

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

KETSON PATRICK DE MEDEIROS FREITAS

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MANAUS
2021

KETSON PATRICK DE MEDEIROS FREITAS

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

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre na área de Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Genilson Pereira Santana

**MANAUS
2021**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F866g Freitas, Ketson Patrick de Medeiros
Geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos nos sistemas isolados amazonenses / Ketson Patrick de Medeiros Freitas . 2021
129 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Genilson Pereira Santana
Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Sistemas isolados. 2. Resíduos sólidos urbanos. 3. Pirólise. 4. Energia elétrica. 5. Análise econômica. I. Santana, Genilson Pereira. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

RESUMO

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 realizado 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.

Palavras-chave: Sistemas Isolados; Pirólise; Amazonas; Geração de Energia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição geográfica e carga de energia total prevista para 2020 dos SISOL	6
Figura 2 - Distribuição Geográfica dos SISOL no estado do Amazonas	7
Figura 3 - Biodigestor: Modelo Canadense	17
Figura 4 - Processo de tratamento térmico com incinerador de grelha	20
Figura 5 - Processo de Pirólise Lenta com Recuperação Energética	23
Figura 6 - Fluxo financeiro do SISOL de Parintins	51
Figura 7 - Fluxo financeiro do SISOL de Vila Bitencourt	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – SISOL do Amazonas com previsão de déficit no balanço de demanda	8
Tabela 2 - Quantidade de <i>CO2</i> emitida com a geração de energia nos SISOL em 2020	9
Tabela 3 - CAPEX das tecnologias de tratamento de RSU com recuperação energética	26
Tabela 4 - OPEX das tecnologias de tratamento de RSU com recuperação energética	26
Tabela 5 - Custos totais médios das tecnologias de tratamento de RSU	27
Tabela 6 - Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro "Custos"	27
Tabela 7 - Receitas com a venda de energia elétrica produzida pelas tecnologias	28
Tabela 8 - Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro "Receitas"	29
Tabela 9 - Pesos das emissões no estudo de hierarquização das tecnologias	30
Tabela 10 - Tipos de poluentes emitidos pelas tecnologias de tratamento de RSU	30
Tabela 11 - Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Emissões”	31
Tabela 12 - Relação dos critérios do parâmetro "Logística"	34
Tabela 13 - Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Logística”	35
Tabela 14 - Ranqueamento parcial das tecnologias com base no parâmetro “Social”	36
Tabela 15 - Pontuações de cada tecnologia de tratamento de RSU	36
Tabela 16 - Ranqueamento final das tecnologias de tratamento de RSU	36
Tabela 17 - Modelos de Estimativas de Geração de RSU <i>per capita</i>	38
Tabela 18 - Média das variações dos resultados dos modelos quando comparados ao SNIS ..	42
Tabela 19 - Composição Gravimétrica dos RSU de acordo com a Renda Local	43
Tabela 20 – Composição Gravimétrica Média da RMM	44
Tabela 21 - Renda <i>per capita</i> dos Municípios que compõe a RMM	45
Tabela 22 - Preços das plantas de pirólise de acordo com a capacidade	46
Tabela 23 - Resumo dos gastos com a implantação do empreendimento	47
Tabela 24 - Resumo dos gastos operacionais do empreendimento	47
Tabela 25 - Resumo dos gastos com a depreciação	48
Tabela 26 - Resumo das receitas do empreendimento	49
Tabela 27 - Alíquotas dos impostos incidentes sobre as operações do empreendimento	50
Tabela 28 - VPLs dos SISOL de Parintins e Vila Bitencourt para o Cenário 01	53
Tabela 29 - VPLs dos SISOL de Parintins e Vila Bitencourt para o Cenário 02	54
Tabela 30 - VPLs dos SISOL de Parintins e Vila Bitencourt para o Cenário 03	55

SUMÁRIO

1	SISTEMAS ISOLADOS DE ENERGIA ELÉTRICA	6
1.1	SISOL no estado do Amazonas	7
1.2	Emissões de Poluentes	8
2	GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	9
2.1	Conceitos Básicos de RSU	10
2.2	Gestão Integrada e Gerenciamento de RSU	11
2.2.1	Gestão de RSU no Contexto Brasileiro	11
2.2.2	Gestão de RSU no Contexto do Estado do Amazonas	11
2.3	Destinação dos RSU	12
2.3.1	Reciclagem	12
2.3.2	Compostagem	13
2.3.3	Aterro Sanitário	13
2.3.4	Digestão Anaeróbia	14
2.3.5	Incineração	14
2.3.6	Pirólise	15
2.4	Tratamento de RSU com Recuperação Energética	15
2.4.1	Digestão Anaeróbia com Recuperação Energética	15
2.5	Incineração	18
2.5.1	Modelos dos Sistemas de Incineração	19
2.5.2	Vantagens da Incineração	20
2.5.3	Desvantagens da Incineração	20
2.6	Pirólise	21
2.6.1	Tipos de Pirólise	21
2.6.2	Vantagens da Pirólise	23
2.6.3	Desvantagens da Pirólise	23
3	SELEÇÃO DA TECNOLOGIA MAIS ADEQUADA AO ESTUDO DE CASO	24
3.1	Metodologia de Seleção	24
3.2	Análise Quanto aos Custos	25
3.2.1	Custos de implantação – CAPEX	26
3.2.2	Custos Operacionais – OPEX	26
3.2.3	Custos Totais	27
3.2.4	Ranqueamento com base nos custos	27
3.3	Análise Quanto as Receitas	27
3.3.1	Receitas Provenientes da Venda de Energia Elétrica	28

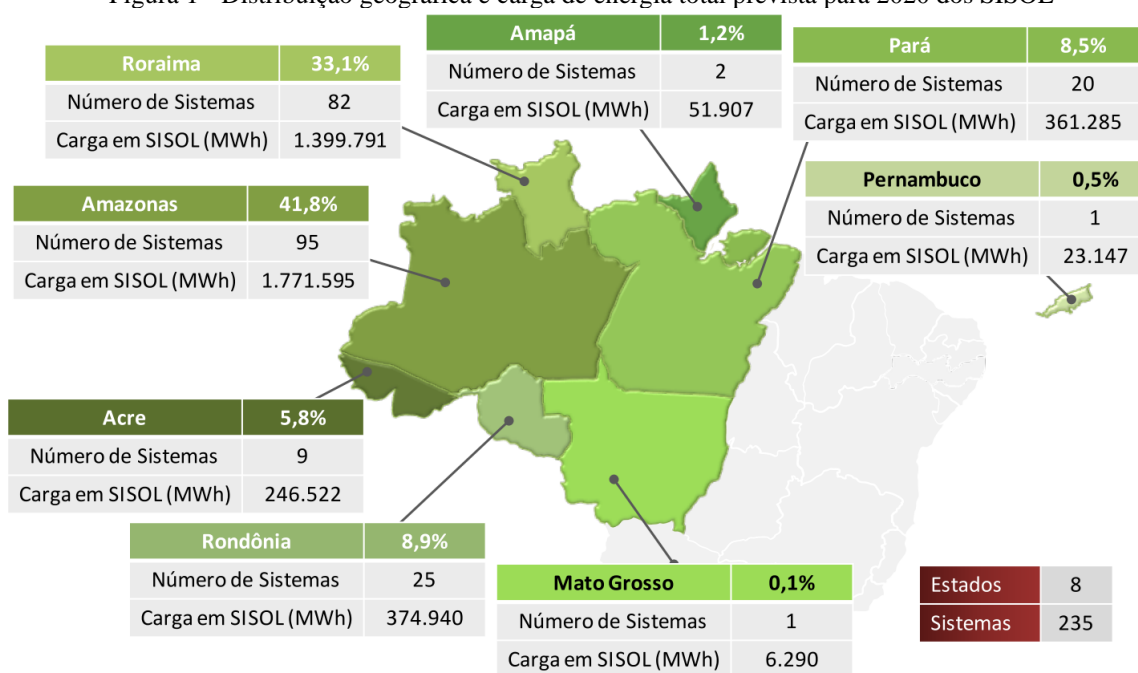
3.3.2	Receitas Provenientes da Venda de Subprodutos.....	28
3.3.3	Ranqueamento com Base nas Receitas	29
3.4	Análise Quanto as Emissões.....	29
3.4.1	Pesos na Análise Multicritério	29
3.4.2	Tipos de Emissões	30
3.4.3	Ranqueamento com base nas emissões	30
3.5	Análise Quanto a Logística	31
3.5.1	Tamanho da Instalação.....	31
3.5.2	Temperatura de Operação	32
3.5.3	Tempo de Operação	32
3.5.4	Redução de Volume	32
3.5.5	Aplicabilidade Usual	33
3.5.6	Atividades Extras	34
3.5.7	Ranqueamento com base na logística.....	34
3.6	Análise Quanto o Social.....	35
3.7	Ranqueamento Geral e Seleção da Tecnologia	36
4	CARACTERIZAÇÃO DOS SISOL AMAZÔNICOS	37
4.1	Geração de RSU <i>per capita</i>.....	37
4.2	Composição Gravimétrica	42
5	RESULTADOS.....	45
5.1	Investimentos.....	46
5.1.1	Gastos com a implantação.....	46
5.1.2	Gastos Operacionais	47
5.1.3	Depreciação.....	48
5.2	Receitas	48
5.2.1	Venda de energia elétrica	48
5.2.2	Venda de Biofertilizante.....	49
5.3	Impostos.....	49
5.4	Análise Econômica	50
5.5	Análise de Sensibilidade	52
5.5.1	Cenário 01	53
5.5.2	Cenário 02	54
5.5.3	Cenário 03	54
6	CONCLUSÃO	56
6.1	Sugestões para trabalhos futuros:	57
	REFERÊNCIAS	58

1 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



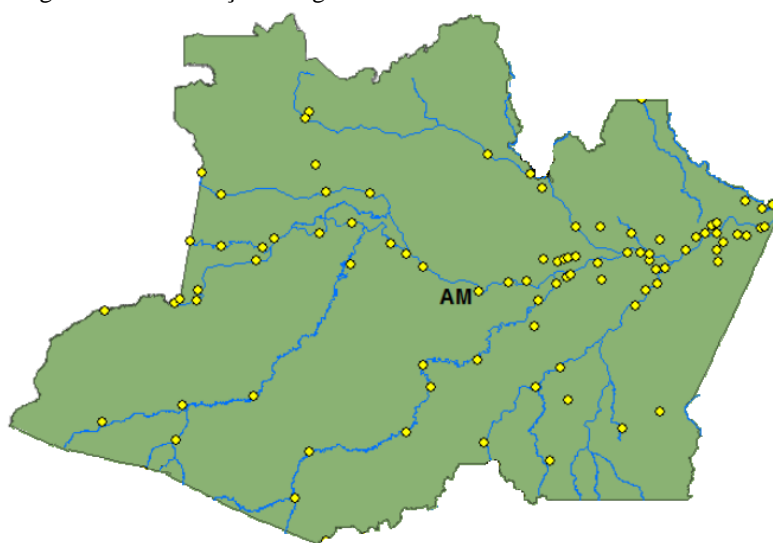
Fonte: ONS, 2019.

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 consequentemente a maior carga de energia total prevista para 2020.

1.1 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

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

Fonte: Adaptado de EPE, 2019.

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.

1.2 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	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

Fonte: EPE, 2019.

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.

2 GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

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.

2.1 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. O detalhamento de cada tipo de classificação é apresentado no APÊNDICE A.

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. O detalhamento de cada tipo de caracterização é apresentado no APÊNDICE B. É relevante recortar das caracterizações apresentadas, os conceitos de

- (i) Poder Calorífico: Determina a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima.
- (ii) 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.
- (iii) Geração *per capita*: relaciona a quantidade de RSU gerada diariamente e o número de habitantes em uma determinada região.

2.2 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)

2.2.1 *Gestão de RSU no Contexto Brasileiro*

O APÊNDICE C aborda a gestão de RSU no contexto internacional, em diversas localidades como: na União Europeia, Estados Unidos da América e Japão. Já 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.

2.2.2 *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).

2.3 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.

2.3.1 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).

2.3.2 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.

2.3.3 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.

2.3.4 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).

2.3.5 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.

2.3.6 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 (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 como 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.

2.4 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.

2.4.1 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. O detalhamento tanto das fases quanto das classificações dos sistemas é apresentado no APÊNDICE D.

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.

2.4.1.1 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,

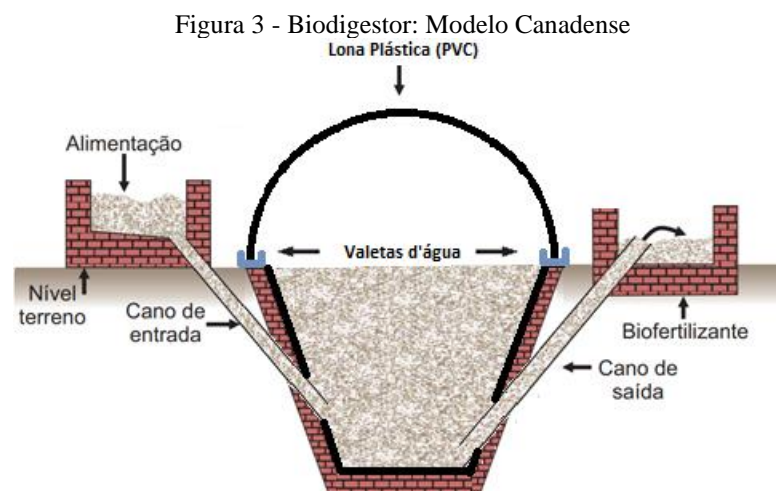
modelo canadense e modelo batelada. Por poder ser utilizado em pequenos e grandes projetos, apresentar uma maior produção de biogás e ser o mais difundido no Brasil, o modelo considerado neste trabalho é o biodigestor do tipo canadense. Os demais modelos são detalhadamente abordados no APÊNDICE E.

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; DEMARCHI; BUDIÑO, 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.



Fonte: Adaptado de Perlingeiro, 2014.

2.4.1.2 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)

2.4.1.3 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).

2.5 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.

2.5.1 Modelos dos Sistemas de Incineração

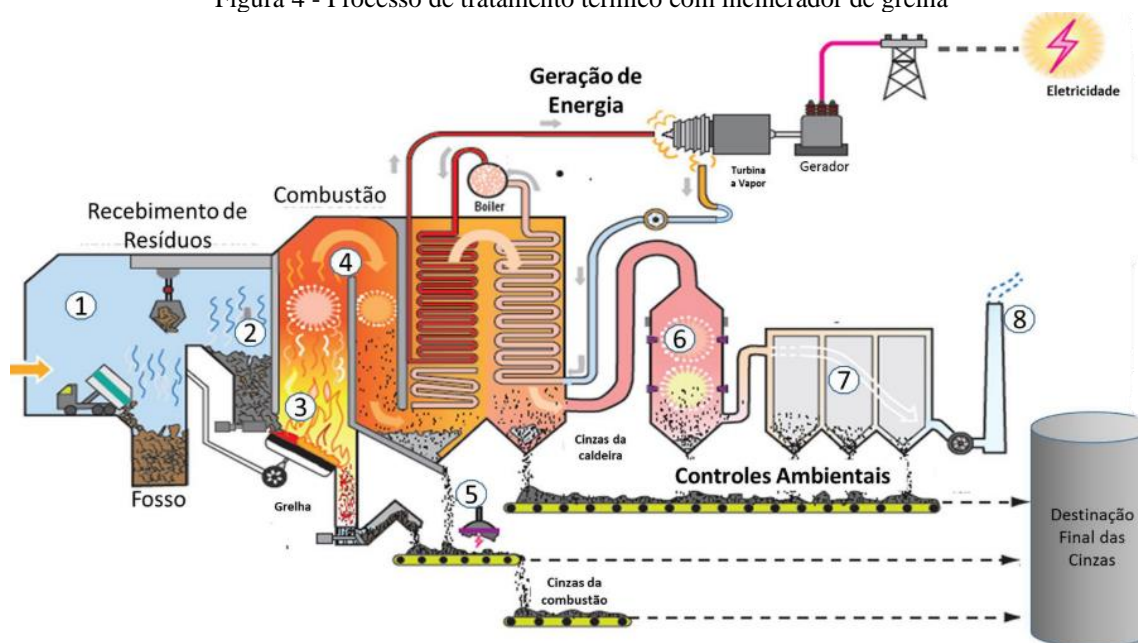
Existem uma variedade de sistemas de incineração. Uma divisão que é geralmente aceita é a categorização em sistema de grelhas e de fornos. Os sistemas do tipo (i) grelha são adequados para resíduos grandes e irregulares, mantidos em uma grelha móvel ou estacionária, permitindo que o ar penetre pela grelha 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 diferentes tipos de incineradores de forno são abordados no APÊNDICE F.

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

2.5.2 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).

2.5.3 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.

2.6 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)

2.6.1 Tipos de Pirólise

De acordo com Mota (2015), uma divisão bem aceita para os tipos de processos de pirólise, é a classificação em: (i) Pirólise Lenta, (ii) Pirólise Rápida e (iii) Pirólise Ultrarrápida. A pirólise lenta é o tipo menos complexo e conseqüentemente com uma aplicabilidade mais

possível, sendo a considerada neste trabalho. Tanto a pirólise rápida quanto a ultrarrápida são abordadas no APÊNDICE G.

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).

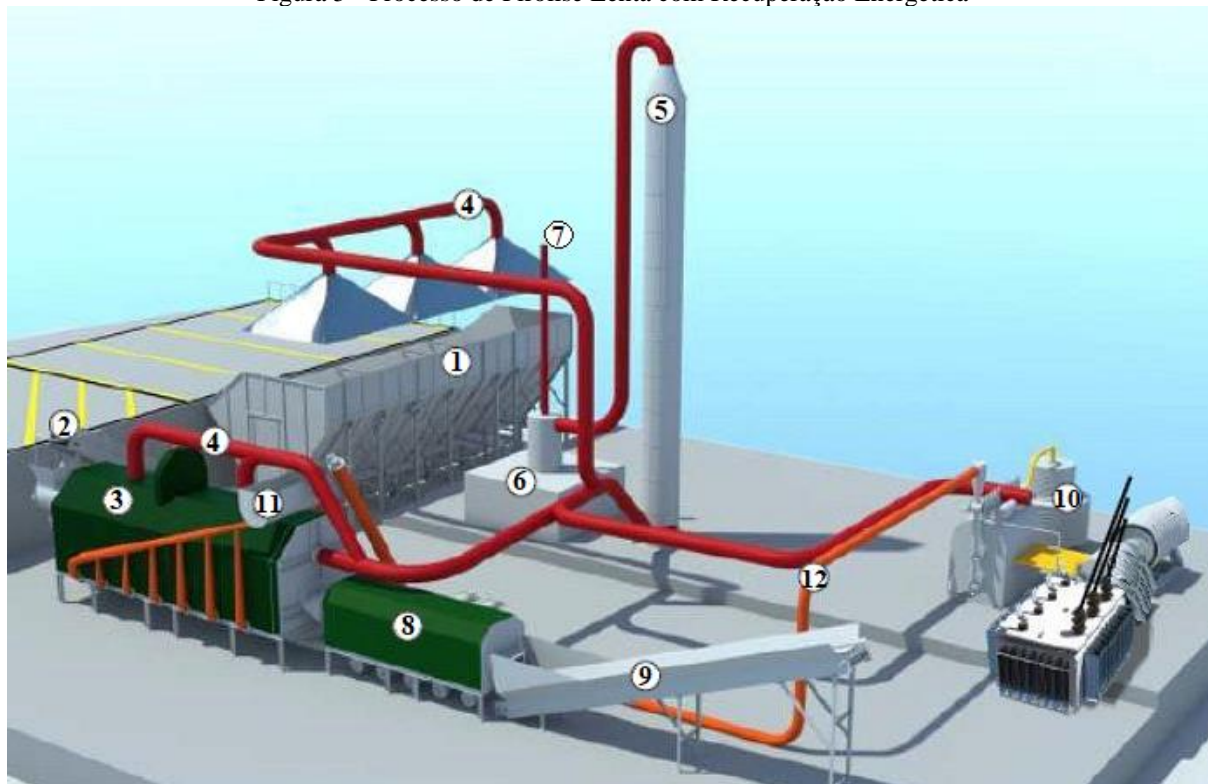
A Figura 5 apresenta um sistema de tratamento de RSU com recuperação energética, utilizando o processo de pirólise lenta. Basicamente os RSU alimentam a moega (1), sendo encaminhados por meio da esteira (2) até o forno de carbonização (3). No forno, os resíduos são aquecidos sem a presença de oxigênio,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

2.6.2 *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).

2.6.3 *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).

3 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.

3.1 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 consequentemente 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.

3.2 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”.

3.2.1 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	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

Fonte: Adaptado de Mutz (2017) e CNI (2019).

3.2.2 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	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

Fonte: Adaptado de Mutz (2017) e CNI (2019).

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.

3.2.3 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

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

Fonte: Autor, 2021.

3.2.4 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 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"

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

Fonte: Autor, 2021.

3.3 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.

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

Fonte: Adaptado de Brain & Company (2012) e Medeiros e Castro (2015).

3.3.2 *Receitas Provenientes da Venda de Subprodutos*

Ainda de acordo com Bain & 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.

3.3.3 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"

Parâmetro: Receitas	Ranqueamento Parcial		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Bain & 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

Fonte: Autor, 2021.

3.4 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”.

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

Fonte: Adaptado de Marchezetti, 2009.

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

3.4.2 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	Poluentes Emitidos		
	Digestão Anaeróbia	Incineração	Pirólise
Marchezetti, 2009.	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.
Relação Geral	(Digestão Anaeróbia < Incineração) > Pirólise		

Fonte: Adaptado de Marchezetti, 2009.

3.4.3 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”

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	2º	3º	1º
Pontuação	2 pontos	1 ponto	3 pontos

Fonte: Autor, 2021.

3.5 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 consequente ranqueamento parcial para o parâmetro “Logística”

3.5.1 Tamanho da Instalação

De acordo Pedroxa (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).

3.5.2 *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).

3.5.3 *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).

3.5.4 *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).

3.5.5 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 & 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 validade 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).

3.5.6 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).

3.5.7 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"

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

Fonte: Autor, 2021.

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”

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

Fonte: Autor, 2021.

3.6 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”

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

Fonte: Autor, 2021.

3.7 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

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

Fonte: Autor, 2021.

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

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

Fonte: Autor, 2021.

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.

4 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.

4.1 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.

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.	$RSU_{pc} = 6,19. 10^{-9}. POP + 0,0162. RPC + 0,00422. C_e + 0,339$

Fonte: Adaptado de MARTINEZ et al. (2006), MELO et al. (2009), DIAS et al. (2012), SOARES et al. (2015) e JUNIOR et al. (2018).

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. Tanto os dados do IBGE, quanto a projeção dos demais anos, estão reunidos na primeira tabela do APÊNDICE H.

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 o 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 I 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 J 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 para 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 K, 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 L, 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 M) 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

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

Fonte: Autor, 2021.

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 N, as gerações de RSU *per capita* dos SISOL amazônicos.

4.2 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

	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%

Fonte: HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012.

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 O.

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

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

Fonte: PRSCS-RMM, 2017.

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

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

Fonte: Autor, 2021.

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 O.

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.

5 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.

5.1 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.

5.1.1 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

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

Fonte: Adaptado de Lameu (2018).

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

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

Fonte: Autor, 2021.

5.1.2 *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 dos gastos operacionais do empreendimento de recuperação energética a partir de RSU, por meio da pirólise.

Tabela 24 - Resumo dos gastos operacionais do empreendimento

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

Fonte: Autor, 2021.

5.1.3 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

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

Fonte: Autor, 2021.

5.2 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.

5.2.1 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).

5.2.2 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

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

Fonte: Autor, 2021.

5.3 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

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	

Fonte: Autor, 2020.

5.4 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 consequentemente 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.

Figura 6 - Fluxo financeiro do SISOL de Parintins

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	R\$ 3.233.070,95	R\$ 3.233.070,95	R\$ 3.233.070,95	R\$ 3.233.070,95
(-) Gastos com Manutenção	-	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89
(-) Gastos com Mão-de-obra	-	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89	R\$ 2.238.279,89
(-) Depreciação Equipamento	-	R\$ 4.215.216,37	R\$ 4.215.216,37	R\$ 4.215.216,37	R\$ 4.215.216,37	R\$ 4.215.216,37
(-) Depreciação Edificações	-	R\$ 50.582,60	R\$ 50.582,60	R\$ 50.582,60	R\$ 50.582,60	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

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.

Figura 7 - Fluxo financeiro do SISOL de Vila Bitencourt

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	R\$ 186.523,32	R\$ 186.523,32	R\$ 186.523,32	R\$ 186.523,32
(-) Gastos com Manutenção	-	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53
(-) Gastos com Mão-de-obra	-	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53	R\$ 129.131,53
(-) Depreciação Equipamento	-	R\$ 243.185,56	R\$ 243.185,56	R\$ 243.185,56	R\$ 243.185,56	R\$ 243.185,56
(-) Depreciação Edificações	-	R\$ 2.918,23	R\$ 2.918,23	R\$ 2.918,23	R\$ 2.918,23	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	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) CSLL	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	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

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 P 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 ajustadas 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.

5.5 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.

5.5.1 *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

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

Fonte: Autor, 2021.

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.

5.5.2 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

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

Fonte: Autor, 2021.

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”.

5.5.3 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

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

Fonte: Autor, 2021.

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.

6 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.

6.1 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, C. D.; HENKES, J. A. **Uma Análise Sobre O Tratamento De Resíduos Sólidos Urbanos: Proposta De Sistema Alternativo, Transformando Resíduos Sólidos Em Carvão E Energia**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 1, p. 1015, 2019.
- AMARAL, F. M. **Biodigestão anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos: um panorama tecnológico atual**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, 2004.
- ARAÚJO, M.; SCHOR, T. **Resíduos de serviço de saúde no estado do Amazonas: desafios para implantar sua gestão**. InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 3, n. 1, p. 1–22, 2011.
- BAIN & COMPANY, B. **Estudo Econômico-Financeiro para destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos(RSU)**Belo HorizonteFundação Israel Pinheiro, , 2012.
- CAIBRE, D. I. et al. **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, v. 10, n. 2, 16 dez. 2016.
- CAIXETA, D. M. **Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: o caso de Campo Grande/MS**. Universidade de Brasília, 2005.
- CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.
- CARTA, R.; CRUCCU, M.; SANNA, F. **Pirolisi lenta, úmida e catalítica dela Pollina**, 2012.
- CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada**Ponta GrossaVI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, , 2002.
- CCEE, C. DE C. DE E. E. **Relatório orçamento das contas setoriais 2018 - CDE/RGR/CCCS**ão Paulo, 2017.
- CNI, C. N. DA I. **Recuperação Energética De Resíduos Sólidos. Um Guia Para Tomadores De Decisão**. Brasília: .

COSTA, J. P. F. DA. **Tratamento mecânico e biológico de resíduos sólidos urbanos: avaliação do seu potencial para a recuperação de materiais recicláveis.** Universidade Nova de Lisboa, 2010.

CRISPIM, M. DO C. F. N. **Matriz de sustentabilidade e análise da percepção ambiental em relação aos resíduos sólidos domiciliares no sudoeste do Amazonas.** Universidade Federal do Amazonas, 2019.

CUNHA, M. E. G. **Análise do setor de saneamento ambiental no aproveitamento energético de resíduos: o caso do município de Campinas.** UNICAMP, 2002.

DIAS, D. M. et al. **Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais,** 2012.

DINIZ, J. **Conversão térmica de casca de arroz à baixa temperatura: produção de bio-óleo e resíduo sílico-carbonoso adsorvente.** Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

DIP, T. M. **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, 6 out. 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Avaliação preliminar do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de Campo Grande,** MSRio de Janeiro, 2008.

EPE, E. DE P. E. **Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados Horizonte 2024 - Ciclo 2019**Rio de JaneiroMinistério de Minas e Energia, , 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>

FERNANDO, A.; LIMA, S. DO C. Caracterização dos resíduos sólidos urbanos do município de Maxixe-Moçambique. **Caminhos de Geografia,** v. 42, n. jun, p. 335–345, 2012.

FRIGO, K. D. D. A. et al. **Biodigestores: Seus Modelos E Aplicações.** Acta Iguazu, v. 4, n. 1, p. 57–65, 2015.

FROTA, W. M. **Sistemas isolados de energia elétrica na Amazônia no novo contexto do setor elétrico brasileiro.** Universidade Estadual de Campinas, 2004.

GRIPP, W. G. **Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos: considerações sobre a proposta para São Paulo**. Universidade de São Paulo, 1998.

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. Knowledge Papers, 2012.

IDEC, I. B. D. D. C. **Consumo sustentável: manual de educação** Brasília Consumers International, 2005.

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, R. D. **Cooperativa de catadores de materiais recicláveis: guia para implantação** IPT São Paulo, 2003.

LAMEU, G. H. P. **Estudo sobre a implantação de uma planta de pirólise rápida em uma usina de açúcar e etanol**. Centro Universitário Toledo, 2018.

LANÇA, R. O. **Diagnóstico e avaliação do potencial energético dos resíduos gerados em uma indústria alimentícia**. Universidade Estadual Paulista, 2008.

LEITE, C. B. **Tratamento de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético: avaliação econômica entre as tecnologias de digestão anaeróbia e incineração**. Universidade de São Paulo, 2016.

LIMA, B.; NEVES, G. **Raciocínio Lógico-Quantitativo e Matemática para Receita Federal**. 00. ed. Estratégia Concursos, 2019.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo**. 2. ed. São Paulo: Hemus, 1991.

LOPEZ, A. A. **Estudo da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13)**. Universidade de São Paulo, 2007.

- MACHADO, C. F. **ncineração: uma análise do tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos de Bauru/Sp**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- MANCINI, P. J. P. **Uma Avaliação do sistema de coleta informal de resíduos sólidos recicláveis no município de São Carlos, SP**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999.
- MARCHEZETTI, A. L. **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, 2009.
- MARTINEZ, J.; ADHIKARI, K. B.; BARRINGT, S. **Predicted growth of world food waste and methane production**No Title, 2006.
- MAYER, B. **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, 2016.
- MEDEIROS, V. A.; CASTRO, D. E. **Tecnologias de recuperação térmica e energética de resíduos sólidos**. Centro Federal de Ensino Tecnológico de Minas Gerais - CEFET-MG, , 2015.
- MELO, L. A.; SAUTTER, K. D.; JANISSEK, P. R. **Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba**, 2009.
- MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. L.; MENDES, M. A. **Estágio Atual da Incineração no Brasil**CuritibaVII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, , 2000.
- MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. 15. ed. Rio de Janeiro: .
- MOTA, F. DE A. DA S. et al. **Pyrolysis of Lignocellulose Biomass: a Review**. Revista Geintec, v. 5, n. 4, p. 2511–2525, 2015.
- MUTZ, D. et al. **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, 2017.
- ONS, O. N. DO S. E. **Plano anual da operação energética dos sistemas isolados para**

2020Rio de Janeiro, 2019.

PAVAN, M. DE C. O. **Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil.** Universidade de São Paulo, 2010.

PEDROXA, M. M. et al. Aproveitamento Energético De Resíduos Sólidos Urbanos Em Processo De Pirólise. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, 2017.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A.; BUDIÑO, F. E. L. **Biodigestores- Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária**, 2009.

PINTO, P. H. M. **Tratamento de Manipueira de Fecularia em Biodigestor Anaeróbio para Disposição em Corpo Receptor, Rede Pública ou uso em Fertirrigação.** Universidade Estadual Paulista, 2008.

PISANI JUNIOR, R.; CASTRO, M. C. A. A. DE; COSTA, A. Á. DA. 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**, v. 23, n. 2, p. 415–424, 29 mar. 2018.

PONTE, G. P. DA. **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, 2019.

PRSCS-RMM. **Plano de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus**, 2017.

RENÓ, F. A. G.; STREB, C. S.; PIUNT, R. C. **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., 2002

RIBEIRO, L. A. D. S. Making isolated renewable energy systems more reliable. *Renewable Energy*. v. 45, p. 221–231, 2012.

ROSA, B. P. et al. 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**, v. 4, n. 7, p. 63–76, 2017.

SOARES, L. V. et al. **Taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte da mesorregião do sertão paraibano**, 2015.

SOUZA, J. et al. **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, , 2012.

TEIXEIRA, E. N. Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético. **Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais**, p. 29–31, 2000.

USITRAR. **Indústria de carbonização , processamento de resíduos e geração de energia** S&S Negócios Imobiliários, , 2017.

VERMA, S. **Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes**, 2002.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003. v. 1p. 1–18.

APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DOS RSU

São diversas as formas de classificação dos resíduos sólidos urbanos. Estas classificações são relevantes para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável. (ZANTA; FERREIRA, 2003). Os RSU podem ser classificados quanto à sua natureza física, em função da 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.

Classificação quanto à natureza física

A classificação dos resíduos sólidos urbanos quanto a natureza física é comumente utilizada nos processos de programas educacionais, principalmente em programas de coletas seletivas por ser facilmente compreendida pela população (SILVA; ANDREOLI, 2010). Nesse tipo de classificação os resíduos são divididos em:

- (i) Resíduos Secos: são compostos por materiais potencialmente recicláveis, como: papéis, metais, plásticos e vidros.
- (ii) Resíduos Molhados: são compostos por materiais orgânicos que eventualmente podem ser utilizados como adubo na produção agrícola ou como insumo para gerar energia.

Classificação quanto à composição química

A classificação dos resíduos quanto a composição química é outra forma auxiliar no gerenciamento destes materiais. Esta classificação sobrepõe a classificação quanto a natureza física, e comumente são usadas como sinônimas. Conforme Pavan (2010), os RSU podem ser classificados quanto sua composição química em:

- (i) Resíduos Orgânicos: são provenientes de materiais animais ou vegetais. E quando descartado, geralmente se decompõem facilmente, às vezes em questões de dias.
- (ii) Resíduos Inorgânicos: são provenientes de transformações feitas pelo homem, geralmente relacionados a produção desses materiais, como alumínio, vidro e metais. Quando descartados, necessitam de um maior tempo para decomposição, podendo levar centenas de anos para desaparecer completamente da natureza.

Classificação quanto ao grau de degradabilidade

Klippel (2015), apresenta um outro tipo de classificação que também está relacionada com as características de decomposição dos resíduos quando descartados. A classificação quanto ao grau de degradabilidade divide os materiais em:

- (i) Resíduos Facilmente Degradáveis: são compostos basicamente por toda matéria orgânica como restos de comida, folhas, excrementos e outros.
- (ii) Resíduos Moderadamente Degradáveis: essa divisão inclui materiais como papel, papelão e outros compostos celulósicos.
- (iii) Resíduos Dificilmente Degradáveis: inclui materiais como tecido, madeira, borracha, cabelo, osso, penas, plásticos e entre outros.
- (iv) Resíduos Não Degradáveis: este nível inclui materiais como vidro, pedras, cinzas, terra, areia, cerâmica e metal não ferroso.

Classificação quanto à periculosidade

A norma NBR10.004 (2004) também classifica os resíduos sólidos quanto a periculosidade. De acordo com o documento os resíduos dividem-se em três grupos:

- (i) Resíduos Classe I: são os resíduos classificados como perigosos, isto é, aqueles que apresentam risco à saúde pública ou ao ambiente, devido as suas propriedades de reatividade, toxicidade, patogenicidade, corrosividade ou inflamabilidade.
- (ii) Resíduos Classe II-A: são os resíduos classificados como não perigosos e não inertes, isto é, aqueles que não possuem as propriedades de periculosidade dos Resíduos Classe I, porém, apresentam a propriedade de solubilidade em água, acima dos padrões estabelecidos pela norma. Com isso, existe a possibilidade de haver reação com o meio ambiente, acarretando um risco de poluição.
- (iii) Resíduos Classe II-B: são os resíduos classificados como não perigosos e inertes, isto é, aqueles que além de não apresentarem as propriedades de periculosidade dos Resíduos Classe I, também não possuem constituinte solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade da água.

Classificação quanto à origem

De acordo com os trabalho de Klippel (2015) a classificação dos resíduos quanto à origem ou natureza, é uma das mais úteis e apropriadas para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Nesta classificação os resíduos podem ser divididos em:

- (i) Resíduos Domiciliares: são aqueles originados em atividades diárias das residências, condomínios e edifícios. Inclui materiais como restos de alimentos, embalagens em geral, materiais recicláveis e entre outros.
- (ii) Resíduos Comerciais: são aqueles originados nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, cujas características dependem do tipo de atividade. São caracterizados pela grande quantidade de papel, plásticos e embalagens diversas.
- (iii) Resíduos de Estabelecimentos Públicos: são aqueles oriundos de serviços de limpeza pública urbana, como varrição das vias públicas, limpeza de praias, limpeza de galerias e podas de árvores, por exemplo. Inclui materiais como folha, galhos, poeira, resíduos descartados pela população, corpos de animais e entre outros.
- (iv) Resíduos de Serviços de Saúde: são aqueles oriundos de farmácias, laboratórios, hospitais etc. São considerados de alta periculosidade e são alvo de diversos diplomas legais. Inclui materiais como seringas, agulhas, gases, algodões, luvas, remédios e entre outros.
- (v) Resíduos de Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários e Ferroviários: são aqueles gerados tanto nos terminais quanto dentro dos veículos de transporte. Inclui os materiais sépticos que possam veicular doenças provenientes de outras cidades, como os materiais de higiene, por exemplo. Já os resíduos não sépticos são considerados resíduos domiciliares.
- (vi) Resíduos Agrícolas: são aqueles oriundos de atividade agrícolas e de pecuária. Muitos resíduos como embalagens de agrotóxicos e defensivos agrícolas, são alvo de legislação específica quanto ao manuseio, armazenamento, acondicionamento e disposição final.
- (vii) Resíduos da Construção Civil: são aqueles oriundos de obras, demolições, escavações etc. O entulho, normalmente, é um material inerte e reaproveitável. Porém, pode conter uma relevante quantidade de materiais que lhe confere toxicidade, como tintas, solventes, amianto e alguns metais.

- (viii) Resíduos Industriais: são aqueles originados em atividades dos diversos ramos da indústria, como na metalúrgica, química, petroquímica, alimentícia e papel e celulose. Inclui alguns resíduos que são efluentes e não podem ser lançados em um corpo receptor devido sua periculosidade.
- (ix) Resíduos Domiciliares Especiais: são resíduos domiciliares, porém, possuem características peculiares, por necessitarem de cuidados diferenciados com o armazenamento, transporte ou disposição final. Inclui materiais como pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e entre outros.
- (x) Resíduos de Mineração: são aqueles oriundos das atividades de exploração tanto de minério quanto de hidrocarbonetos. São alvo de um extensivo controle e gerenciamento devido aos seus riscos potenciais. Inclui materiais como minérios sem valor econômico, rejeitos de mineração e alguns outros efluentes.
- (xi) Resíduos Radioativos: são aqueles que emitem radiação acima do limite permitido pelas normas ambientais. Geralmente, são oriundos de atividades nucleares ou laboratoriais. No Brasil, o acondicionamento e disposição final da maioria destes resíduos está a cargo da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DOS RSU

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos 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 resíduos podem ser caracterizados pelas características biológica, químicas ou físicas.

Características Biológicas

As características biológicas dos resíduos são determinadas, principalmente, pela população microbiana e agentes patogênicos presentes. Esse tipo de caracterização, assim como a caracterização química, permite selecionar os mais adequados métodos de tratamento e disposição final. Os conhecimentos da caracterização biológicas são comumente utilizados no desenvolvimento de alteradores de velocidade de decomposição de matéria orgânica, inibidores de odores, processos de destinação final e recuperação de áreas degradadas (MONTEIRO et al., 2001).

Caracterização Química

De acordo com Klippel (2015) e Monteiro (2001), as principais características observadas em uma caracterização química de resíduos sólidos urbanos são:

- (i) Poder Calorífico: Determina a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima.
- (ii) Potencial Hidrogeniônico: Também conhecido como “pH”, indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos sólidos analisados.
- (iii) Composição Química: Determina os teores de matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, gorduras, minerais, e outras substâncias.
- (iv) Relação Carbono/Nitrogênio: Indica o grau de decomposição da matéria orgânica dos resíduos, nos processos de tratamento e disposição final.

Caracterização Física

Ainda conforme Klippel (2015) e Monteiro (2001), os resíduos sólidos urbanos podem ser caracterizados fisicamente por meio de:

- (i) Geração *per capita*: relaciona a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes em uma determinada região.
- (ii) Peso Específico Aparente: indica a massa dos resíduos em função do volume ocupado livremente, isto é, sem qualquer compactação. Essa característica é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações. O peso específico aparente, geralmente, é expresso em quilogramas por metro cúbico.
- (iii) Teor de Umidade: determina a quantidade de água presente nos resíduos. Este parâmetro é alterado em função das estações do ano e da incidência de chuvas. O teor de umidade é medido em percentual do peso dos resíduos.
- (iv) Compressividade: trata-se do grau de compactação, isto é, da redução do volume que uma massa de resíduos pode sofrer quando compactada. Normalmente é mensurada pelo percentual de volume reduzido dada uma pressão. Existe um fenômeno denominado “empolgação”, que se refere a capacidade dos resíduos voltarem ao volume anterior, quando é extinta a pressão.
- (v) Composição Gravimétrica: indica o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduos analisada. A escolha dos componentes influencia e depende do estudo a ser realizado. Uma composição gravimétrica simplificada, geralmente, classifica os componentes como: matéria orgânica, plástico, vidros, metal, papel e outros.

APÊNDICE C - GESTÃO DE RSU NO CONTEXTO INTERNACIONAL

Para abordar a gestão de RSU no contexto internacional, foram destacados alguns países, e comunidades destes, visando situar as políticas públicas, hierarquia de princípios na gestão de resíduos e cenários de cada localidade, como: União Europeia, Estados Unidos da América e Japão.

Gestão de RSU na União Europeia

Do ponto de vista de políticas públicas, a União Europeia adota políticas conjuntas para todos os estados membros. A comunidade fundamenta-se em diretivas, instrumento no qual observam-se prazos e metas a cumprir. Vale lembrar que cada país estipula como cumprir e como internalizar as diretivas (MENDES, 2017).

Com relação aos princípios da gestão de RSU, de acordo com Waite (2013) e Nunesmaia (2002), a gestão de resíduos sólidos da comunidade europeia segue, na maioria dos casos, a seguinte hierarquia: (i) prevenção e redução, (ii) reutilização e reciclagem, (iii) valorização energética e eliminação e (iv) disposição em aterros sanitários.

Já com respeito ao cenário, observam-se mudanças significativas durante o período de 1995 a 2010. O aterro sanitário em 1995 possui uma participação de 62% da quantidade de resíduos. Em 2005 essa participação caiu para 50%, e em 2010 para 38%. Já com relação a incineração observou-se um aumento da participação, que em 1995 era de 13% passando para 22% em 2010. A reciclagem também apresentou um crescimento de 10% para 25% no período. E a compostagem aumentou de 5% para 15% de participação, também nesse mesmo período (JUCÁ et al., 2014).

Diante disso, é possível perceber que o avanço na gestão de RSU implica o investimento em metodologias que reduzam e recuperem (material ou energeticamente) os resíduos, em detrimento de técnicas mais baratas e simples como os aterros sanitários. Vale lembrar que a União Europeia conta com países referencias no quesito gestão de RSU, como Alemanha, no qual o envio para aterros sanitários é praticamente nulo (NUNESMAIA, 2002).

Gestão de RSU nos Estados Unidos da América

Com relação as políticas públicas, apesar de os Estados Unidos serem uma federação, o que significa que os estados têm poder, o governo nacional que monopoliza a autoridade constitucional. Isso pode ser observado, por exemplo, na lei que estabelece uma agência nacional (EPA – *Environmental Protection Agency*), responsável pelo estabelecimento de padrões nacionais de gestão de resíduos sólidos (ARGENTA, 2018).

Com relação a hierarquia de princípios na gestão de RSU, os Estados Unidos seguem uma linha similar à comunidade Europeia, visando, de acordo com a EPA, a redução ao máximo do número de aterros sanitários. Em 1978, por exemplo, o país possuía cerca de 20.000 aterros sanitários. Em 1998, esse número passou para 5.499, chegando a 3.091 em 2002 (EPA, 2005).

Quanto ao tratamento e à disposição final dos RSU, cerca de 55,4% dos resíduos são destinados aos aterros sanitário, 23,6% são reciclados, 7,1% são destinados a compostagem e 14% são incinerados. Isso demonstra que os aterros sanitários ainda constituem a principal destinação final dos RSU nos Estados Unidos (PAVAN, 2010).

Os Estados Unidos, com seus mais de 300 milhões de habitantes, são os maiores produtores de resíduos sólidos do planeta, devido principalmente ao seu estilo de vida consumista. Observaram-se algumas quedas na produção de RSU, porém a maioria está relacionada com crises financeiras, como no ano de 2008 (ARGENTA, 2018).

Gestão de RSU no Japão

Em 1971, foi criada a Agência Ambiental Japonesa (JEA), com o objetivo de gerenciar a gestão de resíduos sólidos no país. A JEA tem caráter regulatório, elaborando normativas e regulamentos necessários ao bom gerenciamento de RSU no Japão. A formulação da política e diretrizes para gestão de resíduos é baseada em dois aspectos: o elevado contingente populacional e o intensivo uso do solo (ARGENTA, 2018).

De acordo com Mendes (2017), diante dessa realidade de elevada densidade demográfica, a hierarquia dos princípios de gestão de resíduos no Japão, concentra-se na: (i) reciclagem e reutilização e (ii) redução do volume de resíduos com aproveitamento energético através da incineração.

Tendo em vista a questão territorial do país, o Japão investe em tecnologias voltadas à redução do volume dos resíduos, implicando no uso intensivo da incineração. De acordo com Silva (2018), as mais de 1.900 incineradoras operantes no país, são responsáveis por incinerar 74% da quantidade RSU gerados. A composição desses resíduos é majoritariamente de papel (38%) e material orgânico (31%) (ARGENTA, 2018).

APÊNDICE D - CLASSIFICAÇÃO DOS BIODIGESTORES

De acordo com Costa (2010), a digestão anaeróbia é uma sistemas de tratamento dividido em duas fases:

- (i) Fase Mecânica: Esta fase consiste nos meios de separação dos materiais recicláveis. Envolve a abertura de sacos de lixo, separação de materiais volumosos, homogeneização, preparação dos materiais para o tratamento biológico e as diversas de separação dos materiais recicláveis propriamente ditas, como: separadores balísticos, magnéticos, ópticos, correntes de Foucault etc.
- (ii) Fase Biológica: Esta fase consiste na estabilização da fração orgânica, tornando o material útil para outra utilização. São envolvidos tanto o tratamento anaeróbio propriamente dito, quanto o aeróbio. Na digestão anaeróbia é produzido o biogás, que será utilizado como fonte de energia. E a fração orgânica pode ainda ser digerida e estabilizada na forma aeróbia, formando assim um composto bastante utilizado na fertilização de solos.

Os sistemas de digestão anaeróbia podem ser classificados quanto a temperatura, quanto ao teor de sólidos e quanto ao tipo de sistema utilizado.

Classificação quanto a temperatura:

A temperatura é considerada a variável mais importante para a seleção das bactérias que irão atuar dentro do reator. Conforme Lettinga (2001), a digestão anaeróbia acontece em três condições de temperaturas: psicrófila (abaixo de 20°C), mesófila (entre 20°C e 45°C) e termófila (entre 45°C e 70°C).

Os processos termofílicos são os que apresentam maior eficiência, gerando uma maior quantidade de biogás. Porém os processos mesofílicos são os mais adotados, por não necessitarem de um aquecimento extra, estando menos sujeitos a variações de temperaturas.

Classificação quanto ao teor de sólidos:

Conforme Henriques (2004), os sistemas de digestão anaeróbia de RSU podem ser classificados quanto ao teor de resíduos sólidos em: BTS - baixo teor de sólidos (menos que 15%), MTS – médio teor de sólidos (entre 15 e 20%) e ATS - alto teor de sólidos (entre 20 e 40%).

Os sistemas BTS utilizam uma grande quantidade de água, necessitando assim de um reator de grande capacidade volumétrica, acarretando altos custos de investimentos e de tratamento de efluentes. Com isso, o que torna os BTS menos vantajosos que os demais. Os ATS, por sua vez, apesar de necessitarem de menores volumes de reator por unidade de processamento, requerem mais acessórios e possuem altas taxas de carga orgânica, o que faz com que seus equipamentos sejam mais robustos (REICHERT, 2005).

Classificação quanto ao tipo de sistema:

Também de acordo com Henriques (2004), os sistemas de digestão anaeróbia de RSU podem ser classificados quanto ao tipo de sistema utilizado, em: estágio único, múltiplos estágios e batelada

Os processos de estágio único utilizam somente um reator tanto para as fases de acidogênese e metanogênese, podendo ser tanto do tipo de sistema BTS, que é considerado um sistema úmido, quanto do tipo de sistema ATS, considerado um sistema seco (REICHERT, 2005).

Os processos de múltiplos estágios possuem o objetivo de separar os estágios da digestão, proporcionando uma flexibilidade e otimização de cada reação. Geralmente, conta com dois reatores, o primeiro para o estágio de hidrólise e acetogênese e o segundo para metanogênese (REICHERT, 2005).

Já os processos em bateladas, são abastecidos, submetidos às reações, e posteriormente esvaziados e carregados novamente. Esse tipo de sistema é tecnicamente mais simples, barato e robusto. Porém necessitam, observa-se a sedimentação de material no fundo do reator, além de, geralmente, necessitarem de uma maior área de implantação (VERMA, 2002).

APÊNDICE E – MODELOS DE BIODIGESTORES

Além do modelo canadense abordado no trabalho, existem ainda outros tipos de estruturas de biodigestores, com configuração, características e funcionamento diferentes. Os principais modelos são: biodigestor modelo chinês, modelo indiano e do tipo batelada.

Biodigestor: Modelo Chinês

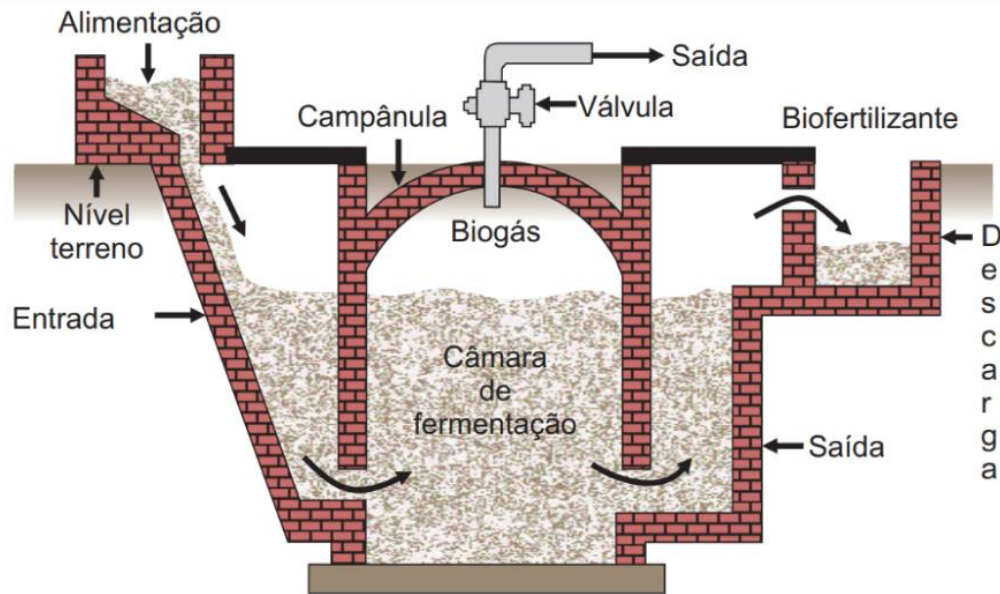
O biodigestor do tipo chinês consiste em uma câmara cilíndrica em alvenaria onde ocorre a fermentação, além de um teto impermeável e abobado para o armazenamento do biogás. O funcionamento se baseia no princípio de prensa hidráulica, isto é, o acúmulo de biogás acarreta um aumento de pressão interior, deslocando o efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída (JORGE; OMENA, 2012).

Os biodigestores do modelo chinês são quase todos construídos em alvenaria, o que pode significar uma redução de preço. Entretanto, necessitam de uma eficiente vedação e impermeabilização, para evitar tanto problemas com vazamento de biogás quanto de infiltrações de água exterior (ANDRADE et al., 2012).

Uma característica determinante desse tipo de projeto, é o fato de que uma parcela de gás é formada na caixa de saída, escapando assim para a atmosfera e reduzindo a pressão interna do gás. Com isso, o biodigestor do modelo chinês não é utilizado para instalações de grande porte (DEGANUTTI et al., 2002).

A Figura 1 apresenta a configuração de um biodigestor do modelo chinês. A alimentação indica a região de entrada dos resíduos orgânicos, de onde são encaminhados (através da caixa de entrada) para a câmara de fermentação. É possível observar a campânula abobada de alvenaria para o acúmulo do biogás que será retirado pela válvula local. Além disso, é apresentado também a região de descarga e caixa de saída, onde é recolhido o biofertilizante.

Figura 1 - Biodigestor: Modelo Chinês



Fonte: Perlingeiro, 2014.

Biodigestor: Modelo Indiano

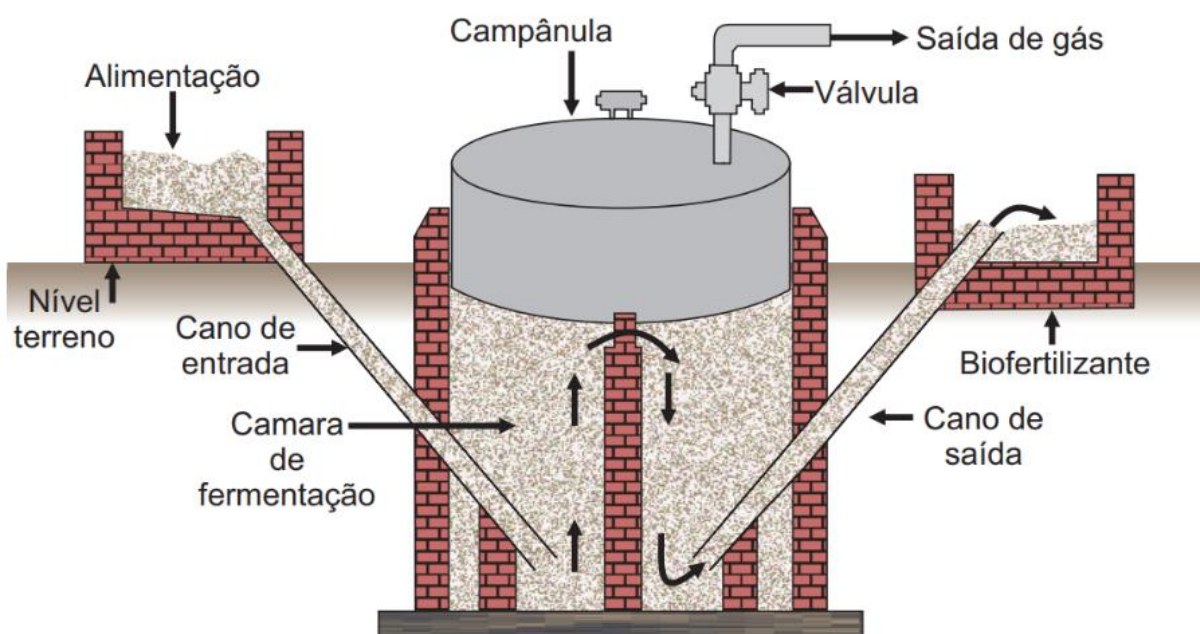
Esse modelo é caracterizado por possuir pressão de operação constante. Isso significa que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, fazendo com que a gasômetro se desloque verticalmente aumentando o volume de armazenamento. Essa campânula pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou pode estar em um selo d'água externo (DEGANUTTI et al., 2002).

Essa característica de manter a pressão de escape do biogás estável, reduz a necessidade de regulação constante dos aparelhos que utilizam o metano, o que torna o modelo vantajoso. Entretanto, esse tipo de campânula é, geralmente, moldada em metal, o que encarece os custos de implantação do modelo (FRIGO et al., 2015).

Em relação ao modelo chinês, o biodigestor indiano tem a vantagem de poder ser adaptado ao clima local e ao tipo de solo, não necessitando do estabelecimento de medidas fixas para o diâmetro e a profundidade. Apenas é necessário a observância da relação de capacidade da câmara de fermentação e da campânula (GASPAR, 2003).

A Figura 2 apresenta a configuração de um biodigestor do modelo indiano. É possível observar as estruturas de entrada (resíduos) e saída (biofertilizante), e seu gasômetro variável. Além disso, é observado também que a estrutura desse modelo é composta por uma parede central que serve para dividir o tanque de fermentação em duas câmaras, permitindo que o material circula no interior do tanque (TARRENTO; MARTINES, 2006).

Figura 2 - Biodigestor: Modelo Indiano



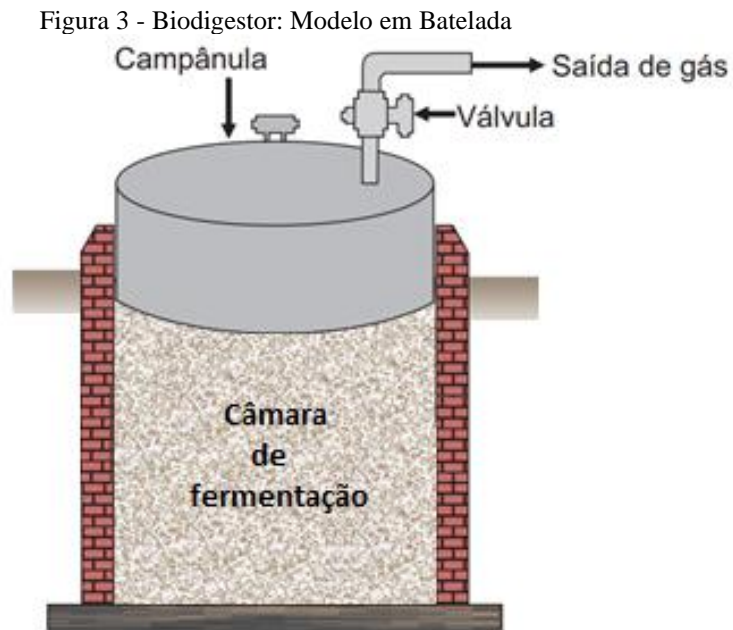
Fonte: Perlingeiro, 2014.

Biodigestor: Tipo Batelada

O biodigestor do tipo batelada consiste em um modelo simples e pequena exigência operacional. Pode ser composto por apenas um tanque anaeróbio ou vários tanques em série. Nesse modelo, o abastecimento é realizado uma única vez, é mantida a fermentação por um determinado período para uma determinada produção de biogás. Posteriormente, todo o material é descarregado (DEGANUTTI et al., 2002).

Como nesse tipo modelo a biomassa permanece no reservatório fechado até que o ciclo da digestão anaeróbia esteja completo, o biodigestor em batelada é melhor adaptado para realidades onde a disponibilidade de resíduo ocorra em períodos mais longos, o que geralmente não é o caso dos resíduos sólidos urbanos (JORGE; OMENA, 2012).

A Figura 3 apresenta a configuração de um biodigestor do tipo batelada. Percebe-se a simplicidade do modelo, que é composto de uma única câmara de fermentação, normalmente feita em alvenaria, e por um gasômetro móvel, geralmente feito com chapas metálicas (LIMA, 2008). Além da ausência das estruturas de entrada e saída constante de matéria.



Fonte: Adaptado de Perlingeiro, 2014.

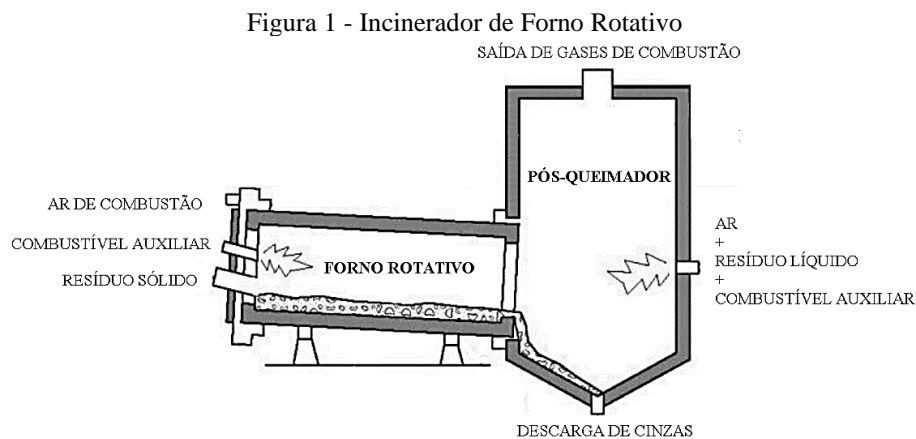
APÊNDICE F- MODELOS DE INCINERADORES DO TIPO FORNO

Incineradores de Forno Rotativo:

Esse modelo de incinerador, consiste em um cilindro refratário que rotaciona suavemente sobre o seu eixo horizontal. Esse forno possui um declive de 1 a 2 graus entre o extremo de alimentação e o extremo de retirada de cinzas, o que faz com que os resíduos se movam de forma horizontal e radial através do cilindro (LANÇA, 2008).

Esse sistema, para completar as reações de combustão da fase gasosa, conta ainda com uma câmara secundária, para onde são encaminhados os gases de combustão do forno. Essas câmaras, também conhecidas como pós-queimador, podem ser alinhadas vertical ou horizontalmente ao forno.

A Figura 1 apresenta a configuração de um incinerador do tipo forno rotativo. É observável tanto o cilindro rotativo inclinado, quanto o pós-queimador, onde as combustões são realizadas com quantidades controladas diferentes de ar.



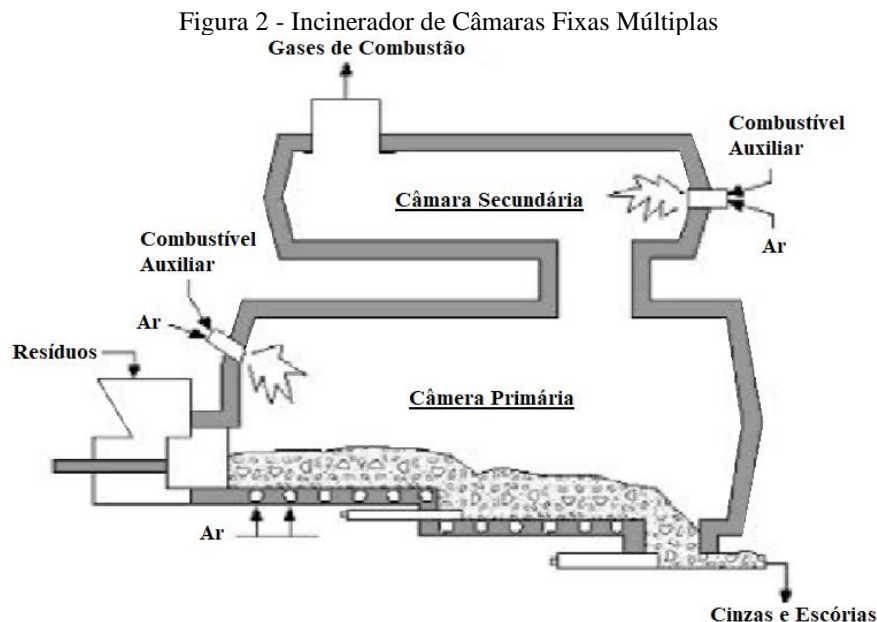
Fonte: Adaptado de Dip, 2004.

Incineradores de Câmaras Fixas Múltiplas:

Esse modelo, também conhecido como incinerador pobre em ar ou pirolítico, é constituído por uma estrutura externa de aço, protegida internamente com refratários, abrigando um número variado de câmaras (LANÇA, 2008).

Esse tipo de incinerador emprega processos de combustão de dois estágios, muito parecidos com os fornos rotativos. Onde, o resíduo é empurrado ou bombeado para o interior de uma câmara primária, sendo queimado em um ambiente com cerca de 50 a 80% do ar estequiométrico requerido. Os produtos dessa combustão passam para uma câmara secundária, onde é realizada uma combustão com ar adicional e opcionalmente combustíveis suplementares (DIP, 2004).

A Figura 2 apresenta a configuração de um incinerador de câmara fixas múltiplas. Observa-se tanto a câmara primária quanto a secundária, sendo que devido ao menor custo desse tipo de configuração, são mais atrativos que os fornos rotativos para instalações pequenas (LANÇA, 2008).

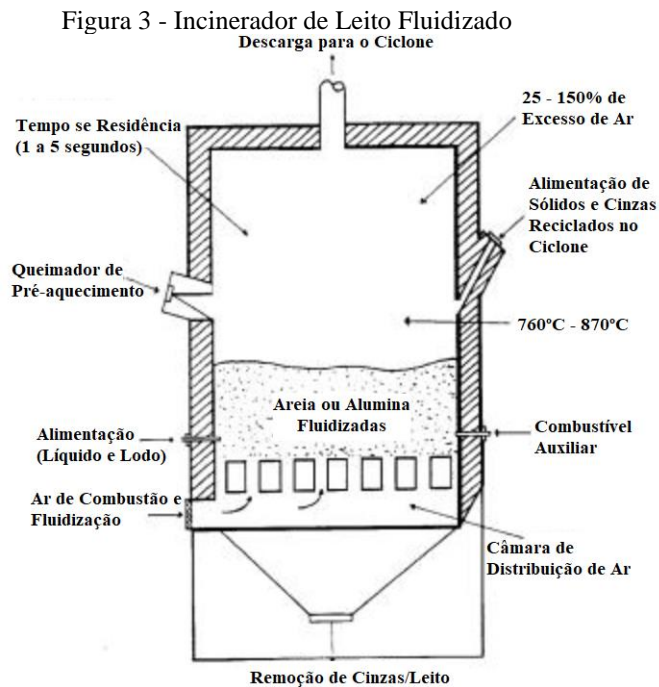


Fonte: Adaptado de Aranda, 2001.

Incineradores de Leito Fluidizado:

Esse modelo de incinerador é caracterizado por apresentar altos tempos de residência e possuir uma temperatura homogênea no leito, o que influencia a eficiência de destruição e remoção de contaminantes. Devido também ao tempo de residência, não é necessária uma câmara de combustão secundária (LANÇA, 2008). Os incineradores de leito fluidizado são principalmente utilizados para líquidos, lodos ou sólidos fragmentados. Com isso, é necessário que os resíduos sólidos passem por um pré-peneiramento ou moagem para obtenção de um tamanho adequado (DIP, 2004)

Sucintamente, os modelos de incineradores de leito fluidizado consistem em um vaso de combustão simples revestido de refratários e parcialmente cheios de areia, alumina ou material semelhante. O ar de combustão é então suprido através de um distribuidor (em forma de pratos, por exemplo) localizado na base do leito (DIP, 2004). A configuração de um incinerador de leito fluidizado é apresentada na Figura 3.



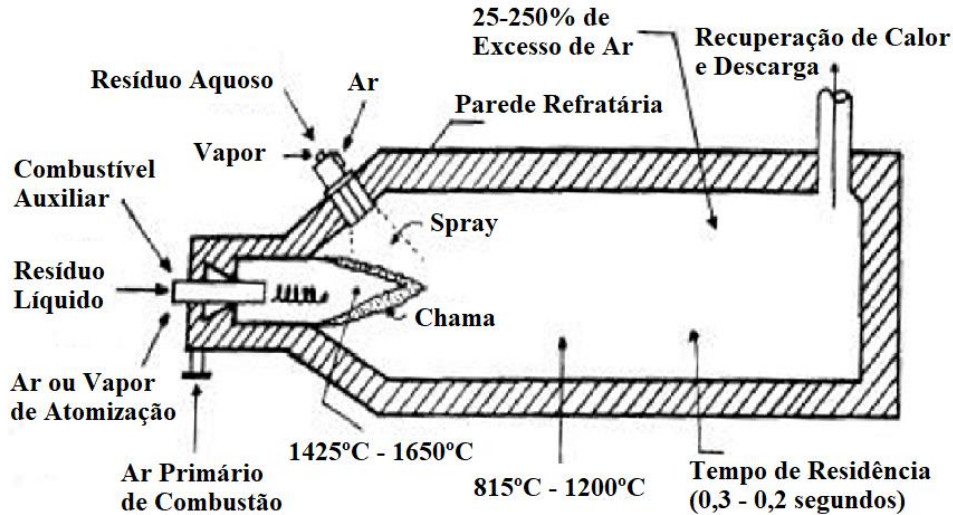
Fonte: Adaptado de Dip, 2004.

Incineradores de Injeção Líquida:

Praticamente esse tipo de incinerador é exclusivamente aplicado para resíduos líquidos bombeáveis. São, basicamente, simples cilindros, verticais ou horizontais, revestidos internamente de refratários e equipados com um ou mais queimadores (DIP, 2004).

Os resíduos líquidos são injetados de maneira pulverizada e queimados em suspensão. Os bicos de injeção podem estar posicionados, em relação à chama, axialmente, radialmente ou tangencialmente. Essa pulverização pode ser obtida tanto por ar ou vapor a baixa ou alta pressão quanto por meios mecânicos que utilizam orifícios especialmente projetados. A Figura 4 apresenta a configuração de um incinerador de injeção líquida.

Figura 4 - Incinerador de Injeção Líquida



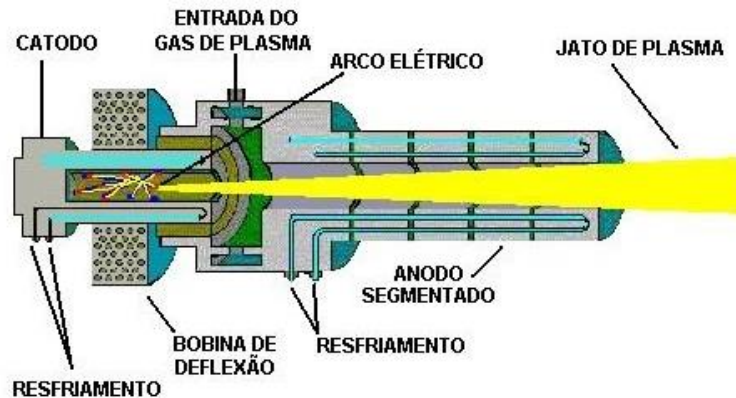
Fonte: Adaptado de Dip, 2004.

Incineradores de Plasma:

Nesse tipo de incinerador, por meio de uma tocha de plasma, é produzido eletricamente um campo de energia radiante e de altíssima intensidade, que aplicado sobre os resíduos, ocasiona a dissociação das ligações moleculares existentes nos compostos sólidos, líquidos ou gasosos, orgânicos ou inorgânicos, perigosos ou não (DIP, 2004).

Essa tocha de plasma é gerada pela formação de um arco elétrico, decorrente da passagem de corrente entre o catodo e o anodo, junto da injeção de um gás ionizado e projetado sobre os resíduos. Esse modelo tem sido utilizado para o tratamento de resíduos nocivos ou perigosos, através da destruição térmica, fusão, inertização e até vitrificação do material. A Figura 5 apresenta a configuração detalhada de um dispositivo de tocha de plasma.

Figura 5 - Tochade Plasma



Fonte: Casagrande, 2017.

APÊNDICE G – PIRÓLISE RÁPIDA E ULTRARRÁPIDA

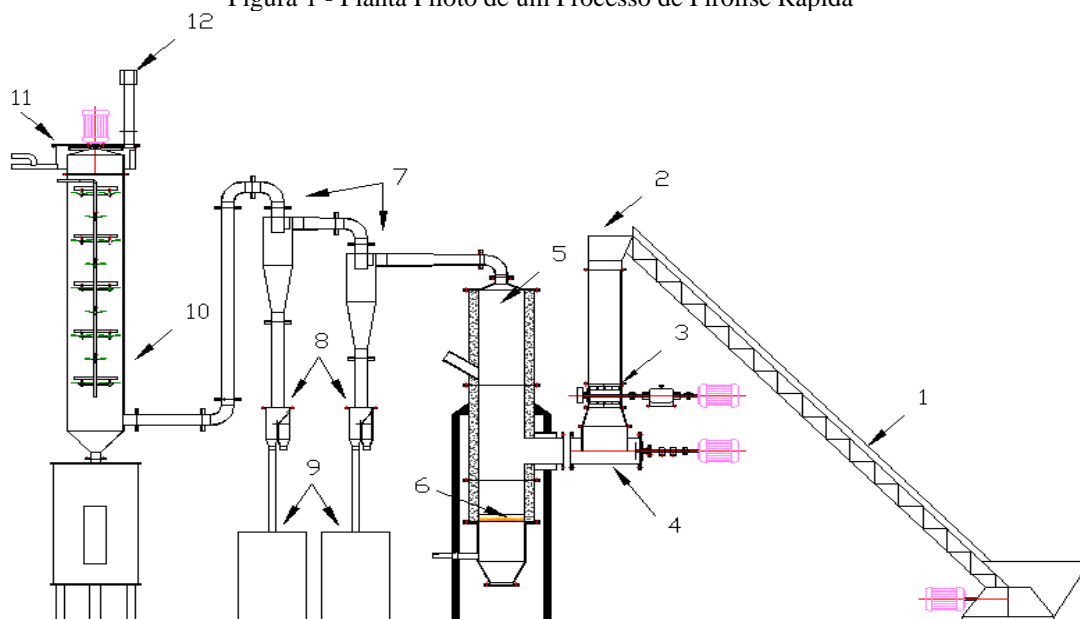
Pirólise Rápida:

Esse processo de pirólise é um pouco mais complexo que o da pirólise lenta. É caracterizado por taxas elevadas de aquecimento, altas temperaturas de reação, transferência rápida de massa e tempo de residência dos vapores menor que 5 segundos (PEDROXA et al., 2017).

Nesse modelo de pirólise, a biomassa é decomposta rapidamente, gerando majoritariamente vapores e aerossóis, além de um pouco de carvão e gás. Realizada a condensação, observa-se a formação de um líquido castanho escuro homogêneo, que possui um bom poder calorífico. Diante disso, essa tecnologia vem sendo estudada por diversos pesquisadores em biocombustíveis (MOTA et al., 2015)

A Figura 1 apresenta a configuração de uma planta piloto de pirólise rápida. Mesmo se tratando de apenas um projeto piloto, já é observável uma maior complexidade e quantidade de equipamentos necessários. Essa simples planta piloto apresentada por Jordan (2010) conta com esteira transportadora (1), silo (2), dosador de biomassa (3), rosca alimentadora (4), reator de leito fluidizado (5), placa distribuidora de ar (6), ciclones em série (7) para separar o carvão, válvula de amostragem (8), tambores de armazenamento (9) sistemas de recuperação de carvão via úmida (10), sistema de recuperação de carvão via úmida (10), sistema de recuperação de bio-óleo (11) e chaminé (12).

Figura 1 - Planta Piloto de um Processo de Pirólise Rápida



Fonte: Jordan , 2010.

Pirólise Ultrarrápida:

Esse tipo de pirólise, também conhecida como pirólise instantânea ou pirólise de *flash*, é caracterizada por altíssimas taxas de aquecimento e tempo muito baixo de permanência da biomassa no reator (muitas vezes menor do que 1 segundo). Essas características favorecem a produção de vapores, sendo portanto o gás pirólítico, o produto em maior quantidade (MOTA et al., 2015).

Tendo em vista as altas taxas de aquecimento e o baixíssimo período de permanência da biomassa, se faz necessário reatores que atendam esses requisitos, sendo geralmente utilizados reatores de leito fluidizado e de fluxo arrastado (GOYAL; SEAL; SAXENA, 2008).

Mota (2015), em seu artigo de revisão sobre a pirólise da biomassa lignocelulósica, organiza as características dos processos para diferentes tipos de pirólise, estas informações são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos Tipos de Pirólise

	Taxa de Aquecimento	Tempo de Permanência	Quantidade Produzida		
			Carvão	Bio-óleo	Gás
Pirólise Lenta	Lenta	Alto	Alto	Médio	Baixo
Pirólise Rápida	Rápida	Baixo	Baixo	Alto	Médio
Pirólise Ultrarrápida	Muito rápida	Muito baixo	Muito baixo	Baixo	Alto

Fonte: Mota, 2015.

APÊNDICE H – 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

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alvarães (AM)	14088	14237	14381	15166	15357	15545	15729	15908	15860	16041	16282	16629	16837	17051	17270
Amaturá (AM)	9467	9633	9794	10436	10644	10847	11047	11242	11332	11536	11782	12093	12322	12552	12785
Anamá (AM)	10214	10495	10766	11636	11981	12320	12653	12978	13269	13614	14123	14504	14885	15265	15644
Anori (AM)	16317	16701	17072	18351	18826	19292	19749	20196	20538	21010	21738	22257	22774	23289	23851
Apuí (AM)	18007	18326	18633	19860	20258	20648	21031	21406	21583	21973	22473	23051	23492	23935	24382
Atalaia do Norte (AM)	15153	15545	15924	17174	17658	18133	18599	19054	19438	19921	20644	21177	21708	22237	22765
Autazes (AM)	32135	32733	33312	35554	36301	37033	37752	38454	38830	39565	40787	41588	42493	43335	44182
Barcelos (AM)	25718	25835	25948	27110	27273	27433	27589	27743	27364	27502	27743	27949	28142	28329	28511
Barreirinha (AM)	27355	27722	28077	29737	30202	30658	31105	31542	31593	32041	32609	33367	33882	34398	34925
Benjamin Constant (AM)	33411	34194	34950	37564	38533	39484	40417	41329	42020	42984	44470	45529	46583	47633	48781
Beruri (AM)	15486	15828	16158	17332	17755	18171	18579	18978	19258	19679	20339	20800	21258	21714	22196
Boa Vista do Ramos (AM)	14979	15325	15659	16820	17248	17668	18080	18483	18781	19207	19865	20332	20797	21259	21767
Boca do Acre (AM)	30632	30906	31171	32792	33148	33498	33840	34176	33976	34308	34768	35462	35865	36270	36681
Borba (AM)	34961	35448	35919	38073	38688	39292	39885	40464	40565	41161	41910	42901	43584	44268	44965
Caapiranga (AM)	10975	11142	11303	12004	12214	12420	12622	12820	12877	13081	13334	13663	13895	14128	14365
Canutama (AM)	12738	13843	13986	14754	14944	15130	15312	15490	15450	15629	15926	16046	16247	16447	16685
Carauari (AM)	25774	25955	26130	27405	27645	27880	28111	28337	28076	28294	28617	29139	29413	29688	29972
Careiro (AM)	32734	33132	33517	35431	35938	36435	36922	37399	37384	37869	38496	39365	39919	40483	41061
Careiro da Várzea (AM)	23930	24442	24937	26722	27357	27981	28592	29190	29595	30225	31223	31913	32598	33280	34005
Coari (AM)	75965	76646	77305	81325	82209	83078	83929	84762	84272	85097	86240	87961	88963	89968	90991
Codajás (AM)	23206	23644	24067	25696	26242	26777	27303	27817	28100	28637	29527	30114	30696	31363	31971
Eirunepé (AM)	30665	31020	31364	33127	33580	34025	34461	34888	34840	35273	35837	36630	37126	37631	38149
Envira (AM)	16338	16635	16923	18051	18422	18786	19143	19492	19668	20033	20497	21032	21443	21856	22273
Fonte Boa (AM)	22817	23011	23198	21859	21295	20742	20199	19669	18221	17609	16988	16340	15681	15025	14356
Guajará (AM)	13974	14189	14396	15291	15561	15826	16085	16339	16416	16678	17003	17423	17722	18021	18325
Humaitá (AM)	44227	45105	45954	49137	50230	51302	52354	53383	54001	55080	56836	58015	59185	60508	61726

Ipixuna (AM)	22254	22867	23460	25362	26118	26860	27587	28299	28933	29689	30802	31637	32471	33302	34131
Irاندوبا (AM)	40781	41374	41947	44503	45250	45984	46703	47407	47571	48296	49201	50388	51217	52048	52892
Itacoatiara (AM)	86839	87970	89064	94278	95714	97122	98503	99854	99955	101337	103097	105462	107055	108651	110279
Itamarati (AM)	8038	8010	7983	8232	8205	8179	8153	8128	7888	7851	7843	7796	7719	7697	7664
Itapiranga (AM)	8211	8281	8348	8774	8864	8953	9040	9125	9064	9148	9266	9446	9549	9652	9756
Japurá (AM)	7326	7388	7448	6083	5599	5125	4660	4205	3265	2755	3056	2847	2959	2868	2905
Juruá (AM)	10802	11126	11439	12408	12807	13198	13581	13956	14312	14712	15287	15729	16171	16612	17052
Jutaí (AM)	17992	18145	18293	17376	16977	16585	16200	15824	14753	14317	13880	13421	12953	12488	12013
Lábrea (AM)	37701	38373	39022	41600	42439	43263	44071	44861	45245	46069	47122	48339	49271	50204	51148
Manacapuru (AM)	85141	86078	86985	91795	92996	94175	95330	96460	96236	97377	98882	101024	102336	103676	105051
Manaquiri (AM)	22801	23576	24325	26530	27480	28413	29327	30222	31147	32105	33440	34502	35564	36626	37688
Manaus (AM)	1802014	1832424	1861838	1982177	2020301	2057711	2094391	2130264	2145444	2182763	2228206	2285926	2328131	2370392	2413205
Manicoré (AM)	47017	47707	48373	51331	52200	53053	53890	54708	54907	55751	56803	58179	59142	60108	61089
Maraã (AM)	17528	17563	17596	18310	18367	18423	18477	18531	18186	18224	18330	18412	18485	18553	18618
Maués (AM)	52236	53173	54079	57663	58834	59983	61110	62212	62755	63905	65372	67066	68367	69668	70985
Nhamundá (AM)	18278	18503	18720	19792	20078	20358	20633	20902	20899	21173	21526	22014	22326	22645	22970
Nova Olinda do Norte (AM)	30696	31232	31749	33829	34498	35156	35800	36431	36721	37378	38221	39197	39941	40686	41440
Novo Airão (AM)	14723	15113	15489	16719	17199	17671	18133	18586	18974	19454	20168	20698	21225	21752	22277
Novo Aripuanã (AM)	21451	21784	22106	23486	23905	24315	24718	25112	25237	25644	26147	26798	27261	27725	28197
Parintins (AM)	102033	102946	103828	109225	110411	111575	112716	113832	113168	114273	115806	118115	119458	120805	122176
Pauini (AM)	18166	18249	18329	19149	19265	19378	19488	19597	19329	19426	19596	19741	19878	20010	20139
Presidente Figueiredo (AM)	27175	27926	28652	30978	31903	32812	33703	34574	35352	36279	37640	38663	39684	40702	41718
Rio Preto da Eva (AM)	25719	26344	26948	28999	29771	30530	31274	32001	32577	33347	34520	35368	36211	37051	37889
Santa Isabel do Rio Negro (AM)	18146	18729	19292	20986	21702	22404	23092	23765	24436	25156	26173	26970	27766	28561	29356
Santo Antônio do Içá (AM)	24481	24689	24890	24327	24005	23688	23378	23075	21966	21602	21265	20562	20203	19806	19391
São Gabriel da Cachoeira (AM)	37896	38507	39097	41575	42342	43094	43831	44553	44816	45564	46482	47659	48508	49357	50219
São Paulo de Olivença (AM)	31422	32060	32677	34963	35757	36536	37300	38047	38515	39299	40566	41424	42277	43233	44118
São Sebastião do Uatumã (AM)	10705	10978	11241	12115	12451	12781	13105	13421	13685	14020	14524	14894	15262	15629	15995
Silves (AM)	8444	8495	8544	8946	9014	9081	9147	9211	9110	9171	9266	9349	9429	9506	9582
Tabatinga (AM)	52272	53374	54440	58314	59684	61028	62346	63635	64488	65844	68006	69491	70967	72606	74133
Tapauá (AM)	19077	18010	17903	18383	18266	18152	18039	17930	17299	17156	17019	17001	16845	16689	16534
Tefé (AM)	61453	61223	61000	62885	62662	62444	62230	62021	60154	59849	59770	59386	58778	58587	58316
Tonantins (AM)	17079	17200	17316	18162	18322	18478	18632	18782	18610	18755	18970	19317	19499	19682	19870
Uarini (AM)	11891	12017	12139	12801	12963	13121	13276	13428	13387	13540	13743	14036	14212	14392	14578

Urucará (AM)	17094	16996	16902	17367	17264	17163	17065	16968	16383	16256	16190	16037	15819	15719	15599
Urucurituba (AM)	17837	18265	18679	20091	20621	21140	21650	22148	22537	23065	23871	24451	25028	25603	26176
Amazonas	3483985	3538387	3590985	3807921	3873743	3938336	4001667	4063614	4080611	4144597	4230112	4326625	4399479	4473225	4547731

Fonte: Adaptado de IBGE (2020).

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 1 - População Estimada e Projetada dos Distritos e Povoadas

Localidade	Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Vila Alterosa	Santo Antônio do Içá	1683	1697	1711	1672	1650	1628	1607	1586	1510	1485	1462	1414	1389	1362	1333
Araras	Caapiranga	1051	1067	1082	1150	1170	1189	1209	1228	1233	1253	1277	1308	1331	1353	1376
Augusto Montenegro	Urucurituba	925	947	969	1042	1069	1096	1123	1149	1169	1196	1238	1268	1298	1328	1357
Auxiliadora	Humaitá	579	590	602	643	658	672	685	699	707	721	744	760	775	792	808
Axinim	Borba	820	831	842	893	907	922	935	949	951	965	983	1006	1022	1038	1055
Belém do Solimões	Tabatinga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2564	2662	2734	2818	2881	2948
Belo Monte	Tapauá	812	767	762	782	777	773	768	763	736	730	724	724	717	710	704
Betânia	Santo Antônio do Içá	2715	2738	2760	2698	2662	2627	2593	2559	2436	2396	2358	2280	2241	2196	2151
Caburi	Parintins	2043	2061	2079	2187	2211	2234	2257	2279	2266	2288	2319	2365	2392	2419	2446
Caiambé	Tefé	1810	1803	1797	1852	1846	1839	1833	1827	1772	1763	1760	1749	1731	1726	1718
Camaruã	Tapauá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1020	1040	1070	1093	1095	1077
Campinas	Manacapuru	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1060	1041	1047	1048	1053	1069
Carvoeiro	Barcelos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	563	570	578	586	593	600
Castanho	Careiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	257876	262190	268056	271816	275704	279597
Vila Caviana	Beruri	1056	1079	1102	1182	1211	1239	1267	1294	1313	1342	1387	1418	1450	1481	1514

Cucuí	São Gabriel da Cachoeira	438	445	452	481	489	498	507	515	518	527	537	551	561	570	580
Estirão do Equador	Atalaia do Norte	433	444	455	491	505	518	531	544	555	569	590	605	620	635	651
Feijoal	Benjamin Constant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2468	2527	2573	2624	2666	2719
Iauaretê	São Gabriel da Cachoeira	2058	2091	2123	2258	2299	2340	2380	2420	2434	2474	2524	2588	2634	2680	2727
Ipiranga	Santo Antônio do Içá	489	493	497	486	479	473	467	461	439	431	425	411	404	396	387
Vila do Itapuru	Beruri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2165	2354	2554	2760	2986	3229
Limoeiro	Ipixuna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16820	16796	16778	16730	16669	16685
Vila do Lindóia	Itacoatiara	1289	1306	1322	1399	1421	1442	1462	1482	1484	1504	1530	1565	1589	1613	1637
Santo Antônio do Matupí	Manicoré	3649	3703	3754	3984	4051	4117	4182	4246	4261	4327	4408	4515	4590	4665	4741
Moura	Barcelos	415	417	419	437	440	443	445	448	442	444	448	451	454	457	460
Murituba	Codajás	574	585	595	636	649	662	675	688	695	708	730	745	759	776	791
Novo Céu	Autazes	1476	1503	1530	1633	1667	1701	1734	1766	1784	1817	1873	1910	1952	1990	2029
Novo Remanso	Itacoatiara	3439	3484	3527	3734	3790	3846	3901	3954	3958	4013	4083	4177	4240	4303	4367
Palmeiras do Javari	Atalaia do Norte	266	273	280	301	310	318	326	334	341	350	362	372	381	390	400
Parauá	Careiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5428	5468	5618	5703	5750	5813
Pedras	Barreirinha	983	996	1009	1069	1085	1102	1118	1133	1135	1151	1172	1199	1218	1236	1255
Sacambu	Manacapuru	945	955	965	1019	1032	1045	1058	1071	1068	1081	1098	1121	1136	1151	1166
Santa Rita	São Paulo de Olivença	1250	1275	1300	1391	1422	1453	1484	1514	1532	1563	1614	1648	1682	1720	1755
Santana	Saão Sebastião do Uatumã	825	846	866	934	960	985	1010	1034	1055	1080	1119	1148	1176	1205	1233
Sucunduri	Apuí	765	779	792	844	861	877	893	909	917	933	955	979	998	1017	1036
Tuiué	Manacapuru	579	585	592	624	632	640	648	656	654	662	672	687	696	705	714
Vila Amazônia	Parintins	2135	2154	2173	2285	2310	2335	2359	2382	2368	2391	2423	2472	2500	2528	2556
Vila Bitencourt	Japurá	492	496	500	409	376	344	313	282	219	185	205	191	199	193	195
Vila Urucurituba	Autazes	817	832	847	904	923	942	960	978	987	1006	1037	1057	1080	1102	1123

Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

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

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
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
Feijoal	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
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

Fonte: Autor, 2020

APÊNDICE I – 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.

Tabela 1 - PIB municipal em Reais (R\$)

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
Anamã	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
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
Maraã	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
Tapauá	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
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

Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

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

Tabela 1 - 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
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

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

Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

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

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\$)

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	1.356,66	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	4,62	5,03	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	3.777,21	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	4,44	5,38	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
Irاندуба	7,51	9,25	9,12	10,82	1.170,24	1.365,02	1.338,27	1.485,79	1.856,94	2.091,27	2.309,56	2.505,49	2.710,96	2.909,63	3.438,59
Itacoatiara	9,78	12,77	14,72	15,28	1.662,29	1.814,34	1.920,27	1.981,71	2.552,13	2.876,92	3.180,48	3.453,40	3.740,80	4.019,42	4.804,23
Itamarati	5,35	6,69	7,22	8,91	925,97	969,92	1.039,28	1.153,69	1.494,45	1.715,96	1.931,89	2.158,80	2.397,23	2.621,69	3.222,25
Itapiranga	9,99	11,82	10,65	7,85	908,64	899,27	1.131,75	1.178,92	1.470,94	1.667,44	1.853,01	2.020,10	2.198,48	2.372,82	2.542,85
Japurá	4,45	6,06	6,16	8,38	1.038,80	1.181,49	1.278,33	1.473,57	2.610,67	3.552,81	3.548,02	3.499,67	4.979,14	5.268,45	5.449,29
Juruá	4,51	5,47	6,87	6,81	662,40	685,12	661,38	714,58	890,62	989,35	1.070,22	1.154,74	1.234,59	1.310,18	1.547,36
Jutaí	4,99	6,20	7,52	10,37	1.073,29	1.186,20	1.222,03	1.379,42	1.889,70	2.224,26	2.579,44	2.962,15	3.373,91	3.815,57	4.856,53
Lábrea	5,45	6,43	8,16	9,15	868,48	903,68	1.018,97	1.103,30	1.349,76	1.516,59	1.668,93	1.808,14	1.951,52	2.089,40	2.492,49
Manacapuru	7,60	10,33	9,81	13,40	1.359,64	1.502,26	1.381,37	1.581,14	2.006,22	2.264,35	2.506,68	2.724,07	2.955,98	3.180,97	3.398,95
Manaquiri	5,47	7,46	6,47	6,87	752,52	814,98	853,32	780,63	1.034,74	1.146,15	1.236,73	1.330,64	1.418,83	1.501,83	1.755,19
Manaus	27,84	30,30	29,84	32,20	3.337,07	3.259,78	3.353,45	3.436,27	4.622,32	5.096,46	5.610,69	5.052,18	7.317,36	7.290,18	7.553,49
Manicoré	5,35	6,92	7,75	7,81	880,29	928,14	883,82	906,53	1.244,64	1.407,74	1.530,57	1.375,37	1.990,61	2.019,70	2.078,15
Maraã	3,71	4,67	4,87	5,29	640,96	665,79	763,84	832,57	1.052,75	1.201,67	1.344,57	1.487,56	1.629,86	1.771,40	2.155,20
Maués	5,20	5,68	5,50	6,26	661,83	635,10	672,21	737,64	917,58	1.029,30	1.131,29	1.224,45	1.320,48	1.412,80	1.501,36
Nhamundá	3,81	4,66	5,70	6,52	603,23	605,26	657,61	679,78	876,74	988,52	1.093,15	1.186,93	1.286,54	1.382,97	1.677,94
Nova Olinda do Norte	4,19	5,42	4,79	4,67	544,29	557,35	593,08	642,73	799,74	897,99	987,77	1.069,84	1.154,49	1.235,95	1.483,21
Novo Airão	5,02	4,84	4,98	5,54	653,86	662,31	696,64	707,68	899,95	1.002,56	1.087,21	1.176,31	1.260,96	1.341,52	1.609,56
Novo Aripuanã	3,64	5,33	4,96	5,97	625,17	647,08	688,75	728,84	922,74	1.037,74	1.144,64	1.240,45	1.340,74	1.437,55	1.727,85
Parintins	5,67	7,48	7,82	9,25	883,79	850,57	911,44	959,39	1.283,10	1.426,34	1.582,31	1.489,15	2.107,67	2.091,92	2.202,67
Pauini	4,22	5,41	5,32	5,64	708,84	717,62	731,17	769,08	1.051,79	1.174,21	1.308,36	1.203,17	1.754,25	1.775,38	1.858,02
Presidente Figueiredo	11,57	20,02	20,61	23,31	2.077,64	2.319,90	1.623,87	1.286,57	2.349,57	2.669,32	2.951,33	2.363,06	3.896,82	3.748,72	3.446,66
Rio Preto da Eva	7,54	10,20	11,81	11,25	1.245,83	1.454,90	1.428,85	1.199,41	1.786,06	2.002,98	2.183,23	1.910,33	2.814,65	2.821,84	2.799,39

Santa Isabel do Rio Negro	3,60	4,67	4,47	4,99	567,78	693,24	551,45	515,98	760,26	841,78	912,10	783,73	1.181,08	1.178,12	1.112,90
Santo Antônio do Içá	3,41	3,98	4,33	5,19	608,67	631,16	699,96	747,75	1.010,15	1.173,45	1.340,32	1.539,22	1.722,33	1.915,55	2.406,06
São Gabriel da Cachoeira	4,29	4,72	4,80	5,21	607,52	617,10	648,01	703,71	881,49	990,75	1.092,19	1.183,06	1.278,03	1.369,61	1.651,39
São Paulo de Olivença	3,47	4,04	4,38	4,94	533,80	530,41	553,12	618,62	757,95	848,97	925,04	1.006,18	1.084,07	1.156,02	1.226,80
São Sebastião do Uatumã	3,98	5,04	5,38	6,10	676,33	662,15	712,73	756,68	937,34	1.045,55	1.135,04	1.229,35	1.319,09	1.404,62	1.688,67
Silves	5,73	7,31	7,30	9,38	828,70	1.156,28	1.085,14	1.045,37	1.446,62	1.641,53	1.826,79	2.010,47	2.191,61	2.370,15	2.709,09
Tabatinga	4,54	5,51	5,06	5,61	614,28	627,52	679,57	725,60	899,02	1.006,56	1.096,32	1.191,86	1.283,45	1.368,12	1.634,72
Tapauá	4,42	7,89	7,18	8,30	1.038,95	1.108,62	1.197,33	1.889,67	2.084,14	2.406,00	2.983,21	3.192,26	3.544,79	4.225,41	4.459,66
Tefé	5,70	8,82	9,15	8,59	1.134,65	1.138,58	1.056,03	1.200,88	1.657,12	1.911,75	2.159,75	1.976,24	2.980,48	3.043,18	3.207,02
Tonantins	3,43	4,45	4,72	5,49	585,04	620,66	636,86	659,10	870,75	986,58	1.096,35	1.195,28	1.301,50	1.405,62	1.687,47
Uarini	6,61	6,24	7,21	8,29	936,93	997,11	1.298,47	1.388,15	1.669,12	1.887,96	2.094,38	2.280,31	2.478,88	2.671,88	2.859,15
Urucará	5,97	15,43	13,47	14,78	1.751,08	1.807,38	1.745,56	1.756,60	2.584,35	2.987,39	3.382,36	3.121,88	4.698,01	4.828,88	5.093,65
Urucurituba	4,13	4,68	5,30	5,48	579,08	538,87	573,84	645,08	782,28	873,38	948,98	1.028,91	1.105,15	1.178,00	1.247,69

Fonte: Autor, 2020.

APÊNDICE J – 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 1 - Renda *per capita* (R\$) dos municípios amazonenses

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	211,1	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	193,4	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	347,2	1,381	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	200,4	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
Iranduba	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	248,6	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
Jutaí	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	1,011	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	244,3	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	338,4	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

Fonte: Adaptado de IBGE, 2020.

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.

Tabela 2 - Renda *per capita* (R\$) dos SISOL amazonenses

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
Feijoa	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
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
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

Fonte: Autor, 2020.

APÊNDICE K - 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 1 - IDH dos SISOL amazonenses

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
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
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

Fonte: IBGE, 2020.

APÊNDICE L – 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 1 - Consumo Elétrico *per capita* (kW) dos SISOL amazonenses

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
Anamá	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
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
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

Fonte: Autor, 2020.

APÊNDICE M – 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 1 - Geração de RSU *per capita* estimada por cada modelo

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

Fonte: Autor, 2020.

APÊNDICE N – 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 1 - 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

Feijoa	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
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
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

Caburi	Média Alta	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Caiambé	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta
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	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta
Codajás	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Cucuí	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	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
Feijoal	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	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta
Iauaretê	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	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	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	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

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	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta
Tabatinga	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta
Tapauá	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa	Média Baixa
Tefé	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta
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	Média Alta	Média Alta	Média Alta	Média Alta	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

Fonte: Autor, 2020.

APÊNDICE P – 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
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
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

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	LIMOEIRO	-	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	LINDÓIA	-	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	MARÁ	-	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 OLÍNDIA 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 ARIPUANÃ	-	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	23.925	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

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 Olivenca	0,86
Silves	0,97
Tonantins	0,77
Urucará	0,37
Urucurituba	1,17

Fonte: SNIS, 2018.