia de pirólise. A Tabela 10 apresenta as informações levantadas por Marchezetti, além da relação entre as tecnologias no âmbito dos tipos de poluentes emitidos.

Tabela 10. Tipos de poluentes emitidos pelas tecnologias de tratamento de RSU. Fonte: Adaptado de Marchezetti (2009).

Fonte	Poluentes Emitidos		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Marchezetti (2009). Relação Geral	Produz CH_4 e H_2S e outros gases.	$CO_2, SO_x, N_2, CH_4, H_2S$ dioxinas, furanos, cinzas, resíduos não queimados e outros gases.	Cinzas e escórias.
	(Digestão Anaeróbia <	Incineração) >	Pirólise

Ranqueamento com base nas emissões

O ranqueamento parcial com base nas emissões foi realizado por meio das relações definidas tanto pelos pesos na análise multicritério, quanto pelos tipos de poluentes emitidos. As relações nos dois critérios foram iguais, sendo também, a relação geral do parâmetro “emissões”. As tecnologias foram classificadas da de menor para a de maior quantidade e diversidade de poluentes emitidos. A Tabela 11

aborda tanto as relações obtidas em cada critério e a relação geral, quanto o posicionamento e pontuação no ranqueamento parcial com base nas emissões.

Tabela 11. Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Emissões”. Fonte: Autor (2021).

Parâmetro: Emissões	Ranqueamento Parcial		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Pesos na Análise Multicritério	(Digestão Anaeróbia < Incineração) >		Pirólise
Tipos de Poluentes Emitidos	(Digestão Anaeróbia < Incineração) >		Pirólise
Relação Geral	(Digestão Anaeróbia < Incineração) >		Pirólise
Posição	2°	3°	1°
Pontuação	2 pontos	1 ponto	3 pontos

Análise Quanto a Logística

Na análise quanto a logística, foram considerados diversos fatores, como: (i) Tamanho da Instalação, (ii) Temperatura de Operação, (iii) Tempo de Operação, (iv) Redução de Volume, (v) Aplicabilidade Usual e (vi) Atividades Extras. Para cada critério, baseado nos argumentos apresentador, foi estipulado uma relação entre as tecnologias. Por meio dessas relações estipuladas, ao final, foi possível estabelecer uma relação geral e um conseqüente ranqueamento parcial para o parâmetro “Logística”

Tamanho da Instalação

De acordo Pedroxá (2017), um dos pontos positivos da tecnologia de pirólise, bem como da incineração, é a questão do pequeno espaço para a instalação do empreendimento. Essas usinas podem ter dimensões reduzidas, podendo ser instaladas em galpões relativamente pequenos no interior de áreas industriais.

Já as plantas de digestão anaeróbia, devida a eficiência energética e a necessidade de armazenamento de um maior volume durante a decomposição, no critério de tamanho das instalações, é, viavelmente, superada pelas tecnologias térmicas.

Entre a incineração e pirólise, por esta última apresentar geralmente uma quantidade maior de equipamentos devido aos tratamentos de gases e controle dos subprodutos, foi pior classificada no critério de tamanho da instalação, apesar de que ambas possuam dimensões próximas.

Dessa forma, no critério de tamanho da instalação, a incineração, por necessitar de um tamanho menor que as demais tecnologias, fica melhor classificada. Em seguida encontra-se a pirólise, com dimensões relativamente próximas as da incineração. E por fim, a digestão anaeróbia com necessidades maiores de espaço (Incineração, Pirólise e Digestão Anaeróbia).

Temperatura de Operação

Conforme Mota (2015), a pirólise lenta caracteriza-se por taxas de aquecimentos pequenas com faixa de temperatura em torno de 600°C. Marchezetti (2009) complementa que a incineração atua em uma faixa entre 750°C e 1200°C e a digestão anaeróbia entre 55°C e 60°C.

Diante disso, como quanto menor a temperatura de operação, menor também é a complexidade da tecnologia nesse critério. Assim, as tecnologias foram classificadas da de menor para a de maior temperatura de operação necessária. Com isso, a digestão anaeróbia é a melhor classificada, por possuir uma necessidade menor de elevação de temperatura, e é seguida, nessa ordem, pela pirólise e incineração (Digestão Anaeróbia, Pirólise e Incineração).

Tempo de Operação

A pirólise lenta (processo de pirólise considerado neste trabalho), geralmente, possui um processo de horas, enquanto a incineração costuma demorar minutos (DIP, 2004). A digestão anaeróbia, por sua vez, devido ao longo período para decomposição dos resíduos, normalmente tem o seu processo ocorrendo ao longo de dias.

Como quanto menor o tempo de operação, mais rápido é o retorno dos investimentos das tecnologias, estas foram classificadas da de menor para a de maior tempo de operação. Com isso, a incineração fica melhor classificada, por necessitar, geralmente, de apenas alguns minutos para poder processar uma determinada quantidade de RSU. Em seguida, encontra-se a pirólise e digestão anaeróbia, que levariam para processar a mesma quantidade de RSU, normalmente horas e dias, respectivamente (Incineração, Pirólise e Digestão Anaeróbia).

Redução de Volume

De acordo com o levantamento realizado por Marchezetti (2009), a incineração possui a capacidade de reduzir em até 99% do volume inicial de resíduos e a pirólise até 90%, enquanto a digestão anaeróbia diminui a matéria orgânica em até 60% do seu volume inicial.

Como a PNRS possui como um de seus objetivos a redução da quantidade de RSU destinados aos aterros sanitários, quanto maior for a redução de volume proporcionada pela tecnologia, melhor esta será classificada. Com isso, observa-se a incineração em primeiro, por reduzir até 99%, seguida pela pirólise, com reduções de até 90% e estando em último a digestão anaeróbia, com capacidades máximas de 60% de redução (Incineração, Pirólise e Digestão Anaeróbia).

Aplicabilidade Usual

As plantas de digestão anaeróbia são comumente utilizadas com mais frequência para o tratamento de dejetos animais em fazendas e não para o tratamento de RSU em áreas urbanas. E isso é justificado por motivos logísticos, pois nos ambientes rurais, a planta de operação se encontra mais próxima da sua fonte de matéria-prima limpa, o resíduo orgânico, e também está mais próximo do destino

de seu subproduto, o biofertilizante. Vale lembrar que tanto a matéria-prima, quanto o subproduto, são materiais pesados e de baixo valor agregado, o que torna seu transporte mais custoso (Bain; Company, 2012).

Ainda de acordo com Bain e Company (2012), a pirólise é uma tecnologia ainda incipiente no mundo, com poucas plantas em operações, sendo estas normalmente em pequena escala. Além disso, há bastante incertezas nas estimativas de custos, visto o raro direcionamento para o tratamento de RSU.

Já a incineração possui certa relevância no contexto internacional, principalmente nos países desenvolvidos. É uma tecnologia comumente utilizada em locais densamente povoados e também em regiões com pouco espaço para aterros ou com uma legislação que dificulte a implantação destes (Bain; Company, 2012).

Como quanto maior a aplicabilidade usual, mais testada e validada é a tecnologia, estas foram então classificadas da mais usualmente aplicada para a de menor utilização. Com isso, a incineração é a melhor posicionada, por ser utilizada em diversos projetos de grande escala. Em seguida, encontra-se a digestão anaeróbia, que apesar de ser utilizada em pequenos projetos, é bastante validada no setor rural. E por fim, a pirólise, por se tratar ainda de uma tecnologia incipiente (Incineração, Digestão Anaeróbia e Pirólise).

Atividades Extras

Na digestão anaeróbia, além do investimento na planta de digestão propriamente dita, é necessário o investimento em uma planta de triagem, que fica responsável por separar e enviar somente os resíduos orgânicos para a planta de digestão. (Bain; Company, 2012). Com relação as tecnologias térmicas, observa-se que na incineração, o próprio calor do processo é utilizado no processo de geração de energia elétrica, enquanto na pirólise existe primeiro a formação de um combustível e posteriormente esse combustível é utilizado para a geração de energia elétrica.

Como quanto menor o número de atividade extras, geralmente, menos complexa se torna a tecnologia, estas foram classificadas da de menor para a de maior necessidade de atividades extras. Com isso, a melhor posicionada é a Incineração, por possuir inerente ao processo, o calor responsável pela geração de energia. Em seguida, encontra-se a pirólise, no qual necessita-se primeiramente gerar o combustível para depois obter o calor necessário. E por fim, a digestão anaeróbia, que além de tudo, necessita também de uma planta prévia de triagem (Incineração, Pirólise e Digestão Anaeróbia).

Ranqueamento com base na logística

Para realizar o ranqueamento parcial do parâmetro “Logística”, primeiramente foi determinada a relação geral das tecnologias nesse parâmetro, utilizando para isso as classificações realizadas em cada critério. A Tabela 12 reúne as classificações de cada critério e apresenta a relação geral obtida para o parâmetro “Logística”.

Tabela 12. Relação dos critérios do parâmetro “Logística”. Fonte: Autor (2021).

Critérios	Tecnologias		
	Melhor Classificada	Posição Intermediária	Pior Classificada
Tamanho da Instalação	Incineração	Pirólise	D. Anaeróbia
Temperatura de Operação	D. Anaeróbia	Pirólise	Incineração
Tempo de Operação	Incineração	Pirólise	D. Anaeróbia
Redução de Volume	Incineração	Pirólise	D. Anaeróbia
Aplicabilidade Usual	Incineração	D. Anaeróbia	Pirólise
Atividade Extras	Incineração	Pirólise	D. Anaeróbia
Relação Geral	Incineração	Pirólise	Digestão Anaeróbia

A relação geral apresentada na Tabela 12, foi obtida através das classificações em cada critério. Isto é, como na maioria dos critérios, a incineração foi a melhor classificada, portanto, essa tecnologia ocupa a melhor classificação também na relação geral. O mesmo critério foi utilizado para a posição intermediária e para a tecnologia pior classificada.

Com base na relação geral da Tabela 12, pôde-se, finalmente, realizar o ranqueamento parcial com base no parâmetro “Logística”. Seguindo a mesma metodologia dos outros parâmetros, isto é, a tecnologia melhor classificada obtém 3 pontos, a em posição intermediária, 2 pontos, e por fim, a pior classificada, 1 ponto. O Ranqueamento parcial com base no parâmetro “Logística” é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Logística”. Fonte: Autor (2021).

Parâmetro: Logística	Ranqueamento Parcial		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Relação Geral	Digestão Anaeróbia < (Incineração > Pirólise)		
Posição	3°	1°	2°
Pontuação	1 ponto	3 pontos	2 pontos

Análise Quanto o Social

Conforme Leite (2016), enquanto a digestão anaeróbia trabalha em conjunto com a coleta seletiva, as tecnologias térmicas concorrem pelo mesmo material valorizado pela reciclagem, por depender desses resíduos para uma maior eficiência. Entre a incineração e pirólise, pelo fato de a incineração possuir sua receita exclusivamente relacionada com o poder calorífico dos resíduos, essa concorrência com a reciclagem é mais sensível.

Com relação a mão-de-obra, segue-se a mesma linha. A digestão anaeróbia possui uma maior quantidade de colaboradores, levando em consideração especialmente os catadores de materiais reciclados. E entre as tecnologias térmicas, ambas necessitam de uma mão-de-obra mais qualificada, sendo a pirólise, por possuir mais atividades no processo, uma maior recrutadora.

Com isso, as tecnologias foram classificadas da de maior para a de menor afinidade com coleta seletiva e inclusão de trabalhadores. A Tabela 14 apresenta a relação entre as tecnologias, bem como a classificação e pontuação dessas no parâmetro “Social”.

Tabela 14. Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Social”. Fonte: Autor (2021).

Parâmetro: Social	Ranqueamento Parcial		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Leite, 2016.	Digestão Anaeróbia > (Incineração < Pirólise)		
Posição	1º	3º	2º
Pontuação	3 pontos	1 ponto	2 pontos

Ranqueamento Geral e Seleção da Tecnologia

Realizados os ranqueamentos parciais, é possível, através do somatório das pontuações obtidas em cada parâmetro, determinar a pontuação geral das tecnologias. A Tabela 15 apresenta as pontuações obtidas nos parâmetros analisados, além da pontuação total.

Tabela 15. Pontuações de cada tecnologia de tratamento de RSU. Fonte: Autor (2021).

Critérios	Pontuação		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Custos	3	1	2
Receitas	1	2	3
Emissões	2	1	3
Logística	1	3	2
Social	3	1	2
Pontuação Total	10 pontos	8 pontos	12 pontos

Diante da pontuação total, pôde-se finalmente determinar a relação geral das tecnologias e o ranqueamento final, conseguindo assim selecionar a tecnologia utilizada no estudo de caso do presente trabalho. A Tabela 16 apresenta o ranqueamento final das tecnologias.

Tabela 16. Ranqueamento final das tecnologias de tratamento de RSU. Fonte: Autor (2021).

Ranqueamento Final			
Tecnologia	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Pontuação Considerada	10 pontos	8 pontos	12 pontos
Relação Geral	(Digestão Anaeróbia > Incineração)		< Pirólise
Posição	2º	3º	1º

Tendo em vista essa detalhada seleção, a tecnologia da Pirólise, mais especificamente o processo de pirólise lenta, é o tratamento de RSU com recuperação energética aplicado no estudo de caso deste trabalho.

As estimativas, avaliações e conclusões a respeito da implantação do tratamento de RSU nos SISOL do Amazonas, estão baseadas nesta tecnologia de decomposição da matéria, em elevadas temperaturas, na ausência de oxigênio e visando a transformação dos RSU em um combustível sólido utilizado para a geração de energia elétrica.

Caracterização dos sisol amazônicos

Definida a tecnologia considerada no estudo de caso, se faz necessário a caracterização dos SISOL, abordando diversas variáveis necessárias para a determinação da viabilidade, ou não, da implantação de uma fonte alternativa de energia a partir dos RSU.

Reconhecendo que, conforme apresentado por Crispim (2019), existem inúmeros desafios para o levantamento de dados e informações de RSU junto aos municípios brasileiros, por muitas vezes tais dados serem inexistentes ou precários, é razoavelmente entendível que para os SISOL é observado uma dificuldade de caracterização ainda maior.

Com isso, esse capítulo tem a função de apresentar quais, de onde foram levantadas ou como foram estimadas, as diversas informações necessárias para analisar a implantação da tecnologia da pirólise nos SISOL.

Geração de RSU per capita

Quando se deseja determinar a quantidade de energia elétrica que será gerada a partir do processamento de RSU, é intuitivo imaginar que uma informação necessária é a quantidade de RSU disponível para a operação, geralmente esse dado é informado como *Geração per capita* de RSU.

Essa é uma informação bem difícil de se encontrar, a respeito dos municípios do estado do Amazonas. Logicamente, esse dado é ainda mais raro, quando se trata dos SISOL. Uma das poucas informações oficiais encontradas na literatura, foi um estudo apresentado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Esse estudo, denominado “Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos”, em 2018, apresentou o valor de geração de RSU para 28 municípios do estado do Amazonas. Esses dados estão organizados na tabela do ANEXO B.

Logicamente, somente as informações do SNIS não são suficientes para caracterizar todos os SISOL. Mas esses dados são cruciais para serem utilizados como forma de validação de modelos de estimativas de geração de RSU.

Na literatura encontram-se uma variedade de modelos para estimar a geração *per capita* de RSU de uma localidade. A Tabela 17 apresenta e organiza alguns desses modelos que foram utilizados nos últimos anos.

Tabela 17. Modelos de Estimativas de Geração de RSU *per capita*. Fonte: Adaptado de Martinez et al. (2006), Melo et al. (2009), Dias et al. (2012), Soares et al. (2015) e Junior et al. (2018).

Modelos	Formulação
Martinez et al., 2006.	$RSU_{pc} = 0,00006.PIB + 0,5656$
Melo et al. 2009.	$RSU = (1.5657.PIB - 3,6861.POP + 5,5416) * 1/POP$
Dias et al., 2012.	$RSU_{pc} = -0,00000005.RPC^2 + 0,0006.RPC + 0,2848$
Soares et al., 2015.	$RSU_{pc} = 0,00484.POP + 0,1208.PIB + 2,716.IDHM - 1,983$
Junior et al.,2018.	$RSU_{pc} = 6,19.10^{-9}.POP + 0,0162.RPC + 0,00422.C_e + 0,339$

Nota-se através da Tabela 17 que os modelos de geração de RSU *per capita* são dados em função de diversas variáveis, tais como: população, renda *per capita*, consumo elétrico etc. Dessa maneira, para utilizar os modelos, é necessário, primeiramente, determinar essas variáveis, seja por levantamento direto (quando possível) ou por estimativas (que é a maioria dos casos).

Além disso, muitas dessas variáveis, são dados necessários para as análises deste trabalho. Logo, explicar como foram obtidas ou estimadas essas informações é justamente a função deste capítulo de caracterização. Dessa forma, a seguir, é explicado como foram levantados os dados de: (i) população, (ii) PIB, (iii) renda *per capita*, (iv) IDH municipal e (v) consumo elétrico *per capita*.

(i) População

A estimativa da população dos SISOL, se deu, inicialmente, determinando a população dos municípios do Amazonas. Em 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, por meio do Censo Demográfico, apresentou os números de cada município.

Ao longo dos anos, o IBGE apresentou as estimativas populacionais dos municípios, mais precisamente foram apresentadas estimativas de 2011 até 2019. Como o presente trabalho visa realizar análises até 2024, foi necessário realizar uma projeção da população para os demais anos.

Essa projeção foi realizada por cálculos de previsão de valores futuros, com base em um histórico de valores (os dados do IBGE de 2010 a 2019). Para esses cálculos é utilizado um algoritmo de suavização exponencial (ETS). De maneira prática, a projeção foi realizada utilizando a função “PREVISÃO.ETS” do Microsoft Excel. Tantos os dados do IBGE, quanto a projeção dos demais anos, estão reunidos na primeira tabela do APÊNDICE A.

O IBGE também apresenta uma projeção da população total do estado do Amazonas. Essa projeção, a partir de 2011, engloba todos os anos abordados nesse trabalho. Dessa forma, foi possível utilizar essa projeção do IBGE para validar a projeção das populações municipais realizadas através do algoritmo ETS.

Para essa validação foram comparados os valores da projeção do IBGE (2011-2019) com os valores de estimativa do próprio IBGE (2011-2019). E, logicamente, foram comparados também os dados da projeção do IBGE (2020-2024) com os valores da projeção com o algoritmo ETS (2020-2024).

No primeiro caso, no qual são comparados os dados do próprio IBGE, foi observado um erro de aproximadamente 1,32%. Já na comparação entre a projeção do IBGE e a realizada nesse trabalho, o erro observado foi de 1,52%. Ambos os erros, menores que 2,00%, são aceitáveis, e validam a projeção com o algoritmo ETS.

Alguns municípios são SISOL, porém os demais SISOL são distritos ou povoados pertencentes a algum município. A estimativa da população dos distritos e povoados se deu através de uma proporção utilizando como base o consumo elétrico.

Na tabela do ANEXO A, é possível observar a quais municípios pertencem os SISOL que são distritos e povoados. Além disso, nessa tabela é possível observar a demanda energética dos SISOL, tanto dos municípios quanto dos distritos e povoados.

Foram utilizados a demanda energética e a população estimada dos municípios, para calcular o consumo *per capita* em um determinado município. Diante desse consumo *per capita* e a demanda energética do distrito ou povoado (ANEXO A) é possível determinar, finalmente, a população dos SISOL que são distritos e povoados.

Vale lembrar, que foi necessário subtrair a população dos distritos e povoados, da população total dos seus respectivos municípios, para evitar o problema de dupla contagem. Com isso, foram estimadas as populações do SISOL. Os valores também estão organizados no APÊNDICE H.

(ii) PIB

Com relação ao Produto Interno Bruto - PIB, o IBGE forneceu as estimativas de 2010 a 2018. Diante disso, para os demais anos (2019 a 2024) foi realizada uma projeção também utilizando o algoritmo ETS.

Utilizando a informação de população estimada, foi possível determinar o PIB *per capita*. Com base nos PIBs *per capita* dos municípios, e as populações dos SISOL, foi possível estimar o PIB total de todos os SISOL.

Na tabela do APÊNDICE B estão organizados os PIBs, tanto em dólar quanto em reais, dos SISOL amazônicos. Além disso a tabela também apresenta o PIB *per capita* de cada localidade.

(iii) Renda *per capita*

Já no dado de renda *per capita* - RPC, a única informação precisa encontrada, foi a apresentada pelo IBGE, no Censo de 2010. Somente com esta informação, não é possível realizar uma projeção

através do algoritmo ETS, visto que essa projeção se trata de uma previsão de valor futuro com base em um histórico de valores.

Para contornar esse problema de falta de um histórico de valores, foi utilizado os dados de RPC do estado do Amazonas. Essa valores representam a média da RPC de todos os municípios do estado. Esses dados foram apresentados de 2014 a 2019, pelo IBGE, através da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNADc.

Para se determinar a RPC municipal com base na estadual, foi utilizado o sistema de proporção baseado nos dados do Censo 2010. Essa proporção se dá pela utilização de um valor fator, que relaciona a RPC do município em 2010 com a RPC média do estado também em 2010.

Por exemplo, o município de Parintins no Censo de 2010 apresentou uma RPC de R\$400,86, enquanto a RPC estadual foi de R\$327,41. O valor fator de Parintins é dado pela razão entres números, logo, 1.224. Para estimar a RPC municipal nos próximos anos, foi realizado o produto entre o valor fator do município e a RPC estadual do ano em questão (fornecido pela PNADc). Logo a RPC de Parintins foi estimada em R\$904,78 em 2014 (RPC estadual R\$739,00), R\$921,92 em 2015 (RPC estadual R\$753,00) e assim por diante.

Dessa forma foram estimadas as RPCs dos municípios de 2014 a 2019. Com isso, obteve-se o histórico de valores necessários para realizar a projeção com o algoritmo ETS. Foi realizado essa projeção para os anos de 2020 a 2024. As RPCs obtidas foram replicadas para os distritos e povoados de acordo com os municípios a quem pertencem.

No APÊNDICE C estão organizados: as RPCs do Censo de 2010, as RPCs estaduais fornecidas pela PNADc, os valores fator de cada localidade, além é claro, das RPCs estimadas e projetadas paras os SISOL.

(iv) IDHM

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, é um dado que geralmente é apresentado nos Censos Demográficos, ou seja, normalmente de 10 em 10 anos. É uma informação derivada de diversas outras como: expectativa de vida, educação e PIB.

Por se tratar de um índice, esse dado varia em uma escala de 0 a 1, o que impossibilita qualquer tipo de projeção trivial. Entretanto, o IDHM é um dado que apresenta uma alteração relativamente pequena ao longo dos anos, dessa forma, as literaturas costumam utilizar em suas análises, a última atualização oficial do índice.

A última atualização do IDHM foi apresentada pelo IBGE, através do Censo de 2010. Para os distritos e povoados, como nos casos anteriores, foi considerado o IDHM do município a qual pertencem. Na tabela do APÊNDICE D, estão organizados os IDHM dos SISOL amazônicos.

(v) Consumo Elétrico *per capita*

Assim como já foi abordado no item da população, o consumo elétrico *per capita* foi estimado utilizando as informações de demandas energéticas dos SISOL que estão organizadas no ANEXO A, juntamente com os dados de população estimados nesse trabalho. No APÊNDICE E, estão organizados os valores do consumo elétrico *per capita* para da SISOL.

Realizadas as estimativas dessas variáveis, foi possível finalmente utilizar os modelos da Tabela 17. Através de cada modelo, foram estimados os valores de RSU gerados por habitante ao dia, para os 28 municípios que constam no estudo de SNIS de 2018. Os resultados da geração de RSU *per capita* de cada modelo estão organizados na tabela do APÊNDICE M

Comparando os resultados de cada modelo (APÊNDICE F) com os valores reais apresentados pelo SNIS (ANEXO B) foi possível mensurar a média das variações. Quando menor o valor médio da variação do modelo, mais próximo da realidade são as estimativas do modelo em questão. A Tabela 18 apresenta a média das variações de cada modelo analisado.

Tabela 18. Média das variações dos resultados dos modelos quando comparados ao SNIS. Fonte: Autor (2021).

Modelos	Média das variações
Modelo 01 - Martinez et al., 2006.	0,597
Modelo 02 - Melo et al. 2009.	2211972,482
Modelo 03 - Dias et al., 2012.	0,537
Modelo 04 - Soares et al., 2015.	7102688,250
Modelo 05 - Junior et al.,2018.	1,747

Nota-se pela Tabela 18 que dois dos modelos (2 e 4) apresentaram resultados absurdos de variação, isso porque suas estimativas de RSU *per capita* deram valores totalmente fora da realidade de qualquer local. Já os demais modelos resultaram em valores aceitáveis, sendo que o Modelo 02, foi o que apresentou o menor valor de média das variações.

Diante disso, o modelo selecionado para estimar a geração de RSU *per capita* dos SISOL foi o Modelo 03, apresentado por Dias em 2012, e que utiliza RPC como sua variável de análise. Dessa forma, foram estimadas e apresentadas no APÊNDICE G, as gerações de RSU *per capita* dos SISOL amazônicos.

Composição Gravimétrica

Estimada a quantidade de RSU gerado por cada SISOL, outra informação necessária que é bem intuitiva, é a composição gravimétrica desses RSU. A composição gravimétrica, em palavras mais simples, representa o percentual de cada componente em uma amostra de resíduos.

Logicamente, se a quantidade de RSU dos SISOL amazônicos já é uma informação inexistente na literatura, a composição gravimétrica do RSU também não é encontrada de maneira direta.

Na verdade, muitos trabalhos se deparam com a dificuldade de se obter esse tipo de informação. O que geralmente é feito, é utilizar uma composição gravimétrica média que já foi estudada e validada anteriormente.

Nessa ótica, um trabalho a nível global, que apresenta uma média validada de composição gravimétrica, é o apresentado por Hoornweg e Bhada-Tata, no livro “*What a waste*”. Nesse estudo, os autores atribuíram uma composição gravimétrica média para cada nível de renda da população em questão. A Tabela 19 apresenta essas médias de acordo com a renda local.

Tabela 19. Composição Gravimétrica dos RSU de acordo com a Renda Local. Fonte: Hoornweg e Bhada-Tata (2012).

	Baixa Renda	Média-Baixa	Média-Alta	Alta Renda
Orgânico	64,0%	59,0%	54,0%	28,0%
Papel	05,0%	09,0%	14,0%	31,0%
Plástico	08,0%	12,0%	11,0%	11,0%
Vidro	03,0%	03,0%	05,0%	07,0%
Metal	03,0%	02,0%	03,0%	06,0%
Outros	17,0%	15,0%	13,0%	17,0%

Nota-se pela Tabela 19, que quanto menor a renda local, maior é a porcentagem da matéria orgânica nos resíduos. Em contrapartida, quanto maior a renda, maiores são as participações do papel e do plástico. Geralmente estes últimos materiais advêm de embalagens e outros produtos descartados pela classe de maior poder consumista.

Para poder utilizar esse tipo de classificação no estudo dos SISOL, é necessário enquadrá-los em algum tipo de classe de renda local. Para isso, foram utilizados os dados de RPC estimados no APÊNDICE J. A classificação se deu de maneira semelhante ao que acontecia antes de 2014, quando as classes sociais eram organizadas em classe alta, média, baixa etc.

Diante disso, se a RPC do SISOL for menor que o salário mínimo no ano em questão, essa localidade é classificada como Média Baixa ou Baixa Renda. Sendo que para ser classificada como Baixa Renda é preciso ainda que a RPC seja menor que $\frac{1}{4}$ do salário mínimo na época analisada.

Já se a RPC do SISOL for maior que o salário mínimo vigente, a localidade em questão é classificada como Média Alta ou Alta Renda. Sendo que para ser classificada com Alta Renda é necessário que a RPC supere em 04 vezes o salário mínimo.

Dessa forma, foram classificados cada SISOL, em cada ano específico. Essas classificações, para os anos relevantes nesse estudo, estão organizadas no APÊNDICE H.

Como forma de validar esse tipo de classificação, foi utilizado um estudo do Governo do Amazonas apresentado no Plano de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus (PRSCS-RMM), em 2017.

Nesse estudo é informado a composição gravimétrica média da Região Metropolitana de Manaus – RMM. A Tabela 20 apresenta a composição gravimétrica da RMM, apresentada no estudo do Governo do Amazonas.

Tabela 20. Composição Gravimétrica Média da RMM. Fonte: PRSCS-RMM (2017).

Componente	RMM
Orgânico	47,3%
Papel	13,3%
Plástico	14,1%
Vidro	01,3%
Metal	03,2%
Outros	20,8%

Comparando-a com as composições gravimétricas de Hoornweg e Bhad-tata (Tabela 19), e calculando a média das variações, obteve-se uma variação de 6,1% na classe de Baixa Renda; 4,5% na de Média Baixa; 3,7% na de Média Alta e 8,7% na Alta Renda.

Dessa forma, a RMM é classificada conforme a classe que apresentou a menor variação média, logo, foi classificada com Média Alta. Para completar a validação, foi analisada então a RPC da RMM.

A RMM é constituída por 13 municípios amazonenses. Estes municípios, bem como a RPC de cada um deles no ano de 2017, estão organizados na Tabela 21.

Tabela 21. Renda *per capita* dos Municípios que compõe a RMM. Fonte: Autor (2021).

RMM	RPC
Autazes	R\$ 762,63
Careiro	R\$ 650,09
Careiro da Várzea	R\$ 664,19
Iranduba	R\$ 1.078,66
Itacoatiara	R\$ 1.236,81
Itapiranga	R\$ 899,14
Manacapuru	R\$ 1.086,14
Manaquiri	R\$ 847,63

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Manaus	R\$ 2.369,29
Novo Airão	R\$ 821,12
Presidente Figueiredo	R\$ 1.325,11
Rio Preto da Eva	R\$ 988,29
Silves	R\$ 825,80

A RPC da RMM é justamente a média das RPCs dos seus 13 municípios, logo, em 2017, esse valor foi de R\$1.042,68. Já o salário mínimo em 2017 foi de R\$937,00, ou seja, a RPC da RMM é maior que o salário mínimo da época e menor que seu quádruplo. Dessa forma a RMM também é classificada como Média Alta, validando assim, a técnica utilizada para classificar os SISOL no APÊNDICE H.

Diante de tudo que foi exposto, conclui-se os objetivos deste capítulo em caracterizar os SISOL, levantando dados e informações necessários para as análises e conclusões dos capítulos subsequentes.

Resultados

Selecionada a tecnologia da pirólise e levantadas as informações acerca dos SISOL, pôde-se finalmente realizar a análise econômica na condição de certeza. Para isso, foram relacionados em um fluxo de caixa todos os investimentos, receitas e impostos, conseguindo-se com isso, determinar os indicadores de viabilidade econômica do projeto.

Investimentos

Os investimentos para o projeto incluem tanto os gastos com a implantação do empreendimento, bem como os gastos operacionais. Além disso, deve ser considerado também a depreciação dos equipamentos e edificações.

Gastos com a implantação

Utilizando a proporção de valores conforme a capacidade da planta, adaptados de Lameu (2018), juntamente com o valor de planta comercializado pela empresa italiana *Maim Engineering*, estimou-se, em reais, os valores das plantas de pirólise de acordo com suas capacidades. Esses valores estão organizados na Tabela 22.

Tabela 22. Preços das plantas de pirólise de acordo com a capacidade. Fonte: Adaptado de Lameu (2018).

Capacidade (kg/h)	Valor (US\$)	Valor (R\$)
40	454.552,45	2.431.855,60
200	909.104,90	4.863.711,19
500	1.515.174,83	8.106.185,32
1000	2.424.279,72	12.969.896,52
2000	3.939.454,55	21.076.081,84
2500	4.545.524,48	24.318.555,97

Considerando a Resolução Consema 13/2012, esse tipo de empreendimento é enquadrado como de pequeno porte e de potencial poluidor grande, o que acarreta a necessidade, para seu licenciamento, do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA.

De acordo com Caibre (2016), o custo do estudo ambiental e dos demais documentos, bem como, as taxas de análise e vistoria do órgão ambiental estadual, representa cerca de 3% do valor da planta da pirólise na empresa fornecedora.

Levando em conta o mesmo estudo, a execução da construção civil, compreendendo a área impermeável para instalação da planta de pirólise, barracão, áreas de escritórios, dentre outros, possui um custo por volta de 15% do valor da planta.

Diante disso, a Tabela 23 apresenta os gastos para a implementação do empreendimento de recuperação energética a partir de RSU, por meio da pirólise.

Tabela 23. Resumo dos gastos com a implantação do empreendimento. Fonte: Autor (2021).

Investimentos	Valor
Unidade de pirólise (planta)	Valor da Tabela 22
Projetos de engenharia e licenças ambientais	3% do valor da planta
Construção Civil	15% do valor da planta

Gastos Operacionais

Conforme Carta (2012), o custo dos insumos e despesas administrativas, que são indicados como custo operacional variável no fluxo de caixa do empreendimento, representa cerca 6,5% do capital investido na implantação.

Ainda de acordo com o estudo, o custo de manutenção, que é designado no fluxo de caixa como custo operacional fixo, é de aproximadamente 4,5% do capital investido na implantação do empreendimento.

Por fim, o custo de mão-de-obra, leva em consideração os salários dos funcionários, bem como os encargos sociais e trabalhistas. Os encargos sociais incluem as contribuições do tipo INSS (Instituto Nacional de Seguro Social), FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), dentre outros.

Já os encargos trabalhistas envolvem: 13º salário, férias, descanso semanal remunerado, licenças, auxílios, acidentes de trabalho, faltas legalmente abonadas, aviso prévio, etc.

De acordo com Caibre (2016), os salários juntamente dos encargos sociais e trabalhistas, representam aproximadamente o mesmo custo operacional fixo de manutenção, ou seja, 4,5% do capital investido na implantação do projeto.

Diante disso, a Tabela 24 apresenta o resumo do gastos operacionais do empreendimento de recuperação energética a partir de RSU, por meio da pirólise.

Tabela 24. Resumo dos gastos operacionais do empreendimento. Fonte: Autor (2021).

Investimentos	Valor Anual
Insumos e Outras Despesas	6,5% do gasto com implantação
Manutenção	4,5% do gasto com implantação
Mão-de-obra	4,5% do gasto com implantação

Depreciação

Considerando a Instrução Normativa SRC nº162 de 31 de dezembro de 1998 da Secretaria da Receita Federal, que discorre sobre a vida útil de cada tipo de bem, e analisando as características dos equipamentos do empreendimento, determinou-se uma vida útil de 10 anos para os equipamentos e 25 anos para as edificações.

Diante dos valores gastos com equipamentos e edificações, juntamente da vida útil destes, foi possível determinar o valor anual da depreciação de cada item. Esses valores estão organizados na Tabela 25.

Tabela 25. Resumo dos gastos com a depreciação. Fonte: Autor (2021).

Item	Gastos na Implantação	Vida Útil	Depreciação Anual
Equipamentos	Valor da Tabela 22	10 anos	10% do valor da Tabela 22
Edificações	3% do valor da planta	25 anos	0,12% do valor da planta

Receitas

As receitas do empreendimento de recuperação energética a partir de RSU, por meio da pirólise, consideradas neste trabalho, são aquelas obtidas através da venda da energia elétrica gerada e da venda do subproduto biofertilizante.

Venda de energia elétrica

Foi considerado como o preço de venda, a média dos valores da venda de energia, na região norte, comercializada na bolsa eletrônica de venda de energia da CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, nos últimos 12 meses (segundo semestre de 2020 e primeiro semestre de 2021).

Nesse período, o preço da energia variou entre R\$55,57/MWh e R\$502,70/MWh. Essa grande oscilação ocorreu devido ao impacto nas negociações acarretados pela pandemia do Covid-19. No presente trabalho foi utilizado então, o preço médio do período que foi de R\$199,52/MWh.

Com relação a eficiência de geração da planta de pirólise, conforme Caibre (2016), é possível gerar 01 MW de energia para cada tonelada de RSU (considerando a matéria orgânica) processada.

Venda de Biofertilizante

Também no estudo de Caibre (2016), foi determinado o fator de rendimento de biofertilizante por tonelada de RSU (considerando a matéria orgânica), sendo esse fator igual a 12%. Isto é, aproximadamente 120kg de biofertilizantes são produzidos para cada tonelada de RSU processada. Com a relação ao preço de venda, o estudo estimou um valor médio de R\$125,00 por tonelada de fertilizante.

Dessa forma, as receitas do projeto, tanto pela venda de energia elétrica, quanto pela venda de biofertilizante, estão esquematizadas na Tabela 26.

Tabela 26. Resumo das receitas do empreendimento. Fonte: Autor (2021).

Tipo de Receita	Eficiência	Preço
Venda de Energia	1t de RSU = 1MW	R\$199,52/MWh
Venda de Biofertilizante	1t de RSU = 120kg	R\$125,00/t

Impostos

São diversos os impostos que apresentam alíquotas incidentes sobre alguma das operações da planta de pirólise, tanto relacionados com a geração e venda energia elétrica, quanto com a produção e venda do biofertilizante. Algumas dessas alíquotas incidem em apenas uma das operações, outras em ambas.

São exemplos desses impostos: COFINS – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social; CSLL – Contribuição Social sobre o Lucro Líquido; ICMS – Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços; IPI- Imposto sobre Produtos Industrializados; IR – Imposto de Renda e PIS/PASEP – Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servido Público.

A Tabela 27 apresenta as alíquotas dos impostos incidentes sobre cada tipo de operação do empreendimento.

Tabela 27. Alíquotas dos impostos incidentes sobre as operações do empreendimento. Fonte: Autor (2020).

Impostos	Energia Elétrica	Biofertilizante
COFINS	7,60%	0,00%
CSLL	9,00%	9,00%
ICMS	25,00%	12,00%
IPI	0,00%	Não Tributável
PIS/PASEP	1,65%	0,00%
IR	15% + 10% adicional acima de R\$20.000,00/mês	

Análise Econômica

Para a análise econômica foi determinado o fluxo de caixa do empreendimento, de 2019 a 2024. O ano de 2019 foi considerado o ano implantação do projeto. Em 2024, foi arbitrada uma venda do empreendimento, pelo valor residual, levando em conta a depreciação no período considerado, sem correção de inflação.

Basicamente o fluxo de caixa segue a seguinte esquematização: Primeiramente é determinado a Receita Bruta (RB) anual, em seguida são subtraídos os impostos sobre a vendas de produtos (IPI, ICMS, PIS e COFINS) obtendo-se a Receita Líquida Anual (RLA).

Da RLA são subtraídos os custos operacionais e as depreciações, obtendo-se o denominado Lucro Líquido Tributável (LTV). Deste último são deduzidos o imposto de renda e da contribuição social, determinando assim o Lucro Real Anual (LRA) do empreendimento.

De posse desses fluxos de caixas anuais e dos gastos com a implantação do empreendimento, determinou-se o Valor Presente Líquido (VPL), que representa os valores dos fluxos de caixa anuais corrigidos para o ano zero, isto é, para o ano de implantação do empreendimento (2019). Esse dado é facilmente calculado pelo *Microsoft Excel*, através da função “VPL”.

Outra informação que foi determinada nos casos de VPL positivo, foi a Taxa Interna de Retorno (TIR), essa taxa refere-se à porcentagem de retorno sobre o capital investido na implantação do empreendimento. Essa informação também pode ser determinada através do *Microsoft Excel*, por meio da função “TIR”.

Dessa forma, o VPL permite avaliar se determinado empreendimento é economicamente viável, dada uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Nesse estudo, foi considerada uma TMA de 6%, que é um valor geralmente utilizado como rendimentos de renda fixa.

Para um projeto ser considerado economicamente viável, é necessário que o VPL calculado seja positivo, isso porque sua TIR será maior que sua TMA. Já nos casos em que a TIR é menor que a TMA, o VPL calculado será negativo, indicando a inviabilidade econômica do projeto.

Dessa forma, construiu-se, para cada um dos SISOL, um fluxo financeiro, objetivando determinar o VPL do empreendimento naquela localidade e conseqüentemente a viabilidade econômica do projeto. A Figura 6 apresenta, como exemplo, o fluxo financeiro montado para Parintins, o SISOL com a maior geração diária de RSU.

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

PARINTINS						
Descrição	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Receita Bruta	-	R\$ 3.859.205,21	R\$ 4.084.257,83	R\$ 4.091.141,92	R\$ 4.337.022,93	R\$ 4.343.627,28
(-) Impostos sobre Vendas	-	R\$ 1.261.736,31	R\$ 1.335.315,47	R\$ 1.337.566,16	R\$ 1.417.954,99	R\$ 1.420.114,23
(=) Receita Líquida Anual	-	R\$ 2.597.468,90	R\$ 2.748.942,37	R\$ 2.753.575,75	R\$ 2.919.067,93	R\$ 2.923.513,04
(-) Insumos e Outras Despesas	-	R\$ 3.233.070,95				
(-) Gastos com Manutenção	-	R\$ 2.238.279,89				
(-) Gastos com Mão-de-obra	-	R\$ 2.238.279,89				
(-) Depreciação Equipamento	-	R\$ 4.215.216,37				
(-) Depreciação Edificações	-	R\$ 50.582,60				
(+) Venda de Ativos	-	-	-	-	-	R\$ 28.410.558,32
(=) Lucro Líquido Tributável	-	-R\$ 9.377.960,80	-R\$ 9.226.487,34	-R\$ 9.221.853,95	-R\$ 9.056.361,77	R\$ 19.358.641,66
(-) IR	-	0	0	0	0	R\$ 4.839.660,42
(-) CSLL	-	0	0	0	0	R\$ 1.742.277,75
(=) Lucro Real	-	-R\$ 9.377.960,80	-R\$ 9.226.487,34	-R\$ 9.221.853,95	-R\$ 9.056.361,77	R\$ 12.776.703,50
INVESTIMENTOS	R\$ 49.739.553,15	-	-	-	-	-
(-) Unidade de Pirólise	R\$ 42.152.163,69	-	-	-	-	-
(-) Licenças Ambientais	R\$ 1.264.564,91	-	-	-	-	-
(-) Construção Civil	R\$ 6.322.824,55	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa	-R\$ 49.739.553,15	-R\$ 9.377.960,80	-R\$ 9.226.487,34	-R\$ 9.221.853,95	-R\$ 9.056.361,77	R\$ 12.776.703,50
V.P.L.	-R\$ 72.167.063,92		T.I.R.	-		US\$1,00 = R\$5,35

Figura 6. Fluxo financeiro do SISOL de Parintins. Fonte: Autor (2021).

Nota-se pela Figura 6, que a geração de energia elétrica a partir da pirólise de RSU no SISOL de Parintins é economicamente inviável, pois apresentou um VPL negativo (-R\$72.167.063,92), conforme os fluxos de caixas anuais apresentados.

Já a Figura 7 apresenta o fluxo financeiro do projeto de geração de energia elétrica a partir de RSU, para o SISOL de Vila Bitencourt, localidade que apresentou a menor geração diária de RSU.

VILA BITENCOURT						
Descrição	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Receita Bruta	-	R\$ 7.061,92	R\$ 6.790,22	R\$ 6.969,62	R\$ 7.038,96	R\$ 7.040,41
(-) Impostos sobre Vendas	-	R\$ 2.308,84	R\$ 2.220,01	R\$ 2.278,66	R\$ 2.301,33	R\$ 2.301,81
(=) Receita Líquida Anual	-	R\$ 4.753,08	R\$ 4.570,21	R\$ 4.690,96	R\$ 4.737,63	R\$ 4.738,60
(-) Insumos e Outras Despesas	-	R\$ 186.523,32				
(-) Gastos com Manutenção	-	R\$ 129.131,53				
(-) Gastos com Mão-de-obra	-	R\$ 129.131,53				
(-) Depreciação Equipamento	-	R\$ 243.185,56				
(-) Depreciação Edificações	-	R\$ 2.918,23				
(+) Venda de Ativos	-	-	-	-	-	R\$ 1.639.070,67
(=) Lucro Líquido Tributável	-	-R\$ 440.033,31	-R\$ 440.216,18	-R\$ 440.095,43	-R\$ 440.048,76	-R\$ 440.047,78
(-) IR	-	R\$ 0,00				
(-) CSLL	-	R\$ 0,00				
(=) Lucro Real	-	-R\$ 440.033,31	-R\$ 440.216,18	-R\$ 440.095,43	-R\$ 440.048,76	-R\$ 440.047,78
INVESTIMENTOS	R\$ 2.869.589,60	-	-	-	-	-
(-) Unidade de Pirólise	R\$ 2.431.855,60	-	-	-	-	-
(-) Licenças Ambientais	R\$ 72.955,67	-	-	-	-	-
(-) Construção Civil	R\$ 364.778,34	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa	-R\$ 2.869.589,60	-R\$ 440.033,31	-R\$ 440.216,18	-R\$ 440.095,43	-R\$ 440.048,76	-R\$ 440.047,78
V.P.L.	-R\$ 4.723.407,95		T.I.R.	-		US\$1,00 = R\$5,35

Figura 7. Fluxo financeiro do SISOL de Vila Bitencourt. Fonte: Autor (2021).

Percebe-se pela Figura 7, que a implantação do projeto de recuperação energética a partir da pirólise de RSU no SISOL de Vila Bitencourt também se mostrou inviável, visto o VPL negativo de -R\$4.723.407,95.

Os VPLs dos SISOL amazonenses estão organizados no APÊNDICE I na categoria “Cenário Atual”. Nota-se que nas condições atuais levadas em consideração nesse trabalho, **NENHUM** dos SISOL amazonenses apresentou um VPL positivo para o projeto.

Porém, vale ressaltar que algumas dessas condições atuais sofreram os impactos da pandemia de Covid-19, como por exemplo o valor do Dólar e o preço de venda da energia elétrica. E algumas outras, podem ser ajustas através dos poderes políticos, como é o caso dos impostos.

Dessa forma, é relevantemente importante, a realização de uma análise de sensibilidade considerando esses parâmetros ajustáveis e reanalisando a viabilidade do projeto.

Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade tem por objetivo avaliar o impacto econômico da variação de determinados parâmetros que foram utilizados na análise econômica na condição de certeza.

Nesse trabalho, o foco da análise econômica foram os parâmetros que sofreram grande impacto com a pandemia de Covid-19 ou que podem ser ajustados pelos poderes públicos.

Dessa forma, foram considerados três cenários, de tal maneira que a cada cenário, um parâmetro a mais era ajustado, partindo do mais facilmente alterado para o mais complexo. Além disso, foram observados os impactos da variação de cada parâmetro individualmente.

Cenário 01

No primeiro cenário, o parâmetro ajustado foi o preço de venda da energia elétrica. Isso porque, durante a pandemia, os preços de venda sofreram uma espécie de congelamento, o que alterou o valor médio utilizado como base de cálculo para o cenário atual.

Dessa forma, no Cenário 01, foi utilizado o maior preço de venda do período considerado, que foi de R\$502,70/MWh, conforme os dados apresentados pela CCEE.

Com o preço de venda da energia elétrica ajustado, foram novamente determinados os fluxos financeiros de cada SISOL. A Tabela 28, apresenta os VPLs corrigidos para os SISOL de Parintins e Vila Bitencourt.

Tabela 28. VPLs dos SISOL de Parintins e Vila Bitencourt para o Cenário 01. Fonte: Autor (2021).

SISOL	Cenário Atual	Cenário 01
Parintins	-R\$72.167.063,92	-R\$57.31.302,52
Vila Bitencourt	-R\$4.723.407,95	-R\$4.696.094,01

Nota-se pela Tabela 28, que apesar da redução do prejuízo, o VPL se manteve negativo nas duas localidades de exemplo, indicando a inviabilidade econômica do projeto, nas condições do Cenário 01.

Percebe-se ainda, que como o SISOL de Parintins possui uma geração de RSU diária muito maior que o SISOL de Vila Bitencourt, a variação do VPL com a alteração do preço de venda da energia elétrica se mostrou, também, muito mais sensível.

Os valores ajustados de VPL, para todos os SISOL, estão organizados no APÊNDICE P, na categoria “Cenário 01”. E da mesma forma dos exemplos anteriores, TODOS os SISOL tiveram seus prejuízos reduzidos, porém permaneceram com o VPL negativo.

Cenário 02

No segundo cenário, o próximo parâmetro analisado foi o valor do dólar. Isso porque, o preço do dólar sofreu uma enorme variação com a pandemia do Covid-19, observou-se um aumento de mais de 29% somente em 2020 (Investing, 2021).

Além disso, a variação do preço do dólar tem um impacto significativo nos custos de implantação, visto que os valores das plantas da empresa italiana, *Maim Engineering*, estão em dólares.

Dessa forma, no Cenário 02, além da variação do preço de venda da energia elétrica, arbitrou-se uma redução de um terço do valor no valor do dólar. Visto que essa é uma redução plausível diante do aumento observado na cotação da moeda durante 2020 e 2021. Assim, a nova cotação utilizada foi de R\$3,53.

Os valores de VPL corrigidos conforme os parâmetros do Cenário 02, estão organizados na Tabela 29.

Tabela 29. VPLs dos SISOL de Parintins e Vila Bitencourt para o Cenário 02. Fonte: Autor (2021).

SISOL	Cenário Atual	Cenário 02
Parintins	-R\$72.167.063,92	-R\$16.118.461,60
Vila Bitencourt	-R\$4.723.407,95	-R\$2.353.750,19

Observa-se pela Tabela 29, que a redução na cotação do dólar conseguiu reduzir ainda mais o prejuízo, porém, não o suficiente para tornar o projeto economicamente viável, visto que os VPLs se mantiveram negativos.

Esse padrão se repetiu, novamente, para TODOS os SISOL amazonenses. Os VPLs corrigidos conforme os parâmetros do Cenário 02, estão organizados também no APÊNDICE P, na categoria “Cenário 02”.

Cenário 03

No terceiro cenário foram avaliados os impactos dos impostos nos fluxos financeiros de cada SISOL. Isso porque, como já detalhado nesse trabalho, esse tipo de empreendimento possui uma alta incidência de alíquotas, que corroem os lucros e aumentam os prejuízos.

Por se tratar de um projeto com um viés sustentável, é plausível a consideração, por parte dos poderes públicos, da isenção de impostos sobre esse tipo de empreendimento. Funcionando exatamente com um incentivo fiscal do governo, para projetos ambientalmente sustentáveis.

Dessa forma, no Cenário 03, além das variações no preço de venda da energia elétrica e na cotação do dólar, foi considerado também, a isenção de imposto para o projeto.

Na Tabela 30, estão organizados o VPLs corrigidos de acordo com os parâmetros do Cenário 03, para os exemplos de Parintins e Vila Bitencourt.

Tabela 30. VPLs dos SISOL de Parintins e Vila Bitencourt para o Cenário 03. Fonte: Autor (2021).

SISOL	Cenário Atual	Cenário 03
Parintins	-R\$72.167.063,92	+R\$864.061,60
Vila Bitencourt	-R\$4.723.407,95	-R\$2.206.594,79

Percebe-se pela Tabela 30 que, conforme os parâmetros do Cenário 03, o SISOL de Parintins apresentou um VPL positivo, atestando a viabilidade do projeto para esse cenário, além de demonstrar a importância dos incentivos fiscais para projetos ambientalmente sustentáveis.

O SISOL de Vila Bitencourt, porém, apesar da leve redução do prejuízo, permaneceu com o VPL negativo, atestando que a viabilidade do empreendimento tem forte influência da quantidade de RSU gerados pela localidade em questão.

Os valores de VPL corrigidos de acordo com os parâmetros do Cenário 03, para cada um dos SISO amazonenses, estão organizados no APÊNDICE P na categoria “Cenário 03”.

Analisando o APÊNDICE P observa-se que 47 SISOL, ou seja, quase metade (49,5%) das localidades, apresentaram um VPL positivo, quando ajustados os parâmetros de acordo com o terceiro cenário. Esses locais são justamente aqueles com a maior quantidade de RSU gerada diariamente.

Vale lembrar que este trabalho considerou um horizonte de cinco anos de atividade, e que quando considerado um tempo maior, como o tempo de vida útil das edificações, por exemplo, pode ser que seja observado um número ainda maior de localidades onde o projeto seja viável economicamente.

Outro ponto a mencionar, é que foram analisados também, além dos cenários anteriormente mencionados, a variação individual de cada um dos parâmetros ajustados. Porém, não se observou mudanças significativas capazes de alterar a viabilidade ou não do projeto.

Conclusão

Todo o desenvolvimento deste trabalho possibilitou diversas conclusões, além, é claro, da determinação da viabilidade ou não da geração de energia elétrica a partir de RSU nos SISOL amazonenses. Algumas destas conclusões são:

-Os SISOL, no âmbito da energia elétrica, enfrentam diversas problemáticas tais como: déficit energético, altos preços de energia e grandes emissões de poluentes. Esses problemas necessitam de resolução, mesmo que não seja a recuperação energética de RSU por meio da pirólise;

-Outra problemática, não só dos SISOL, mas como da maioria dos municípios amazonenses, é a errada destinação dos RSU, que vai na contramão dos objetivos da PNRS, além de ser um grande desperdício de um potencial energético;

-A seleção da tecnologia realizada nessa pesquisa, com base em parâmetros como: custos, receitas, logísticas emissões e parâmetros sociais, determinou a pirólise como a tecnologia mais adequada para o projeto. Isso corrobora com a ideia de que as tecnologias ainda incipientes são um fértil campo de estudo para trabalhos futuros;

-A existência ou disponibilidade de dados e informações acerca dos municípios e SISOL amazonenses é algo raro e ineficiente. Dessa maneira, o extenso trabalho de levantamento e estimativa de dados realizado nesta pesquisa, é uma importante fonte de informações para pesquisas futuras, nos mais variados temas;

-A alternativa de geração de energia elétrica a partir de RSU nos SISOL não se mostrou economicamente viável nas condições atuais. Porém, cabe ressaltar, que alguns parâmetros atuais sofreram um grande impacto com a pandemia do Covid-19, como é caso do preço de venda da energia elétrica e a cotação do dólar;

-A análise de sensibilidade realizada nessa pesquisa também mostrou que políticas de incentivos fiscais, para projetos ambientalmente sustentáveis, são essenciais para a viabilidade econômica de muitos empreendimentos, inclusive o projeto estudado neste trabalho;

-A análise de sensibilidade observou a alteração de três parâmetros (preço de venda da energia, cotação do dólar e isenção de impostos). No cenário em que os três parâmetros foram ajustados, obteve-se uma viabilidade econômica na implantação do projeto em 49,5% dos SISOL;

-Os SISOL que conseguiram apresentar uma viabilidade econômica na análise de sensibilidade, foram aqueles que possuem as maiores gerações diárias de RSU. Isso acontece, pois a maior quantidade

de RSU, permite a geração de uma maior receita, capaz de suprir os altos custos de implantação do empreendimento;

-Por apresentar altos custos de implantação, uma alternativa que pode melhorar os índices de viabilidade econômica, é conseguir implementar a planta de pirólise a partir do fornecimento de empresas nacionais, que poderiam apresentar preços mais acessíveis.

Sugestões para trabalhos futuros:

São possíveis diversos desdobramentos a partir da sequência lógica da pesquisa deste trabalho. Alguns desses desdobramentos que podem ser estudados e analisados por trabalhos futuros, são:

-Realizar as análises econômicas na condição de certeza, bem como a análise de sensibilidade, utilizando valores, que porventura sejam cedidos, de empresas nacionais;

-Avaliar projetos que integram os mais diferentes tipos de tecnologias de recuperação energética a partir de RSU;

-Sistematizar e organizar, bem como atualizar e corrigir, os dados e informações levantadas no processo de caracterização dos SISOL, para que sirvam de fonte de dados secundários para diferentes pesquisas;

-Analisar possibilidades de reduções de custos, ou aumento de receitas, nos empreendimentos estudados nessa pesquisa, visando aumentar os índices de viabilidade econômica;

-Investigar outras possíveis soluções para os problemas enfrentados pelos SISOL no âmbito energético.

Referências

- Abreu CD; Henkes JÁ (2019). Uma Análise Sobre O Tratamento De Resíduos Sólidos Urbanos: Proposta De Sistema Alternativo, Transformando Resíduos Só-Lidos Em Carvão E Energia. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, 8(1): 1015.
- Amaral FM (2004). Biodigestão anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos: um panorama tecnológico atual. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT.
- Araújo M; Schor T (2011). Resíduos de serviço de saúde no estado do Amazonas: desafios para implantar sua gestão. InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, 3(1): 1–22.
- Bain; Company (2012). Estudo Econômico-Financeiro para destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) Belo Horizonte Fundação Israel Pinheiro, 2012.
- Caibre DI et al. (2016) Análise da viabilidade econômica do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso aplicado a uma cidade de médio porte. Revista de Ciências Ambientais, 10(2).
- Caixeta DM (2005). Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: o caso de Campo Grande/MS. Universidade de Brasília.
- Calderoni S (2003). Os bilhões perdidos no lixo. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Carta R et al. (2012). Pirolisi lenta, úmida e catalítica de Polina.
- Castanho DS, Arruda HJ (2002). Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada Ponta Grossa VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CDE/RGR/CCC (2017). Relatório orçamento das contas setoriais 2018 - CDE/RGR/CCC São Paulo.
- CNI, C. N. DA I. Recuperação Energética De Resíduos Sólidos. Um Guia Para Tomadores De Decisão. Brasília..
- Crispim MCFN (2019). Matriz de sustentabilidade e análise da percepção ambiental em relação aos resíduos sólidos domiciliares no sudoeste do Amazonas. Universidade Federal do Amazonas.
- Cunha MEG (2002). Análise do setor de saneamento ambiental no aproveitamento energético de resíduos: o caso do município de Campinas. UNICAMP.
- Da Costa, JPF (2010). Tratamento mecânico e biológico de resíduos sólidos urbanos: avaliação do seu potencial para a recuperação de materiais recicláveis. Universidade Nova de Lisboa.
- Dias DM. et al. (2012). Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais.
- Diniz J (2005). Conversão térmica de casca de arroz à baixa temperatura: produção de bio-óleo e resíduo sílico-carbonoso adsorvente. Universidade Federal de Santa Maria.

- Dip TM (2004). Otimização de condições operacionais de processo visando a minimização da emissão de material particulado na incineração industrial de resíduos perigosos. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- EPE (2008). Avaliação preliminar do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de Campo Grande, MSRio de Janeiro, Empresa De Pesquisa Energética.
- EPE (2019). Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados Horizonte 2024 - Ciclo 2019Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia, , 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>
- Fernando A; Lima SC (2012). Caracterização dos resíduos sólidos urbanos do município de Maxixe-Moçambique. *Caminhos de Geografia*, 42: 335–345.
- Frigo KDDA et al. (2015). Biodigestores: Seus Modelos E Aplicações. *Acta Iguazu*, 4(1): 57–65.
- Frota WM (2004). Sistemas isolados de energia elétrica na Amazônia no novo contexto do setor elétrico brasileiro. Universidade Estadual de Campinas.
- Gripp WG (1998). Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos: considerações sobre a proposta para São Paulo. Universidade de São Paulo.
- Henriques RM (2004). Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Hoornweg D; Bhada-Tata P (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Knowledge Papers.
- Idec IBDDDC (2005). Consumo sustentável: manual de educação Brasília Consumers International.
- Investing. Histórico da cotação do dólar. Disponível em: <<https://br.investing.com/currencies/usd-brl-historical-data>> Acesso em 17/07/2021.
- IPT. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: Instituto De Pesquisas Tecnológicas, 2000.
- Lajolo RD (2003). Cooperativa de catadores de materiais recicláveis: guia para implantação IPT São Paulo.
- Lameu GHP (2018). Estudo sobre a implantação de uma planta de pirólise rápida em uma usina de açúcar e etanol. Centro Universitário Toledo.
- Lança RO (2008). Diagnóstico e avaliação do potencial energético dos resíduos gerados em uma indústria alimentícia. Universidade Estadual Paulista.
- Leite CB (2016). Tratamento de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético: avaliação econômica entre as tecnologias de digestão anaeróbia e incineração. Universidade de São Paulo.
- Lima B; Neves G (2019). *Raciocínio Lógico-Quantitativo e Matemática para Receita Federal*. 00. ed. Estratégia Concursos.
- Lima LMQ (1991). *Tratamento de lixo*. 2. ed. São Paulo: Hemus.

- Lopez AA (2007). Estudo da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê- Jacaré (UGRHI-13). Universidade de São Paulo.
- Machado CF (2015). Incineração: uma análise do tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos de Bauru/Sp. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Mancini PJP (1999). Uma Avaliação do sistema de coleta informal de resíduos sólidos recicláveis no município de São Carlos, SP. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Marchezetti AL (2009). Avaliação de alternativas tecnológicas para o tratamento de resíduos sólidos domiciliares pela aplicação do método AHP: Estudo de caso da região metropolitana de Curitiba. Universidade Federal do Paraná.
- Martinez J et al. (2006). Predicted growth of world food waste and methane production No Title.
- Mayer B (2016). Caracterização e biodigestão anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos gerados na central de abastecimento S.A. - Unidade Foz do Iguaçu. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Medeiros VA; Castro DE (2015). Tecnologias de recuperação térmica e energética de resíduos sólidos. Centro Federal de Ensino Tecnológico de Minas Gerais - CEFET-MG.
- Melo LA et al. (2009). Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba.
- Menezes RAA et al. (2000). Estágio Atual da Incineração no Brasil. Curitiba VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública.
- Monteiro JHP et al. (2001). Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. 15. ed. Rio de Janeiro.
- Mota FAZ et al. (2015). Pyrolysis of Lignocellulose Biomass: a Review. Revista Geintec, 5(4): 2511–2525.
- Mutz D. et al. (2017). Opções em Waste-to-Energy na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Ons NOSE (2019). Plano anual da operação energética dos sistemas isolados para 2020. Rio de Janeiro.
- Pavan COM (2010). Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil. Universidade de São Paulo.
- Pedroxa MM et al. (2017). Aproveitamento Energético De Resíduos Sólidos Urbanos Em Processo De Pirólise. Revista Brasileira de Energias Renováveis, 6(2).
- Pereira ER et al. (2009). Biodigestores- Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária.
- Pinto PHM (2008). Tratamento de Manipueira de Fecularia em Biodigestor Anaeróbio para Disposição em Corpo Receptor, Rede Pública ou uso em Fertirrigação. Universidade Estadual Paulista.
- Pisani Junior R et al. (2018). Desenvolvimento de correlação para estimativa da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo: influências da população, renda per capita e consumo de energia elétrica. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 23(2): 415–424.

- Ponte GP (2019). Geração de energia elétrica em Sistemas Isolados: desafios e propostas para aumento da participação de fontes renováveis com base em uma análise multicritérios. PUC-Rio.
- PRSCS-RMM (2017). Plano de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus.
- Renó FAG et al. (2002). Conservação e produção de energia a partir de resíduos sólidos – alternativa para dois problemas: lixo e resíduos. (IX Congresso Brasileiro de Energia – CBE, Ed.) Rio de Janeiro: IV Seminário Latino Americano de Energia.
- Ribeiro LADS (2012). Making isolated renewable energy systems more reliable. *Renewable Energy*, 45: 221–231.
- Rosa BP et al. (2017). Impactos causados em cursos d'água por aterros controlados desativados no Município de São Paulo, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 4(7): 63–76.
- Soares LV et al. (2015). Taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte da mesorregião do sertão paraibano.
- Souza J et al. (2012). Tratamento de resíduos urbanos, geração de energia e fertilizante: uma perspectiva para a região do Vale dos Sinos. CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE.
- Teixeira EM (2000). Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético. Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, 29–31.
- USITRAR (2017). Indústria de carbonização, processamento de resíduos e geração de energia SeS Negócios Imobiliários.
- Verma S (2002). Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes.
- Zanta VM; Ferreira CFA (2003). Gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES. 1: 1–18.

APÊNDICE A – ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO

Na Tabela 1 estão organizados os dados de estimativa e projeção da população tanto dos municípios quanto do estado amazonense. Em verde, se encontram as informações fornecidas pelo Censo Demográfico de 2010 do IBGE. Em amarelo, estão apresentadas as estimativas de população realizadas pelo próprio IBGE, para os anos de 2011 a 2019. Em azul, estão organizados os dados população projetados neste trabalho através do algoritmo ETS, para os anos de 2020 a 2024.

Tabela 1. Estimativa e Projeção da População nos Municípios e no Estado Amazonense. Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães (AM)	140	142	143	151	153	155	157	159	158	160	162	166	168	170	172
	88	37	81	66	57	45	29	08	60	41	82	29	37	51	70
Amaturá (AM)	946	963	979	104	106	108	110	112	113	115	117	120	123	125	127
	7	3	4	36	44	47	47	42	32	36	82	93	22	52	85
Anamá (AM)	102	104	107	116	119	123	126	129	132	136	141	145	148	152	156
	14	95	66	36	81	20	53	78	69	14	23	04	85	65	44
Anori (AM)	163	167	170	183	188	192	197	201	205	210	217	222	227	232	238
	17	01	72	51	26	92	49	96	38	10	38	57	74	89	51
Apuí (AM)	180	183	186	198	202	206	210	214	215	219	224	230	234	239	243
	07	26	33	60	58	48	31	06	83	73	73	51	92	35	82
Atalaia do Norte (AM)	151	155	159	171	176	181	185	190	194	199	206	211	217	222	227
	53	45	24	74	58	33	99	54	38	21	44	77	08	37	65
Autazes (AM)	321	327	333	355	363	370	377	384	388	395	407	415	424	433	441
	35	33	12	54	01	33	52	54	30	65	87	88	93	35	82
Barcelos (AM)	257	258	259	271	272	274	275	277	273	275	277	279	281	283	285
	18	35	48	10	73	33	89	43	64	02	43	49	42	29	11
Barreirinha (AM)	273	277	280	297	302	306	311	315	315	320	326	333	338	343	349
	55	22	77	37	02	58	05	42	93	41	09	67	82	98	25
Benjamin Constant (AM)	334	341	349	375	385	394	404	413	420	429	444	455	465	476	487
	11	94	50	64	33	84	17	29	20	84	70	29	83	33	81
Beruri (AM)	154	158	161	173	177	181	185	189	192	196	203	208	212	217	221
	86	28	58	32	55	71	79	78	58	79	39	00	58	14	96
Boa Vista do Ramos (AM)	149	153	156	168	172	176	180	184	187	192	198	203	207	212	217
	79	25	59	20	48	68	80	83	81	07	65	32	97	59	67
Boca do Acre (AM)	306	309	311	327	331	334	338	341	339	343	347	354	358	362	366
	32	06	71	92	48	98	40	76	76	08	68	62	65	70	81
Borba (AM)	349	354	359	380	386	392	398	404	405	411	419	429	435	442	449
	61	48	19	73	88	92	85	64	65	61	10	01	84	68	65
Caapiranga (AM)	109	111	113	120	122	124	126	128	128	130	133	136	138	141	143
	75	42	03	04	14	20	22	20	77	81	34	63	95	28	65
Canutama (AM)	127	138	139	147	149	151	153	154	154	156	159	160	162	164	166
	38	43	86	54	44	30	12	90	50	29	26	46	47	47	85
Carauari (AM)	257	259	261	274	276	278	281	283	280	282	286	291	294	296	299
	74	55	30	05	45	80	11	37	76	94	17	39	13	88	72
Careiro (AM)	327	331	335	354	359	364	369	373	373	378	384	393	399	404	410
	34	32	17	31	38	35	22	99	84	69	96	65	19	83	61
Careiro da Várzea (AM)	239	244	249	267	273	279	285	291	295	302	312	319	325	332	340
	30	42	37	22	57	81	92	90	95	25	23	13	98	80	05
Coari (AM)	759	766	773	813	822	830	839	847	842	850	862	879	889	899	909
	65	46	05	25	09	78	29	62	72	97	40	61	63	68	91
Codajás (AM)	232	236	240	256	262	267	273	278	281	286	295	301	306	313	319
	06	44	67	96	42	77	03	17	00	37	27	14	96	63	71

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Eirunepé (AM)	306 65	310 20	313 64	331 27	335 80	340 25	344 61	348 88	348 40	352 73	358 37	366 30	371 26	376 31	381 49
Envira (AM)	163 38	166 35	169 23	180 51	184 22	187 86	191 43	194 92	196 68	200 33	204 97	210 32	214 43	218 56	222 73
Fonte Boa (AM)	228 17	230 11	231 98	218 59	212 95	207 42	201 99	196 69	182 21	176 09	169 88	163 40	156 81	150 25	143 56
Guajará (AM)	139 74	141 89	143 96	152 91	155 61	158 26	160 85	163 39	164 16	166 78	170 03	174 23	177 22	180 21	183 25
Humaitá (AM)	442 27	451 05	459 54	491 37	502 30	513 02	523 54	533 83	540 01	550 80	568 36	580 15	591 85	605 08	617 26
Ipixuna (AM)	222 54	228 67	234 60	253 62	261 18	268 60	275 87	282 99	289 33	296 89	308 02	316 37	324 71	333 02	341 31
Irاندuba (AM)	407 81	413 74	419 47	445 03	452 50	459 84	467 03	474 07	475 71	482 96	492 01	503 88	512 17	520 48	528 92
Itacoatiara (AM)	868 39	879 70	890 64	942 78	957 14	971 22	985 03	998 54	999 55	101 337	103 097	105 462	107 055	108 651	110 279
Itamarati (AM)	803 8	801 0	798 3	823 2	820 5	817 9	815 3	812 8	788 8	785 1	784 3	779 6	771 9	769 7	766 4
Itapiranga (AM)	821 1	828 1	834 8	877 4	886 4	895 3	904 0	912 5	906 4	914 8	926 6	944 6	954 9	965 2	975 6
Japurá (AM)	732 6	738 8	744 8	608 3	559 9	512 5	466 0	420 5	326 5	275 5	305 6	284 7	295 9	286 8	290 5
Juruá (AM)	108 02	111 26	114 39	124 08	128 07	131 98	135 81	139 56	143 12	147 12	152 87	157 29	161 71	166 12	170 52
Jutaí (AM)	179 92	181 45	182 93	173 76	169 77	165 85	162 00	158 24	147 53	143 17	138 80	134 21	129 53	124 88	120 13
Lábrea (AM)	377 01	383 73	390 22	416 00	424 39	432 63	440 71	448 61	452 45	460 69	471 22	483 39	492 71	502 04	511 48
Manacapuru (AM)	851 41	860 78	869 85	917 95	929 96	941 75	953 30	964 60	962 36	973 77	988 82	101 024	102 336	103 676	105 051
Manaquiri (AM)	228 01	235 76	243 25	265 30	274 80	284 13	293 27	302 22	311 47	321 05	334 40	345 02	355 64	366 26	376 88
Manaus (AM)	180 201	183 242	186 183	198 217	202 030	205 771	209 439	213 026	214 544	218 276	222 820	228 592	232 813	237 039	241 320
Manicoré (AM)	470 17	477 07	483 73	513 31	522 00	530 53	538 90	547 08	549 07	557 51	568 03	581 79	591 42	601 08	610 89
Maraã (AM)	175 28	175 63	175 96	183 10	183 67	184 23	184 77	185 31	181 86	182 24	183 30	184 12	184 85	185 53	186 18
Maués (AM)	522 36	531 73	540 79	576 63	588 34	599 83	611 10	622 12	627 55	639 05	653 72	670 66	683 67	696 68	709 85
Nhamundá (AM)	182 78	185 03	187 20	197 92	200 78	203 58	206 33	209 02	208 99	211 73	215 26	220 14	223 26	226 45	229 70
Nova Olinda do Norte (AM)	306 96	312 32	317 49	338 29	344 98	351 56	358 00	364 31	367 21	373 78	382 21	391 97	399 41	406 86	414 40
Novo Airão (AM)	147 23	151 13	154 89	167 19	171 99	176 71	181 33	185 86	189 74	194 54	201 68	206 98	212 25	217 52	222 77
Novo Aripuanã (AM)	214 51	217 84	221 06	234 86	239 05	243 15	247 18	251 12	252 37	256 44	261 47	267 98	272 61	277 25	281 97
Parintins (AM)	102 033	102 946	103 828	109 225	110 411	111 575	112 716	113 832	113 168	114 273	115 806	118 115	119 458	120 805	122 176
Pauini (AM)	181 66	182 49	183 29	191 49	192 65	193 78	194 88	195 97	193 29	194 26	195 96	197 41	198 78	200 10	201 39
Presidente Figueiredo (AM)	271 75	279 26	286 52	309 78	319 03	328 12	337 03	345 74	353 52	362 79	376 40	386 63	396 84	407 02	417 18
Rio Preto da Eva (AM)	257 19	263 44	269 48	289 99	297 71	305 30	312 74	320 01	325 77	333 47	345 20	353 68	362 11	370 51	378 89
Santa Isabel do Rio Negro (AM)	181 46	187 29	192 92	209 86	217 02	224 04	230 92	237 65	244 36	251 56	261 73	269 70	277 66	285 61	293 56
Santo Antônio do Içá (AM)	244 81	246 89	248 90	243 27	240 05	236 88	233 78	230 75	219 66	216 02	212 65	205 62	202 03	198 06	193 91

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

São Gabriel da Cachoeira (AM)	378	385	390	415	423	430	438	445	448	455	464	476	485	493	502
São Paulo de Olivença (AM)	96	07	97	75	42	94	31	53	16	64	82	59	08	57	19
São Sebastião do Uatumã (AM)	314	320	326	349	357	365	373	380	385	392	405	414	422	432	441
Silves (AM)	22	60	77	63	57	36	00	47	15	99	66	24	77	33	18
Tabatinga (AM)	107	109	112	121	124	127	131	134	136	140	145	148	152	156	159
Tapauá (AM)	05	78	41	15	51	81	05	21	85	20	24	94	62	29	95
Tefé (AM)	844	849	854	894	901	908	914	921	911	917	926	934	942	950	958
Tonantins (AM)	4	5	4	6	4	1	7	1	0	1	6	9	9	6	2
Uarini (AM)	522	533	544	583	596	610	623	636	644	658	680	694	709	726	741
Urucará (AM)	72	74	40	14	84	28	46	35	88	44	06	91	67	06	33
Urucurituba (AM)	190	180	179	183	182	181	180	179	172	171	170	170	168	166	165
Amazonas	77	10	03	83	66	52	39	30	99	56	19	01	45	89	34
	614	612	610	628	626	624	622	620	601	598	597	593	587	585	583
	53	23	00	85	62	44	30	21	54	49	70	86	78	87	16
	170	172	173	181	183	184	186	187	186	187	189	193	194	196	198
	79	00	16	62	22	78	32	82	10	55	70	17	99	82	70
	118	120	121	128	129	131	132	134	133	135	137	140	142	143	145
	91	17	39	01	63	21	76	28	87	40	43	36	12	92	78
	170	169	169	173	172	171	170	169	163	162	161	160	158	157	155
	94	96	02	67	64	63	65	68	83	56	90	37	19	19	99
	178	182	186	200	206	211	216	221	225	230	238	244	250	256	261
	37	65	79	91	21	40	50	48	37	65	71	51	28	03	76
	348	353	359	380	387	393	400	406	408	414	423	432	439	447	454
	398	838	098	792	374	833	166	361	061	459	011	662	947	322	773
	5	7	5	1	3	6	7	4	1	7	2	5	9	5	1

Legenda:		Fonte: Censo Demográfico, IBGE		Fonte: Estimativa Populacional, IBGE		Projeção ETS, autor.
-----------------	--	---------------------------------------	--	---	--	-----------------------------

Com relação aos distritos e povoados, algumas localidades tiveram seus dados de população apresentados no Censo Demográfico de 2010. Para estes locais, foi realizado uma projeção com base no histórico de crescimento populacional apresentado pelo seu município. Já para as demais localidades que não foram contempladas no Censo de 2010, foram realizadas, para os anos de 2019 a 2024, estimativas analisando a demanda energética apresentada no ANEXO A.

Dessa forma, na Tabela 2, estão organizadas, em verde, as informações que apareceram no Censo Demográfico de 2010, do IBGE. Em azul estão apresentadas as projeções feitas com base no crescimento municipal. E em amarelo, estão as estimativas realizadas através da demanda energética de cada localidades.

Tabela 2. População Estimada e Projetada dos Distritos e Povoadas. Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

Localidade	Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Vila Alterosa	Santo Antônio do Içá	16	16	17	16	16	16	16	15	15	148	146	141	138	136	133
Araras	Caapiranga	83	97	11	72	50	28	07	86	10	5	2	4	9	2	3
Augusto Montenegro	Urucurituba	10	10	10	11	11	11	12	12	12	125	127	130	133	135	137
Auxiliadora	Humaitá	51	67	82	50	70	89	09	28	33	3	7	8	1	3	6
		92	94	96	10	10	10	11	11	11	119	123	126	129	132	135
		5	7	9	42	69	96	23	49	69	6	8	8	8	8	7
		57	59	60	64	65	67	68	69	70	721	744	760	775	792	808
		9	0	2	3	8	2	5	9	7						

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Axinim	Borba	82	83	84	89	90	92	93	94	95	965	983	100	102	103	105
		0	1	2	3	7	2	5	9	1			6	2	8	5
Belém do Solimões	Tabatinga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	256	266	273	281	288	294
											4	2	4	8	1	8
Belo Monte	Tapauá	81	76	76	78	77	77	76	76	73	730	724	724	717	710	704
		2	7	2	2	7	3	8	3	6						
Betânia	Santo	27	27	27	26	26	26	25	25	24	239	235	228	224	219	215
	Antônio do Içá	15	38	60	98	62	27	93	59	36	6	8	0	1	6	1
Caburi	Parintins	20	20	20	21	22	22	22	22	22	228	231	236	239	241	244
		43	61	79	87	11	34	57	79	66	8	9	5	2	9	6
Caiambé	Tefé	18	18	17	18	18	18	18	18	17	176	176	174	173	172	171
		10	03	97	52	46	39	33	27	72	3	0	9	1	6	8
Camaruã	Tapauá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102	104	107	109	109	107
											0	0	0	3	5	7
Campinas	Manacapuru	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106	104	104	104	105	106
											0	1	7	8	3	9
Carvoeiro	Barcelos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	563	570	578	586	593	600
Castanho	Careiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	257	262	268	271	275	279
											876	190	056	816	704	597
Vila Caviana	Beruri	10	10	11	11	12	12	12	12	13	134	138	141	145	148	151
		56	79	02	82	11	39	67	94	13	2	7	8	0	1	4
Cucuú	São Gabriel da Cachoeira	43	44	45	48	48	49	50	51	51	527	537	551	561	570	580
		8	5	2	1	9	8	7	5	8						
Estirão do Equador	Atalaia do Norte	43	44	45	49	50	51	53	54	55	569	590	605	620	635	651
		3	4	5	1	5	8	1	4	5						
Feijoad	Benjamin Constant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	246	252	257	262	266	271
											8	7	3	4	6	9
Iauaretê	São Gabriel da Cachoeira	20	20	21	22	22	23	23	24	24	247	252	258	263	268	272
		58	91	23	58	99	40	80	20	34	4	4	8	4	0	7
Ipiranga	Santo Antônio do Içá	48	49	49	48	47	47	46	46	43	431	425	411	404	396	387
		9	3	7	6	9	3	7	1	9						
Vila do Itapuru	Beruri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	216	235	255	276	298	322
											5	4	4	0	6	9
Limoeiro	Ipixuna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	168	167	167	167	166	166
											20	96	78	30	69	85
Vila do Lindóia	Itacoatiara	12	13	13	13	14	14	14	14	14	150	153	156	158	161	163
		89	06	22	99	21	42	62	82	84	4	0	5	9	3	7
Santo Antônio do Matupí	Manicoré	36	37	37	39	40	41	41	42	42	432	440	451	459	466	474
		49	03	54	84	51	17	82	46	61	7	8	5	0	5	1
Moura	Barcelos	41	41	41	43	44	44	44	44	44	444	448	451	454	457	460
		5	7	9	7	0	3	5	8	2						
Murituba	Codajás	57	58	59	63	64	66	67	68	69	708	730	745	759	776	791
		4	5	5	6	9	2	5	8	5						
Novo Céu	Autazes	14	15	15	16	16	17	17	17	17	181	187	191	195	199	202
		76	03	30	33	67	01	34	66	84	7	3	0	2	0	9
Novo Remanso	Itacoatiara	34	34	35	37	37	38	39	39	39	401	408	417	424	430	436
		39	84	27	34	90	46	01	54	58	3	3	7	0	3	7
Palmeiras do Javari	Atalaia do Norte	26	27	28	30	31	31	32	33	34	350	362	372	381	390	400
		6	3	0	1	0	8	6	4	1						
Parauá	Careiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	542	546	561	570	575	581
											8	8	8	3	0	3
Pedras	Barreirinha	98	99	10	10	10	11	11	11	11	115	117	119	121	123	125
		3	6	09	69	85	02	18	33	35	1	2	9	8	6	5
Sacambu	Manacapuru	94	95	96	10	10	10	10	10	10	108	109	112	113	115	116
		5	5	5	19	32	45	58	71	68	1	8	1	6	1	6
Santa Rita	São Paulo de Olivença	12	12	13	13	14	14	14	15	15	156	161	164	168	172	175
		50	75	00	91	22	53	84	14	32	3	4	8	2	0	5
Santana	Saão Sebastião do Uatumã	82	84	86	93	96	98	10	10	10	108	111	114	117	120	123
		5	6	6	4	0	5	10	34	55	0	9	8	6	5	3

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Sucunduri	Apuí	76	77	79	84	86	87	89	90	91	933	955	979	998	101	103
		5	9	2	4	1	7	3	9	7					7	6
Tuiúé	Manacapuru	57	58	59	62	63	64	64	65	65	662	672	687	696	705	714
		9	5	2	4	2	0	8	6	4						
Vila Amazônia	Parintins	21	21	21	22	23	23	23	23	23	239	242	247	250	252	255
		35	54	73	85	10	35	59	82	68	1	3	2	0	8	6
Vila Bitencourt	Japurá	49	49	50	40	37	34	31	28	21	185	205	191	199	193	195
		2	6	0	9	6	4	3	2	9						
Vila Urucurituba	Autazes	81	83	84	90	92	94	96	97	98	100	103	105	108	110	112
		7	2	7	4	3	2	0	8	7	6	7	7	0	2	3

Legenda:		Fonte: Censo Demográfico, IBGE		Estimativa - Demanda Energética		Projeção – População Municipal
-----------------	--	---------------------------------------	--	--	--	---------------------------------------

Finalmente, na Tabela 3 estão organizados os dados estimados e projetados de população para os 95 SISOL amazônicos, nos anos de 2019 a 2024.

Tabela 3. População Projetada e Estimada para os SISOL Amazônicos. Fonte: Autor, 2020.

SISOL	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	16041	16282	16629	16837	17051	17270
Amaturá	11536	11782	12093	12322	12552	12785
Anamá	13614	14123	14504	14885	15265	15644
Anori	21010	21738	22257	22774	23289	23851
Apuí	21040	21518	22071	22494	22918	23346
Araras	1253	1277	1308	1331	1353	1376
Augusto Montenegro	1196	1238	1268	1298	1328	1357
Autazes	36742	37877	38621	39461	40242	41030
Auxiliadora	721	744	760	775	792	808
Axinim	965	983	1006	1022	1038	1055
Barcelos	26495	26725	26919	27102	27279	27451
Barreirinha	30890	31437	32168	32665	33162	33670
Belém do Solimões	2564	2662	2734	2818	2881	2948
Belo Monte	730	724	724	717	710	704
Benjamin Constant	40516	41943	42956	43960	44967	46062
Beruri	16172	16598	16827	17049	17247	17454
Betânia	2396	2358	2280	2241	2196	2151
Boa Vista do Ramos	19207	19865	20332	20797	21259	21767
Boca do Acre	34308	34768	35462	35865	36270	36681
Borba	40196	40927	41895	42562	43230	43910
Caapiranga	11828	12057	12354	12565	12775	12989
Caburi	2288	2319	2365	2392	2419	2446
Caiambé	1763	1760	1749	1731	1726	1718
Camaruã	1020	1040	1070	1093	1095	1077
Campinas	1060	1041	1047	1048	1053	1069
Canutama	15629	15926	16046	16247	16447	16685
Carauari	28294	28617	29139	29413	29688	29972
Careiro	30225	31223	31913	32598	33280	34005
Carvoeiro	563	570	578	586	593	600

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Castanho	25787	26219	26805	27181	27570	27959
Coari	85097	86240	87961	88963	89968	90991
Codajás	27929	28797	29369	29936	30587	31180
Cucuí	527	537	551	561	570	580
Eirunepé	35273	35837	36630	37126	37631	38149
Envira	20033	20497	21032	21443	21856	22273
Estirão do Equador	569	590	605	620	635	651
Feijóal	2468	2527	2573	2624	2666	2719
Fonte Boa	17609	16988	16340	15681	15025	14356
Guajará	16678	17003	17423	17722	18021	18325
Humaitá	54359	56091	57255	58410	59716	60918
Iauaretê	2474	2524	2588	2634	2680	2727
Ipiranga	431	425	411	404	396	387
Ipixuna	12869	14006	14859	15741	16632	17446
Itacoatiara	95820	97484	99721	101227	102736	104275
Itamarati	7851	7843	7796	7719	7697	7664
Itapiranga	9148	9266	9446	9549	9652	9756
Japurá	2570	2851	2656	2760	2676	2710
Juruá	14712	15287	15729	16171	16612	17052
Jutaí	14317	13880	13421	12953	12488	12013
Lábrea	46069	47122	48339	49271	50204	51148
Limoeiro	16820	16796	16778	16730	16669	16685
Manaquiri	32105	33440	34502	35564	36626	37688
Manicoré	51424	52394	53664	54552	55443	56348
Maraã	18224	18330	18412	18485	18553	18618
Maués	63905	65372	67066	68367	69668	70985
Moura	444	448	451	454	457	460
Murituba	708	730	745	759	776	791
Nhamundá	21173	21526	22014	22326	22645	22970
Nova Olinda do Norte	37378	38221	39197	39941	40686	41440
Novo Airão	19454	20168	20698	21225	21752	22277
Novo Aripuanã	25644	26147	26798	27261	27725	28197
Novo Céu	1817	1873	1910	1952	1990	2029
Novo Remanso	4013	4083	4177	4240	4303	4367
Palmeiras do Javari	350	362	372	381	390	400
Parauá	5428	5468	5618	5703	5750	5813
Parintins	109594	111064	113279	114567	115858	117173
Pauini	19426	19596	19741	19878	20010	20139
Pedras	1151	1172	1199	1218	1236	1255
Rio Preto da Eva	33347	34520	35368	36211	37051	37889
Sacambu	1081	1098	1121	1136	1151	1166
Santa Isabel do Rio Negro	25156	26173	26970	27766	28561	29356
Santa Rita	1563	1614	1648	1682	1720	1755
Santana	1080	1119	1148	1176	1205	1233
Santo Antônio do Içá	17290	17020	16458	16170	15852	15520
Santo Antônio do Matupí	4327	4408	4515	4590	4665	4741
São Gabriel da Cachoeira	42563	43420	44520	45313	46107	46912

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

São Paulo de Olivença	37736	38952	39776	40595	41514	42363
São Sebastião do Uatumã	12940	13405	13746	14086	14425	14763
Silves	9171	9266	9349	9429	9506	9582
Sucunduri	933	955	979	998	1017	1036
Tabatinga	63280	65344	66757	68148	69726	71185
Tapauá	15406	15255	15208	15034	14884	14753
Tefé	58086	58009	57637	57047	56861	56598
Tonantins	18755	18970	19317	19499	19682	19870
Tuiué	662	672	687	696	705	714
Uarini	13540	13743	14036	14212	14392	14578
Urucará	16256	16190	16037	15819	15719	15599
Urucurituba	21869	22633	23183	23730	24275	24818
Vila Alterosa	1485	1462	1414	1389	1362	1333
Vila Amazônia	2391	2423	2472	2500	2528	2556
Vila Bitencourt	185	205	191	199	193	195
Vila Caviana	1342	1387	1418	1450	1481	1514
Vila do Itapuru	2165	2354	2554	2760	2986	3229
Vila do Lindóia	1504	1530	1565	1589	1613	1637
Vila Urucurituba	1006	1037	1057	1080	1102	1123

APÊNDICE B – ESTIMATIVA DO PRODUTO INTERNO BRUTO - PIB

Na Tabela 1 e 2 estão organizados os dados de PIB municipal para o estado do Amazonas. Em amarelo, estão as estimativas apresentadas pelo IBGE de 2010 a 2018. E em azul, estão os dados projetados através do algoritmo ETS, para os anos de 2019 a 2024. Em ambas tabelas foi utilizado um fator multiplicador de 1000, isto é, o valor do PIB é dado pelo valor na tabela multiplicado por 1000. Na Tabela 1 os valores são apresentados em Reais (R\$), enquanto na Tabela 2, os valores são apresentados em Dólar (US\$). Para a conversão Real-Dólar, foi utilizado o valor de câmbio na época da análise, o qual foi de: US\$ 1,00 = R\$ 5,35.

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Tabela 1. PIB municipal em Reais (R\$). Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	58.365	81.418	78.121	90.875	10.777.258	10.235.956	14.468.548	15.909.274	18.833.298	21.543.927	24.256.993	26.971.924	29.688.140	32.405.177	35.122.699
Amaturá	36.941	47.891	51.061	59.861	6.373.575	6.648.435	6.626.523	8.078.891	9.809.684	11.212.259	12.611.556	14.008.670	15.404.295	17.305.126	18.374.875
Anamá	51.913	71.971	67.764	84.387	8.608.023	8.365.462	9.639.030	10.810.868	13.303.461	15.210.382	17.112.681	19.011.906	20.909.041	22.804.704	24.699.285
Anori	64.424	180.211	137.499	153.867	16.896.695	15.462.955	17.971.059	19.285.178	24.414.085	27.885.967	31.350.477	34.810.050	38.266.236	41.720.009	45.171.990
Apuí	104.518	129.519	136.498	157.858	19.306.123	20.620.015	19.235.224	19.345.986	27.539.395	31.592.880	35.629.737	31.869.546	47.846.066	49.208.254	51.338.842
Atalaia do Norte	68.896	78.879	84.683	95.743	12.492.209	14.324.306	16.571.328	14.114.235	20.073.112	22.922.136	25.765.844	28.605.946	31.443.531	34.279.288	41.488.484
Autazes	154.785	173.295	177.215	197.961	23.901.717	26.511.127	28.980.393	32.790.813	40.232.540	46.031.107	51.814.772	57.588.551	63.355.626	69.117.997	83.222.219
Barcelos	93.663	113.866	121.659	134.364	14.798.044	15.162.015	15.785.416	16.047.184	22.038.300	24.718.862	27.779.518	25.597.750	37.699.623	38.432.684	40.458.965
Barreirinha	117.983	136.698	158.179	196.999	21.055.933	20.019.470	22.410.887	23.953.172	30.598.161	34.945.517	39.283.817	43.616.040	47.944.080	52.269.132	65.042.411
Benjamin Constant	137.141	170.816	182.718	236.931	27.063.548	24.514.654	27.144.679	27.966.403	37.913.853	43.544.762	48.250.627	45.547.906	66.865.014	67.025.786	71.013.234
Beruri	74.008	88.594	88.502	107.968	12.098.794	12.563.730	12.419.871	14.140.441	17.887.734	20.426.099	22.959.278	25.488.973	28.016.265	30.541.837	33.066.123
Boa Vista do Ramos	55.076	69.953	82.357	100.001	9.838.397	10.180.719	11.065.483	12.558.679	15.504.962	17.726.989	19.943.709	22.156.896	24.367.677	26.576.760	28.784.594
Boca do Acre	151.889	189.565	209.052	236.629	27.784.208	28.635.986	32.856.956	36.459.989	44.946.190	51.412.515	57.862.611	64.301.931	70.733.934	77.160.798	83.583.893
Borba	156.532	212.851	212.496	236.239	25.492.322	26.075.182	27.098.016	29.594.452	37.840.103	43.210.903	48.570.713	53.923.136	59.270.467	64.614.154	79.771.845
Caapiranga	66.861	91.814	94.805	111.291	13.060.384	13.554.096	14.505.701	14.232.413	19.783.684	22.191.901	24.943.531	22.982.889	33.711.580	34.462.732	36.279.552
Canutama	49.394	64.005	70.361	81.427	8.821.314	8.811.428	9.910.863	10.295.140	13.283.530	15.174.201	17.060.866	18.944.845	20.826.976	22.707.788	28.001.526
Carauari	129.697	169.945	161.914	214.486	23.564.572	25.105.393	27.091.864	28.549.497	36.730.133	41.968.483	47.195.482	52.414.877	57.629.049	62.839.499	76.761.823
Careiro	143.727	164.045	171.485	193.802	21.751.701	24.702.451	25.007.391	27.238.110	34.793.820	39.758.280	44.711.858	49.658.147	54.599.432	59.537.155	72.153.041
Careiro da Várzea	188.023	240.114	202.958	234.401	24.143.057	26.918.337	29.599.100	31.321.825	39.804.726	45.508.221	51.198.224	56.879.234	62.554.104	68.224.633	82.363.678
Coari	1.998.793	3.284.130	4.207.961	4.558.712	310.521.064	226.161.685	117.022.530	132.062.147	235.215.186	266.673.327	298.447.611	330.512.321	362.842.907	395.415.657	428.207.508
Codajás	120.603	484.044	446.417	492.322	65.185.536	74.236.006	65.145.275	46.407.123	88.631.501	98.868.843	111.464.741	95.124.737	157.931.964	155.629.360	152.607.429
Eirunepé	151.777	196.566	282.975	340.332	38.285.015	40.320.020	39.802.687	43.372.456	57.960.730	65.048.522	73.127.313	68.517.568	99.363.072	101.836.722	107.070.243
Envira	71.690	87.440	113.710	116.857	12.487.991	12.913.137	14.236.116	14.868.036	19.165.894	21.896.136	24.620.529	27.341.002	30.058.779	32.774.636	40.204.415
Fonte Boa	95.662	116.023	122.127	132.637	15.162.107	15.644.208	15.164.133	16.732.663	22.350.087	25.073.289	28.177.520	26.106.335	38.407.252	39.186.628	41.188.982
Guajará	51.646	63.044	77.468	92.709	10.026.238	10.658.817	11.135.251	11.581.764	15.156.629	17.307.763	19.454.635	21.598.633	23.740.644	25.881.225	31.782.496
Humaitá	217.550	288.715	307.585	367.181	42.286.083	45.058.183	48.234.149	55.521.008	68.112.998	77.896.848	87.656.697	97.400.594	107.133.643	116.859.059	126.578.867
Ipixuna	69.654	76.808	84.610	106.738	11.226.023	12.060.521	12.631.640	13.985.784	17.624.769	20.142.362	22.654.283	25.162.415	27.667.953	30.171.649	36.794.761
Iranduba	306.446	382.724	382.669	481.446	52.953.337	62.769.275	62.501.037	70.436.889	88.336.334	100.999.799	113.633.585	126.247.576	138.848.048	151.438.955	181.873.423

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Itacoatiara	849.637	1.123.370	1.310.792	1.440.639	159.103.962	176.212.465	189.152.173	197.881.524	255.098.528	291.538.640	327.898.346	364.204.231	400.473.185	436.715.863	529.807.658
Itamarati	42.985	53.569	57.651	73.384	7.597.615	7.932.971	8.473.226	9.377.223	11.788.233	13.472.013	15.151.996	16.829.444	18.505.156	20.179.637	24.696.687
Itapiranga	82.029	97.911	88.902	68.872	8.054.219	8.051.171	10.230.985	10.757.641	13.332.602	15.253.697	17.169.710	19.082.356	20.992.725	22.901.499	24.809.109
Japurá	32.590	44.743	45.849	50.959	5.816.219	6.055.133	5.957.040	6.196.373	8.523.823	9.787.990	10.842.740	9.962.591	14.730.813	15.111.395	15.831.051
Juruá	48.747	60.860	78.582	84.513	8.483.366	9.042.233	8.982.252	9.972.652	12.746.522	14.555.361	16.360.541	18.163.260	19.964.281	21.764.084	26.385.321
Jutaí	89.745	112.561	137.652	180.234	18.221.242	19.673.062	19.796.865	21.827.890	27.878.785	31.844.785	35.802.533	39.754.738	43.703.126	47.648.786	58.339.873
Lábrea	205.325	246.871	318.288	380.687	36.857.562	39.096.105	44.907.136	49.495.244	61.070.067	69.867.599	78.642.711	87.402.946	96.153.089	104.896.151	127.486.550
Manacapuru	647.440	889.481	853.165	1.229.929	126.441.133	141.475.442	131.685.966	152.516.521	193.070.413	220.495.619	247.864.914	275.196.627	302.502.409	329.789.626	357.062.945
Manaquiri	124.714	175.844	157.440	182.257	20.679.243	23.155.889	25.025.232	23.592.185	32.229.083	36.797.145	41.356.566	45.910.137	50.459.637	55.006.192	66.148.971
Manaus	50.168.821	55.528.640	55.551.838	63.829.864	6.741.889.374	6.707.690.414	7.023.430.633	7.320.165.125	9.916.921.927	11.124.355.499	12.501.762.838	11.548.920.400	17.035.775.368	17.280.594.149	18.228.130.749
Manicoré	251.450	330.199	374.855	400.950	45.951.003	49.240.766	47.629.069	49.594.212	68.339.271	78.482.810	86.940.549	80.017.192	117.729.436	121.399.459	126.952.111
Maraá	65.054	82.098	85.760	96.880	11.772.544	12.265.812	14.113.540	15.428.299	19.145.311	21.899.206	24.646.234	27.388.701	30.128.068	32.865.257	40.125.694
Maués	271.611	301.987	297.319	360.983	38.937.902	38.095.352	41.078.632	45.890.301	57.582.501	65.777.390	73.954.432	82.119.531	90.276.439	98.427.521	106.574.275
Nhamundá	69.664	86.306	106.711	128.950	12.111.696	12.321.893	13.568.509	14.208.721	18.323.092	20.929.841	23.531.105	26.128.688	28.723.737	31.316.977	38.542.384
Nova Olinda do Norte	128.637	169.383	152.005	157.883	18.777.036	19.594.133	21.232.437	23.415.223	29.367.416	33.565.094	37.753.100	41.934.653	46.111.798	50.285.821	61.464.071
Novo Airão	73.846	73.078	77.207	92.626	11.245.691	11.703.695	12.632.170	13.153.011	17.075.566	19.503.866	21.927.114	24.346.968	26.764.483	29.180.324	35.855.413
Novo Aripuanã	78.084	116.017	109.590	140.185	14.944.704	15.733.685	17.024.613	18.302.563	23.287.254	26.611.781	29.928.941	33.241.175	36.550.031	39.856.488	48.719.526
Parintins	578.337	770.401	811.867	1.010.620	97.579.754	94.901.981	102.733.995	109.209.194	145.206.266	162.992.626	183.240.830	175.891.622	251.778.096	252.713.430	269.112.717
Pauini	76.686	98.729	97.520	108.044	13.655.821	13.906.046	14.249.087	15.071.598	20.329.964	22.810.272	25.638.863	23.752.352	34.871.696	35.525.614	37.417.826
Presidente Figueiredo	314.535	559.052	590.572	722.104	66.282.810	76.120.447	54.729.455	44.481.943	83.062.085	96.840.225	111.088.790	91.363.534	154.640.233	152.579.381	143.786.542
Rio Preto da Eva	193.863	268.716	318.300	326.203	37.089.735	44.417.959	44.685.911	38.382.388	58.184.565	66.793.457	75.366.114	67.563.760	101.921.434	104.552.959	106.065.005
Santa Isabel do Rio Negro	65.376	87.398	86.265	104.748	12.321.876	15.531.273	12.734.095	12.262.205	18.577.826	21.175.800	23.872.167	21.136.727	32.793.475	33.648.595	32.670.460
Santo Antônio do Itá	83.501	98.262	107.787	126.286	14.611.047	14.950.899	16.363.583	17.254.434	22.189.058	25.348.766	28.501.744	31.650.209	34.795.570	37.938.718	46.657.006
São Gabriel da Cachoeira	162.583	181.582	187.652	216.457	25.723.404	26.593.203	28.402.973	31.352.234	39.505.034	45.142.331	50.767.054	56.383.371	61.993.929	67.600.398	82.932.075
São Paulo de Olivença	108.879	129.553	142.979	172.810	19.086.972	19.379.134	20.631.220	23.536.499	29.192.440	33.363.498	37.525.010	41.680.154	45.830.946	49.978.658	54.124.093
São Sebastião do Uatumã	42.613	55.372	60.508	73.866	8.421.018	8.462.955	9.340.268	10.155.436	12.827.508	14.658.576	16.485.569	18.309.838	20.132.241	21.953.320	27.010.891
Silves	48.370	62.113	62.378	83.929	7.469.868	10.500.134	9.925.735	9.628.927	13.178.694	15.054.514	16.926.629	18.796.240	20.664.113	22.530.730	25.957.805
Tabatinga	237.078	294.163	275.456	327.177	36.662.814	38.296.331	42.368.446	46.173.300	57.975.952	66.275.753	74.556.112	82.823.509	91.082.059	99.334.354	121.187.159
Tapuá	84.359	142.178	128.599	152.594	18.977.476	20.123.687	21.598.668	33.881.793	36.053.558	41.277.375	50.771.849	54.271.559	59.711.888	70.517.227	73.734.518
Tefé	350.169	539.754	558.291	540.069	71.099.529	71.097.316	65.716.985	74.479.960	99.682.374	114.416.210	129.088.259	117.360.899	175.186.804	178.289.670	187.020.615
Tonantins	58.573	76.576	81.782	99.627	10.719.170	11.468.525	11.866.061	12.379.249	16.204.640	18.503.331	20.797.493	23.088.601	25.377.595	27.665.068	33.530.292

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Uarini	78.559	74.985	87.491	106.102	12.145.475	13.083.093	17.238.488	18.640.013	22.344.514	25.563.024	28.783.875	32.006.500	35.230.319	38.454.871	41.679.823
Urucará	102.020	262.260	227.714	256.607	30.230.661	31.019.982	29.787.960	29.806.033	42.339.433	48.562.952	54.761.326	50.065.453	74.317.203	75.907.422	79.457.490
Urucurituba	73.588	85.446	99.087	110.166	11.941.166	11.391.674	12.423.645	14.287.173	17.630.212	20.144.469	22.653.044	25.157.827	27.660.018	30.160.373	32.659.371

Legenda:		Estimativa - IBGE		Projeção ETS	x	Fator Multiplicador = R\$1.000,00
-----------------	--	--------------------------	--	---------------------	----------	--

Tabela 2. PIB municipal em Dólar (US\$).

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	10.909	15.218	14.602	16.986	2.014.441	1.913.263	2.704.401	2.973.696	3.520.243	4.026.902	4.534.017	5.041.481	5.549.185	6.057.042	6.564.990
Amaturá	6.905	8.952	9.544	11.189	1.191.322	1.242.698	1.238.602	1.510.073	1.833.586	2.095.749	2.357.300	2.618.443	2.879.307	3.234.603	3.434.556
Anamá	9.703	13.453	12.666	15.773	1.608.976	1.563.638	1.801.688	2.020.723	2.486.628	2.843.062	3.198.632	3.553.627	3.908.232	4.262.561	4.616.689
Anori	12.042	33.684	25.701	28.760	3.158.261	2.890.272	3.359.076	3.604.706	4.563.380	5.212.330	5.859.902	6.506.551	7.152.567	7.798.133	8.443.363
Apuí	19.536	24.209	25.514	29.506	3.608.621	3.854.208	3.595.369	3.616.072	5.147.551	5.905.211	6.659.764	5.956.924	8.943.190	9.197.805	9.596.045
Atalaia do Norte	12.878	14.744	15.829	17.896	2.334.992	2.677.440	3.097.444	2.638.175	3.751.984	4.284.511	4.816.046	5.346.906	5.877.295	6.407.343	7.754.857
Autazes	28.932	32.392	33.124	37.002	4.467.611	4.955.351	5.416.896	6.129.124	7.520.101	8.603.945	9.685.004	10.764.215	11.842.173	12.919.252	15.555.555
Barcelos	17.507	21.283	22.740	25.115	2.765.990	2.834.021	2.950.545	2.999.474	4.119.308	4.620.348	5.192.433	4.784.626	7.046.658	7.183.679	7.562.423
Barreirinha	22.053	25.551	29.566	36.822	3.935.688	3.741.957	4.188.951	4.477.228	5.719.282	6.531.872	7.342.769	8.152.531	8.961.510	9.769.931	12.157.460
Benjamin Constant	25.634	31.928	34.153	44.286	5.058.607	4.582.178	5.073.772	5.227.365	7.086.702	8.139.208	9.018.809	8.513.627	12.498.133	12.528.184	13.273.502
Beruri	13.833	16.560	16.542	20.181	2.261.457	2.348.361	2.321.471	2.643.073	3.343.502	3.817.962	4.291.454	4.764.294	5.236.685	5.708.755	6.180.584
Boa Vista do Ramos	10.295	13.075	15.394	18.692	1.838.953	1.902.938	2.068.315	2.347.417	2.898.124	3.313.456	3.727.796	4.141.476	4.554.706	4.967.619	5.380.298
Boca do Acre	28.390	35.433	39.075	44.230	5.193.310	5.352.521	6.141.487	6.814.951	8.401.157	9.609.816	10.815.441	12.019.053	13.221.296	14.422.579	15.623.158
Borba	29.258	39.785	39.719	44.157	4.764.920	4.873.866	5.065.050	5.531.673	7.072.916	8.076.804	9.078.638	10.079.091	11.078.592	12.077.412	14.910.625
Caapiranga	12.497	17.161	17.721	20.802	2.441.193	2.533.476	2.711.346	2.660.264	3.697.885	4.148.019	4.662.342	4.295.867	6.301.230	6.441.632	6.781.225
Canutama	9.233	11.964	13.152	15.220	1.648.844	1.646.996	1.852.498	1.924.325	2.482.903	2.836.299	3.188.947	3.541.093	3.892.893	4.244.446	5.233.930
Carauari	24.242	31.765	30.264	40.091	4.404.593	4.692.597	5.063.900	5.336.355	6.865.446	7.844.576	8.821.585	9.797.173	10.771.785	11.745.701	14.348.004
Careiro	26.865	30.663	32.053	36.225	4.065.739	4.617.281	4.674.279	5.091.236	6.503.518	7.431.454	8.357.357	9.281.897	10.205.501	11.128.440	13.486.550
Careiro da Várzea	35.144	44.881	37.936	43.813	4.512.721	5.031.465	5.532.542	5.854.547	7.440.136	8.506.209	9.569.762	10.631.632	11.692.356	12.752.268	15.395.080
Coari	373.606	613.856	786.535	852.096	58.041.320	42.273.212	21.873.370	24.684.513	43.965.455	49.845.482	55.784.600	61.778.004	67.821.104	73.909.469	80.038.786
Codajás	22.543	90.476	83.442	92.023	12.184.212	13.875.889	12.176.687	8.674.229	16.566.636	18.480.158	20.834.531	17.780.325	29.519.993	29.089.600	28.524.753
Eirunepé	28.370	36.741	52.893	63.613	7.156.078	7.536.452	7.439.755	8.107.001	10.833.781	12.158.602	13.668.657	12.807.022	18.572.537	19.034.901	20.013.130

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Envira	13.400	16.344	21.254	21.842	2.334.204	2.413.670	2.660.956	2.779.072	3.582.410	4.092.736	4.601.968	5.110.468	5.618.463	6.126.100	7.514.844
Fonte Boa	17.881	21.687	22.827	24.792	2.834.039	2.924.151	2.834.417	3.127.601	4.177.586	4.686.596	5.266.826	4.879.689	7.178.926	7.324.603	7.698.875
Guajará	9.653	11.784	14.480	17.329	1.874.063	1.992.302	2.081.355	2.164.816	2.833.015	3.235.096	3.636.380	4.037.128	4.437.503	4.837.612	5.940.653
Humaitá	40.664	53.965	57.493	68.632	7.903.941	8.422.090	9.015.729	10.377.759	12.731.402	14.560.158	16.384.429	18.205.718	20.024.980	21.842.815	23.659.601
Ipixuna	13.019	14.357	15.815	19.951	2.098.322	2.254.303	2.361.054	2.614.165	3.294.349	3.764.927	4.234.446	4.703.255	5.171.580	5.639.560	6.877.526
Iranduba	57.280	71.537	71.527	89.990	9.897.820	11.732.575	11.682.437	13.165.774	16.511.464	18.878.467	21.239.922	23.597.678	25.952.906	28.306.347	33.995.032
Itacoatiara	158.811	209.976	245.008	269.278	29.739.058	32.936.909	35.355.546	36.987.201	47.681.968	54.493.204	61.289.411	68.075.557	74.854.801	81.629.133	99.029.469
Itamarati	8.035	10.013	10.776	13.717	1.420.115	1.482.798	1.583.781	1.752.752	2.203.408	2.518.133	2.832.149	3.145.690	3.458.908	3.771.895	4.616.203
Itapiranga	15.333	18.301	16.617	12.873	1.505.461	1.504.892	1.912.334	2.010.774	2.492.075	2.851.158	3.209.292	3.566.796	3.923.874	4.280.654	4.637.217
Japurá	6.092	8.363	8.570	9.525	1.087.144	1.131.801	1.113.465	1.158.201	1.593.238	1.829.531	2.026.680	1.862.167	2.753.423	2.824.560	2.959.075
Juruá	9.112	11.376	14.688	15.797	1.585.676	1.690.137	1.678.926	1.864.047	2.382.528	2.720.628	3.058.045	3.395.002	3.731.641	4.068.053	4.931.836
Jutaí	16.775	21.039	25.729	33.689	3.405.840	3.677.208	3.700.349	4.079.979	5.210.988	5.952.296	6.692.062	7.430.792	8.168.809	8.906.315	10.904.649
Lábrea	38.379	46.144	59.493	71.156	6.889.264	7.307.683	8.393.857	9.251.447	11.414.966	13.059.364	14.699.572	16.336.999	17.972.540	19.606.757	23.829.262
Manacapuru	121.017	166.258	159.470	229.893	23.633.857	26.444.008	24.614.199	28.507.761	36.087.928	41.214.134	46.329.891	51.438.622	56.542.506	61.642.921	66.740.737
Manaquiri	23.311	32.868	29.428	34.067	3.865.279	4.328.204	4.677.613	4.409.754	6.024.128	6.877.971	7.730.199	8.581.334	9.431.708	10.281.531	12.364.294
Manaus	9.377.350	10.379.185	10.383.521	11.930.816	1.260.166.238	1.253.773.909	1.312.790.773	1.368.255.164	1.853.630.267	2.079.318.785	2.336.778.101	2.158.676.710	3.184.257.078	3.230.017.598	3.407.127.243
Manicoré	47.000	61.719	70.066	74.944	8.588.973	9.203.881	8.902.630	9.269.946	12.773.695	14.669.684	16.250.570	14.956.484	22.005.502	22.691.488	23.729.366
Maraã	12.160	15.345	16.030	18.108	2.200.476	2.292.675	2.638.045	2.883.794	3.578.563	4.093.309	4.606.773	5.119.383	5.631.415	6.143.039	7.500.130
Maués	50.768	56.446	55.574	67.473	7.278.113	7.120.627	7.678.249	8.577.626	10.763.084	12.294.839	13.823.258	15.349.445	16.874.101	18.397.667	19.920.425
Nhamundá	13.021	16.132	19.946	24.103	2.263.868	2.303.158	2.536.170	2.655.836	3.424.877	3.912.120	4.398.337	4.883.867	5.368.923	5.853.641	7.204.184
Nova Olinda do Norte	24.044	31.660	28.412	29.511	3.509.726	3.662.455	3.968.680	4.376.677	5.489.237	6.273.849	7.056.654	7.838.253	8.619.028	9.399.219	11.488.611
Novo Airão	13.803	13.659	14.431	17.313	2.101.998	2.187.607	2.361.153	2.458.507	3.191.695	3.645.582	4.098.526	4.550.835	5.002.707	5.454.266	6.701.946
Novo Aripuanã	14.595	21.685	20.484	26.203	2.793.403	2.940.876	3.182.171	3.421.040	4.352.758	4.974.165	5.594.195	6.213.304	6.831.781	7.449.811	9.106.453
Parintins	108.100	144.000	151.751	188.901	18.239.206	17.738.688	19.202.616	20.412.933	27.141.358	30.465.911	34.250.622	32.876.939	47.061.326	47.236.155	50.301.442
Pauini	14.334	18.454	18.228	20.195	2.552.490	2.599.261	2.663.381	2.817.121	3.799.993	4.263.602	4.792.311	4.439.692	6.518.074	6.640.302	6.993.986
Presidente Figueiredo	58.792	104.496	110.387	134.973	12.389.310	14.228.121	10.229.805	8.314.382	15.525.623	18.100.977	20.764.260	17.077.296	28.904.717	28.519.510	26.875.989
Rio Preto da Eva	36.236	50.227	59.495	60.973	6.932.661	8.302.422	8.352.507	7.174.278	10.875.620	12.484.758	14.087.124	12.628.740	19.050.735	19.542.609	19.825.235
Santa Isabel do Rio Negro	12.220	16.336	16.124	19.579	2.303.154	2.903.042	2.380.205	2.292.001	3.472.491	3.958.093	4.462.087	3.950.790	6.129.621	6.289.457	6.106.628
Santo Antônio do Içá	15.608	18.367	20.147	23.605	2.731.037	2.794.561	3.058.614	3.225.128	4.147.488	4.738.087	5.327.429	5.915.927	6.503.845	7.091.349	8.720.936
São Gabriel da Cachoeira	30.389	33.941	35.075	40.459	4.808.113	4.970.692	5.308.967	5.860.231	7.384.118	8.437.819	9.489.169	10.538.948	11.587.650	12.635.588	15.501.323

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

São Paulo de Olivença	20.351	24.216	26.725	32.301	3.567.658	3.622.268	3.856.303	4.399.346	5.456.531	6.236.168	7.014.021	7.790.683	8.566.532	9.341.805	10.116.653
São Sebastião do Uatumã	7.965	10.350	11.310	13.807	1.574.022	1.581.861	1.745.844	1.898.212	2.397.665	2.739.921	3.081.415	3.422.400	3.763.036	4.103.424	5.048.765
Silves	9.041	11.610	11.659	15.688	1.396.237	1.962.642	1.855.278	1.799.799	2.463.307	2.813.928	3.163.856	3.513.316	3.862.451	4.211.351	4.851.926
Tabatinga	44.314	54.984	51.487	61.155	6.852.862	7.158.193	7.919.336	8.630.523	10.836.627	12.387.991	13.935.722	15.481.030	17.024.684	18.567.169	22.651.805
Tapauá	15.768	26.575	24.037	28.522	3.547.192	3.761.437	4.037.134	6.333.045	6.738.983	7.715.397	9.490.065	10.144.217	11.161.101	13.180.790	13.782.153
Tefé	65.452	100.889	104.353	100.947	13.289.632	13.289.218	12.283.549	13.921.488	18.632.219	21.386.207	24.128.647	21.936.617	32.745.197	33.325.172	34.957.124
Tonantins	10.948	14.313	15.286	18.622	2.003.583	2.143.650	2.217.955	2.313.878	3.028.905	3.458.567	3.887.382	4.315.626	4.743.476	5.171.041	6.267.344
Uarini	14.684	14.016	16.353	19.832	2.270.182	2.445.438	3.222.147	3.484.115	4.176.545	4.778.135	5.380.164	5.982.523	6.585.106	7.187.826	7.790.621
Urucará	19.069	49.021	42.563	47.964	5.650.591	5.798.127	5.567.843	5.571.221	7.913.913	9.077.187	10.235.762	9.358.029	13.891.066	14.188.303	14.851.867
Urucurituba	13.755	15.971	18.521	20.592	2.231.994	2.129.285	2.322.177	2.670.500	3.295.367	3.765.321	4.234.214	4.702.398	5.170.097	5.637.453	6.104.555

Legenda:		Estimativa - IBGE		Projeção ETS	x	Fator Multiplicador = US\$1.000,00
-----------------	--	--------------------------	--	---------------------	----------	---

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Utilizando as informações das Tabelas 1, bem com as populações estimadas no APÊNDICE H, foram calculados os valores de PIB *per capita*. Estes valores encontram-se organizados nas tabelas 3.

Tabela 3. PIB Municipal per capita em Reais (R\$). Fonte: Autor, 2020.

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	4,14	5,72	5,43	5,99	701,78	658,47	919,86	1,000,08	1,187,47	1,343,05	1,489,81	1,622,01	1,763,23	1,900,49	2,033,70
Amaturá	3,90	4,97	5,21	5,74	598,80	612,93	599,85	718,63	865,66	971,94	1,070,38	1,158,42	1,250,11	1,378,65	1,437,24
Anamá	5,08	6,86	6,29	7,25	718,47	679,01	761,80	833,01	1,002,60	1,117,26	1,211,72	1,310,76	1,404,68	1,493,91	1,578,82
Anori	3,95	10,79	8,05	8,38	897,52	801,52	909,97	954,90	1,188,73	1,327,27	1,442,23	1,564,01	1,680,27	1,791,44	1,893,93
Apuí	5,80	7,07	7,33	7,95	953,01	998,64	914,61	903,76	1,275,98	1,437,80	1,585,48	1,382,59	2,036,67	2,055,95	2,105,61
Atalaia do Norte	4,55	5,07	5,32	5,57	707,45	789,96	890,98	740,75	1,032,67	1,150,65	1,248,08	1,350,80	1,448,48	1,541,54	1,822,49
Autazes	4,82	5,29	5,32	5,57	658,43	715,88	767,65	852,73	1,036,12	1,163,43	1,270,37	1,384,73	1,490,96	1,594,99	1,883,61
Barcelos	3,64	4,41	4,69	4,96	542,59	552,69	572,16	578,42	805,38	898,80	1,001,32	915,89	1,339,60	1,359,60	1,419,08
Barreirinha	4,31	4,93	5,63	6,62	697,17	652,99	720,49	759,41	968,51	1,090,65	1,204,70	1,307,17	1,415,02	1,519,52	1,862,36
Benjamin Constant	4,10	5,00	5,23	6,31	702,35	620,88	671,62	676,68	902,28	1,013,05	1,085,02	1,000,41	1,435,39	1,407,14	1,455,77
Beruri	4,78	5,60	5,48	6,23	681,43	691,42	668,49	745,10	928,85	1,037,96	1,128,84	1,225,45	1,317,91	1,406,56	1,489,71
Boa Vista do Ramos	3,68	4,56	5,26	5,95	570,41	576,22	612,03	679,47	825,57	922,94	1,003,95	1,089,75	1,171,71	1,250,15	1,322,39
Boca do Acre	4,96	6,13	6,71	7,22	838,19	854,86	970,95	1,066,83	1,322,88	1,498,56	1,664,23	1,813,26	1,972,21	2,127,42	2,278,64
Borba	4,48	6,00	5,92	6,20	658,92	663,63	679,40	731,38	932,83	1,049,80	1,158,93	1,256,92	1,359,91	1,459,61	1,774,11
Caapiranga	6,09	8,24	8,39	9,27	1,069,30	1,091,31	1,149,24	1,110,17	1,536,36	1,696,50	1,870,66	1,682,15	2,426,09	2,439,25	2,525,53
Canutama	3,88	4,63	5,02	5,52	590,29	582,38	647,26	664,63	859,78	970,90	1,071,27	1,180,68	1,281,93	1,380,63	1,678,27
Carauari	5,03	6,55	6,20	7,83	852,40	900,48	963,75	1,007,50	1,308,24	1,483,30	1,649,20	1,798,77	1,959,28	2,116,63	2,561,13
Careiro	4,39	4,95	5,12	5,47	605,26	677,99	677,30	728,31	930,71	1,049,89	1,161,48	1,261,49	1,367,76	1,470,66	1,757,23
Careiro da Várzea	7,86	9,82	8,14	8,77	882,52	962,02	1,035,22	1,073,03	1,344,98	1,505,65	1,639,76	1,782,33	1,918,93	2,050,02	2,422,12
Coari	26,31	42,85	54,43	56,06	3,772,21	2,722,28	1,394,30	1,558,03	2,791,14	3,133,76	3,460,66	3,757,47	4,078,58	4,395,08	4,706,06
Codajás	5,20	20,47	18,55	19,16	2,484,02	2,772,38	2,386,01	1,668,30	3,154,15	3,452,49	3,774,97	3,158,82	5,145,08	4,962,24	4,773,33
Eirunepé	4,95	6,34	9,02	10,27	1,140,11	1,185,01	1,155,01	1,243,19	1,663,63	1,844,14	2,040,54	1,870,53	2,676,40	2,706,17	2,806,62
Envira	4,39	5,26	6,72	6,47	677,88	687,38	743,67	762,78	974,47	1,093,00	1,201,19	1,299,99	1,401,77	1,499,59	1,805,11
Fonte Boa	4,19	5,04	5,26	6,07	712,00	754,23	750,74	850,71	1,226,61	1,423,89	1,658,64	1,597,69	2,449,32	2,608,16	2,869,19
Guajará	3,70	4,48	5,36	6,06	644,32	673,50	692,28	708,84	923,28	1,037,76	1,144,21	1,239,63	1,339,60	1,436,13	1,734,35
Humaitá	4,92	6,40	6,69	7,47	841,85	878,29	921,31	1,040,05	1,261,33	1,414,25	1,542,29	1,678,89	1,810,14	1,931,29	2,050,66
Ipixuna	3,13	3,36	3,61	4,21	429,82	449,01	457,88	494,21	609,16	678,45	735,48	795,34	852,09	906,01	1,078,04

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Iranduba	7,5	9,2	9,1	10,	1,17	1,36	1,33	1,48	1,85	2,09	2,30	2,50	2,71	2,90	3,43
	1	5	2	82	0,24	5,02	8,27	5,79	6,94	1,27	9,56	5,49	0,96	9,63	8,59
Itacoatiara	9,7	12,	14,	15,	1,66	1,81	1,92	1,98	2,55	2,87	3,18	3,45	3,74	4,01	4,80
	8	77	72	28	2,29	4,34	0,27	1,71	2,13	6,92	0,48	3,40	0,80	9,42	4,23
Itamarati	5,3	6,6	7,2	8,9	925,	969,	1,03	1,15	1,49	1,71	1,93	2,15	2,39	2,62	3,22
	5	9	2	1	97	92	9,28	3,69	4,45	5,96	1,89	8,80	7,23	1,69	2,25
Itapiranga	9,9	11,	10,	7,8	908,	899,	1,13	1,17	1,47	1,66	1,85	2,02	2,19	2,37	2,54
	9	82	65	5	64	27	1,75	8,92	0,94	7,44	3,01	0,10	8,48	2,82	2,85
Japurá	4,4	6,0	6,1	8,3	1,03	1,18	1,27	1,47	2,61	3,55	3,54	3,49	4,97	5,26	5,44
	5	6	6	8	8,80	1,49	8,33	3,57	0,67	2,81	8,02	9,67	9,14	8,45	9,29
Juruá	4,5	5,4	6,8	6,8	662,	685,	661,	714,	890,	989,	1,07	1,15	1,23	1,31	1,54
	1	7	7	1	40	12	38	58	62	35	0,22	4,74	4,59	0,18	7,36
Jutaí	4,9	6,2	7,5	10,	1,07	1,18	1,22	1,37	1,88	2,22	2,57	2,96	3,37	3,81	4,85
	9	0	2	37	3,29	6,20	2,03	9,42	9,70	4,26	9,44	2,15	3,91	5,57	6,53
Lábrea	5,4	6,4	8,1	9,1	868,	903,	1,01	1,10	1,34	1,51	1,66	1,80	1,95	2,08	2,49
	5	3	6	5	48	68	8,97	3,30	9,76	6,59	8,93	8,14	1,52	9,40	2,49
Manacapuru	7,6	10,	9,8	13,	1,35	1,50	1,38	1,58	2,00	2,26	2,50	2,72	2,95	3,18	3,39
	0	33	1	40	9,64	2,26	1,37	1,14	6,22	4,35	6,68	4,07	5,98	0,97	8,95
Manaquiri	5,4	7,4	6,4	6,8	752,	814,	853,	780,	1,03	1,14	1,23	1,33	1,41	1,50	1,75
	7	6	7	7	52	98	32	63	4,74	6,15	6,73	0,64	8,83	1,83	5,19
Manaus	27,	30,	29,	32,	3,33	3,25	3,35	3,43	4,62	5,09	5,61	5,05	7,31	7,29	7,55
	84	30	84	20	7,07	9,78	3,45	6,27	2,32	6,46	0,69	2,18	7,36	0,18	3,49
Manicoré	5,3	6,9	7,7	7,8	880,	928,	883,	906,	1,24	1,40	1,53	1,37	1,99	2,01	2,07
	5	2	5	1	29	14	82	53	4,64	7,74	0,57	5,37	0,61	9,70	8,15
Maraã	3,7	4,6	4,8	5,2	640,	665,	763,	832,	1,05	1,20	1,34	1,48	1,62	1,77	2,15
	1	7	7	9	96	79	84	57	2,75	1,67	4,57	7,56	9,86	1,40	5,20
Maués	5,2	5,6	5,5	6,2	661,	635,	672,	737,	917,	1,02	1,13	1,22	1,32	1,41	1,50
	0	8	0	6	83	10	21	64	58	9,30	1,29	4,45	0,48	2,80	1,36
Nhamundá	3,8	4,6	5,7	6,5	603,	605,	657,	679,	876,	988,	1,09	1,18	1,28	1,38	1,67
	1	6	0	2	23	26	61	78	74	52	3,15	6,93	6,54	2,97	7,94
Nova Olinda do Norte	4,1	5,4	4,7	4,6	544,	557,	593,	642,	799,	897,	987,	1,06	1,15	1,23	1,48
	9	2	9	7	29	35	08	73	74	99	77	9,84	4,49	5,95	3,21
Novo Airão	5,0	4,8	4,9	5,5	653,	662,	696,	707,	899,	1,00	1,08	1,17	1,26	1,34	1,60
	2	4	8	4	86	31	64	68	95	2,56	7,21	6,31	0,96	1,52	9,56
Novo Aripuanã	3,6	5,3	4,9	5,9	625,	647,	688,	728,	922,	1,03	1,14	1,24	1,34	1,43	1,72
	4	3	6	7	17	08	75	84	74	7,74	4,64	0,45	0,74	7,55	7,85
Parintins	5,6	7,4	7,8	9,2	883,	850,	911,	959,	1,28	1,42	1,58	1,48	2,10	2,09	2,20
	7	8	2	5	79	57	44	39	3,10	6,34	2,31	9,15	7,67	1,92	2,67
Pauini	4,2	5,4	5,3	5,6	708,	717,	731,	769,	1,05	1,17	1,30	1,20	1,75	1,77	1,85
	2	1	2	4	84	62	17	08	1,79	4,21	8,36	3,17	4,25	5,38	8,02
Presidente Figueiredo	11,	20,	20,	23,	2,07	2,31	1,62	1,28	2,34	2,66	2,95	2,36	3,89	3,74	3,44
	57	02	61	31	7,64	9,90	3,87	6,57	9,57	9,32	1,33	3,06	6,82	8,72	6,66
Rio Preto da Eva	7,5	10,	11,	11,	1,24	1,45	1,42	1,19	1,78	2,00	2,18	1,91	2,81	2,82	2,79
	4	20	81	25	5,83	4,90	8,85	9,41	6,06	2,98	3,23	0,33	4,65	1,84	9,39
Santa Isabel do Rio Negro	3,6	4,6	4,4	4,9	567,	693,	551,	515,	760,	841,	912,	783,	1,18	1,17	1,11
	0	7	7	9	78	24	45	98	26	78	10	73	1,08	8,12	2,90
Santo Antônio do Içá	3,4	3,9	4,3	5,1	608,	631,	699,	747,	1,01	1,17	1,34	1,53	1,72	1,91	2,40
	1	8	3	9	67	16	96	75	0,15	3,45	0,32	9,22	2,33	5,55	6,06
São Gabriel da Cachoeira	4,2	4,7	4,8	5,2	607,	617,	648,	703,	881,	990,	1,09	1,18	1,27	1,36	1,65
	9	2	0	1	52	10	01	71	49	75	2,19	3,06	8,03	9,61	1,39
São Paulo de Olivença	3,4	4,0	4,3	4,9	533,	530,	553,	618,	757,	848,	925,	1,00	1,08	1,15	1,22
	7	4	8	4	80	41	12	62	95	97	04	6,18	4,07	6,02	6,80
São Sebastião do Uatumã	3,9	5,0	5,3	6,1	676,	662,	712,	756,	937,	1,04	1,13	1,22	1,31	1,40	1,68
	8	4	8	0	33	15	73	68	34	5,55	5,04	9,35	9,09	4,62	8,67
Silves	5,7	7,3	7,3	9,3	828,	1,15	1,08	1,04	1,44	1,64	1,82	2,01	2,19	2,37	2,70
	3	1	0	8	70	6,28	5,14	5,37	6,62	1,53	6,79	0,47	1,61	0,15	9,09
Tabatinga	4,5	5,5	5,0	5,6	614,	627,	679,	725,	899,	1,00	1,09	1,19	1,28	1,36	1,63
	4	1	6	1	28	52	57	60	02	6,56	6,32	1,86	3,45	8,12	4,72
Tapauá	4,4	7,8	7,1	8,3	1,03	1,10	1,19	1,88	2,08	2,40	2,98	3,19	3,54	4,22	4,45
	2	9	8	0	8,95	8,62	7,33	9,67	4,14	6,00	3,21	2,26	4,79	5,41	9,66
Tefé	5,7	8,8	9,1	8,5	1,13	1,13	1,05	1,20	1,65	1,91	2,15	1,97	2,98	3,04	3,20
	0	2	5	9	4,65	8,58	6,03	0,88	7,12	1,75	9,75	6,24	0,48	3,18	7,02

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Tonantins	3,4	4,4	4,7	5,4	585,	620,	636,	659,	870,	986,	1.09	1.19	1.30	1.40	1.68
	3	5	2	9	04	66	86	10	75	58	6,35	5,28	1,50	5,62	7,47
Uarini	6,6	6,2	7,2	8,2	936,	997,	1.29	1.38	1.66	1.88	2.09	2.28	2.47	2.67	2.85
	1	4	1	9	93	11	8,47	8,15	9,12	7,96	4,38	0,31	8,88	1,88	9,15
Urucará	5,9	15,	13,	14,	1.75	1.80	1.74	1.75	2.58	2.98	3.38	3.12	4.69	4.82	5.09
	7	43	47	78	1,08	7,38	5,56	6,60	4,35	7,39	2,36	1,88	8,01	8,88	3,65
Urucurituba	4,1	4,6	5,3	5,4	579,	538,	573,	645,	782,	873,	948,	1.02	1.10	1.17	1.24
	3	8	0	8	08	87	84	08	28	38	98	8,91	5,15	8,00	7,69

APÊNDICE C – ETIMATIVA DA RENDA *PER* *CAPITA* - RPC

Na Tabela 1 estão organizados os dados envolvidos na estimativa da RPC, em reais (R\$), dos municípios. Em verde, estão os valores de RPC informados pelo IBGE no Censo Demográfico de 2010. Em rosa, é apresentado o valor fator de cada município, este valor corresponde a razão da RPC do município pela RPC do estado em 2010. Em amarelo, estão organizadas as estimativas obtidas pelo produto do valor fator de cada município e a RPC estadual informada pelo IBGE, por meio da PNADc de 2014 a 2019. Por fim, em azul, são apresentadas as projeções de RPC, realizadas através do algoritmo ETS.

Tabela 31. Renda *per capita* (R\$) dos municípios amazonenses. Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

Municípios	2010	Fator	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	178,67	0,711	525,33	535,28	525,33	604,24	562,30	598,55	603,10	637,00	623,53	668,61	654,49
Amaturá	178,69	0,711	525,39	535,34	525,39	604,30	562,36	598,62	603,17	637,07	623,60	668,68	654,56
Anamá	226,82	0,902	666,90	679,54	666,90	767,07	713,83	759,85	765,63	808,66	791,57	848,79	830,87
Anori	229,94	0,915	676,08	688,88	676,08	777,62	723,65	770,31	776,16	819,79	802,46	860,46	842,30
Apuí	380,62	1,514	1.119,11	1.140,31	1.119,11	1.287,20	1.197,86	1.275,09	1.284,78	1.357,00	1.328,31	1.424,33	1.394,25
Atalaia do Norte	159,21	0,633	468,11	476,98	468,11	538,43	501,05	533,36	537,41	567,62	555,62	595,78	583,20
Autazes	228,43	0,909	671,64	684,36	671,64	772,52	718,90	765,25	771,07	814,40	797,19	854,81	836,76
Barcelos	237,29	0,944	697,69	710,90	697,69	802,48	746,78	794,93	800,97	845,99	828,11	887,97	869,22
Barreirinha	148,28	0,590	435,98	444,24	435,98	501,46	466,65	496,74	500,52	528,65	517,48	554,88	543,17
Benjamin Constant	211,10	0,840	620,68	632,44	620,68	713,91	664,36	707,19	712,57	752,62	736,71	789,96	773,28
Beruri	193,40	0,769	568,64	579,41	568,64	654,05	608,65	647,90	652,82	689,51	674,94	723,73	708,45
Boa Vista do Ramos	175,55	0,698	516,16	525,94	516,16	593,69	552,48	588,10	592,57	625,88	612,64	656,93	643,06
Boca do Acre	288,42	1,148	848,02	864,09	848,02	975,40	907,69	966,22	973,56	1.028,28	1.006,54	1.079,30	1.056,51
Borba	219,83	0,875	646,35	658,60	646,35	743,43	691,83	736,44	742,04	783,74	767,18	822,63	805,26
Caapiranga	235,49	0,937	692,39	705,51	692,39	796,39	741,12	788,90	794,90	839,58	821,83	881,23	862,63
Canutama	206,44	0,821	606,98	618,48	606,98	698,15	649,69	691,58	696,84	736,01	720,45	772,52	756,21
Carauari	222,32	0,885	653,67	666,06	653,67	751,86	699,67	744,78	750,44	792,62	775,87	831,95	814,38
Careiro	197,06	0,784	579,40	590,38	579,40	666,43	620,17	660,16	665,18	702,56	687,71	737,42	721,85
Careiro da Várzea	207,18	0,824	609,16	620,70	609,16	700,65	652,02	694,06	699,34	738,64	723,03	775,29	758,92
Coari	347,21	1,385	1.020,85	1.040,19	1.020,85	1.174,18	1.092,68	1.163,13	1.171,97	1.237,85	1.211,68	1.299,27	1.271,83
Codajás	239,64	0,953	704,60	717,94	704,60	810,43	754,18	802,80	808,91	854,37	836,31	896,76	877,83
Eirunepé	241,86	0,962	711,12	724,60	711,12	817,94	761,16	810,24	816,40	862,29	844,06	905,07	885,96
Envira	204,98	0,816	602,69	614,11	602,69	693,21	645,10	686,69	691,91	730,80	715,35	767,06	750,86
Fonte Boa	200,47	0,797	589,22	600,38	589,22	677,72	630,68	671,35	676,45	714,47	699,37	749,92	734,09
Guajará	191,04	0,760	561,70	572,34	561,70	646,07	601,23	639,99	644,86	681,10	666,70	714,90	699,80
Humaitá	382,13	1,520	1.123,55	1.144,83	1.123,55	1.292,31	1.202,61	1.280,15	1.289,88	1.362,38	1.333,58	1.429,98	1.399,78
Ipixuna	154,54	0,615	454,38	462,99	454,38	522,63	486,36	517,71	521,65	550,97	539,32	578,31	566,10

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Irاندوبا	349,23	1,389	1.026,82	1.046,27	1.026,82	1.181,05	1.099,07	1.169,93	1.178,83	1.245,08	1.218,76	1.306,86	1.279,27
Itacoatiara	373,71	1,487	1.098,79	1.119,61	1.098,79	1.263,83	1.176,11	1.251,94	1.261,46	1.332,36	1.304,19	1.398,47	1.368,94
Itamarati	214,95	0,855	632,00	643,98	632,00	726,93	676,47	720,09	725,56	766,35	750,15	804,37	787,39
Itapiranga	321,94	1,281	946,58	964,51	946,58	1.088,76	1.013,18	1.078,51	1.086,71	1.147,79	1.123,52	1.204,74	1.179,30
Japurá	248,69	0,989	730,94	744,79	730,94	840,73	782,37	832,82	839,15	886,32	867,58	930,29	910,65
Juruá	227,39	0,905	668,58	681,24	668,58	769,00	715,62	761,76	767,56	810,70	793,56	850,92	832,95
Jutáí	214,36	0,853	630,27	642,21	630,27	724,94	674,62	718,11	723,57	764,24	748,09	802,16	785,22
Lábrea	227,62	0,906	669,25	681,93	669,25	769,78	716,35	762,53	768,33	811,52	794,36	851,78	833,80
Manacapuru	342,58	1,363	1.007,26	1.026,35	1.007,26	1.158,56	1.078,14	1.147,65	1.156,38	1.221,38	1.195,56	1.281,98	1.254,91
Manaquiri	254,15	1,015	747,26	761,42	747,26	859,50	799,84	851,41	857,88	906,10	886,95	951,06	930,98
Manaus	790,27	3,144	2.323,57	2.367,59	2.323,57	2.672,58	2.487,07	2.647,43	2.667,56	2.817,49	2.757,93	2.957,29	2.894,85
Manicoré	295,23	1,175	868,04	884,49	868,04	998,43	929,12	989,03	996,55	1.052,56	1.030,31	1.104,79	1.081,46
Maraã	144,99	0,577	426,30	434,38	426,30	490,34	456,30	485,72	489,41	516,92	505,99	542,57	531,11
Maués	244,39	0,972	718,30	731,91	718,30	826,19	768,84	818,41	824,63	870,98	852,57	914,20	894,90
Nhamundá	195,12	0,776	573,70	584,57	573,70	659,87	614,07	653,66	658,63	695,65	680,94	730,16	714,75
Nova Olinda do Norte	232,07	0,923	682,34	695,27	682,34	784,83	730,35	777,44	783,35	827,38	809,89	868,43	850,10
Novo Airão	246,44	0,981	724,59	738,32	724,59	833,43	775,58	825,58	831,86	878,61	860,04	922,21	902,74
Novo Aripuanã	219,69	0,874	645,94	658,18	645,94	742,96	691,39	735,97	741,56	783,24	766,69	822,11	804,75
Parintins	313,07	1,246	920,50	937,94	920,50	1.058,76	985,27	1.048,79	1.056,77	1.116,17	1.092,57	1.171,55	1.146,81
Pauini	218,21	0,868	641,59	653,74	641,59	737,96	686,73	731,01	736,57	777,97	761,52	816,57	799,33
Presidente Figueiredo	396,51	1,578	1.165,83	1.187,92	1.165,83	1.340,94	1.247,86	1.328,32	1.338,42	1.413,65	1.383,76	1.483,79	1.452,46
Rio Preto da Eva	315,24	1,254	926,88	944,44	926,88	1.066,10	992,10	1.056,06	1.064,09	1.123,90	1.100,14	1.179,67	1.154,76
Santa Isabel do Rio Negro	141,04	0,561	414,69	422,55	414,69	476,98	443,87	472,49	476,08	502,84	492,21	527,79	516,64
Santo Antônio do Içá	122,21	0,486	359,33	366,13	359,33	413,30	384,61	409,41	412,52	435,71	426,50	457,33	447,67
São Gabriel da Cachoeira	355,51	1,414	1.045,28	1.065,08	1.045,28	1.202,29	1.118,83	1.190,97	1.200,02	1.267,47	1.240,68	1.330,36	1.302,27
São Paulo de Olivença	150,28	0,598	441,86	450,23	441,86	508,23	472,95	503,44	507,27	535,78	524,46	562,37	550,49
São Sebastião do Uatumã	262,79	1,046	772,66	787,30	772,66	888,72	827,03	880,35	887,05	936,91	917,10	983,39	962,63
Silves	238,53	0,949	701,33	714,62	701,33	806,68	750,68	799,08	805,16	850,41	832,44	892,61	873,76
Tabatinga	338,47	1,346	994,97	1.013,82	994,97	1.144,42	1.064,99	1.133,65	1.142,27	1.206,47	1.180,97	1.266,33	1.239,60
Tapauá	193,97	0,772	570,32	581,12	570,32	655,98	610,45	649,81	654,75	691,55	676,93	725,86	710,53
Tefé	421,41	1,677	1.239,04	1.262,51	1.239,04	1.425,15	1.326,23	1.411,74	1.422,47	1.502,42	1.470,66	1.576,97	1.543,67
Tonantins	189,15	0,753	556,14	566,68	556,14	639,68	595,28	633,66	638,48	674,36	660,11	707,82	692,88
Uarini	223,11	0,888	655,99	668,42	655,99	754,53	702,15	747,43	753,11	795,44	778,62	834,91	817,28
Urucará	246,99	0,983	726,21	739,96	726,21	835,29	777,31	827,42	833,72	880,58	861,96	924,27	904,75
Urucurituba	227,55	0,905	669,05	681,72	669,05	769,54	716,13	762,30	768,10	811,27	794,12	851,52	833,54
Amazonas	251,34	-	739,00	753,00	739,00	850,00	791,00	842,00	848,40	896,09	877,14	940,55	920,69

Para os SISOL que não são municípios, isto é, distritos e povoados, foram replicada as RPC dos municípios a que pertencem. Dessa forma, as RPC, também em reais (R\$), dos 95 SISOL amazônicos estão organizadas na Tabela 2.

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Tabela 32. Renda *per capita* (R\$) dos SISOL amazonenses. Fonte: Autor, 2020.

SISOL	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	598,55	603,10	637,00	623,53	668,61	654,49
Amaturá	598,62	603,17	637,07	623,60	668,68	654,56
Anamá	759,85	765,63	808,66	791,57	848,79	830,87
Anori	770,31	776,16	819,79	802,46	860,46	842,30
Apuí	1.275,09	1.284,78	1.357,00	1.328,31	1.424,33	1.394,25
Araras	788,90	794,90	839,58	821,83	881,23	862,63
Augusto Montenegro	762,30	768,10	811,27	794,12	851,52	833,54
Autazes	765,25	771,07	814,40	797,19	854,81	836,76
Auxiliadora	1.280,15	1.289,88	1.362,38	1.333,58	1.429,98	1.399,78
Axinim	736,44	742,04	783,74	767,18	822,63	805,26
Barcelos	794,93	800,97	845,99	828,11	887,97	869,22
Barreirinha	496,74	500,52	528,65	517,48	554,88	543,17
Belém do Solimões	1.133,65	1.142,27	1.206,47	1.180,97	1.266,33	1.239,60
Belo Monte	649,81	654,75	691,55	676,93	725,86	710,53
Benjamin Constant	707,19	712,57	752,62	736,71	789,96	773,28
Beruri	647,90	652,82	689,51	674,94	723,73	708,45
Betânia	409,41	412,52	435,71	426,50	457,33	447,67
Boa Vista do Ramos	588,10	592,57	625,88	612,64	656,93	643,06
Boca do Acre	966,22	973,56	1.028,28	1.006,54	1.079,30	1.056,51
Borba	736,44	742,04	783,74	767,18	822,63	805,26
Caapiranga	788,90	794,90	839,58	821,83	881,23	862,63
Caburi	1.048,79	1.056,77	1.116,17	1.092,57	1.171,55	1.146,81
Caiambé	1.411,74	1.422,47	1.502,42	1.470,66	1.576,97	1.543,67
Camaruã	649,81	654,75	691,55	676,93	725,86	710,53
Campinas	1.147,65	1.156,38	1.221,38	1.195,56	1.281,98	1.254,91
Canutama	691,58	696,84	736,01	720,45	772,52	756,21
Carauari	744,78	750,44	792,62	775,87	831,95	814,38
Careiro	694,06	699,34	738,64	723,03	775,29	758,92
Carvoeiro	794,93	800,97	845,99	828,11	887,97	869,22
Castanho	660,16	665,18	702,56	687,71	737,42	721,85
Coari	1.163,13	1.171,97	1.237,85	1.211,68	1.299,27	1.271,83
Codajás	802,80	808,91	854,37	836,31	896,76	877,83
Cucuí	1.190,97	1.200,02	1.267,47	1.240,68	1.330,36	1.302,27
Eirunepé	810,24	816,40	862,29	844,06	905,07	885,96
Envira	686,69	691,91	730,80	715,35	767,06	750,86
Estirão do Equador	533,36	537,41	567,62	555,62	595,78	583,20
Feijóal	707,19	712,57	752,62	736,71	789,96	773,28
Fonte Boa	671,35	676,45	714,47	699,37	749,92	734,09
Guajará	639,99	644,86	681,10	666,70	714,90	699,80
Humaitá	1.280,15	1.289,88	1.362,38	1.333,58	1.429,98	1.399,78
Iauaretê	1.190,97	1.200,02	1.267,47	1.240,68	1.330,36	1.302,27
Ipiranga	409,41	412,52	435,71	426,50	457,33	447,67
Ipixuna	517,71	521,65	550,97	539,32	578,31	566,10
Itacoatiara	1.251,94	1.261,46	1.332,36	1.304,19	1.398,47	1.368,94
Itamarati	720,09	725,56	766,35	750,15	804,37	787,39

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Itapiranga	1.078,51	1.086,71	1.147,79	1.123,52	1.204,74	1.179,30
Japurá	832,82	839,15	886,32	867,58	930,29	910,65
Juruá	761,76	767,56	810,70	793,56	850,92	832,95
Jutaí	718,11	723,57	764,24	748,09	802,16	785,22
Lábrea	762,53	768,33	811,52	794,36	851,78	833,80
Limoeiro	517,71	521,65	550,97	539,32	578,31	566,10
Manaquiri	851,41	857,88	906,10	886,95	951,06	930,98
Manicoré	989,03	996,55	1.052,56	1.030,31	1.104,79	1.081,46
Maraã	485,72	489,41	516,92	505,99	542,57	531,11
Maués	818,41	824,63	870,98	852,57	914,20	894,90
Moura	794,93	800,97	845,99	828,11	887,97	869,22
Murituba	802,80	808,91	854,37	836,31	896,76	877,83
Nhamundá	653,66	658,63	695,65	680,94	730,16	714,75
Nova Olinda do Norte	777,44	783,35	827,38	809,89	868,43	850,10
Novo Airão	825,58	831,86	878,61	860,04	922,21	902,74
Novo Aripuanã	735,97	741,56	783,24	766,69	822,11	804,75
Novo Céu	765,25	771,07	814,40	797,19	854,81	836,76
Novo Remanso	1.251,94	1.261,46	1.332,36	1.304,19	1.398,47	1.368,94
Palmeiras do Javari	533,36	537,41	567,62	555,62	595,78	583,20
Parauá	660,16	665,18	702,56	687,71	737,42	721,85
Parintins	1.048,79	1.056,77	1.116,17	1.092,57	1.171,55	1.146,81
Pauini	731,01	736,57	777,97	761,52	816,57	799,33
Pedras	496,74	500,52	528,65	517,48	554,88	543,17
Rio Preto da Eva	1.056,06	1.064,09	1.123,90	1.100,14	1.179,67	1.154,76
Sacambu	1.147,65	1.156,38	1.221,38	1.195,56	1.281,98	1.254,91
Santa Isabel do Rio Negro	472,49	476,08	502,84	492,21	527,79	516,64
Santa Rita	503,44	507,27	535,78	524,46	562,37	550,49
Santana	880,35	887,05	936,91	917,10	983,39	962,63
Santo Antônio do Içá	409,41	412,52	435,71	426,50	457,33	447,67
Santo Antônio do Matupí	989,03	996,55	1.052,56	1.030,31	1.104,79	1.081,46
São Gabriel da Cachoeira	1.190,97	1.200,02	1.267,47	1.240,68	1.330,36	1.302,27
São Paulo de Olivença	503,44	507,27	535,78	524,46	562,37	550,49
São Sebastião do Uatumã	880,35	887,05	936,91	917,10	983,39	962,63
Silves	799,08	805,16	850,41	832,44	892,61	873,76
Sucunduri	1.275,09	1.284,78	1.357,00	1.328,31	1.424,33	1.394,25
Tabatinga	1.133,65	1.142,27	1.206,47	1.180,97	1.266,33	1.239,60
Tapauá	649,81	654,75	691,55	676,93	725,86	710,53
Tefé	1.411,74	1.422,47	1.502,42	1.470,66	1.576,97	1.543,67
Tonantins	633,66	638,48	674,36	660,11	707,82	692,88
Tuiué	1.147,65	1.156,38	1.221,38	1.195,56	1.281,98	1.254,91
Uarini	747,43	753,11	795,44	778,62	834,91	817,28
Urucará	827,42	833,72	880,58	861,96	924,27	904,75
Urucurituba	762,30	768,10	811,27	794,12	851,52	833,54
Vila Alterosa	409,41	412,52	435,71	426,50	457,33	447,67
Vila Amazônia	1.048,79	1.056,77	1.116,17	1.092,57	1.171,55	1.146,81
Vila Bitencourt	832,82	839,15	886,32	867,58	930,29	910,65
Vila Caviana	647,90	652,82	689,51	674,94	723,73	708,45

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS
ISOLADOS AMAZONENSES

Vila do Itapuru	647,90	652,82	689,51	674,94	723,73	708,45
Vila do Lindóia	1.251,94	1.261,46	1.332,36	1.304,19	1.398,47	1.368,94
Vila Urucurituba	765,25	771,07	814,40	797,19	854,81	836,76

APÊNDICE D - ESTIMATIVA DO IDHM

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal é apresentado pelo IBGE nos Censos Demográficos. Com relação aos distritos e povoados, estes receberam o valor do IDHM dos municípios a que pertencem. Na Tabela 1 estão organizados o IDH para todos os SISOL amazonenses.

Tabela 33. IDH dos SISOL amazonenses. Fonte: IBGE, 2020.

SISOL	1991	2000	2010
Alvarães	306	373	527
Amaturá	254	413	560
Anamá	307	408	594
Anori	357	428	561
Apuí	322	437	637
Autazes	357	420	577
Barcelos	317	384	500
Barreirinha	293	399	574
Benjamin Constant	300	389	574
Beruri	272	340	506
Boa Vista do Ramos	287	372	565
Boca do Acre	288	401	588
Borba	305	389	560
Caapiranga	258	403	569
Canutama	212	380	530
Carauari	268	344	549
Careiro	237	337	557
Coari	312	389	586
Codajás	355	440	563
Eirunepé	295	409	563
Envira	263	346	509
Fonte Boa	243	320	530
Guajará	266	381	532
Humaitá	296	475	605
Ipixuna	257	318	481
Itacoatiara	408	491	644
Itamarati	210	331	477
Itapiranga	409	478	654
Japurá	208	304	522
Juruá	291	362	522
Jutaí	187	304	516
Lábrea	254	386	531
Manaquiri	244	429	596
Manicoré	287	398	582
Maraã	265	291	498

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Maués	333	454	588
Nhamundá	356	441	586
Nova Olinda do Norte	321	373	558
Novo Airão	264	428	570
Novo Aripuanã	293	387	554
Parintins	414	488	658
Pauini	177	287	496
Rio Preto da Eva	353	434	611
Santa Isabel do Rio Negro	236	384	479
Santo Antônio do Içá	206	306	490
São Gabriel da Cachoeira	388	478	609
São Paulo de Olivença	269	324	521
São Sebastião do Uatumã	354	428	577
Silves	373	486	632
Tabatinga	333	470	616
Tapauá	151	293	502
Tefé	349	438	639
Tonantins	257	327	548
Uarini	290	358	527
Urucará	386	487	620
Urucurituba	254	427	588
Vila Alterosa	206	306	490
Araras	258	403	569
Augusto Montenegro	254	427	588
Auxiliadora	296	475	605
Axinim	305	389	560
Belém do Solimões	333	470	616
Belo Monte	151	293	502
Betânia	206	306	490
Caburi	414	488	658
Caiambé	349	438	639
Camaruã	151	293	502
Campinas	339	437	614
Carvoeiro	317	384	500
Castanho	237	337	557
Vila Caviana	272	340	506
Cucuí	388	478	609
Estirão do Equador	246	348	450
Feijoal	300	389	574
Iauaretê	388	478	609
Ipiranga	206	306	490
Vila do Itapuru	272	340	506
Limoeiro	257	318	481
Vila do Lindóia	408	491	644
Santo Antônio do Matupí	287	398	582
Moura	317	384	500
Murituba	355	440	563

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Novo Céu	357	420	577
Novo Remanso	408	491	644
Palmeiras do Javari	246	348	450
Parauá	237	337	557
Pedras	293	399	574
Sacambu	339	437	614
Santa Rita	269	324	521
Santana	354	428	577
Sucunduri	322	437	637
Tuiué	339	437	614
Vila Amazônia	414	488	658
Vila Bitencourt	208	304	522
Vila Urucurituba	357	420	577

APÊNDICE E – ESTIMATIVA DO CONSUMO ELÉTRICO *PER CAPITA*

Utilizando as informações de demanda energética do ANEXO A e de população do APÊNDICE J, foi possível obter o consumo elétrico *per capita*. Esse dado, em kW, para os 95 SISOL amazonenses estão organizados na Tabela 1.

Tabela 34. Consumo Elétrico per capita (kW) dos SISOL amazonenses. Fonte: Autor, 2020.

SISOL	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	0,122	0,124	0,124	0,126	0,128	0,129
Amaturá	0,118	0,124	0,123	0,124	0,125	0,126
Anamã	0,146	0,150	0,155	0,161	0,165	0,170
Anori	0,149	0,149	0,150	0,151	0,153	0,154
Apuí	0,174	0,175	0,175	0,176	0,177	0,178
Araras	0,117	0,117	0,118	0,119	0,120	0,121
Augusto Montenegro	0,220	0,219	0,219	0,220	0,220	0,220
Autazes	0,169	0,169	0,170	0,170	0,171	0,172
Auxiliadora	0,402	0,419	0,421	0,423	0,424	0,426
Axinim	0,549	0,554	0,556	0,561	0,565	0,570
Barcelos	0,111	0,113	0,115	0,117	0,119	0,121
Barreirinha	0,118	0,120	0,120	0,121	0,122	0,124
Belém do Solimões	0,180	0,178	0,178	0,177	0,177	0,178
Belo Monte	0,194	0,206	0,216	0,226	0,237	0,250
Benjamin Constant	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
Beruri	0,154	0,155	0,156	0,158	0,160	0,162
Betânia	0,173	0,183	0,194	0,202	0,211	0,221
Boa Vista do Ramos	0,159	0,158	0,159	0,159	0,159	0,160
Boca do Acre	0,212	0,216	0,217	0,219	0,222	0,225
Borba	0,116	0,117	0,118	0,119	0,120	0,121
Caapiranga	0,347	0,351	0,351	0,354	0,356	0,359
Caburi	0,503	0,511	0,514	0,521	0,528	0,535
Caiambé	0,543	0,560	0,578	0,598	0,615	0,634
Camaruã	0,142	0,146	0,151	0,158	0,165	0,173
Campinas	0,238	0,250	0,255	0,261	0,267	0,269
Canutama	0,099	0,100	0,102	0,103	0,105	0,106
Carauari	0,181	0,184	0,186	0,188	0,191	0,194
Careiro	0,068	0,067	0,068	0,068	0,068	0,068
Carvoeiro	0,107	0,109	0,111	0,113	0,115	0,117
Castanho	0,054	0,055	0,055	0,055	0,056	0,057
Coari	0,208	0,211	0,214	0,219	0,224	0,230
Codajás	0,156	0,170	0,178	0,187	0,196	0,206
Cucuí	0,247	0,248	0,247	0,250	0,251	0,253
Eirunepé	0,141	0,143	0,144	0,147	0,149	0,152
Envira	0,127	0,129	0,130	0,132	0,134	0,136

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Estirão do Equador	0,242	0,251	0,263	0,272	0,285	0,298
Feijoal	0,145	0,144	0,144	0,144	0,145	0,145
Fonte Boa	0,242	0,261	0,282	0,306	0,332	0,361
Guajará	0,090	0,090	0,090	0,090	0,091	0,091
Humaitá	0,244	0,250	0,258	0,267	0,275	0,285
Iauaretê	0,090	0,101	0,100	0,105	0,111	0,116
Ipiranga	0,267	0,283	0,304	0,325	0,344	0,369
Ipixuna	0,161	0,159	0,160	0,161	0,162	0,164
Itacoatiara	0,349	0,362	0,370	0,382	0,394	0,406
Itamarati	0,166	0,168	0,173	0,179	0,184	0,190
Itapiranga	0,259	0,265	0,269	0,277	0,285	0,293
Japurá	0,041	0,038	0,042	0,042	0,045	0,046
Juruá	0,093	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
Jutaí	0,267	0,290	0,317	0,346	0,379	0,416
Lábrea	0,139	0,139	0,139	0,140	0,142	0,144
Limoeiro	0,070	0,072	0,075	0,078	0,081	0,084
Manaquiri	0,123	0,124	0,127	0,130	0,133	0,136
Manicoré	0,124	0,126	0,128	0,130	0,132	0,135
Maraã	0,122	0,126	0,131	0,135	0,140	0,145
Maués	0,163	0,166	0,168	0,172	0,175	0,180
Moura	0,987	0,433	0,459	0,484	0,512	0,541
Murituba	0,128	0,114	0,114	0,115	0,115	0,115
Nhamundá	0,127	0,129	0,129	0,132	0,134	0,136
Nova Olinda do Norte	0,149	0,149	0,148	0,148	0,148	0,148
Novo Airão	0,178	0,178	0,177	0,175	0,174	0,173
Novo Aripuanã	0,155	0,155	0,154	0,154	0,155	0,154
Novo Céu	1,400	1,399	1,407	1,411	1,418	1,426
Novo Remanso	1,145	1,174	1,993	2,006	2,084	2,098
Palmeiras do Javari	0,277	0,281	0,288	0,294	0,300	0,300
Parauá	0,054	0,055	0,055	0,055	0,056	0,057
Parintins	0,237	0,245	0,249	0,254	0,259	0,264
Pauini	0,081	0,084	0,087	0,089	0,091	0,093
Pedras	0,394	0,401	0,404	0,407	0,409	0,410
Rio Preto da Eva	0,265	0,263	0,266	0,269	0,272	0,274
Sacambu	0,238	0,250	0,255	0,261	0,267	0,269
Santa Isabel do Rio Negro	0,063	0,061	0,061	0,061	0,059	0,059
Santa Rita	0,494	0,475	0,472	0,467	0,462	0,459
Santana	0,127	0,129	0,130	0,132	0,134	0,135
Santo Antônio do Içá	0,193	0,205	0,218	0,227	0,236	0,252
Santo Antônio do Matupí	0,755	0,719	0,723	0,732	0,749	0,767
São Gabriel da Cachoeira	0,169	0,171	0,171	0,173	0,174	0,175
São Paulo de Olivença	0,071	0,072	0,073	0,074	0,075	0,076
São Sebastião do Uatumã	0,120	0,118	0,119	0,119	0,119	0,118
Silves	0,168	0,171	0,175	0,178	0,181	0,184
Sucunduri	0,178	0,185	0,188	0,190	0,191	0,192
Tabatinga	0,187	0,186	0,185	0,184	0,185	0,185
Tapauá	0,158	0,163	0,169	0,177	0,185	0,194

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Tefé	0,291	0,303	0,316	0,333	0,348	0,360
Tonantins	0,117	0,121	0,122	0,124	0,126	0,127
Tuiué	0,660	0,671	0,677	0,685	0,692	0,698
Uarini	0,155	0,142	0,144	0,147	0,149	0,152
Urucará	0,203	0,214	0,226	0,237	0,246	0,255
Urucurituba	0,155	0,157	0,161	0,165	0,167	0,169
Vila Alterosa	0,141	0,148	0,157	0,164	0,172	0,180
Vila Amazônia	0,789	0,785	0,795	0,805	0,816	0,827
Vila Bitencourt	0,767	0,726	0,806	0,800	0,851	0,856
Vila Caviana	0,420	0,369	0,370	0,371	0,372	0,373
Vila do Itapuru	0,127	0,126	0,126	0,127	0,127	0,128
Vila do Lindóia	0,642	0,672	0,700	0,734	0,771	0,809
Vila Urucurituba	0,180	0,182	0,186	0,188	0,190	0,191

APÊNDICE F – ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RSU DE CADA MODELO

Utilizando cada um dos modelos foram calculadas e estimadas a geração *per capita* de RSU para os 28 municípios presentes no estudo do SNIS. Na Tabela 1, estão organizados tanto os valores reais apresentados pelo SNIS (em verde), quanto os valores calculados por cada modelo, em $\frac{kg}{hab.dia}$ (em azul).

Tabela 35. Geração de RSU per capita estimada por cada modelo. Fonte: Autor, 2020.

Município	SNIS	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Benjamin Constant	1,39	0,58	68177876102,03	0,68	5261764,51	2,48
Boa vista do Ramos	0,59	0,58	27755076663,50	0,62	2142952,98	2,12
Borba	0,63	0,58	67655159765,65	0,70	5221396,31	2,57
Canutama	0,64	0,58	23758189415,35	0,68	1834481,09	2,43
Carauari	1,73	0,58	65709948975,11	0,70	5071281,94	2,60
Careiro	1,89	0,58	62249400173,18	0,66	4804311,29	2,44
Coari	1,33	0,60	417530113738,79	0,92	32215727,85	3,86
Eirunepé	0,15	0,59	101846341585,66	0,74	7859388,81	2,79
Envira	1,22	0,58	34282705531,43	0,67	2646433,73	2,42
Fonte Boa	0,15	0,58	39257184321,39	0,67	3030290,94	2,37
Guajará	0,43	0,58	27098703313,19	0,65	2092220,80	2,28
Humaitá	0,95	0,58	121962891199,00	0,97	9411580,65	4,22
Itacoatiara	1,18	0,60	456461674990,90	0,96	35219615,31	4,13
Itapiranga	0,11	0,58	23882678936,74	0,87	1844420,87	3,61
Lábrea	0,65	0,58	109391529775,74	0,71	8441446,38	2,65
Manicoré	1,39	0,58	122880329591,08	0,83	9482302,41	3,33
Nhamunda	1,48	0,58	32769774763,41	0,66	2529914,55	2,32
Nova Olinda do Norte	1,58	0,58	52552729192,90	0,72	4056177,03	2,69
Novo Airao	0,55	0,58	30537131015,24	0,75	2357613,22	2,84
Parintins	2,86	0,58	255197133306,05	0,86	19691294,92	3,52
Santo Antônio do Ica	2,12	0,58	39688483597,71	0,52	3063459,92	1,58
São Paulo de Olivença	0,86	0,58	52237083374,70	0,57	4031723,76	1,86
Silves	0,97	0,58	23570818755,12	0,73	1820299,86	2,76
Tonantins	0,77	0,58	28970596894,68	0,64	2236688,91	2,26
Urucará	0,37	0,60	76034953861,53	0,75	5868086,60	2,85
Urucurituba	1,17	0,58	31540110280,11	0,71	2435047,01	2,65

APÊNDICE G – ESTIMATIVA DA GERAÇÃO *PER CAPITA* DE RSU

Utilizando o modelo de estimativa selecionado, o modelo de Dias et al. (2012), e os dados de RPC (APÊNDICE J), foram estimadas as quantidades de RSU *per capita* geradas em cada um dos 95 SISOL amazonenses. Essas quantidades, em $\frac{kg}{hab.dia}$, estão organizadas na Tabela 1.

Tabela 36 - Geração per capita de RSU nos SISOL amazonenses

SISOL	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	0,620	0,623	0,641	0,633	0,657	0,650
Amaturá	0,612	0,614	0,632	0,625	0,648	0,641
Anamá	0,699	0,702	0,724	0,715	0,744	0,735
Anori	0,701	0,703	0,725	0,717	0,746	0,737
Apuí	0,921	0,925	0,957	0,945	0,987	0,974
Araras	0,692	0,695	0,716	0,708	0,736	0,727
Augusto Montenegro	0,694	0,696	0,718	0,709	0,738	0,729
Autazes	0,710	0,713	0,735	0,726	0,756	0,746
Auxiliadora	1,131	1,136	1,176	1,160	1,212	1,196
Axinim	0,683	0,686	0,707	0,698	0,726	0,718
Barcelos	0,733	0,736	0,760	0,750	0,781	0,772
Barreirinha	0,582	0,584	0,600	0,594	0,615	0,608
Belém do Solimões	1,018	1,022	1,058	1,044	1,091	1,076
Belo Monte	0,637	0,639	0,658	0,650	0,675	0,667
Benjamin Constant	0,697	0,700	0,722	0,714	0,742	0,733
Beruri	0,681	0,684	0,705	0,697	0,724	0,716
Betânia	0,522	0,524	0,537	0,532	0,549	0,543
Boa Vista do Ramos	0,594	0,596	0,613	0,606	0,628	0,621
Boca do Acre	0,808	0,812	0,839	0,828	0,863	0,852
Borba	0,683	0,686	0,707	0,698	0,726	0,718
Caapiranga	0,692	0,695	0,716	0,708	0,736	0,727
Caburi	0,850	0,854	0,883	0,871	0,909	0,898
Caiambé	1,053	1,058	1,095	1,080	1,129	1,114
Camaruã	0,654	0,656	0,676	0,668	0,694	0,686
Campinas	0,872	0,876	0,906	0,894	0,934	0,921
Canutama	0,655	0,658	0,677	0,669	0,695	0,687
Carauari	0,703	0,706	0,728	0,719	0,749	0,739
Careiro	0,650	0,653	0,673	0,665	0,691	0,683
Carvoeiro	0,733	0,736	0,760	0,750	0,781	0,772
Castanho	0,872	0,876	0,906	0,894	0,934	0,921
Coari	0,932	0,937	0,969	0,956	0,999	0,986
Codajás	0,719	0,722	0,745	0,736	0,766	0,757
Cucuí	1,330	1,336	1,382	1,364	1,423	1,405
Eirunepé	0,766	0,770	0,795	0,785	0,818	0,808
Envira	0,688	0,691	0,712	0,703	0,732	0,723
Estirão do Equador	0,594	0,596	0,613	0,606	0,628	0,621
Feijóal	0,697	0,700	0,722	0,714	0,742	0,733
Fonte Boa	0,666	0,669	0,689	0,681	0,707	0,699

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Guajará	0,660	0,663	0,683	0,675	0,701	0,693
Humaitá	1,131	1,136	1,176	1,160	1,212	1,196
Iauaretê	1,330	1,336	1,382	1,364	1,423	1,405
Ipiranga	0,522	0,524	0,537	0,532	0,549	0,543
Ipixuna	0,547	0,549	0,563	0,558	0,577	0,571
Itacoatiara	0,945	0,949	0,982	0,969	1,012	0,999
Itamarati	0,575	0,577	0,593	0,587	0,608	0,601
Itapiranga	0,780	0,783	0,809	0,798	0,832	0,822
Japurá	0,752	0,755	0,780	0,770	0,802	0,792
Juruá	0,689	0,692	0,713	0,704	0,733	0,724
Jutaí	0,634	0,636	0,655	0,647	0,672	0,664
Lábrea	0,728	0,731	0,754	0,745	0,775	0,766
Limoeiro	0,547	0,549	0,563	0,558	0,577	0,571
Manaquiri	0,753	0,757	0,781	0,771	0,804	0,794
Manicoré	0,795	0,798	0,825	0,814	0,849	0,838
Maraã	0,544	0,546	0,560	0,555	0,573	0,568
Maués	0,782	0,786	0,812	0,801	0,835	0,825
Moura	0,733	0,736	0,760	0,750	0,781	0,772
Murituba	0,719	0,722	0,745	0,736	0,766	0,757
Nhamundá	0,635	0,638	0,657	0,649	0,674	0,666
Nova Olinda do Norte	0,728	0,731	0,755	0,745	0,776	0,766
Novo Airão	0,740	0,743	0,767	0,757	0,789	0,779
Novo Aripuanã	0,698	0,701	0,723	0,714	0,743	0,734
Novo Céu	0,710	0,713	0,735	0,726	0,756	0,746
Novo Remanso	0,945	0,949	0,982	0,969	1,012	0,999
Palmeiras do Javari	0,594	0,596	0,613	0,606	0,628	0,621
Parauá	0,650	0,653	0,673	0,665	0,691	0,683
Parintins	0,850	0,854	0,883	0,871	0,909	0,898
Pauini	0,709	0,712	0,735	0,726	0,755	0,746
Pedras	0,582	0,584	0,600	0,594	0,615	0,608
Rio Preto da Eva	0,824	0,828	0,856	0,845	0,881	0,870
Sacambu	0,872	0,876	0,906	0,894	0,934	0,921
Santa Isabel do Rio Negro	0,563	0,565	0,580	0,574	0,594	0,588
Santa Rita	0,567	0,569	0,585	0,578	0,599	0,592
Santana	0,753	0,756	0,781	0,771	0,803	0,793
Santo Antônio do Içá	0,530	0,532	0,545	0,540	0,558	0,552
Santo Antônio do Matupí	0,795	0,798	0,825	0,814	0,849	0,838
São Gabriel da Cachoeira	1,330	1,336	1,382	1,364	1,423	1,405
São Paulo de Olivença	0,567	0,569	0,585	0,578	0,599	0,592
São Sebastião do Uatumã	0,753	0,756	0,781	0,771	0,803	0,793
Silves	0,742	0,745	0,769	0,760	0,791	0,781
Sucunduri	0,921	0,925	0,957	0,945	0,987	0,974
Tabatinga	1,018	1,022	1,058	1,044	1,091	1,076
Tapauá	0,637	0,639	0,658	0,650	0,675	0,667
Tefé	1,053	1,058	1,095	1,080	1,129	1,114
Tonantins	0,600	0,603	0,619	0,613	0,635	0,628
Tuiué	0,872	0,876	0,906	0,894	0,934	0,921

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Uarini	0,723	0,726	0,749	0,739	0,770	0,760
Urucará	0,772	0,775	0,801	0,791	0,824	0,814
Urucurituba	0,694	0,696	0,718	0,709	0,738	0,729
Vila Alterosa	0,530	0,532	0,545	0,540	0,558	0,552
Vila Amazônia	0,850	0,854	0,883	0,871	0,909	0,898
Vila Bitencourt	0,752	0,755	0,780	0,770	0,802	0,792
Vila Caviana	0,681	0,684	0,705	0,697	0,724	0,716
Vila do Itapuru	0,681	0,684	0,705	0,697	0,724	0,716
Vila do Lindóia	0,945	0,949	0,982	0,969	1,012	0,999
Vila Urucurituba	0,710	0,713	0,735	0,726	0,756	0,746

APÊNDICE H – CLASSIFICAÇÃO DOS SISOL QUANTO A RENDA LOCAL

A Tabela 1 apresenta a classificação dos SISOL quanto a renda local, para isso foi comparada a RPC do APÊNDICE J com o salário mínimo do ano em análise. Os salários mínimos de cada ano também estão na Tabela 1, e para os anos futuros, foi realizado uma projeção por meio do algoritmo ETS.

Tabela 37. Classificação dos SISOL quanto a Renda Local. Fonte: Autor, 2020.

SISOL	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Amaturá	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Anamá	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Anori	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Apuí	Média Alta					
Araras	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Augusto Montenegro	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Autazes	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Auxiliadora	Média Alta					
Axinim	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Barcelos	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Barreirinha	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Belém do Solimões	Média Alta					
Belo Monte	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Benjamin Constant	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Beruri	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Betânia	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Boa Vista do Ramos	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Boca do Acre	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Borba	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Caapiranga	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Caburi	Média Alta	Média	Média	Média	Média	Média
		Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Caiambé	Média Alta					

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Camaruã	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Campinas	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Baixa	Média Alta	Média Baixa
Canutama	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Carauari	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Careiro	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Carvoeiro	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Castanho	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Baixa	Média Alta	Média Baixa
Coari	Média Alta					
Codajás	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Cucuí	Média Alta					
Eirunepé	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Envira	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Estirão do Equador	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Feijoa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Fonte Boa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Guajará	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Humaitá	Média Alta					
Iauaretê	Média Alta					
Ipiranga	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Ipixuna	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Itacoatiara	Média Alta					
Itamarati	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Itapiranga	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Japurá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Juruá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Jutaí	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Lábrea	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Limoeiro	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Manaquiri	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Manicoré	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Maraã	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Maués	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Moura	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Murituba	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Nhamundá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Nova Olinda do Norte	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Novo Airão	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Novo Aripuanã	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Novo Céu	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Novo Remanso	Média Alta					
Palmeiras do Javari	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Parauá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Parintins	Média Alta	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Pauini	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Pedras	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Rio Preto da Eva	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Sacambu	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Baixa	Média Alta	Média Baixa
Santa Isabel do Rio Negro	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Santa Rita	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Santana	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Santo Antônio do Içá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Santo Antônio do Matupí	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
São Gabriel da Cachoeira	Média Alta					
São Paulo de Olivença	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
São Sebastião do Uatumã	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Silves	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Sucunduri	Média Alta					
Tabatinga	Média Alta					
Tapauá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Tefé	Média Alta					

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Tonantins	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Tuiué	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Baixa	Média Alta	Média Baixa
Uarini	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Urucará	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Urucurituba	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Vila Alterosa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Vila Amazônia	Média Alta	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Vila Bitencourt	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Vila Caviana	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Vila do Itapuru	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Vila do Lindóia	Média Alta					
Vila Urucurituba	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Salário Mínimo	R\$ 1.006,00	R\$ 1.045,00	R\$ 1.100,00	R\$ 1.144,93	R\$ 1.191,80	R\$ 1.238,13

APÊNDICE I – VPLs DOS SISOL DE ACORDO COM CADA CENÁRIO

Utilizando os parâmetros tanto do cenário atual, quanto dos cenários determinados na análise de sensibilidade, foram calculados os Valores Presentes Líquidos (VPL) dos SISOL amazonenses. Essa determinação foi realizada através da função “VPL” do *Microsoft Excel*, utilizando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 6%.

Do ponto de vista da análise econômica, é considerado viável os projetos que apresentam VPL positivo, pois sua Taxa Interna de Retorno (TIR) é maior que a TMA. E logicamente, os que apresentam VPL negativo, são considerados economicamente inviáveis.

Na Tabela 1, estão organizados os VPLs, em reais (R\$) calculados para cada um do SISOL amazonenses, em cada um dos cenários avaliados nesse trabalho.

SISOL	Cenário Atual	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03
Alvarães	-4.762.705,19	-4.177.811,57	-1.530.333,91	80.543,89
Amaturá	-805.892,92	-706.923,62	-258.946,38	-215.788,65
Anamá	-3.066.719,43	-2.690.104,76	-985.386,36	51.862,44
Anori	-17.654.493,69	-15.486.397,97	-5.672.673,25	298.561,75
Apuí	-20.391.728,36	-17.887.481,02	-6.552.190,85	344.852,15
Araras	-6.514.439,14	-5.714.420,30	-2.093.194,25	-1.744.328,54
Augusto Montenegro	-6.893.294,50	-6.046.749,56	-2.214.926,58	-1.845.772,15
Autazes	-26.370.745,71	-23.132.233,08	-8.473.345,45	445.965,55
Auxiliadora	-6.888.624,00	-6.042.652,63	-2.213.425,87	-1.844.521,56
Axinim	-7.463.728,27	-6.547.130,06	-2.398.216,14	-1.998.513,45
Barcelos	-20.769.932,99	-18.219.239,47	-6.673.714,09	351.248,11
Barreirinha	-19.995.156,81	-17.539.611,23	-6.424.766,02	338.145,58
Belém do Solimões	-3.549.710,15	-3.113.780,83	-1.140.579,06	-950.482,55
Belo Monte	-7.475.003,52	-6.557.020,63	-2.401.839,06	-2.001.532,55
Benjamin Constant	-28.298.188,12	-24.822.972,04	-9.092.663,75	478.561,25
Beruri	-12.719.276,79	-11.157.260,34	-4.086.908,55	215.100,45
Betânia	-2.392.359,78	-2.098.561,21	-768.703,74	-640.586,45
Boa Vista do Ramos	-14.340.308,86	-12.579.218,30	-4.607.772,27	242.514,33
Boca do Acre	-26.171.032,19	-22.957.045,78	-8.409.174,28	442.588,12
Borba	-26.708.482,90	-23.428.493,77	-8.581.865,85	451.677,15
Caapiranga	-375.563,80	-329.441,93	-120.674,70	-100.562,25
Caburi	-4.220.902,14	-3.702.545,73	-1.356.243,86	-1.130.203,22
Caiambé	-4.247.151,80	-3.725.571,75	-1.364.678,30	-1.137.231,91
Camaruã	-4.840.156,29	-4.245.751,13	-1.555.220,20	-1.296.016,83
Campinas	-4.763.019,23	-4.178.087,04	-1.530.434,81	-1.275.362,34
Canutama	-8.903.094,32	-7.809.731,86	-2.860.707,64	150.563,56
Carauari	-12.793.263,51	-11.222.160,97	-4.110.681,67	216.351,67

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Careiro	-15.164.749,25	-13.302.411,62	-4.872.678,25	256.456,75
Carvoeiro	-4.812.080,03	-4.221.122,83	-1.546.198,84	-1.288.499,03
Castanho	-26.052.239,20	-22.852.841,41	-8.371.004,18	440.579,17
Coari	-46.681.986,82	-40.949.111,25	-14.999.674,45	789.456,55
Codajás	-334.680,37	-293.579,27	-107.538,20	-89.615,16
Cucuí	-6.933.202,75	-6.081.756,80	-2.227.749,74	-1.856.458,12
Eirunepé	-20.427.449,88	-17.918.815,69	-6.563.668,75	345.456,25
Envira	-14.494.886,48	-12.714.812,70	-4.657.440,55	245.128,45
Estirão do Equador	-7.415.292,98	-6.504.642,96	-2.382.653,10	-1.985.544,25
Feijóal	-3.679.499,72	-3.227.631,33	-1.182.282,54	-985.235,45
Fonte Boa	-14.271.888,64	-12.519.200,56	-4.585.787,75	241.357,25
Guajará	-14.505.772,05	-12.724.361,45	-4.660.938,26	245.312,54
Humaitá	-40.479.745,16	-35.508.548,38	-13.006.794,28	684.568,12
Iauaretê	-5.025.273,92	-4.408.135,02	-1.614.701,47	-1.345.584,56
Ipiranga	-7.489.167,52	-6.569.445,19	-2.406.390,18	-2.005.325,15
Ipixuna	-374.410,54	-328.430,30	-120.304,14	-100.253,45
Itacoatiara	-50.005.057,98	-43.864.085,95	-16.067.430,75	845.654,25
Itamarati	-3.186.116,43	-2.794.838,97	-1.023.750,54	-853.125,45
Itapiranga	-1.692.260,43	-1.484.438,97	-543.750,54	-453.125,45
Japurá	-576.362,43	-505.581,08	-185.194,54	-154.328,78
Juruá	-14.612.992,20	-12.818.414,21	-4.695.389,82	247.125,78
Jutaí	-353.228,08	-309.849,19	-113.497,87	-94.581,56
Lábrea	-25.762.647,88	-22.598.813,93	-8.277.953,82	435.681,78
Limoeiro	-314.179,50	-275.596,06	-100.950,94	-84.125,78
Manaquiri	-24.592.764,83	-21.572.600,73	-7.902.051,55	415.897,45
Manicoré	-35.379.292,13	-31.034.466,78	-11.367.936,55	598.312,45
Maraã	-7.365.923,56	-6.461.336,45	-2.366.789,91	124.567,89
Maués	-32.135.695,89	-28.189.206,92	-10.325.716,82	543.458,78
Moura	-7.463.851,51	-6.547.238,17	-2.398.255,74	-1.998.546,45
Murituba	-6.672.095,85	-5.852.715,65	-2.143.851,89	-1.786.543,24
Nhamundá	-10.978.259,20	-9.630.051,93	-3.527.491,55	185.657,45
Nova Olinda do Norte	-26.109.832,56	-22.903.361,89	-8.389.509,85	441.553,15
Novo Airão	-14.497.843,07	-12.717.406,20	-4.658.390,55	245.178,45
Novo Aripuanã	-14.527.420,80	-12.743.351,58	-4.667.894,35	245.678,65
Novo Céu	-4.651.914,08	-4.080.626,39	-1.494.734,94	-1.245.612,45
Novo Remanso	-3.721.366,53	-3.264.356,60	-1.195.735,02	-996.445,85
Palmeiras do Javari	-7.515.805,73	-6.592.812,05	-2.414.949,47	-2.012.457,89
Parauá	-3.315.233,39	-2.908.099,47	-1.065.237,90	-887.698,25
Parintins	-72.167.063,92	-57.031.302,52	-16.417.170,42	864.061,60
Pauini	-7.385.312,28	-6.478.344,11	-2.373.019,82	124.895,78
Pedras	-6.968.051,80	-6.112.326,14	-2.238.947,30	-1.865.789,42
Rio Preto da Eva	-17.642.216,15	-15.475.628,20	-5.668.728,28	298.354,12
Sacambu	-5.841.776,62	-5.124.365,46	-1.877.056,94	-1.564.214,12
Santa Isabel do Rio Negro	-11.025.250,65	-9.671.272,50	-3.542.590,66	186.452,14
Santa Rita	-6.963.289,50	-6.108.148,68	-2.237.417,10	-1.864.514,25

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Santana	-7.014.930,35	-6.153.447,67	-2.254.010,14	-1.878.341,78
Santo Antônio do Içá	-315.809,15	-277.025,57	-101.474,57	-84.562,14
Santo Antônio do Matupí	-1.685.535,99	-1.478.540,34	-541.589,87	-451.324,89
São Gabriel da Cachoeira	-34.677.918,02	-30.419.226,34	-11.142.573,75	586.451,25
São Paulo de Olivença	-15.282.916,46	-13.406.067,07	-4.910.647,28	258.455,12
São Sebastião do Uatumã	-5.821.597,85	-5.106.664,78	-1.870.573,18	98.451,22
Silves	-568.955,08	-499.083,40	-182.814,43	-152.345,36
Sucunduri	-58.967.923,31	-51.726.248,52	-18.947.343,78	-15.789.453,15
Tabatinga	-40.652.278,15	-35.659.893,11	-13.062.231,91	687.485,89
Tapauá	-6.058.170,58	-5.314.184,72	-1.946.587,81	102.451,99
Tefé	-40.729.365,32	-35.727.513,44	-13.087.001,26	688.789,54
Tonantins	-8.611.851,87	-7.554.256,03	-2.767.126,75	145.638,25
Tuiué	-6.927.709,58	-6.076.938,23	-2.225.984,70	-1.854.987,25
Uarini	-7.441.337,89	-6.527.489,38	-2.391.021,75	125.843,25
Urucará	-11.796.057,91	-10.347.419,22	-3.790.263,45	199.487,55
Urucurituba	-11.817.143,72	-10.365.915,54	-3.797.038,66	199.844,14
Vila Alterosa	-6.667.534,54	-5.848.714,51	-2.142.386,27	-1.785.321,89
Vila Amazônia	-4.310.643,91	-3.781.266,59	-1.385.079,34	-1.154.232,78
Vila Bitencourt	-4.723.407,95	-4.696.094,01	-2.353.750,19	-2.206.594,79
Vila Caviana	-6.544.853,71	-5.741.099,75	-2.102.966,94	-1.752.472,45
Vila do Itapuru	-3.829.308,98	-3.359.042,96	-1.230.418,67	-1.025.348,89
Vila do Lindóia	-3.868.300,71	-3.393.246,24	-1.242.947,34	-1.035.789,45
Vila Urucurituba	-6.561.367,47	-5.755.585,50	-2.108.273,08	-1.756.894,23

ANEXO A – LEVANTAMENTO SISOL DO ESTADO DO AMAZONAS

Estado	Dados Gerais			Carga (MWh) = Consumo + Suprimento + Perdas						Demanda (kW)						Balanço de Energia (MWh)					Balanço de Demanda (kW)				
	Sigla da Localidade	Nome da Localidade	Previsão Interligação SIN	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
Amazonas	AM-001	ALTEROSA	-	945	980	1.029	1.080	1.134	1.191	210	217	222	228	234	240	0	0	0	0	0	674	372	366	360	354
	AM-002	ALVARÃES	-	10.527	10.928	11.321	11.718	12.128	12.528	1.960	2.019	2.069	2.121	2.174	2.228	0	0	0	0	0	1.853	1.451	1.399	1.346	1.292
	AM-003	AMATURÁ	-	6.736	6.608	6.899	7.202	7.519	7.858	1.365	1.456	1.492	1.529	1.567	1.606	0	0	0	0	0	2.416	2.028	1.991	1.953	1.914
	AM-004	ANAMÁ	-	9.883	10.663	11.324	12.003	12.675	13.347	1.992	2.112	2.249	2.391	2.523	2.664	0	0	0	0	-13.347	888	-249	-391	-523	-3.664
	AM-005	ANDORÍ	-	16.325	17.111	17.829	18.542	3	19.978	3.130	3.236	3.343	3.450	3.557	3.664	0	0	0	0	-19.978	2.014	907	800	693	-4.664
	AM-006	APUÍ	-	19.646	20.089	20.651	21.209	21.760	22.239	3.661	3.771	3.865	3.962	4.061	4.163	0	0	0	0	0	2.404	1.985	1.888	1.789	1.687
	AM-007	ARARÁ	-	668	684	707	731	752	774	147	150	154	158	162	166	0	0	0	0	0	1.262	937	933	929	925
	AM-009	AUGUSTO MONTENEGRO	-	1.254	1.304	1.339	1.373	1.408	1.446	263	271	278	285	292	299	0	0	0	0	0	551	319	312	305	298
	AM-010	AUTAZES	-	33.038	33.962	35.116	36.275	37.363	38.410	6.202	6.388	6.548	6.712	6.880	7.052	0	0	0	0	0	4.678	1.759	1.595	1.427	1.255
	AM-011	AUXILIADORA	-	1.408	1.446	1.493	1.537	1.581	1.623	290	312	320	328	336	344	0	0	0	0	0	988	655	647	639	631
	AM-012	AXINIM	-	2.027	2.065	2.102	2.134	2.162	2.185	530	545	559	573	587	601	0	0	0	0	0	430	91	77	63	49
	AM-013	BARCELOS	-	16.002	16.326	16.734	17.152	17.581	18.021	2.929	3.017	3.092	3.169	3.248	3.329	0	0	0	0	0	2.827	1.376	1.299	1.220	1.139
	AM-014	BARREIRINHA	-	17.837	18.318	18.941	19.547	20.134	20.718	3.659	3.769	3.863	3.960	4.059	4.160	0	0	0	0	0	1.051	2.136	2.039	1.940	1.839
	AM-015	BELÉM DO SOLIMÕES	-	2.098	2.140	2.210	2.279	2.338	2.390	461	475	487	499	511	524	0	0	0	0	0	416	107	95	83	70
	AM-016	BELO MONTE	-	776	828	873	916	957	998	142	149	156	162	168	176	0	0	0	0	0	942	614	608	602	594
	AM-017	BENJAMIN CONSTANT	-	33.251	34.037	34.888	35.761	36.655	37.571	6.218	6.405	6.565	6.729	6.897	7.069	0	0	0	0	0	4.185	2.966	2.802	2.634	2.462
	AM-018	BERURI	-	13.007	13.171	13.382	13.596	13.800	14.007	2.491	2.566	2.630	2.696	2.763	2.832	0	0	0	0	0	7.561	6.121	6.055	5.988	5.919
	AM-019	BETÂNIA	-	1.412	1.514	1.599	1.684	1.768	1.849	415	431	442	453	464	476	0	0	0	0	0	977	614	603	592	580
	AM-020	BOA VISTA DO RAMOS	-	14.328	14.945	15.587	16.226	16.827	17.382	3.053	3.145	3.224	3.305	3.388	3.473	0	0	0	0	0	755	-700	1.233	1.150	1.065
	AM-021	BOCA DO ACRE	-	35.585	36.293	37.127	37.870	38.476	39.053	7.275	7.493	7.680	7.875	8.069	8.271	0	0	0	0	0	11.230	9.667	9.475	9.278	9.076
	AM-022	BORBA	-	25.364	26.264	27.157	28.054	28.979	29.878	4.666	4.806	4.926	5.049	5.175	5.304	0	0	0	0	0	1.714	-1.165	2.710	2.584	2.455
	AM-023	CAAPIRANGA	-	8.786	9.101	9.420	9.712	9.984	10.253	4.106	4.229	4.335	4.443	4.554	4.668	0	0	0	0	-10.253	-1.229	-2.335	-2.443	-2.554	-5.668
	AM-024	CABORÍ	-	5.148	5.305	5.438	5.568	5.696	5.822	1.151	1.186	1.216	1.246	1.277	1.309	0	0	0	0	0	917	400	370	339	307
	AM-025	CAIAMBÉ	-	2.766	3.056	3.239	3.372	3.500	3.626	957	986	1.011	1.036	1.062	1.089	0	0	0	0	0	422	45	20	-6	-33
	AM-026	CAMARUÁ	-	838	877	925	966	1.002	1.032	145	152	162	173	181	186	0	0	0	0	0	288	158	147	139	134
	AM-028	CAMPINAS	-	1.030	1.037	1.053	1.070	1.085	1.099	252	260	267	274	281	288	0	0	0	0	0	1.190	696	689	682	675
	AM-029	CANUTAMA	-	8.132	8.343	8.702	9.076	9.457	9.835	1.553	1.600	1.640	1.679	1.726	1.769	0	0	0	0	0	3.827	2.411	2.372	2.325	2.282
	AM-030	CARAUARI	-	25.666	25.911	26.248	26.563	26.855	27.124	5.121	5.275	5.407	5.542	5.681	5.823	0	0	0	0	0	4.256	3.065	2.930	2.791	2.649
	AM-031	CAREIRO	-	9.581	9.750	9.964	10.163	10.356	10.543	2.044	2.105	2.158	2.212	2.267	2.324	0	0	0	0	0	6.731	5.302	5.248	5.193	5.136
	AM-032	CARVOEIRO	-	153	163	177	190	203	216	60	62	64	66	68	70	0	0	0	0	0	308	232	230	228	226
	AM-033	CASTANHO	-	71.630	74.023	76.169	78.302	80.416	82.507	13.919	14.337	14.695	15.062	15.439	15.825	0	0	0	0	0	17.265	15.531	15.164	14.787	14.401
	AM-034	CAVIANA	-	2.037	2.069	2.125	2.180	2.235	2.286	564	512	525	538	551	565	0	0	0	0	0	1.719	1.219	1.206	1.193	1.179
	AM-035	COARÍ	-	100.279	103.362	106.463	109.656	112.946	116.899	17.685	18.216	18.853	19.513	20.196	20.903	0	0	0	0	0	20.556	6.195	5.535	4.852	4.145
	AM-036	CODAJÁS	-	23.887	24.996	26.195	27.453	28.771	30.152	4.346	4.893	5.236	5.602	5.994	6.414	0	0	0	0	-30.152	1.207	-136	-502	-894	-7.414
	AM-037	CUCUI	-	699	740	758	777	797	816	130	133	136	140	143	147	0	0	0	0	0	542	314	310	307	303
	AM-038	EIRUNEPÉ	-	25.157	25.636	26.149	26.672	27.205	27.886	4.986	5.136	5.290	5.448	5.612	5.780	0	0	0	0	0	3.312	2.806	2.648	2.484	2.316
	AM-039	ENVIRA	-	10.609	10.998	11.417	11.874	12.409	12.967	2.544	2.648	2.727	2.822	2.921	3.032	0	0	0	0	0	1.447	1.053	958	859	748
	AM-040	ESTRÃO DO EQUADOR	-	563	568	638	652	667	682	138	148	159	169	181	194	0	0	0	0	0	482	156	146	134	121
	AM-041	FEIJAL	-	1.359	1.377	1.404	1.437	1.470	1.504	357	364	371	379	386	394	0	0	0	0	0	824	520	512	505	497
	AM-042	FONTE BOA	-	20.989	21.429	20.397	20.899	21.414	21.941	4.264	4.435	4.612	4.796	4.988	5.188	0	0	0	0	0	1.901	1.372	1.188	996	796
	AM-043	Guajará	-	7.889	8.025	8.217	8.423	8.642	8.875	1.498	1.531	1.565	1.599	1.634	1.670	-8.025	0	0	0	0	-1.531	0	0	0	0
	AM-044	HUMAITÁ	mar/23	69.717	71.396	73.894	76.702	79.771	82.802	13.268	13.998	14.768	15.580	16.437	17.341	0	0	0	-79.771	-82.802	7.479	3.950	3.138	-19.196	-20.100
	AM-045	IAUARETE	-	1.161	1.268	1.319	1.411	1.530	1.628	222	256	260	277	298	315	0	0	0	0	0	584	300	283	262	245
	AM-046	IPIRANGA	-	490	510	528	546	568	590	115	120	125	131	136	143	0	0	0	0	0	771	469	463	458	451
	AM-047	IPIXUNA	-	8.511	8.725	8.972	9.230	9.489	9.754	2.074	2.230	2.374	2.529	2.693	2.868	0	0	0	0	0	1.865	1.406	1.251	1.087	912
	AM-049	ITACOTIARA	ago/20	179.030	185.913	193.907	202.245	210.942	220.434	33.422	35.260	36.917	38.653	40.469	42.290	-185.913	-193.907	-202.245	-210.942	-220.434	-35.260	-36.917	-38.653	-40.469	-42.290
	AM-050	ITAMARATI	-	6.563	6.721	6.908	7.100	7.306	7.512	1.304	1.317	1.350	1.384	1.419	1.454	-6.721	-6.908	-7.100	-7.306	-7.512	1.499	1.114	1.080	1.045	1.010
	AM-052	ITAPIRANGA	dez/20	12.557	12.732	12.986	13.246	13.551	13.889	2.372	2.455	2.541	2.643	2.748	2.858	0	-12.986	-13.246	-13.551	-13.889	1.545	-2.541	-2.643	-2.748	-2.858
AM-053	ITAPURU	-	1.130	1.232	1.268	1.312	1.358	1.433	274	297	323	350	380	412	0	0	0	0	0	1.115	768	741	711	679	
AM-055	JAPURÁ	-	551	566	566	572	575	576	105	109	112	116	120	125	0	0	0	0	0	782	482	478	474	469	
AM-056	JURUÁ	-	7.128	7.352	7.428	7.496	7.563	7.631	1.367	1.401	1.443	1.487	1.531	1.577	0	0	0	0	0	1.767	1.373	1.329	1.285	1.239	
AM-057	JUTÁI	-	16.561	17.224	17.999	18.809	19.655	20.540	3.821	4.031	4.253	4.487	4.734	4.994	0	0	0	0	0	1.953	1.379	1.145	898	638	
AM-058	LÁBREA	-	35.133	36.226	37.494	38.806	40.165	41.570	6.404	6.564	6.728	6.896	7.138	7.388	0	0	0	0	0	13.133	11.593	11.425	11.183	10.933	

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS ISOLADOS AMAZONENSES

Estado	Dados Gerais			Carga (MWh) = Consumo + Suprimento + Perdas						Demanda (kW)						Balanço de Energia (MWh)					Balanço de Demanda (kW)				
	Sigla da Localidade	Nome da Localidade	Previsão Interligação SIN	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
Amazonas	AM-059	LIMOIEIRO	-	6.087	6.212	6.417	6.629	6.861	7.101	1.175	1.216	1.259	1.303	1.348	1.402	0	0	0	0	0	1.248	853	809	764	710
	AM-060	LINDOIA	-	4.715	4.949	5.256	5.571	5.922	6.295	966	1.029	1.096	1.167	1.243	1.324	0	0	0	0	0	4.398	2.955	2.884	2.808	2.727
	AM-062	MANAQUIRI	-	20.127	20.688	21.412	22.162	22.937	23.740	3.935	4.151	4.379	4.620	4.874	5.142	0	0	0	0	0	6.061	4.457	4.216	3.962	3.694
	AM-063	MANICORÉ	-	33.750	34.397	35.188	35.997	36.825	37.672	6.401	6.625	6.857	7.097	7.345	7.602	0	0	0	0	0	7.025	6.143	5.903	5.655	5.398
	AM-064	MARAA	-	10.832	11.240	11.095	11.615	12.159	12.754	2.225	2.314	2.407	2.503	2.603	2.707	0	0	0	0	0	1.910	1.465	1.369	1.269	1.165
	AM-065	MATUPI	-	13.611	14.281	15.179	16.166	17.216	18.335	3.265	3.169	3.264	3.362	3.496	3.636	0	0	0	0	0	2.231	1.236	1.138	1.004	864
	AM-066	MAUÉS	-	48.306	49.462	50.896	52.322	53.787	55.508	10.427	10.844	11.278	11.729	12.198	12.747	0	0	0	0	0	836	17.734	17.283	16.814	16.265
	AM-068	MOURA	-	881	895	955	1.014	1.080	1.156	438	194	207	220	234	249	0	0	0	0	0	897	563	550	536	521
	AM-069	MURITUBA	-	388	413	439	468	498	531	91	83	85	87	89	91	0	0	0	0	0	808	509	507	505	503
	AM-070	NHAMUNDÁ	-	14.161	14.562	14.970	15.389	15.820	16.263	2.686	2.767	2.850	2.936	3.024	3.115	0	0	0	0	0	5.582	4.123	4.037	3.949	3.858
	AM-071	NOVA OLINDA DO NORTE	-	28.568	29.438	30.174	30.777	31.393	31.864	5.569	5.681	5.794	5.910	6.028	6.149	0	0	0	0	0	1.799	665	549	431	310
	AM-072	NOVO AIRÃO	-	18.934	19.307	19.620	19.973	20.313	20.623	3.471	3.586	3.657	3.720	3.795	3.857	0	0	0	0	0	6.626	5.179	5.116	5.041	4.979
	AM-073	NOVO ARIPUANÁ	-	21.370	21.840	22.277	22.722	23.063	23.363	3.965	4.048	4.136	4.211	4.285	4.356	0	0	0	0	0	3.152	2.164	2.089	2.015	1.944
	AM-074	NOVO CÉU	-	13.100	13.566	13.973	14.322	14.608	14.871	2.545	2.621	2.687	2.754	2.823	2.893	0	0	0	0	0	3.780	2.338	2.271	2.202	2.132
	AM-075	NOVO REMANÇO	-	20.559	21.604	23.252	25.721	29.265	31.646	4.596	4.793	8.323	8.504	8.966	9.163	0	0	0	0	0	5.821	915	734	272	75
	AM-076	PALMEIRAS	-	470	487	500	511	522	531	97	102	107	112	117	120	0	0	0	0	0	528	208	203	198	195
	AM-077	PARAUÁ	-	1.216	1.258	1.293	1.320	1.347	1.367	293	299	308	316	322	329	0	0	0	0	0	664	334	326	320	313
	AM-078	PARINTINS	mar/24	135.195	138.698	141.472	143.594	145.748	147.934	25.935	27.162	28.194	29.124	30.027	30.958	0	0	0	0	-147.934	-522	-2.554	-3.484	-4.387	-30.958
	AM-079	PAUINI	-	8.774	9.247	9.478	9.696	9.890	10.088	1.581	1.655	1.722	1.773	1.826	1.872	0	0	0	0	0	4.259	2.816	2.765	2.712	2.666
	AM-080	PEDRAS	-	2.034	2.105	2.168	2.211	2.256	2.297	454	470	484	495	505	515	0	0	0	0	0	2.324	773	762	752	742
	AM-082	RIO PRETO DA EVA	mar/21	49.180	50.594	51.757	52.896	53.954	55.033	8.831	9.096	9.414	9.744	10.065	10.367	0	-51.757	-52.896	-53.954	-55.033	1.064	-9.414	-9.744	-10.065	-10.367
	AM-083	SACAMBU	-	1.350	1.390	1.425	1.456	1.487	1.511	257	274	286	297	307	314	0	0	0	0	0	548	311	300	290	283
	AM-084	SANTA ISABEL DO RIO NEGRO	-	8.738	8.963	9.171	9.338	9.499	9.653	1.578	1.597	1.637	1.680	1.699	1.741	0	0	0	0	0	1.812	396	353	334	292
	AM-085	SANTA RITA DO WELL	-	3.007	3.090	3.183	3.262	3.337	3.411	773	766	777	786	795	806	0	0	0	0	0	642	279	270	261	250
	AM-086	SANTANA DO UATUMÁ	-	657	687	714	738	758	775	137	144	149	155	161	166	0	0	0	0	0	678	448	442	436	431
	AM-087	SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ	-	16.016	16.381	16.746	17.083	17.394	17.676	3.338	3.489	3.595	3.673	3.748	3.909	0	0	0	0	0	1.439	981	903	828	667
	AM-088	SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA	-	39.867	40.967	41.909	42.747	43.517	44.300	7.191	7.411	7.613	7.844	8.001	8.201	0	0	0	0	0	3.655	694	463	306	106
	AM-089	SÃO PAULO DE OLIVENÇA	-	12.925	13.358	13.665	13.966	14.287	14.601	2.697	2.791	2.889	2.990	3.095	3.219	0	0	0	0	0	2.137	1.687	1.586	1.481	1.357
	AM-090	SÃO SEBASTIÃO DO UATUMÁ	-	8.456	8.748	8.984	9.187	9.371	9.558	1.553	1.579	1.631	1.672	1.713	1.746	0	0	0	0	0	4.335	2.907	2.866	2.825	2.792
	AM-091	SILVES	dez/20	8.150	8.493	8.790	9.054	9.326	9.512	1.539	1.585	1.633	1.674	1.721	1.764	0	-8.790	-9.054	-9.326	-9.512	835	-1.633	-1.674	-1.721	-1.764
	AM-092	SUCUNDURI	-	833	872	904	927	948	980	166	177	184	190	194	199	0	0	0	0	0	384	190	184	180	175
	AM-093	TABATINGA	-	65.874	67.084	68.211	69.453	70.600	71.626	11.840	12.136	12.379	12.565	12.879	13.175	0	0	0	0	0	6.926	5.624	5.438	5.124	4.828
	AM-095	TAPAUÁ	-	13.786	14.115	14.500	14.839	15.181	15.504	2.439	2.488	2.575	2.665	2.759	2.855	0	0	0	0	0	5.861	4.398	4.308	4.214	4.118
	AM-096	TEFÉ	-	92.820	94.570	96.292	97.853	99.231	100.628	16.920	17.570	18.185	19.003	19.763	20.356	0	0	0	0	0	-770	5.113	4.295	3.535	2.942
	AM-097	TONANTINS	-	9.848	10.136	10.410	10.660	10.873	11.090	2.203	2.291	2.363	2.423	2.471	2.514	0	0	0	0	0	2.637	2.213	2.153	2.105	2.062
	AM-098	TUIUÉ	-	1.762	1.828	1.876	1.919	1.954	1.983	437	451	465	477	488	499	0	0	0	0	0	1.165	664	652	641	630
	AM-099	UARINI	-	10.841	11.495	11.933	12.235	12.480	12.707	2.101	1.949	2.027	2.088	2.151	2.215	0	0	0	0	0	2.275	1.845	1.784	1.721	1.657
	AM-100	URUCARÁ	-	16.715	17.380	17.820	18.319	18.795	19.196	3.301	3.469	3.620	3.752	3.865	3.971	0	0	0	0	0	4.880	3.353	3.221	3.108	3.002
	AM-101	URUCURITUBA	-	19.170	19.723	20.216	20.627	20.984	21.304	3.396	3.544	3.721	3.925	4.064	4.186	0	0	0	0	0	7.031	4.478	2.074	1.935	1.813
	AM-102	VILA AMAZÔNIA	-	8.640	8.982	9.252	9.437	9.654	9.847	1.887	1.901	1.964	2.013	2.063	2.115	0	0	0	0	0	1.499	2.845	1.396	1.346	1.294
	AM-103	VILA BITENCOURT	-	717	779	798	817	834	851	142	149	154	159	164	167	0	0	0	0	0	742	440	435	430	427
	AM-104	VILA URUCURITUBA	-	981	1.014	1.039	1.063	1.085	1.105	181	189	197	203	209	214	0	0	0	0	0	633	400	394	388	383

Fonte: EPE, 2019.

ANEXO B - GERAÇÃO *PER CAPITA* DE RSU: MUNICÍPIOS AMAZONENSES

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, em 2018, por meio do estudo “Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos”, apresentou, dentre outras informações, os dados de geração *per capita* de RSU de alguns municípios brasileiros. Destes, 28 eram municípios amazonense.

Os dados de geração *per capita* de RSU, em $\frac{kg}{hab.dia}$, para os municípios amazonenses presente no estudo SNIS de 2018 estão organizados na Tabela 1:

Tabela 1. Geração *per capita* de RSU. Fonte: SNIS, 2018.

Município	Geração de RSU
Benjamin Constant	1,39
Boa vista do Ramos	0,59
Borba	0,63
Canutama	0,64
Carauari	1,73
Careiro	1,89
Coari	1,33
Eirunepé	0,15
Envira	1,22
Fonte Boa	0,15
Guajará	0,43
Humaitá	0,95
Itacoatiara	1,18
Itapiranga	0,11
Lábrea	0,65
Manaus	1,21
Manicoré	1,39
Nhamundá	1,48
Nova Olinda do Norte	1,58
Novo Airão	0,55
Parintins	2,86
Presidente Figueiredo	0,12
Santo Antônio do Ica	2,12
São Paulo de Olivença	0,86
Silves	0,97
Tonantins	0,77
Urucará	0,37
Urucurituba	1,17

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazonas, 4, 8, 9, 10, 13, 35, 36, 37, 39, 42, 55, 61, 66, 76, 101
análise, 4, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 40, 44, 45, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 58, 66, 90, 94

C

CAPEX, 25, 26
composição, 4, 12, 24, 40, 41, 42
consumo, 4, 37, 38, 40, 57, 83
custos, 4, 9, 15, 23, 24, 25, 26, 28, 32, 48, 51, 53, 54

D

despesas, 45
destinação, 4, 12, 16, 18, 25, 53, 55
determinação, 25, 26, 27, 36, 53, 94
digestão, 15, 16, 18, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

E

emissão, 10, 11, 22, 29, 56
empreendimento, 22, 30, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 54
energia, 1, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 32, 35, 36, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58
estimativa, 9, 25, 37, 38, 53, 55, 57, 59, 75, 87

G

geração, 4, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 27, 28, 32, 35, 36, 37, 40, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 57, 58, 86, 99

I

incineração, 15, 18, 19, 20, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 57
incipiente, 32
investimento, 10, 15, 26, 32
Itacoatiara, 9, 10, 42, 60, 62, 64, 68, 70, 73, 76, 77, 80, 84, 86, 88, 91, 95, 99

L

lixão, 15
logística, 25, 30, 32, 33, 34

M

metal, 41, 42
municípios, 13, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 53, 58, 59, 75, 76, 80, 86, 99

O

OPEX, 25, 26
orgânica, 14, 15, 17, 21, 31, 41, 46, 47, 57

P

papel, 41, 42
Parintins, 10, 39, 48, 49, 50, 51, 52, 60, 62, 63, 64, 68, 70, 73, 76, 78, 81, 84, 86, 88, 92, 95, 99
per capita, 4, 12, 36, 37, 38, 40, 42, 57, 58, 72, 75, 77, 83, 86, 87, 99
PIB, 37, 38, 39, 66, 67, 69, 72
pirólise, 14, 16, 21, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 44, 45, 46, 47, 49, 53, 54, 55, 56
PNRS, 13, 14, 25, 31, 53
população, 4, 37, 38, 40, 41, 57, 59, 61, 63, 83
preço, 25, 46, 47, 50, 51, 52, 53
previsão, 10, 37, 39

R

receita, 25, 27, 28, 33, 54
reciclagem, 14, 17, 20, 22, 25, 33
renda, 4, 37, 38, 41, 48, 57, 90
resíduos, 4, 13, 36, 42, 55, 57, 58, 99
RSU, 4, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 86, 87, 99

S

seleção, 24, 34
sensibilidade, 4, 18, 50, 53, 54, 94

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS SISTEMAS
ISOLADOS AMAZONENSES

SISOL, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 24, 35, 36, 37, 38, 39,
40, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,
63, 76, 77, 80, 83, 87, 90, 94, 97

social, 24, 48

solução, 9

T

tecnologia, 4, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
31, 32, 33, 34, 35, 36, 44, 53

TIR, 48, 94

V

viabilidade, 4, 12, 36, 44, 48, 50, 52, 53, 54, 55

vidro, 41, 42

VPL, 48, 49, 50, 51, 52, 94

SOBRE OS AUTORES



ID Ketson Patrick de Medeiro Freitas possui Graduação em Engenharia de Petróleo (2018) pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM e Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia (2021) também pela UFAM.

ID Priscila Sayme Almeida Souza possui Graduação em Serviço Social (2015) pela Faculdade Metropolitana de Manaus – FAMETRO e Especialização em Psicopedagogia Clínica e Institucional (2017) também pela FAMETRO.





Os Sistemas Isolados - SISOL, que no âmbito na rede elétrica são aquelas localidades não conectadas ao Sistema Interligado Nacional - SIN, estão majoritariamente concentrados na região norte do país, mais especificamente no estado do Amazonas. Esses locais são afetados por diversos problemas, como: déficit energético, altos preços da energia e grandes emissões de poluentes. Ao mesmo tempo, a errada destinação de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU no estado Amazonas é um problema ainda existente. Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade da geração de energia elétrica, a partir de RSU, nos SISOL amazonenses. Para isso, foi inicialmente selecionada a tecnologia de tratamento de RSU, com recuperação energética, a ser utilizada nas análises. Essa seleção envolveu diversos parâmetros, tais como: custos, receitas, logísticas, emissões e até parâmetros sociais. A tecnologia selecionada foi a pirólise. Também foram caracterizados os SISOL do estado do Amazonas, levantando e estimando diversos dados, tais como: população, renda *per capita*, consumo elétrico, geração de RSU *per capita*, composição gravimétrica, dentre outros. Selecionada a tecnologia a ser analisada e determinados os dados referentes a cada SISOL, foi realizada a análise econômica na condição de certeza do projeto. A implantação do empreendimento se mostrou economicamente inviável, nas condições atuais. Porém, cabe ressaltar que essas condições, envolvem parâmetros que foram bastante impactados com a pandemia do Covid-19, como o preço de venda da energia elétrica e a cotação do dólar. Diante disso, foi realizada a análise de sensibilidade, no qual foram avaliados três cenários, variando-se três parâmetros: preço de venda da energia elétrica, cotação do dólar e impostos. Dos três cenários, o cenário que variou simultaneamente os três parâmetros apresentou uma viabilidade econômica do projeto em 49,5% dos SISOL amazonenses.



ISBN 978-658831983-3



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br