

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP**

**THALITA CANO DE OLIVEIRA**

**Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: O caso da poda urbana. Uma revisão.**

**São Paulo - SP**

**2017**

**THALITA CANO DE OLIVEIRA**

**Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: O caso da poda urbana. Uma revisão.**

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

Orientador: Prof. Dr. Javier  
Farago Escobar

São Paulo - SP

2017

#### Catálogo-na-publicação

Oliveira, Thalita Cano de

Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: O caso da poda urbana. Uma  
revisão. / T. C. Oliveira -- São Paulo, 2017.  
61 p.

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

1.Resíduos Sólidos Urbanos 2.Podas Urbanas 3.Biomassa  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de  
Educação Continuada em Engenharia II.t.

# **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

THALITA CANO DE OLIVEIRA

## **Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: O caso da poda urbana. Uma revisão.**

Monografia apresentada ao  
Programa de Educação  
Continuada da Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de  
Especialista em Energias  
Renováveis, Geração Distribuída  
e Eficiência Energética.  
Apresentado na data: 05/12/2017

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Javier Farago Escobar (Orientador) - APROVADO

---

Prof. Dr. Jose Roberto Simões Moreira - APROVADO

---

Prof. Dra. Suani Texeira Coelho - APROVADO

São Paulo - SP

2017

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Valter e Magali, pelo companheirismo e apoio incondicional em todos os momentos difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Javier Farago Escobar pelo apoio, dedicação e pela assistência no tempo que lhe coube nas correções e incentivos.

Ao PECE, seu corpo docente, direção e administração pela oportunidade de realizar o curso.

## RESUMO

Oliveira, T. C. **Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: O caso da poda urbana. Uma revisão**. 2017 60p. Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) – PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico dos resíduos de podas, existentes até o momento, averigou-se a inexistência de uma legislação específica para o manuseio de resíduos de podas urbana, tendo sua disposição de forma inadequada sendo muitas vezes submetido em aterros ou lixões. Existe atualmente, diversas tecnologias para o aproveitamento do mesmo como: pequenos objetos de madeira - POMs, composto orgânico (utilizar o adubo orgânico em ambientes públicos – praças, escolas, canteiro centrais), já no contexto energético temos: aproveitamento extrusão, briquetagem, peletização e a queima direta (queima em caldeiras). Ressaltando a matriz energética atualmente a lenha, representa uma expectativa potencial em um futuro próximo com essas tecnologias.

Palavras-chave: Resíduos de Podas Urbanas, Biomassa, Aproveitamento Energético.

## **ABSTRACT**

Oliveira, T. C. **Urban Solid Waste in Brazil: The case of urban pruning. A review.** 2017 60p. Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) – PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

The purpose of this research was to carry out a bibliographic survey of pruning residues, so far, it were verified that there is no specific legislation for the handling of urban pruning waste, its disposal being inappropriately disposed of in landfills or dumps. There are currently several technologies for the use of the same: small wooden object, organic compost (use organic fertilizer in public environments - squares, schools, central flowerbeds), in the energy context: exploitation extrusion, briquetting, pelletizing and direct burning (burning in boilers). Underscoring the current energy matrix of wood, it represents a potential expectation in the near future with these technologies.

**Keywords:** Tree pruning waste, Biomass, Energy use.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Participação das regiões do país no total de RSU coletado. ....	18
Figura 2 - Quantidade de Resíduos Gerada por Região e sua respectiva destinação .....	28
Figura 3 - Quantidade de resíduos de poda urbana (toneladas/ano) por estado nos anos de 2007 e 2008.....	29
Figura 4 - Destinação dos resíduos de poda no Brasil.....	30
Figura 5 - Exemplo de sistema de compostagem com leiras estáticas aeradas. ....	37
Figura 6 - Processos de conversão energética de biomassa. ....	38
Figura 7 - Oferta interna de energia em 2015. ....	39
Figura 8 - Variáveis durante o adensamento de biomassa. ....	40
Figura 9 - Extrusora de parafuso sem fim. ....	41
Figura 10 - Briquetagem por pistonamento. ....	42
Figura 11 - Prensa de rolos. ....	42
Figura 12 - Peletizadora vertical.....	43
Figura 13 - Matriz do tipo plana.....	44
Figura 14 - Comparação de briquetes e pellets.....	45
Figura 15 - Beneficiamento dos resíduos de podas. ....	50
Figura 16 - Leiras com revolvimento manual.....	52
Figura 17 - Leiras estáticas aeradas. ....	52
Figura 18 - Ciclo Rankine da central termoelétrica proposta.....	53
Figura 19 - Brasil. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014. ....	54



## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 - Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada.....	15
Tabela 2 - Cronologia das legislações sobre os resíduos sólidos no Brasil. ....	22

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COMCAP	Companhia Melhoramentos da Capital
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAMPA	Programa de Aproveitamento de Madeira de Podas de Árvores
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
POMs	Pequenos Objetos de Madeira
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMSUR	Secretaria Municipal de Serviços Urbanos
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
Tep	Tonelada equivalente de petróleo

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) .....	14
2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	18
3. A LEGISLAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO NO BRASIL. ....	21
4. PODAS URBANAS NO BRASIL. ....	26
4.1 LEGISLAÇÃO APLICADA AOS RESÍDUOS DE PODAS .....	30
4.2 VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PODA NO BRASIL. ....	33
4.2.1 APROVEITAMENTO NÃO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORE. ....	33
4.2.1.1 COMPOSIÇÃO DE PEQUENOS OBJETOS DE MADEIRA (POMs) .....	34
4.2.1.2 COMPOSTAGEM (DIGESTÃO AERÓBIA) .....	35
4.2.2 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORE .....	38
4.2.2.1 PROCESSOS FÍSICOS .....	39
4.2.2.1.1 EXTRUSÃO .....	41
4.2.2.1.2 BRIQUETAGEM .....	41
4.2.2.1.3 PELETIZAÇÃO .....	43
4.2.2.2 PROCESSOS TERMOQUÍMICOS .....	45
4.2.2.3 PROCESSO BIOLÓGICO.....	47
4.2.2.3.1 DIGESTÃO ANAERÓBIA .....	47
4.3 ESTUDOS DE CASOS DE PODAS URBANAS JÁ EXISTENTES.....	48
5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto moderno, os resíduos sólidos são abordados frequentemente pela forma exponencial do crescimento dos impactos negativos ao meio ambiente. Com o desenvolvimento urbano e o crescimento econômico, novos padrões de produção e consumo se estabeleceram, enfraquecendo o meio ambiente e assim, evidenciando a magnitude de refletir as práticas de consumo da sociedade na esfera ambiental, ecológica e social. Esta demanda por boas práticas e pelo manuseio dos resíduos sólidos, tem se transformando indispensável o equilíbrio ecológico e o bem-estar dos seres vivos devido à destinação inadequada dos resíduos sólidos.

Baseado no relatório da ABRELPE em parceria com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil no ano de 2016 é de 71 milhões t/ano, ou seja, coletados 195 mil t/dia, com a seguinte destinação final: 58,4% em aterros sanitários, 24,2% em aterros controlados e 17,4% em lixões.

A destinação de resíduos sólidos urbanos é um desafio para a gestão pública no Brasil, tanto pelos impactos ambientais, como pelo esgotamento dos aterros próximos aos centros de consumo. Nesse contexto a nova Política Nacional Resíduos Sólidos Urbanos – PNRS, Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, o Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (PMSP, 2010), tem como objetivo instituir a gestão de resíduos sólidos com ordem de prioridade para não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final adequada dos rejeitos, procurando vem estabelecer os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

As responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis, a lei tem o foco de ampliar, a mudança comportamental da sociedade e o comprometimento dos órgãos administrativos.

O poder público tem a obrigação de contribuir no enfrentamento das questões ambientais, buscando estratégias inovadoras que repensem os atuais padrões de produção e consumo, inserindo componentes sociais e ambientais. Diante dessa necessidade, as instituições públicas têm sido motivadas a implementar iniciativas específicas e desenvolver projetos que promovam a adoção de uma política de Responsabilidade Socioambiental do setor público, a chamada Agenda Ambiental na Administração Pública, A3P<sup>1</sup>.

A poda de árvores, que é uma prática de remoção de galhos feita para aumentar a vitalidade destas ou para evitar problemas de segurança causados pelo crescimento exagerado dos galhos, gera um resíduo de destinação complicada, sendo que nas cidades a mais comum é o descarte em aterros sanitários, aterros controlados e lixões, conforme discurrido na monografia.

O presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico demonstrando a importância da Política Nacional de Resíduos Sólidos para os resíduos de podas urbanas e a sua destinação final embasados com modelos acadêmicos já existentes.

---

<sup>1</sup> **A3P**: um programa do Ministério do Meio Ambiente criado como resposta da administração pública à necessidade de enfrentamento das graves questões ambientais.

## **2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)**

Uma das principais preocupações relacionada à produção de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, em âmbito mundial está voltada para as causas que esses resíduos podem ter sobre a saúde humana e sobre a qualidade do meio ambiente (solo, água, ar e paisagens). Os resíduos, tanto em termos de composição como de volume, variam em função do consumo e dos métodos de produção (SANTOS, 2011).

Embasado na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), os: “Resíduos sólidos são resíduos em estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

De acordo, na organização mundial de saúde (OMS), caracteriza-se os resíduos sólidos como qualquer coisa que o proprietário não quer mais, em certo local e em certo momento, e que não apresenta valor comercial, corrente ou percebido.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES,2012), é notória a dificuldade dos municípios brasileiros para a destinação adequada dos seus resíduos sólidos, com um quadro especialmente mais grave nos municípios de pequeno porte. Sendo necessário a gestão, gerenciamento e destinação final dos RSU.

Para Lima (2002), o conceito de gestão de resíduos sólidos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas com relação aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais, enfim à organização do setor para esse fim, envolve políticas, instrumentos e meios.

Já o termo gerenciamento de resíduos sólidos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho: produtividade e qualidade, por exemplo, e relaciona-se à preservação, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos. (LIMA,2002)

Em relação à destinação final, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008 (IBGE, 2010), revelou que de 1989 a 2008 houve um crescimento considerável do percentual de municípios que destinavam seus resíduos.

A seguir são evidenciadas formas de descartes dos RSU nos municípios, são eles:

- Aterros sanitários: É um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente, lixo domiciliar que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinação segura em termos de controle de poluição ambiental, proteção à saúde pública; ou, forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através de confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente, solo, de acordo com normas operacionais específicas, e de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais (D' ALMEIDA & VILHENA, 2000);

- Aterros controlados: É uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho (AMBIENTE BRASIL, 2008);

- Lixão: Caracteriza-se pela simples descarga dos resíduos a céu aberto, sem qualquer preocupação ambiental quanto ao local em que a descarga é realizada; com o escoamento de líquidos formados, percolados. Podem contaminar as águas superficiais e subterrâneas, e contaminar a atmosfera com a liberação de gases, principalmente o metano combustível. (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008)

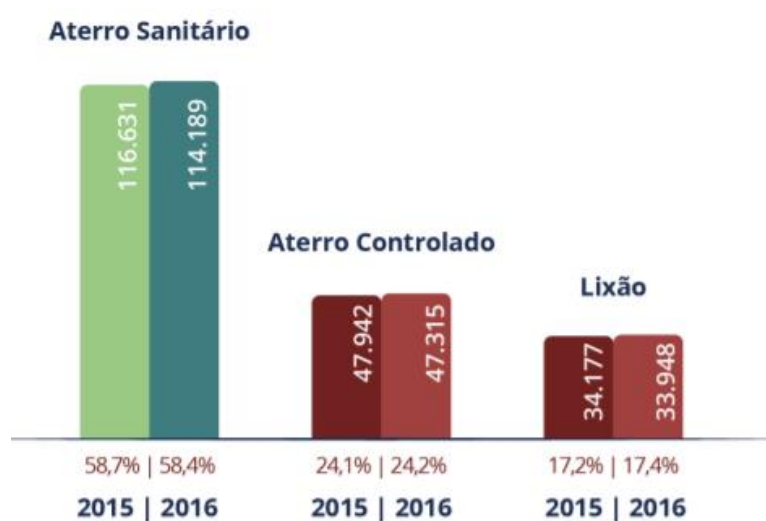
Pode-se observar na tabela 1, que no ano de 2015 e 2016 a disposição de resíduos sólidos foram relativamente parecidas por tipo de disposição.

**Tabela 1 - Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada.**

Disposição Final	Brasil 2015	2016 - Regiões e Brasil					
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Aterro Sanitário	2.244	92	458	161	822	706	2.239
Aterro Controlado	1.774	112	500	148	644	368	1.772
Lixão	1.552	246	836	158	202	117	1.559
Brasil	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE.

A disposição final dos RSU, de acordo com ABRALPE (2016), coletados demonstrou piora comparado ao índice do ano anterior, de 58,7%, para 58,4% ou 41,7 milhões de toneladas enviadas para aterros sanitários, exposto no gráfico 1. O caminho da disposição inadequada continuou sendo trilhado por 3.331 municípios brasileiros, que enviaram mais de 29,7 milhões de toneladas de resíduos, correspondentes a 41,6% do coletado em 2016, para lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.



**Gráfico 1 - DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL POR TIPO DE DESTINAÇÃO (T/DIA).**  
 Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE.



**Gráfico 2 - DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU COLETADOS NO BRASIL (T/ANO).**  
 Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE.

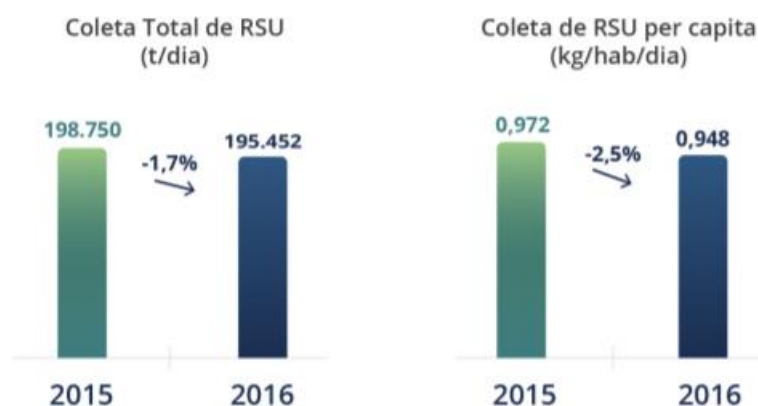


Baseado nos dados elaborados pela ABRALPE (2016), a população brasileira apresentou um crescimento de 0,8% entre 2015 e 2016, enquanto a geração per capita de RSU registrou queda quase 3% no mesmo período. A geração total de resíduos sofreu queda de 2,9% e chegou a 214.405 t/dia de RSU gerados no país, como descrito no gráfico 3, abaixo:



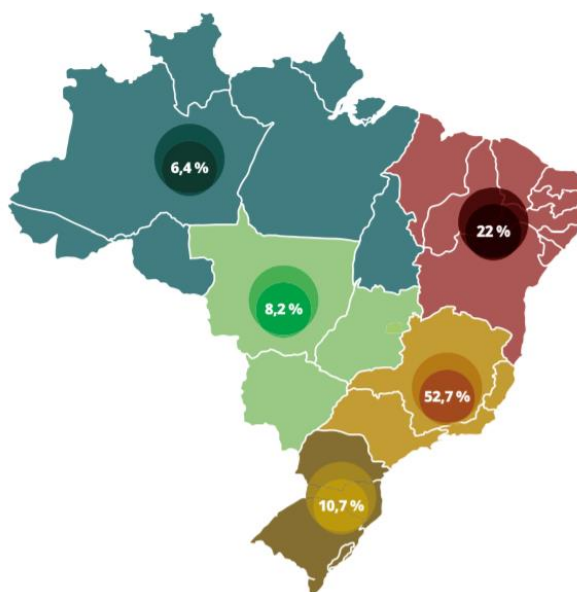
**Gráfico 3 - GERAÇÃO DE RSU NO BRASIL.**  
Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE.

Os números referentes à geração de RSU revelam um total anual de quase 78,3 milhões de toneladas no país, resultante de uma queda de 2,9% no montante gerado em relação à 2015. O montante coletado, vide no gráfico 4 a seguir, em 2016 foi de 71,3 milhões de toneladas, o que registrou um índice de cobertura de coleta de 91% para o país, pequeno avanço comparado ao ano anterior, e que evidencia que 7 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, consequentemente, tiveram destino impróprio. (ABRALPE,2016)



**Gráfico 4 - COLETA DE RSU NO BRASIL.**  
Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE.

Como demonstrado no gráfico 3, a quantidade de RSU coletados no país expôs índices negativos condizentes com a queda na geração de RSU, tanto no total quanto no per capita e na comparação com o ano anterior. No entanto, a cobertura de coleta, como podemos observar na figura 1 abaixo, nas regiões e no Brasil apresentou ligeiro avanço e a região Sudeste continua respondendo por cerca de 52,7% do total e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país. (ABRALPE,2016)



**Figura 1 - Participação das regiões do país no total de RSU coletado.**

Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE.

Observa-se na figura 1, que a região Norte sendo a região com menor índice de RSU coletado cerca de 6,4%, enquanto a região Sudeste lidera com 52,7% muitas vezes os RSU são gerados devido as grandes metrópoles não priorizar os descartes desses resíduos que em sua maioria poderia ser utilizado como matéria-prima para outros fins. Na região Nordeste, SUL e CENTRO-OESTE, 22%, 10,7% e 8,2% respectivamente, ficam na faixa intermediária.

## **2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

Os resíduos sólidos são mais usualmente apontados, quanto a capacidade de degradação do meio ambiente e quanto à natureza ou primórdio.

Baseado na NBR 10.004 da ABNT, podem ser classificados em:

1. Classe I ou perigosos

São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

## 2. Classe II ou não-inertes

São os resíduos que podem apresentar características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas outras classificações de resíduos.

## 3. Classe III ou inertes

Aqueles devido a características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente. Quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10.007, e submetidos a teste de solubilização segundo a NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade, a origem do resíduo é o principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos. Segundo este critério, temos:

- *Lixo doméstico ou residencial;*
- *Lixo comercial;*
- *Lixo público;*
- *Lixo domiciliar especial;*
- *Entulho de obras;*
- *Pilhas e Baterias;*
- *Lâmpadas Fluorescentes;*
- *Pneus;*
- *Lixo de fontes especiais:* São resíduos que, em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. São eles: *lixo industrial, lixo radioativo, lixo de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários e lixo agrícola;*

- *Resíduos de serviços de saúde:* Segundo a NBR 12.808 da ABNT, compreendendo todos os resíduos gerados nas instituições destinadas à preservação da saúde da população.

### **3. A LEGISLAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO NO BRASIL.**

A primeira lei brasileira que trata dos resíduos sólidos foi a Lei Federal de n.º 2.312, noticiada em 1954, cujo Artigo 12 diz: “a coleta, o transporte, e o destino final do lixo, deverão processar-se em condições que não tragam inconvenientes à saúde e ao bem-estar públicos”. Em 1961, por ocasião da publicação do Código Nacional de Saúde, essa diretriz foi reafirmada pelo Artigo 40 do Decreto 49.974-A (VALADARES, 2009).

Em 1979, o Ministério do Interior – MINTER, baixou a Portaria MINTER n.º 53, que dispunha sobre o controle dos resíduos sólidos provenientes das atividades humanas, como forma de prevenir a poluição do solo, do ar e das águas. Essa Portaria estabelece que os resíduos sólidos de natureza tóxica, os que contêm substâncias inflamáveis, corrosivas, explosivas, radioativas e outras consideradas prejudiciais, devem passar por tratamento, no próprio local de geração e nas condições estabelecidas pelo órgão estadual de controle da poluição e de preservação ambiental (VALADARES, 2009).

Em meados do ano 1981, a Lei Federal n.º 6.938 estabeleceu que a Política Nacional do Meio Ambiente, e o Artigo 2.º, inciso I, estabelece que “é responsabilidade do Poder Público a manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo” (VALADARES, 2009).

Porém, o grande marco histórico da gestão ambiental no Brasil foi à lei que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos que lança uma visão moderna na luta contra um dos maiores problemas do Planeta: o lixo urbano. Tendo como princípio a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e população, a nova legislação impulsiona o retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obriga o poder público a realizar planos para o gerenciamento do lixo. (CEMPRE, 2010)

No entanto a lei em vigência está sendo estendida desde 2009, no qual a partir de 2014 não existiria mais lixões infelizmente não está em vigor, porém a lei apresenta uma solução para o descarte do mesmo e deveria cumprir o prazo da proposta da lei

e os municípios que não se adequasse aplicava-se uma multa ou alguma forma de punição.

Entre as novidades, a lei consagra o viés social da reciclagem, com participação formal dos catadores organizados em cooperativas. Promulgada no dia 2 de agosto de 2010, após amplo debate entre o governo, universidades, setor produtivo e entidades civis, a Política Nacional promoverá mudanças no cenário dos resíduos (CEMPRE, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, estabelece definições, princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, e incluindo as metas e delegando responsabilidades aos geradores, ao poder público e aos demais instrumentos econômicos passíveis de geração de resíduos. (BRASIL, 2010)

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), (BRASIL, 2011) elaborou a evolução histórica das legislações sobre os resíduos sólidos (Tabela 2):

Tabela 2: Cronologia das legislações sobre os resíduos sólidos no Brasil.

**Tabela 2 - Cronologia das legislações sobre os resíduos sólidos no Brasil.**

1991	Projeto de Lei 203 dispõe a propósito da disposição, coleta, tratamento, transporte e destinação dos resíduos de serviços de saúde.
30/06/1999	Proposição CONAMA 259 intitulada Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos. Aprovada pelo Plenário do Conselho, embora não chegou a ser divulgada.
2001	A Câmara dos Deputados cria e implementa Comissão Especial da Política Nacional de Resíduos com a finalidade de apreciar as matérias contempladas nos projetos de lei apensados ao Projeto de Lei (PL) 203/91 e formular uma proposta substitutiva global. Realizado em Brasília o 1º Congresso Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis, com 1.600 congressistas, entre catadores, técnicos e agentes sociais de 17 estados.
2002	Resolução CONAMA 307/20025- estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Nesta resolução consta que o gerador deve ser o responsável pelo gerenciamento desses resíduos, devendo segregar e encaminhar para reciclagem e disposição final adequada. As áreas destinadas para a disposição final deverão passar pelo processo de licenciamento ambiental e serão fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes

2003	<p>Em janeiro foi realizado, em Caxias do Sul, o I Congresso Latino-Americano de Catadores, que sugere formação profissional, erradicação dos lixões, responsabilização dos geradores de resíduos.</p> <p>O presidente Lula cria Grupo de Trabalho (GT) Interministerial de Saneamento Ambiental a fim de solicitar a integração das ações de saneamento ambiental, no âmbito do governo federal. GT reestrutura o setor de saneamento e resulta na criação do Programa Resíduos Sólidos Urbanos.</p>
2004	<p>O MMA promove grupos de discussões interministeriais e de Secretarias do Ministério para elaboração de sugestão para a regulamentação dos resíduos sólidos.</p> <p>Em agosto, o CONAMA realiza o seminário “Contribuições à PNRS” com objetivo de ouvir a sociedade e estabelecer nova proposta de projeto de lei, pois a Proposição CONAMA 259 estava defasada.</p>
2005	<p>Nomeado um grupo interno na Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do MMA para consolidar contribuições do Seminário CONAMA, os anteprojetos de lei existentes no Congresso Nacional e as contribuições dos diversos atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos.</p> <p>Encaminhado anteprojeto de lei de “PNRS”, discutido com Ministérios das Cidades, da Saúde, mediante sua Fundação Nacional de Saúde-Funasa, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e da Fazenda.</p> <p>Realizada II Conferência Nacional de Meio Ambiente para consolidar participação da sociedade na formulação de políticas ambientais. Um dos temas prioritários são os resíduos sólidos.</p>
2006	<p>Aprovado relatório que trata do PL 203/91 acrescido da liberação da importação de pneus usados no Brasil.</p>
2007	<p>Executivo indica, em setembro, o PL 1991. O projeto de lei da PNRS considerou o estilo de vida da sociedade contemporânea, que aliado às estratégias de <i>marketing</i> do setor produtivo, induzem a um consumo intensivo gerando uma série de impactos ambientais, à saúde pública e sociais incompatíveis com o modelo de desenvolvimento sustentado que se deseja implantar no Brasil.</p> <p>O PL 1991/2007 proporciona forte inter-relação com outros instrumentos legais na esfera federal, tais como a Lei de Saneamento Básico (Lei nº11.445/2007) e a Lei dos Consórcios Públicos (Lei nº11.107/1995), e seu Decreto regulamentador (Decreto nº. 6.017/2007). De igual modo está inter-relacionado com o Programa Nacional do Meio Ambiente PNMA, de Educação Ambiental, de Recursos Hídricos, de Saúde, Urbana, Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior e as que gerem inclusão social.</p>
2008	<p>Realizadas audiências públicas, com contribuição da Confederação Nacional da Indústria, da representação de setores interessados, do Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis e dos demais membros do GTRESID.</p>

2009	Em junho, uma minuta do Relatório Final foi apresentada para receber contribuições adicionais. –
2010	<p>No dia 11 de março, o plenário da Câmara dos Deputados aprovou em votação simbólica um substitutivo ao Projeto de Lei 203/91, do Senado, que institui a <b>Política Nacional de Resíduos Sólidos</b> - PNRS e impõe obrigações aos empresários, aos governos e aos cidadãos no gerenciamento dos resíduos.</p> <p>Foi analisado em quatro comissões e no dia 7 de julho foi aprovado em plenário.</p> <p>No dia 2 de agosto, o Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em cerimônia no Palácio do Itamaraty, sancionou a lei que cria a PNRS.</p> <p>No dia 3 é publicada no Diário Oficial da União a Lei nº 12.305 que institui a PNRS e dá outras providências. No dia 23 de dezembro é publicado no Diário Oficial da União o Decreto nº 7.404, que regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a PNRS, cria o Comitê Interministerial da PNRS e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.</p> <p>No dia 23 foi publicado o Decreto nº 7405, que institui o Programa Pró-Catador, denomina do Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.</p>

Fonte: BRASIL (2011- adaptada).

Dentre as principais mudanças decorrentes da Lei Nº. 12.305/2010, podemos evidenciar a elaboração de planos e metas sobre resíduos com colaboração de coletores de recicláveis, a extinção de lixões no período de 4 anos, sendo visto que não foram atingidas as metas as prefeituras passam a desempenhar o procedimento de compostagem, a necessidade de controle de despesas, a admissão de cooperativas para arrecadação e reciclagem, benefícios financeiros, publicidade educativas e coleta seletiva.

A PNRS, abrange todos os tipos de resíduos sólidos e define diretrizes, princípios e instrumentos fundamentais ao tema, como ciclo de vida do produto e logística reversa, buscando a coordenação entre produção e consumo consciente. Na PNRS foi estabelecida a responsabilidade compartilhada na destinação dos resíduos, onde cada integrante da cadeia produtiva e os órgãos governamentais possuem funções específicas no manejo e controle adequado dos resíduos sólidos. (DAS COSTAS, 2012)



A PNRS terá a sua aplicação vivenciada em conjunto com as normas do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) e do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO). Diante da discussão sobre metas para redução da geração de resíduos, no Brasil, a única meta nacional até a adoção da Lei da PNRS, havia sido estabelecida pelo Plano Nacional de Mudança Climática (Decreto Nº 6.263/2007) e refere-se ao compromisso de que até 2015 deveremos alcançar o percentual de 20% de reciclagem de resíduos. A adoção da Lei da PNRS, então, estabeleceu uma meta ambiciosa e desafiadora em seu Art. 54: “A disposição final ambientalmente adequada de rejeitos deverá ser implantada em até 4 anos”. Ou seja, projeta o fim dos “lixões” até meados de 2014. (DAS COSTAS, 2012)

A Lei da PNRS introduziu a diferenciação entre resíduos e rejeitos, reconhecendo o resíduo sólido como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania e define como rejeitos os “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e tecnicamente viáveis não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (artigo 3º, inciso XV). (DAS COSTAS, 2012)

#### **4. PODAS URBANAS NO BRASIL.**

Segundo, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (2012) a árvore urbana atua diretamente sobre o microclima, a qualidade do ar, o nível de ruídos, a paisagem, além de constituir refúgio indispensável à fauna remanescente nas cidades.

Segundo MILANO (1991), a arborização urbana como toda vegetação arbórea existente nas cidades, esta subdividida em duas partes: áreas verdes e arborização de ruas, tanto de áreas públicas quanto particulares.

Porém, para Piveta e Silva Filho (2002) a arborização urbana pode ser classificada em: arborização de parques e jardins, arborização de áreas privadas, arborização nativa e residual e arborização de ruas e avenidas. Deste modo, o conceito de arborização urbana, pode ser relacionado as áreas verdes e arborização de ruas, em áreas públicas e particulares.

A arborização é caracterizada como um dos elementos mais importantes que compõe o ecossistema urbano, que pelos benefícios que produz, deveria ser uma preocupação permanente de todo e qualquer planejamento urbano (VERAS, 1986).

A arborização urbana influencia no conforto humano no ambiente, por meio das características naturais das árvores, proporciona sombra para os pedestres e veículos, reduz a poluição sonora, melhora a qualidade do ar, diminui a amplitude térmica, proporciona abrigo para pássaros, além de promover harmonia estética, o que ameniza a diferença entre a escala humana e outros componentes arquitetônicos como prédios, muros e grandes avenidas (PIVETA E SILVA FILHO, 2002).

Os benefícios da arborização no ecossistema urbano, dependem entre outros fatores, da correta seleção das espécies, da área de cobertura de copa, da arquitetura das árvores, assim como da porcentagem de superfície pavimentada e construída (MEIRA, 2010).

Segundo BARNEWITZ (2006), a condução de árvores urbanas deve ser feita com a orientação de um profissional, devidamente habilitado. Geralmente, prefeituras ou empresas de fornecimento de energia elétrica não dispõem de técnicos especializados e, por isso, procuram resolver apenas seus problemas mais imediatos,

realizando verdadeiras mutilações nas árvores, o que gera um grande volume de resíduos.

A arborização planejada é muito importante, independente do porte do município, pois evita problemas futuros de conflitos de uso do espaço terrestre e aéreo, que levam à rejeição das árvores e à poda drástica ou remoção (PIVETTA E SILVA FILHO, 2002). O bom planejamento evita ações de remediação, adequa a vegetação ao uso do espaço urbano, o que reduz a geração futura de resíduos.

Segundo Meire (2010), os resíduos de podas, são os resíduos gerados das atividades de manejo da arborização urbana. As operações de poda e remoção da arborização urbana geram resíduos na forma de galhos, ramos, folhas, sementes, frutos e fustes.

No caso de remoção de exemplares arbóreos, CORTEZ (2011), evidência há também as raízes e o tronco. Estes resíduos podem ser classificados em folhas e galhos finos com até 8 cm de diâmetro; galhos com 8,1 a 15 cm de diâmetros; galhos com 15,1 a 25 cm de diâmetro e galhos acima de 25 cm de diâmetro.

Segundo BARATTA JUNIOR (2007), parte do material das podas de árvores, tais como os galhos mais finos e as folhas que correspondem a 60% do volume total dos resíduos verdes, podem ser destinados a compostagem, ficando o restante para outros fins como a lenha, carvão, objetos, etc.

Uma segunda designação para os resíduos de podas, foi recomendada por BIDONE (2001), ao criar o termo resíduos sólidos verdes. Para o autor, estes resíduos são os provenientes da prática de poda realizada nos perímetros urbanos e de sobras de produtos hortifrutigranjeiros, que representam uma considerável fração vegetal oriunda de parques, praças, jardins residenciais e comerciais, de vias públicas e de CEASAs.

Em conformidade com os parâmetros de riscos estabelecidos pela ABNT, os resíduos de podas ou arborização urbana, apesar do alto teor de lignina, são biodegradáveis e classificados como Classe II não inertes.

Quanto a sua composição química, trata-se de um material orgânico, no qual seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas

propriedades. São constituídos aproximadamente por 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e 1% de nitrogênio (PIVETTA E SILVA FILHO, 2002).

Embasado na resolução do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 001, de 23 de janeiro de 1986, analisa-se como impacto ambiental qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente, causada por quaisquer ações estéticas e sanitárias sob forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: "a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições do ambiente e a qualidade dos recursos naturais". (CORTEZ, 2011)

Sendo assim, os imprescindíveis impactos ambientais acarretados na destinação dos resíduos de poda em diversos modelos de disposições são os subsequentes, demonstrado na Figura 2. Segundo, Cortez (2011), o panorama brasileiro geral da geração e destinação dos resíduos de poda, constatou que em 16 municípios em todo o país, cerca de 70% descartam os resíduos de poda urbana em lixões ou aterros.

Município	UF	Quantidade	Destinação
Aracaju <sup>(a)</sup>	SE	1.778,06 t (ano de 2009)	Todo resíduo é depositado ainda no aterro sanitário.
Goiânia <sup>(b)</sup>	GO	40.000 t/ano (109 t/dia)	Aterro sanitário. Não há programa de reutilização dos resíduos de poda.
Londrina <sup>(c)</sup>	PR	180 t/dia	Não informada
Natal <sup>(d)</sup>	RN	80 t/dia (média)	Aterro licenciado, sendo que grande parte dos resíduos de poda é beneficiada pelas associações de catadores, que retiram a lenha para comercialização
Recife <sup>(e)</sup>	PE	Informação indisponível	Parte dos resíduos é triturada para ser transformada em adubo. O restante é pesado e destinado aos dois aterros privados pagos pela prefeitura.
São Bernardo do Campo <sup>(f)</sup>	SP	2.640 m <sup>3</sup> (ano de 2009)	São triturados e após a decomposição são utilizados em praças, parques e hortas comunitárias.
São José dos Campos <sup>(g)</sup>	SP	100 t/dia	Os resíduos de poda são repassados para empresa terceirizada que os utiliza para queima em caldeiras

**Figura 2 - Quantidade de Resíduos Gerada por Região e sua respectiva destinação**  
Fonte: Cortez (2011).

A Figura 3, apresenta a distribuição por estado para o ano de 2007 e 2008, quando, de acordo com SNSA participaram 55 municípios e a quantidade de poda urbana total foi de 739.715 toneladas. A diferença da quantidade total do Brasil e por estado é devido ao fato de que municípios diferentes aderiram aos Diagnósticos de 2007 e 2008. (CORTEZ,2011)

Estado	Quantidade de resíduos de poda urbana (t / ano)	
	2007 <sup>a</sup>	2008 <sup>b</sup>
AL	7.989	1.064
AM	9.075	3.906
AP	1.440	936
BA	12.698	33.625
CE	46.061	48.003
ES	2.809	4.229
GO	1.413	2.702
MA	2.425	101
MG	110.329	19.261
MS	390	4.959
PA	537	42.803
PB	2.800	29.547
PE	967	30.513
PR	355.761	5.144
RJ	4.844	14.616
RN	9.312	32.284
RO	16.259	1.964
RS	300	47.658
SE	47.659	280
SP	440	66.051
TO	1.417	37.288

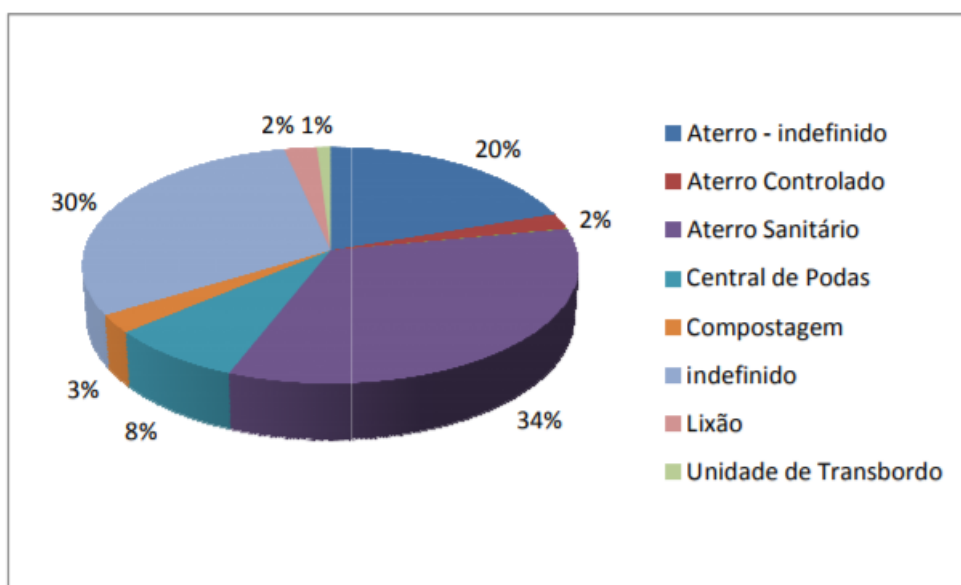
**Figura 3 - Quantidade de resíduos de poda urbana (toneladas/ano) por estado nos anos de 2007 e 2008.**

Fonte: Cortez (2011).

Os resíduos de podas gerados podem ser classificados em função da espécie que o originou, das suas dimensões, do componente do qual provém, entre outros. Isto pode ser fundamental para definir-se a destinação mais adequada para este material, uma vez que estes materiais podem ser selecionados e utilizados para fins mais nobres, ao invés de serem enviados para aterros, terrenos baldios ou outras formas de disposições inadequadas (MEIRA,2010).

Segundo CORTEZ (2011), a deposição em lixões e aterros causam impactos sobre a qualidade do ar são consequência do gás de aterro (biogás), constituído principalmente por dióxido de carbono e metano, produzido pela degradação das frações de matéria orgânica depositada nos aterros, na qual se incluem os resíduos de poda.

Sendo observado na figura 4, os resíduos de podas são remetidos para aterros são eles: 34% para aterros sanitários, 2% para controlado e 20% para aterros sem definição do tipo.



**Figura 4 - Destinação dos resíduos de poda no Brasil.**  
Fonte: Cortez (2011).

#### 4.1 LEGISLAÇÃO APLICADA AOS RESÍDUOS DE PODAS

A maior parte dos municípios brasileiros não tem sequer políticas de arborização urbana, quando mais para a destinação e o reaproveitamento dos resíduos de poda urbana (MEIRA, 2010).

Estes resíduos em na maioria dos casos são enquadrados como resíduos públicos, os quais ficam, ao encargo das Prefeituras Municipais e são regulamentados pelas leis orgânicas dos municípios ou baseados em leis estaduais ou federais. (CHALUPPE, 2013)

De acordo com MEIRE (2010), ao analisar a Política Estadual de Resíduos Sólidos no estado de São Paulo, instituída pela Lei nº 12.300 (SÃO PAULO, 2006), não há diferenciação e diretriz específica para os resíduos da arborização urbana, somente sua categorização como resíduos urbanos. A Lei cita em seu Artigo 6º, a seguinte expressão: "resíduos urbanos: os provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, de varrição, de podas e da limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana passíveis de contratação ou delegação a particular, nos termos de lei municipal".

O município de São Paulo é pioneiro no estado, ao apresentar um projeto pela Câmara de Vereadores denominado Programa de Aproveitamento de Madeira de Podas de Árvores - PAMPA, aprovado na Lei nº 14.723 de 15 de maio de 2008, e regulamentada pelo Decreto nº 51.664, de 26 de julho de 2010 (PMSP, 2008). O PAMPA procura o aproveitamento da madeira gerada pelas podas de árvores da cidade de São Paulo. Visto que a poda (galhos, ramos, folhas) ocupa grande volume, a possibilidade de trituração e compactação do material, por suas características, pode ser aproveitada para fins energéticos podendo gerar receita aos gestores destes resíduos.

Segundo CORTEZ (2011), no Estado de São Paulo - SP apresenta alguns municípios como Campinas, Santa Barbara d'Oeste e São Carlos discutem a regulamentação da destinação de resíduos de poda urbana. Destas, apenas duas atende a poda de árvores no município (Marília: Lei nº 3.991/94 e Ribeirão Preto: Lei nº 7.269/95) e apenas o município de Campinas legisla sobre os resíduos de poda urbana (Lei nº 9.970/98) obrigando as empresas prestadoras de serviços a recolherem, de imediato, os galhos das árvores podadas, decorrentes de manutenção feita em suas redes de energia elétrica, de telefonia ou sinais de televisão a cabo.

O município de Mauá - SP, com a Lei Municipal nº 3.337, de 06 de outubro de 2000 dispõe sobre a obrigatoriedade da empresa responsável concessão da eletricidade a efetuar poda das árvores localizadas sob rede de alta tensão. Estas são algumas iniciativas que fazem parte do cenário de leis específicas aos resíduos sólidos no país. Verifica-se nível nacional, a legislação específica aos resíduos de poda é ainda escassa. (CORTEZ, 2011)

Em São Caetano Sul - SP, que tem duas leis municipais referentes à poda de árvores, (i) Lei Municipal nº 4143 de 19 de maio de 2003 que dispõe sobre execução do serviço e (ii) a Lei Municipal nº 4895 de 27 de maio de 2010 que institui a 'Campanha permanente de orientação e disciplina do plantio, remoção, corte e da poda de vegetação de porte arbóreo existente no município de São Caetano do Sul', a qual prevê fornecer orientações a respeito do modo correto para plantio, remoção, corte e poda das árvores, a partir da análise legal e técnica de representantes da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Corpo de Bombeiros e a Companhia de Energia Elétrica, uma vez constatado perigo de galhos em fios da rede elétrica, prejuízo a semáforos e demais sinalizações de trânsito, e iminência de queda. (CORTEZ, 2011)

Em São Bernardo do Campo – SP, com a Lei Municipal nº 4.974 de 31 de maio de 2001 que institui o código de posturas municipais, o qual cita os resíduos de poda urbana, mas não manifesta nenhuma destinação ou uso. Nota-se, que nenhum município da área de concessão da AES Eletropaulo, exceto São Paulo, possui legislação específica para os resíduos de poda urbana. (CORTEZ, 2011)

Segundo FATIMA (2003), no estado de Pernambuco, precisamente na sua capital Recife, o Decreto Municipal 18.082 de 13/11/98, regulamenta a lei Municipal 16.337/09, a qual estabelece normas para a coleta e remoção de resíduos de poda, bem como o valor cobrado pelos serviços.

No município de Natal, Lei Municipal 6058/10, o corte e a poda de vegetação de porte arbóreo existente no Município de Natal, especificamente no Capítulo II (Supressão e da Poda da Vegetação de Porte Arbóreo), Art. 13 se descreve que a realização de corte ou poda de árvores, em logradouros públicos, só será permitida do órgão municipal competente e para que tenha uma destinação apropriada. (VALE, 2016)

Segundo VALE (2016), no que se refere à arborização urbana no município de Natal a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo – SEMURB, além da lei municipal a secretária elaborou o manual de arborização urbana de Natal, na qualidade de material educativo, contém um conjunto de informações para um bom planejamento da arborização no meio urbano. Com o mesmo, vem trabalhando com a valorização de espécies nativas, com intuito de aumentar a biodiversidade das



árvores urbanas e também da cobertura arbórea da cidade, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida no meio urbano.

Discorrido acima, algumas leis específicas para podas, nota-se em âmbito nacional ainda são escassas, alguns municípios nem incorporam a PNRS em sua legislação preferindo em sua maioria destacar os resíduos de formar inapropriada para evitar custos. No município de São Paulo e Natal são os mais evoluídos devido sua preocupação com destinação adequada, ambos os municípios apresentam um manual de podas contendo os órgãos responsáveis, forma de descarte, transporte, custo do processo do mesmo e uma política própria para podas. No caso, de Natal especificamente, são vendidas dependendo da espécie e qualidade da poda para pizzarias, com esse valor recolhido são repassados para cooperativas em parceria com a prefeitura local que cuidam das podas, transportes, separar adequadamente as espécies.

## **4.2 VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PODA NO BRASIL.**

As formas valorização dos resíduos de podas podem ser divididas em duas linhas: não aproveitamento energético e do aproveitamento energético.

### **4.2.1 APROVEITAMENTO NÃO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORE.**

Segundo CORTEZ (2011), em relação ao aproveitamento não energético, podem-se citar: a reutilização pela confecção de pequenos objetos de madeira e a reciclagem orgânica através dos processos de compostagem.

De acordo com Vale (2016); Sarmiento e Almeida (2005) é possível utilizar os resíduos madeireiros, principalmente serragem, para a cama de animais ou para a fabricação de chapas de madeira reconstituída.

Segundo estudos a madeira, em lasca ou serragem, pode ser utilizada na confecção de biofiltros destinados a remoção de óleo e graxa provindos de esgoto doméstico ou na biofiltração aeróbia dos gases produzidos no tratamento de esgoto (BATISTA et al., 2013; FLORES; SANCINETTI; RODRIGUES, 2014).

#### **4.2.1.1 COMPOSIÇÃO DE PEQUENOS OBJETOS DE MADEIRA (POMs)**

Os resíduos de poda urbana podem ser usados na produção de pequenos objetos de madeira (POMs) como artigos domésticos, peças decorativas, equipamentos esportivos, objetos artesanais, brinquedos educativos (jogos de memória e de damas, quebra-cabeças) sendo que os galhos de maior diâmetro, podem ser empregados na produção de artesanato, utensílios domésticos e mobiliário urbano. (CORTEZ, 2011)

Na visão da MEIRE (2010), trata-se de uma forma de diminuir o desperdício da madeira e de criar alternativa de geração de renda para trabalhadores não qualificados, capaz de empregar mão de obra de comunidades carentes, capacitar trabalhadores para uma nova profissão, melhorar a autoestima e promover união de pessoas que possam estar subempregadas ou sem ocupação. Em sua tese, propôs um modelo de gestão para os resíduos da arborização urbana, a partir da madeira (galhos e troncos), folhas, flores e frutos confeccionando brinquedos e utensílios para cozinha.

Com os resíduos de poda de árvore das três espécies mais frequentes no Município de Maringá propondo o aproveitamento de madeira para fabricação de pequenos objetos de madeira (POM), elementos estruturais para construção civil, e para a obtenção de carvão vegetal. Destas três espécies, duas poderiam ser utilizadas para fins não energéticos, são elas: Sibipuruna que podem ser utilizadas em móveis e as Tipuana destinadas para a fabricação de POM, em virtude da sua baixa densidade. (MARTINS, 2013)

A destinação dos resíduos madeireiros para a confecção de POM na cidade de Belém, surgiu como alternativa econômica, social e ambiental. Deixando de ser um resíduo para ser matéria-prima nas mãos da maioria dos artesãos da cidade, as espécies mais utilizadas são Pau-roxo, Pau-amarelo, Cedro, Jatobá, Angelim, Copaíba, Timborana, Ipê, Cumaru e Bacuri (LOPES; BERBERIAN; RAMOS, 2013).

No município de Maringá, desenvolveu uma pesquisa para o aproveitamento da madeira de poda urbana, foi realizada a verificação das propriedades físicas da madeira para o aproveitamento de POM, ainda foi aplicada na pesquisa a verificação da classe de resistência da madeira seguindo a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) para

o aproveitamento na fabricação de peças de madeira utilizadas com importância estrutural na construção. Na verificação das normas NBR 11941 (ABNT, 2003) e NBR 14984 (ABNT, 2003) constatou-se as espécies com alta densidade básica (acima de  $0,7 \text{ g/cm}^3$ ), como o Ipê Roxo (*Tabebuia avellaneda*), oferecem resistência mecânica para a produção de elementos estruturais. Com essas madeiras podem ser fabricados: vigas, móveis, portas, guarnições, decks, pisos, assoalhos, e tantas outras inovações da área da construção civil, arquitetura, design e artes. E as classes de densidade média (entre  $0,5 \text{ g/cm}^3$  e  $0,7 \text{ g/cm}^3$ ), como a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) podem ser utilizadas em móveis, e na fabricação de peças decorativas de madeira. Já as de densidade baixa (até  $0,5 \text{ g/cm}^3$ ) como a Tipuana (*Tipuana tipu*), são mais facilmente manuseadas, podendo ser feitos porta-canetas, porta-cartões, portapanelas, pequenos vasos decorativos, porta-retratos, painéis pastilhados, entre outras criações. (MARTINS,2013)

No caso das grandes metrópoles não há dados de projetos relacionados com POMs e ainda existe poucos estudos que relatam este tema no Brasil.

#### **4.2.1.2 COMPOSTAGEM (DIGESTÃO AERÓBIA)**

De acordo com o BIDONE (2001), a compostagem é considerada um dos métodos mais antigos e eficientes de tratamento e reciclagem da matéria orgânica, praticada empiricamente desde os povos da antiguidade.

A compostagem é a decomposição aeróbia (com presença de ar) da matéria orgânica pela ação de organismos biológicos, em condições físicas e químicas adequadas. A matéria orgânica pode ser sobras de frutas, legumes e cultivos, restos de alimentos, folhas e galhos de poda de árvores, gramas, palhas de café e milho, entre outros. É um processo de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhes deu origem, clamado comumente de composto orgânico (KIEHL, 1985 apud CHALUPPE,2013)

Como se trata de um processo biológico desenvolvido por microorganismos, é necessário o controle de alguns fatores como umidade, oxigenação, temperatura, concentração de nutrientes, tamanho da partícula e pH para propiciar aos microorganismos um ambiente favorável para a degradação, a estabilização e a

humificação da matéria orgânica bruta. Além disso, este controle tem como objetivo viabilizar o potencial de fertilização da matéria orgânica e de evitar potenciais fatores adversos que causam impactos ao meio ambiente (PEREIRA NETO, 1999)

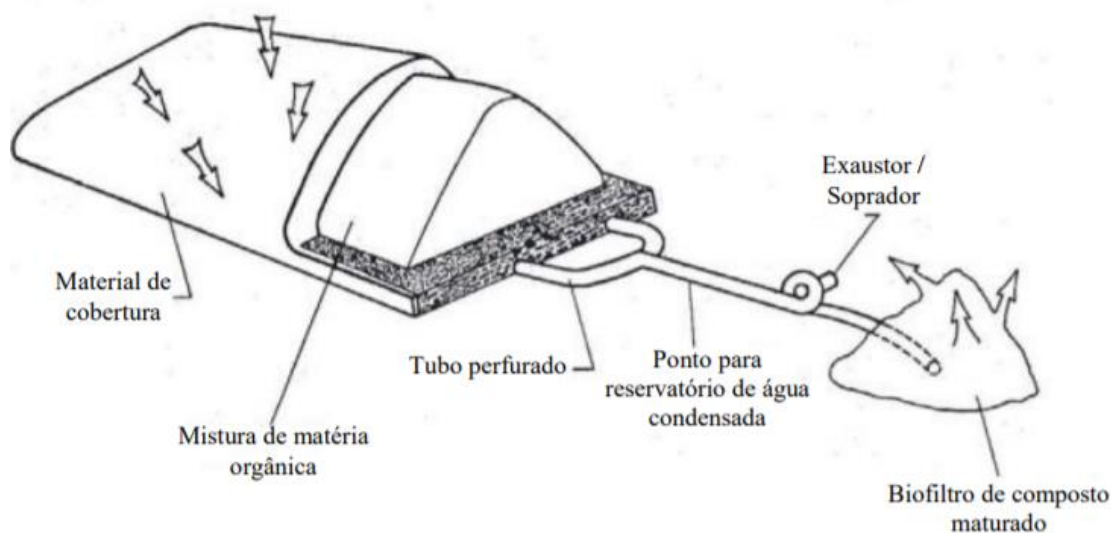
Conforme Kiehl (1998) e Pereira Neto (1996), o processo de compostagem é realizado em três fases distintas:

- I. Fase fitóxica: a primeira fase, conhecida como fase fitóxica, tem início com a montagem das leiras. Nesta fase ocorre a decomposição da matéria orgânica facilmente degradável, como carboidratos, proteínas, aminoácidos, lipídios, os quais são rapidamente decompostos em água, gás carbônico e nutrientes (compostos de nitrogênio, fósforo, etc.) pelos microorganismos. Nesta fase ocorre a grande liberação de calor, o que classifica este processo como exotérmico e bio-oxidativo, no qual temperaturas em torno de 40 a 65 °C (grau Celsius) podem ser verificadas. O material compostado nesta etapa não pode ser aplicado nas plantas, devido à sua alta toxidade. (KIEHL ,1998 E PEREIRA NETO ,1996)
- II. Fase de biostabilização: a segunda fase, conhecida como fase de biostabilização ou semimaturação, ocorre a presença de actinomicetes e fungos. A temperatura diminui para faixa de 30 °C a 45 °C e neste estágio de decomposição, a matéria orgânica não se mostra mais danosa às plantas, mas também não apresenta valor comercial, uma vez que não está humificada. (KIEHL ,1998 E PEREIRA NETO ,1996)

Segundo Kiehl (1998 apud Cortez, 2011) é imprescindível a colocação de uma camada de cavacos (termo empregado na indústria da madeira para designar os pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração, compreendendo nos tamanhos variáveis entre 5 a 50mm.), de madeira ou lascas de borrachas para que atue como leito filtrante para água de drenagem e chorume, além de facilitar a passagem do ar na leira.

Demonstrado na figura 5, a compostagem em leiras estática aeradas é caracterizada pela injeção de ar realizada por meio de uma tubulação perfurada

quando a mistura a ser compostada é colocada sobre essa tubulação, não havendo revolvimento mecânico das leiras. (SILVA,2016)



**Figura 5 - Exemplo de sistema de compostagem com leiras estáticas aeradas.**

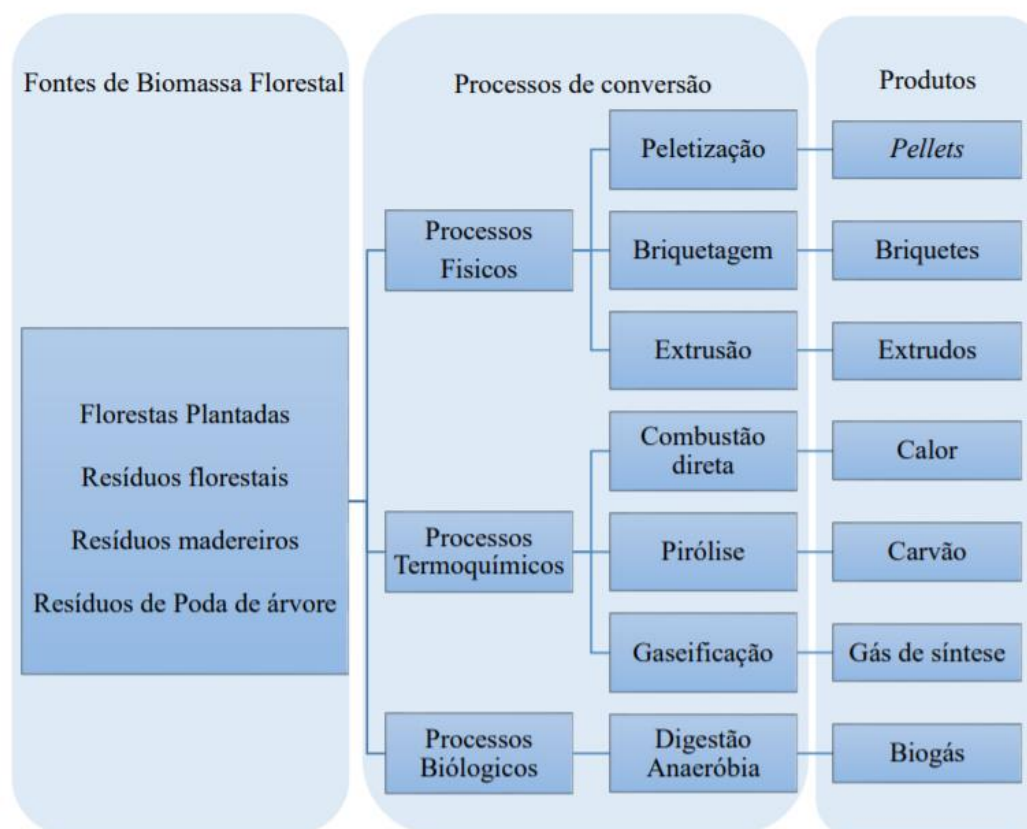
FONTE: Fernandes e Silva, 1999 apud SILVA, 2016

- III. Fase de humificação: a terceira fase, conhecida como fase de humificação ou maturação, a celulose e lignina, compostos de difícil degradação, são transformados em substâncias húmicas, que caracterizam o composto. (KIEHL ,1998 E PEREIRA NETO ,1996)

Nesta fase a temperatura diminui para a faixa de 25 °C a 30 °C. A matéria orgânica dos húmus (composto) se caracteriza por ser estável e mais resistente à decomposição dos microorganismos. Quando aplicadas no solo, as substâncias húmicas são decompostas lentamente pelos microorganismos, o que libera nutrientes que são utilizados pelas raízes das plantas. A coloração do composto torna-se mais escura e perde o forte cheiro inicial, para conferir odor característico de terra adubada.

#### 4.2.2 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORE

Já no aproveitamento energético, estão compreendidas as tecnologias relacionadas a processos físicos (briquetagem, peletização e extrusa), os processos termoquímicos (combustão direta, pirólise e gaseificação), e os dos processos biológicos (digestão anaeróbia), conforme aplicado figura 6.



**Figura 6 - Processos de conversão energética de biomassa.**

FONTE: SILVA, 2016

No cenário de energético, Martins (1980) afirma que a madeira, assim como os resíduos de poda urbana, é constituída, aproximadamente de 50% de carbono, 6% de hidrogênio e 44% de oxigênio independentemente da espécie, diferenças genéticas ou idade.

Como fonte primária de energia, a madeira é representada pela lenha, que no início do século XX era o principal energético primário do Brasil (LEITE, 1997 apud JOAQUIM, 2009)

A madeira e seus derivados no ano de 2015 foram responsáveis, de forma geral, pela produção de 30.16 milhões de toneladas equivalentes de petróleo - tep, quantidade da mesma ordem de grandeza das demais fontes renováveis em termos nacionais (Figura 7). (ESCOBAR,2016) (BEN, 2016)

Fonte	Mtep 2015
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>120.489</b>
Energia hidráulica	35.019
Biomassa de cana	48.128
Lenha, Carvão Vegetal e Lixívia	30.160
Outras renováveis	7.182
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>185.100</b>
Petróleo	120.327
Gás natural	41.372
Carvão mineral e coque	17.551
Urânio (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	4.036
Outras não renováveis	1.814

**Figura 7 - Oferta interna de energia em 2015.**

Fonte: ESCOBAR,2016

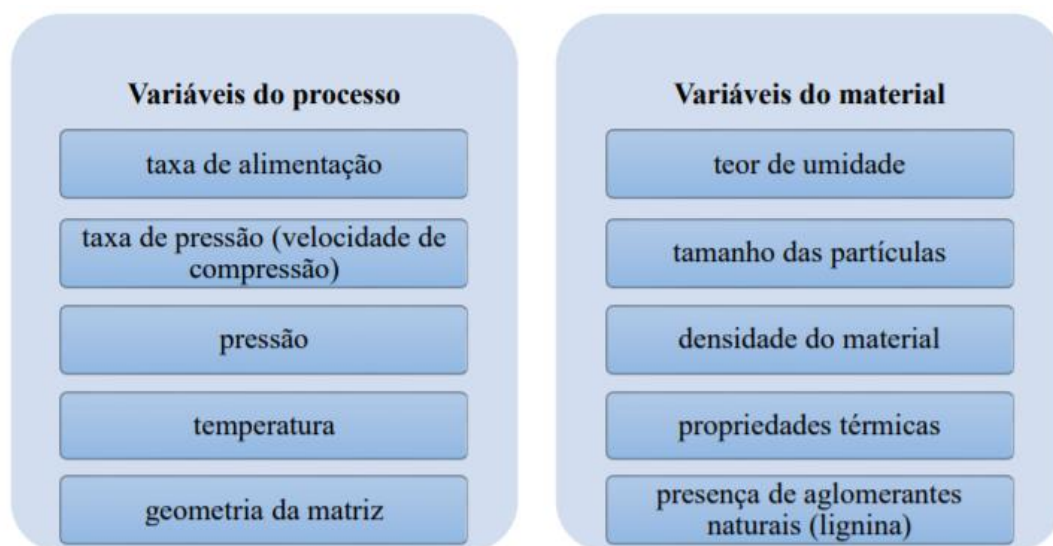
Segundo ESCOBAR (2016), é inegável que a madeira ainda ocupa um importante papel estratégico para a produção e uso de energia firme no país. Entretanto, a produção e utilização como biomassa moderna (como pellets de madeira, briquetes) ainda é incipiente.

#### 4.2.2.1 PROCESSOS FÍSICOS

O processo físico de adensamento envolve o uso de pressão mecânica, com ou sem a presença de agente aglomerante, capaz de reduzir o volume da matéria-prima e aumentar seu conteúdo energético por unidade de volume. Em se tratando de um resíduo volumoso, heterogêneo e com baixa densidade bulk, o processo físico de adensamento pode ser bastante vantajoso para a utilização da biomassa em termos econômicos, sociais e ambientais. (SILVA, 2016)

No processo de adensamento sem aglomerantes são considerados dois tipos de variáveis: as variáveis do processo, que são um conjunto de condições impostas à biomassa pelos equipamentos mecânicos, bem com as variáveis do material, que são

os fatores característicos de uma dada biomassa, conforme se observa na Figura 8. (RUMPF, 1962 apud STELTE et al., 2011; PIETSCH, 2002)



**Figura 8 - Variáveis durante o adensamento de biomassa.**  
FONTE: SILVA,2016

O pré-processamento da biomassa antes do processo de adensamento é um método potencial para alterar a estrutura física e a estrutura dos constituintes químicos, em uma tentativa de reforçar as características de ligação. Este pré-processamento se restringe basicamente a duas etapas, a de fragmentação, que garante uma granulometria adequada para o tipo de adensamento adotado, e a de secagem, visto que esse tipo de biomassa pode apresentar altos teores de umidade (NOGUEIRA; LORA, 2003)

O tamanho das partículas tem influência direta na durabilidade mecânica do produto adensado, pois partículas maiores favorecem a ocorrência de pontos de ruptura. Entretanto, se a quantidade de finos originários do pré-processamento for elevada, provavelmente o custo do produto será maior, de forma que uma mistura de diferentes tamanhos de partículas pode gerar produtos de boa qualidade e economicamente viáveis. (SILVA,2016)

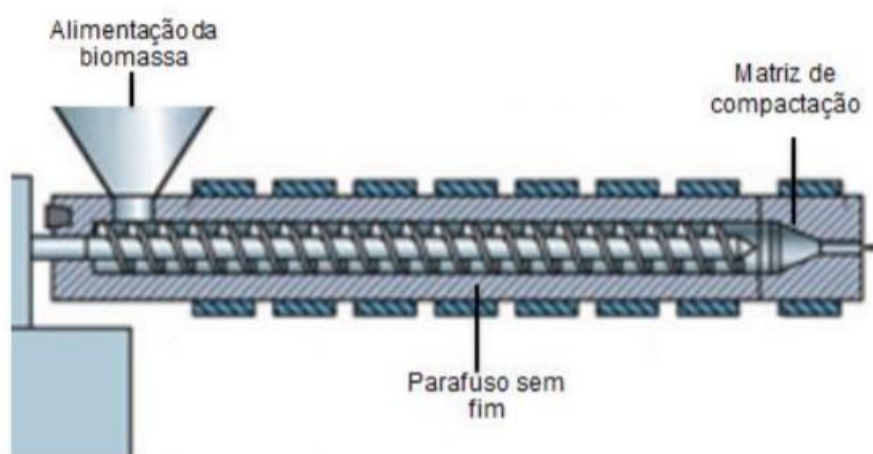
Para a adequação no tamanho das partículas podem ser usados picadores, trituradores ou moinhos, neste caso o moinho só será usado quando houver necessidade de partículas ainda menores. A compactação de resíduos lignocelulósicos resulta em produtos adensados com diâmetros variando entre 4 mm a 16 mm, no caso dos pellets, ou diâmetros superiores a 50 mm (briquetes e extrudados).



O processo de adensamento, bem como o nome já diz, aumenta a densidade energética da biomassa, dada pela quantidade de energia presente em um metro cúbico de material, entretanto, não altera o poder calorífico da biomassa em questão. (DIAS et al., 2012)

#### 4.2.2.1.1 EXTRUSÃO

No processo de extrusão consiste na aplicação de pressão em uma massa de partículas dispersas com o objetivo de torná-las um sólido geométrico compacto de alta densidade, realizado em prensa de parafuso sem-fim, a qual transporta e empurra a matéria-prima com um parafuso através de uma matriz, onde sofre a extrusão, verificado na figura 9 a seguir exemplifica um dos tipos de prensa de parafuso sem-fim. (FILIPPETTO, 2008)



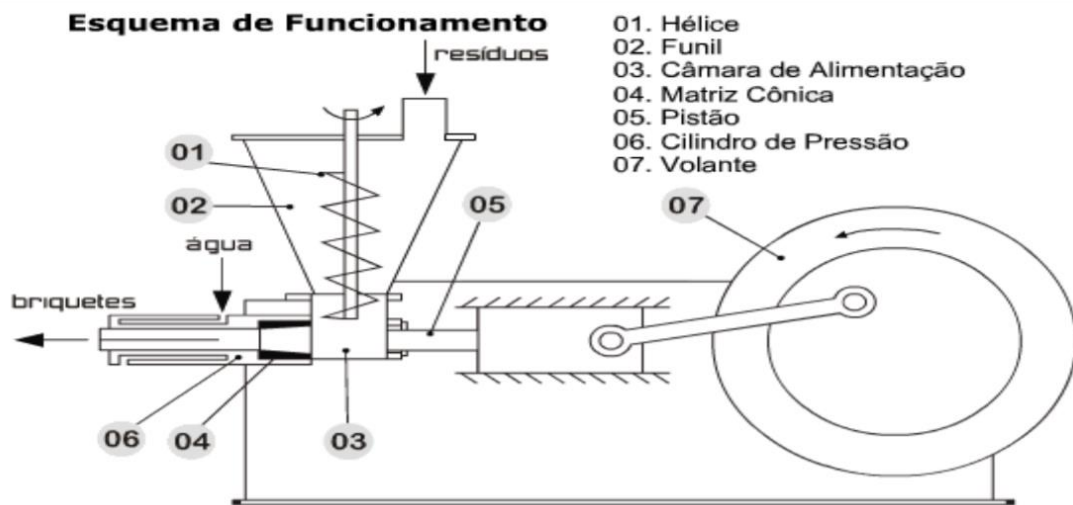
**Figura 9 - Extrusora de parafuso sem fim.**  
FONTE: BHATTACHARYA et al., 1989.apud SILVA, 2016

#### 4.2.2.1.2 BRIQUETAGEM

Segundo Tumuluru et al. (2010), a briquetagem é geralmente realizada usando uma prensa de pistão mecânico ou hidráulico, ou uma prensa de rolos, os quais são descritos a seguir:

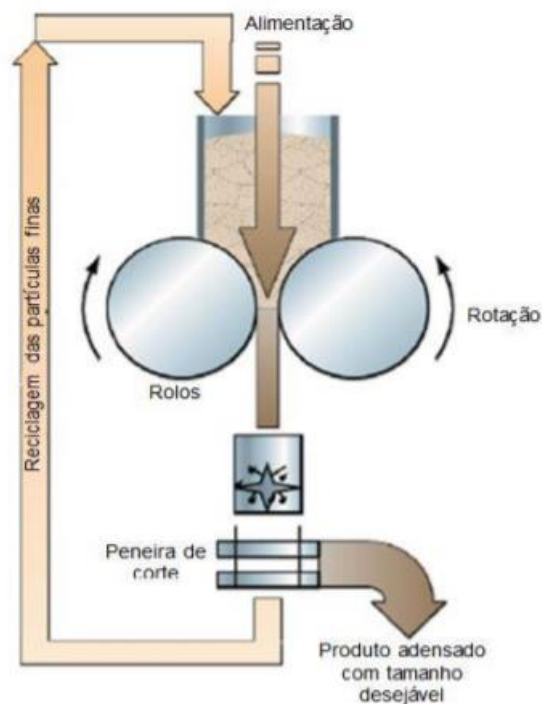
- (i) Prensa de pistão mecânico e hidráulico: Neste tipo de equipamento, a compactação acontece por meio de golpes de um pistão, acionado por dois volantes. Do silo de armazenagem, os resíduos são transferidos para um

dosador e, em seguida, briquetados, geralmente em forma de tarugos cilíndricos, observado na figura 10. (FREITAS,2015)



**Figura 10 - Briquetagem por pistonamento.**  
Fonte: FREITAS,2015

- (ii) Prensa de rolos: O material é comprimido no espaço entre os rolos produzindo um briquete cuja forma é moldada pelas cavidades presentes nas superfícies dos rolos, vide na figura 11, abaixo. (SILVA,2016)



**Figura 11 - Prensa de rolos.**  
FONTE: SILVA,2016.

#### 4.2.2.1.3 PELETIZAÇÃO

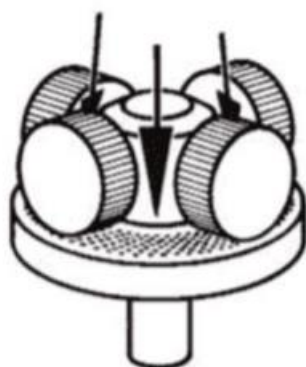
Segundo Lethikangas (2001) apud SILVA (2016), durante o processo de adensamento por peletização, a pressão exercida entre os componentes causa uma força de fricção que aquece e pressiona o material através de perfurações da matriz. Podendo ser subdividido em dois processos:

- a) Matriz do tipo cilíndrica vertical: Neste tipo de sistema o material é alimentado dentro de uma câmara entre a matriz e os rolos, de forma que ele é distribuído e esmagado entre as perfurações pela força dos rolos de pressão, percorrendo o diâmetro interno da matriz em sentido contrário à rotação (Figura 12). (SILVA, 2016)



**Figura 12 - Peletizadora vertical.**  
FONTE: LIPPEL, 2017.



- b) Matriz do tipo plana (disco): equipada com rolos de pressão sobre a superfície. O número de rolos varia entre 1 e 6, dependendo do tamanho da máquina. Em alguns modelos a matriz gira e os rolos mantêm-se estacionários, enquanto em outros a matriz se mantém estacionária e os rolos se movem (Figura 13). (SILVA, 2016)



**Figura 13 - Matriz do tipo plana.**  
 FONTE: SILVA, 2016.

Além de melhorar características energéticas, a compactação uniformiza o tamanho e o formato dos produtos, facilita seu armazenamento e agrega valor à biomassa residual. O desenvolvimento de sistemas de compactação, ao potencializarem a redução do volume, revela-se vantajoso do ponto de vista do aperfeiçoamento da logística, já que a densificação da matéria florestal diminui também a parcela dos custos associados ao transporte e distribuição. (VITAL, NISHIGAKI E FERRÃO, 2013)

Já nos briquetes e pellets, possuem poder calorífico superior dentro da faixa de 16,92 a 17,64 MJ/kg e umidade de 7 a 12 %. Sua composição é praticamente a mesma, biomassa triturada na forma de partículas finas e secas, observa-se na figura 14. Tanto para a fabricação do briquete como do pellet não é necessária a adição de nenhum ligante, visto que a própria lignina presente na madeira atua como um ligante natural. (VITAL, NISHIGAKI E FERRÃO, 2013)

Características	Pellets	Briquettes
<b>Matéria-prima</b>	Madeira ou resíduos agrícolas triturada e seca;	
<b>Forma</b>	Cilíndrica – Ø 6 e 12 mm e comprimento 4 a 5 vezes o Ø	Cilíndrica – Ø entre 80 e 90 mm ou Paralelepípedica – 150 x 70 x 60 mm
<b>Estrutura</b>	Firme, robusta	Relativamente quebradiça, frágil
<b>Densidade</b>	650 – 700 kg/m <sup>3</sup>	650 e 1200 kg/m <sup>3</sup>
<b>Aspecto</b>	Macio	Áspero
<b>Transporte</b>	Sacas	Unidades, paletes
<b>Manuseamento</b>	Uso manual ou automático	Utilização manual
<b>Poder Calorífico</b>	16 - 17 MJ/kg	16 - 17 MJ/kg
<b>Humidade</b>	7 a 12%	7 a 12%
<b>Cinzas</b>	Máximo 0,5%	0,2 %
<b>Aspecto</b>		

**Figura 14 - Comparação de briquetes e pellets.**

Fonte: VITAL, NISHIGAKI E FERRÃO (2013)

#### 4.2.2.2 PROCESSOS TERMOQUÍMICOS

A conversão termoquímica envolve calor e reações químicas para o aproveitamento energético dos combustíveis de madeira. Segundo Sonntag, Borgnakke Van Wylen (2003), os processos de conversão de combustíveis foram criados para a obtenção de combustíveis mais adequados ao consumo e mais fáceis de transportar.

As tecnologias termoquímicas capazes de converter a biomassa em energia são conhecidas como combustão direta, pirólise e gaseificação, sendo que sua diferenciação está associada à quantidade de oxigênio que é fornecido ao processo (DINKELBACH, 2000 apud SILVA, 2016).

- i. Combustão direta: A queima da biomassa, em particular da lenha in natura é a tecnologia dendroenergética mais disseminada e pode ser realizada nos mais variados equipamentos como fogões, fornos e caldeiras e para diversas finalidades como cocção doméstica, ou no setor de serviços como restaurantes e pizzarias, na produção de vapor para processos industriais, higienização, aquecimento ou produção de eletricidade por meio de turbinas. (CORTEZ, 2011).

A queima de um combustível pode ser realizada em caldeira, que associada a um ciclo a vapor garante a obtenção de energia elétrica. Geralmente as usinas termoelétricas utilizam os 55 ciclos Rankine, formado basicamente por uma caldeira, uma turbina a vapor, condensador e uma bomba de alimentação da caldeira. Nesse ciclo a combustão ocorre fora do motor ou turbina, esquentando outro fluido que realiza o ciclo. (SONNTAG; BORGNAKKEE; VAN WYLEN, 2003)

Os resíduos de poda de árvore urbana, também poderiam ser queimadas em incineradores, conhecidos como usinas de Waste to Energy (WtE). A incineração já é difundida mundialmente, principalmente no continente Europeu e na Ásia. O aumento da aceitação dessa tecnologia em relação ao passado se deu pela mudança dos hábitos do consumidor e o aumento da separação coletiva, bem como a introdução de legislação ambiental adequada (LOMBARDI; CARNEVALE; CORTI, 2015)

- ii. Pirólise: A pirólise da biomassa sólida trata-se de um processo de decomposição térmica na ausência de oxigênio. Essa conversão de combustível, normalmente da lenha para outro de melhor qualidade e conteúdo energético, o carvão vegetal, ocorre lentamente em altas temperaturas, 300°C a 500°C e de forma controlada. (BRIDGWATER, 2003)
- iii. Gaseificação: Higman e van der Burgt (2003) consideram gaseificação como a operação que converte qualquer hidrocarboneto sólido combustível em produto gasoso (chamado de gás pobre, gás de síntese, producer gas ou syngas – abreviatura de synthesis gas) com poder calorífico passível de uso. Neste processo não há interesse na produção de calor, que é o objetivo principal da

combustão cujo gás residual produzido não é combustível, pois não possui poder calorífico adequado para tal.

Segundo CENBIO (2002), gaseificação é o processo de conversão térmica de combustíveis sólidos (gás de síntese) através de uma oxidação parcial, ou seja, em quantidades inferiores à estequiometria (mínimo teórico para a combustão), a elevadas temperaturas (acima de 900°C) (WSP, 2013). Neste processo ocorrem reações termoquímicas em cinco estágios principais: pirólise, oxidação do carbono, gaseificação, craqueamento do alcatrão e oxidação parcial dos produtos da pirólise. (CHEN; ANDRIES; SPLIETHOFF, 2003).

Nogueira, Lora (2003) apontam as seguintes vantagens da gaseificação da biomassa em relação à combustão: (i) facilidade de conversão de fornos e câmaras de combustão de geradores de vapor (caldeiras) e motores de combustão interna projetados para combustíveis fósseis (líquidos e gasosos) utilizarem o gás proveniente da gaseificação, pois não requerem grandes modificações e não há significativa redução na eficiência (ii) possibilidade de geração de eletricidade em pequena escala sem a necessidade de um ciclo a vapor, pois o gás é alimentado diretamente no motor de combustão interna, turbina a gás ou célula a combustível.

#### **4.2.2.3 PROCESSO BIOLÓGICO**

Dentre os processos conhecidos de conversão biológica, os mais utilizados são os de digestão anaeróbia (energético) e o de digestão aeróbia (como no exemplo da compostagem já relatado).

##### **4.2.2.3.1 DIGESTÃO ANAERÓBIA**

O processo de digestão anaeróbia é caracterizado pelo processo de conversão da matéria orgânica na ausência de oxigênio. A produção do biogás ocorre naturalmente em locais com acúmulo de matéria orgânica e ausência de oxigênio, como em pântanos, sedimentos de rios, e inclusive nas camadas inferiores de aterros sanitários. (SILVA,2016)

O biogás produzido durante a digestão anaeróbia é um gás energético constituído principalmente por metano, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio, geralmente saturado em vapor de água e com presença de traços de nitrogênio e outros compostos. Sua composição pode variar de acordo com as características da matéria orgânica degradada (RISE-AT, 1998; COLTURATO, 2015 apud SILVA, 2016).

Estudos da digestão anaeróbia de madeira, realizadas nos Estados Unidos e na Austrália, mostram que a madeira em condições ideais para a produção de biogás em aterros ou em biodigestores é dificilmente decomposta. As taxas de metano produzidas chegam a ser nulas, devido à dificuldade de acesso aos carboidratos potenciais para o processo de biodigestão ocasionada pela lignina (XIMENES; GARDNER; COWIE, 2008; WANG et al., 2011; XIMENES et al., 2015 )

Até o presente, não há dados de estudos exclusivos para o aproveitamento dos resíduos de arborização no método de digestão anaeróbia.

#### **4.3 ESTUDOS DE CASOS DE PODAS URBANAS JÁ EXISTENTES.**

Segundo VALE (2016), foi relato o método de briquetes e de compostagem orgânica, ambos métodos já percorridos acima, na cidade de Natal no estado do Rio Grande do Norte – RN.

De acordo com a pesquisa os resíduos de podas e de materiais da construção civil são depositados no mesmo local, endereçado no aterro do Guarapes no município de Natal, gerenciado pela Secretaria Municipal de Serviços Urbanos - SEMSUR e a URBANA (empresa responsável pela coleta dos resíduos no geral).

O aterro do Guarapes conta com um espaço de 40 hectares com uma estimativa de vida para recepção de podas e restos da construção por 4 anos. No presente, o aterro de Guarapes, estimava uma quantidade considerável de resíduos verdes com uma produção diária aproximada de 36 toneladas, apresentando uma produção anual aproximada de 11.304 toneladas, e a retirada das podas fica por conta de empresas terceirizadas e da prefeitura com uma frota de 20 veículos. (VALE, 2016)



Com exceção da coleta de toras para produção de lenha, a prefeitura de Natal não possui outros programas ativos para o aproveitamento dos outros subprodutos das podas do município, como os galhos menores e folhas.

As podas no modelo proposto serão 36 processadas, seja na forma de material para compostagem com a geração de composto para nutrir o solo, ou na formação de biomassa na forma de cavaco e briquete para a geração de energia.

Outro ponto ressaltado por Vale (2016), incorporação de leilões dos resíduos de podas, através da prefeitura para as empresas que se interessem pelo aproveitamento deste material contribuindo para redução do mesmo no aterro.

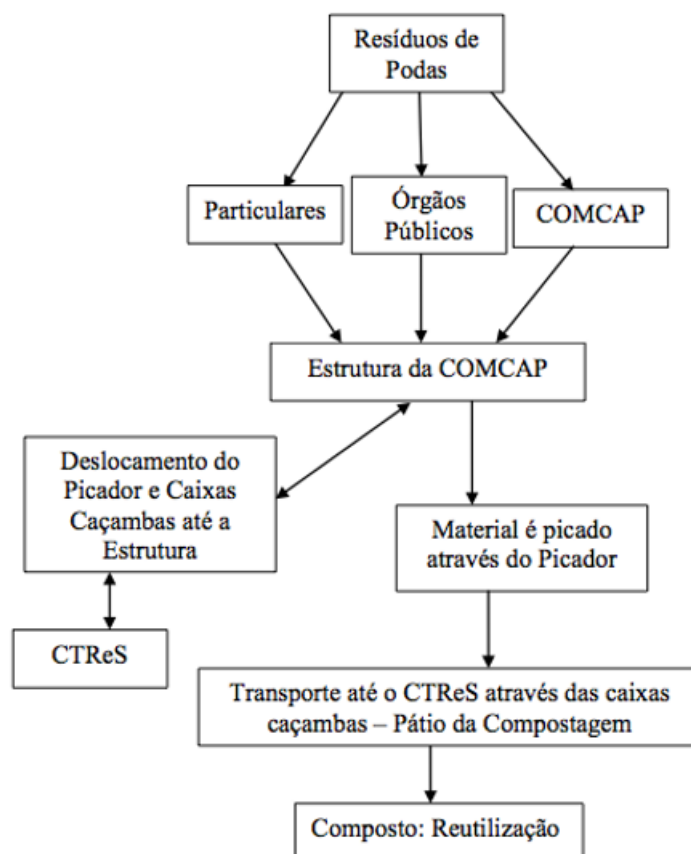
De acordo com CHALUPPE (2013), utiliza-se também o método compostagem, no município de Florianópolis no estado de Santa Catarina - SC, e conjunto Companhia Melhoramentos da Capital - COMCAP.

Propósito deste trabalho, relatar a produção de composto orgânico com o uso de resíduos de podas processados e reutilização de resíduos de podas como composto orgânico para a revitalização de áreas degradadas com retorno de nutrientes ao solo. O programa de beneficiamento dos resíduos de podas na COMCAP, teve início no ano de 2011, dentre as diversas diretrizes estabelecidas, iniciou seus trabalhos de destinação final dos resíduos de podas, na linha da reciclagem destes resíduos, juntamente com os resíduos sólidos orgânicos domésticos, que compreendeu beneficiar estes resíduos com o uso de picadores florestais, os quais transformam os resíduos de podas brutos em um material de menor granulometria, denominado cavacos (termo empregado na indústria da madeira para designar os pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração, compreendendo nos tamanhos variáveis entre 5 a 50mm.), para serem adicionados aos resíduos orgânicos nas leiras do processo de compostagem. (CHALUPPE, 2013)

No final do ano de 2010, a companhia, necessitou investir em um picador florestal do modelo PDF 320, produzido pela empresa Irmãos Lippel LTDA. Este picador florestal mostrou-se insuficiente no beneficiamento da elevada quantidade de resíduos de podas recebidas diariamente no Centro de Transferência de Resíduos Sólidos de Florianópolis - CTReS do Itacorubi, por possuir baixa produtividade de

cavacos ( $35 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) e restrição quanto ao diâmetro dos resíduos de podas a serem triturados (260 mm), dados segundo o fabricante.(CHALUPPE,2013)

Com o término do processo de compostagem, no qual ocorre a completa estabilização da matéria orgânica, ocorre a formação do composto orgânico. Pode-se observar na figura 15, a estrutura da COMCAP para beneficiamento dos resíduos de podas. (CHALUPPE, 2013)



**Figura 15 - Beneficiamento dos resíduos de podas.**

Fonte: CHALUPPE,2013

Tendo uma destinação, após o processo de compostagem, para a adubação de hortas escolares da rede municipal de ensino; na manutenção de praças e jardins do município e no caso de excedente, comercializado sem fins lucrativos, com o intuito de custear os custos operacionais do programa. (CHALUPPE, 2013)

Problemas operacionais devido à escassez de funcionários, de equipamentos em bom estado de conservação, de manutenção de equipamentos, bem como de estrutura física, associados à falta de recursos tem limitado a implantação de melhorias no CTReS do Itacorubi, o que compromete de um certo modo, as atividades

realizadas nesta unidade e inclusive a de beneficiamento dos resíduos de podas. A baixa produção de cavacos produzidos durante os 3 anos de programa, refletiu na baixa porcentagem de beneficiamento e no 120 acúmulo de uma grande quantidade de resíduos de podas no Pátio de Podas do CTRoS. O beneficiamento dos resíduos de podas, mostrou-se ser uma atividade que pode trazer consideráveis economias para os cofres da companhia. (CHALUPPE, 2013)

Segundo CORTEZ(2011), em parceria com AES ELETROPAULO, abordando o mecanismo para quantificação dos resíduos resultantes da poda e da remoção de espécies vegetais arbóreas que interferem na rede aérea de distribuição de energia elétrica destes resíduos e projeto piloto de uma usina de compostagem destes resíduos, visando a analisar técnica, econômica e ambientalmente a implantação de uma usina de compostagem de resíduos de poda urbana, bem como a qualidade do composto orgânico produzido e o mercado deste produto.

- I. Evidenciou a compostagem: analisando todos os processos de forma validar à instalação de uma usina experimental de compostagem (seleção do local, cálculo da área do pátio de compostagem e da quantidade de resíduos de poda e aditivos, compra de equipamentos e matérias-primas e a montagem das leiras), bem como a operação (revolvimento, umedecimento e peneiramento das leiras) e monitoramento (temperatura, pH, umidade, relação Carbono/Nitrogênio, teor de macronutrientes e micronutrientes, Carbono Orgânico, entre outros). (CORTEZ, 2011)

Métodos utilizados de compostagem segundo a CORTEZ (2011), no projeto desenvolvido no CENBIO, o método de aeração estático como demonstrado na figura, se mostrou mais rápido do que as leiras revolvidas, vide na figura abaixo.

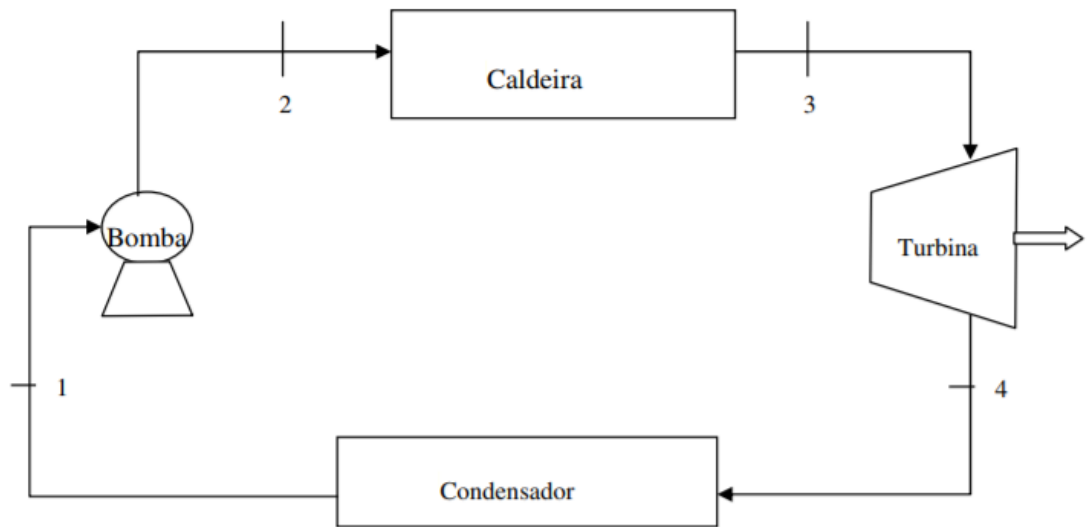


**Figura 16 - Leiras com revolvimento manual.**  
 Fonte: CORTEZ (2011).



**Figura 17 - Leiras estáticas aeradas.**  
 Fonte: CORTEZ (2011).

- II. Geração De Energia Elétrica partir das Podas: Propõe na tese, através do ciclo a vapor (Rankine) uma central termoelétrica para o aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana, compreende em: caldeira, turbina, condensador e bomba, demonstrado na figura 18, abaixo:



**Figura 18 - Ciclo Rankine da central termoeletrica proposta.**

Fonte: CORTEZ (2011).

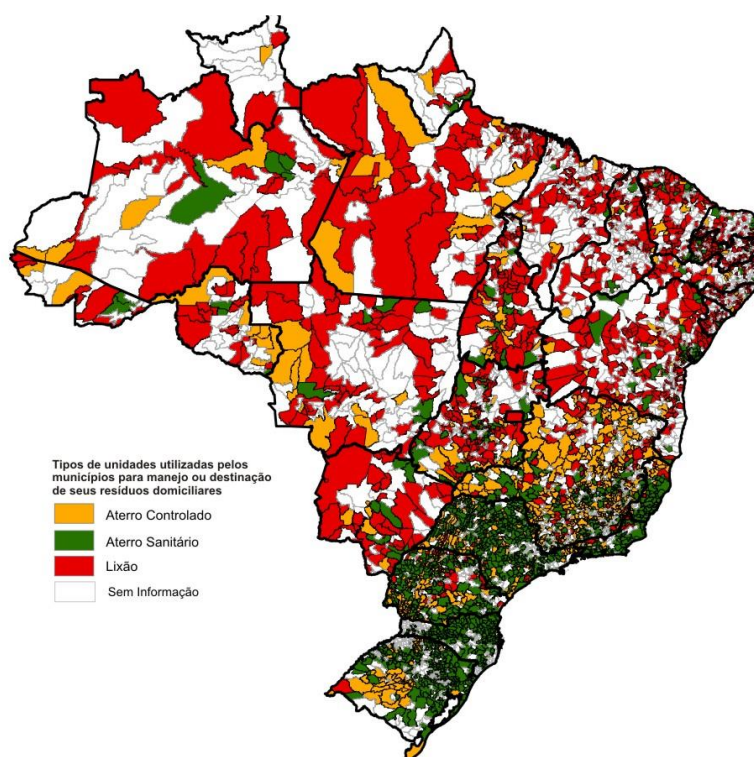
Com a quantidade disponível de resíduos de poda urbana 6000 toneladas/ano, o poder calorífico inferior em base úmida (2.150 kcal/kg) e dados de fabricantes de caldeiras do tipo flamotubular mista (fornalha aquatubular e corpo de evaporação fogotubular) de dois passes, uma caldeira para geração do vapor.

Nesse contexto, utilizou uma caldeira com capacidade de produção de 0,9 a 3 t/h, pressão até 25,2 kgf\*cm<sup>-2</sup> temperatura até 320 °C, e uma turbina a vapor de baixa pressão (6 a 22 bar) e baixa temperatura (de 300 a 320 °C) com potência máxima de 300 kW.

Com o rendimento da caldeira, aplicou-se 1ª Lei da Termodinâmica, perda de carga de 7% entre a saída da caldeira e a entrada da turbina, foi obtida a potência gerada na turbina. Com as eficiências do gerador (94,1%) e do redutor (98%) foi calculada a potência nos bornes do gerador. Com o fator de capacidade de 0,9 (isto é, o tempo de operação estimado da central termoeletrica é de 7.884 horas anuais) foi calculada a energia gerada. (CORTEZ, 2011)

## 5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento dos RSU, no Brasil acabam se deparando com um crescimento exponencial e se tornando uma problemática no cenário atual. Efetivamente os padrões de manufatura e consumo aumentam consideravelmente nas últimas décadas, podendo ser reutilizados esses resíduos como matéria-prima no caso dos produtos secos e os úmidos como compostagem. Sua destinação final, sendo inapropriada em lixões aterros sanitários e controlados como constatado na figura 19 a seguir.



**Figura 19 - Brasil. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014.**

**FONTE: APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA: POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE PODA URBANA PARA FINS ENERGÉTICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO.**

Com a Lei Federal 12.305/10 – PNRS, os lixões a partir de 2014 deveria ser extinto já sabemos que isso não ocorre, os resíduos são descartados a céu aberto, sem medidas de proteção, contaminando solos e mananciais e consequentemente acarretando questões de saúde pública. Ressaltando adversidade social, pessoas que habitam entorno do mesmo, em sua maioria, sobrevivem dos materiais coletados. Já no contexto aterros controlados, os resíduos são dispostos em camadas cobertos com

terra (material inerente), em sua maioria sem compactação e sem impermeabilização do solo, o logo o chorume tento alto risco de contaminação do lençol freático.

No caso dos resíduos de podas urbanas foco desse trabalho, apresenta-se entendimento embasado na revisão aqui apresentado. No caso do município do São Paulo - SP poderia ser utilizado como modelo, em âmbito nacional o projeto “PAMPA” - aproveitamento da madeira gerada pelas podas de árvores da cidade de São Paulo, já que no Brasil não foi regulamentada uma legislação federal exclusiva para esse resíduo.

Como caso de não energético, a compostagem como discorrendo anteriormente, no município Guarapes – RN indica-se um rendimento de 7.241t/ano de adubo orgânico para aplicação nas praças e canteiros do município. No caso energética, poderia ser utilizado como modelo, o município de Presidente Prudente - São Paulo, a prefeitura local auxilia com 50t/mês de podas de arvores para produção de briquetes, tendo uma média de 15t/mês, sabe-se que 1t de briquete produzido inibe o corte de 6 a 10 arvores, utilizado na matriz energética como lenha tornando-se um grande potencial de produção em todo pais.

As expectativas das leis ou modelos de gerenciamento são positivas, mas ainda são mínimos os municípios tentam se adequar na atual conjuntura. O estabelecimento de gerenciamento, valorização e disposição dos resíduos de podas são considerável vetor de regulamentação nacional. O sucesso para a política de gestão de resíduos de poda urbanos pertinente deriva, triagem de tratamento do residuo, disposição do ambiente, analise da matéria para seus fins energéticos ou não energéticos.

Cabem as prefeituras, à disposição dos resíduos de arborização coletados, no qual se faz necessário uma política nacional que incorpore os ciclos oportunos para seu aproveitamento e valorização, e estabeleça o comprometimento das subprefeituras para solução do problema. Outro ponto, que não podemos esquecer de ressaltar é a falta de informação de dados do volume de podas e suas características.

É notável as carências de estudos específicos sobre a geração e gestão dos resíduos de podas urbanas no Brasil, tornando-se o fator limitante no desenvolvimento

da gestão dos resíduos de arborização, diminuindo as possibilidades e a eficácia das ações relativas ao gerenciamento. Expectativa que este trabalho possa auxiliar de apoio para futuros trabalhos.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma NBR 10.004. 2004. Disponível em: <<http://www.ablp.org.br/conteudo/conteudo.php?cod=44>> Acesso em: 10 nov. 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.808 Disponível em:< <http://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/NBR-12808-1993-Res%C3%ADduos-de-servi%C3%A7os-de-sa%C3%BAde.pdf>>Acesso em: 10 nov. 2017.

ABES INFORMA - Informativo Eletrônico da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Lixão é Problema em Cidades Pequena, n o . 287, 25 de Julho de 2012. Disponível em:< [http://www.abesdn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInform\\_271.pdf](http://www.abesdn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInform_271.pdf).> Acesso em: 09 nov. 2017.

ABES INFORMA – Informativo Eletrônico da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Coleta Seletiva em Apenas 766 Municípios, n o . 294, 12 de setembro de 2012. Disponível em: <<http://www.abesdn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma294.pdf>>.. Acesso em: 14 de set. 2012.

ABES INFORMA – Informativo Eletrônico da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fim dos lixões é caro e burocratizado, no . 271, 04 de Abril de 2012. Disponível em: <[http://www.abesdn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInform\\_271.pdf](http://www.abesdn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInform_271.pdf)>. Acesso em: 10 de Abril de 2012.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais -< <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>> \_ Disponível em: Acesso em 10 set. 2017.

AMBIENTE BRASIL. Portal. Disponível em:< <http://www.ambientebrasil.com.br>.> : Acesso em: 09 nov. 2017.

BARATTA JUNIOR, A.P. Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas. Seropédica, 2007. Dissertação de mestrado-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007

BARNEWITZ, A. Poda da arborização urbana: ultraje ao ambiente e à sustentabilidade da cidade. 2006. (Entrevista ao Ministério Público do Rio Grande do Sul). Disponível em <<http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/doutrina/id16.htm>>— Disponível em: Acesso em 14 set. 2017..

BIDONE, F.A.; Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização. 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosabbidonefianal.pdf/>>. Acesso em 19 nov. 2017.

BRIDGWATER, A.V.; TOFT, A.J.; BRAMMER, J.G. A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion. Renewable and Sustainable Energy Reviews, n. 6, p. 181-248, 2002.

CHALUPPE, M.A.C. Análise da Implantação do Projeto “Valorização dos Resíduos Sólidos Orgânicos no Município de Florianópolis Através do Beneficiamento dos Resíduos de Podas”. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia sanitária e ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

CORTEZ, C.M. Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. 246 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011

COSTA, Edmilson Rodrigues da. Uma visão comentada sobre a lei da PNRS. Disponível em:< <http://www.revistapetrus.com.br/uma-visao-comentada-sobre-a-lei-da-pnrs/>>, publicado em 2012 . Acesso em: 02 nov. 2013.

D’ ALMEIDA, M. O., & VILHENA, A. Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT / CEMPRE, 2000.

DIAS, J.M.C.S. et al. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Documentos 13. Embrapa Agroenergia, 2012.

ESCOBAR, J. F. A produção sustentável de biomassa florestal para energia no Brasil: o caso dos pellets de madeira. (Doutorado). Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo – USP.

FÁTIMA, M. Manejo integrado dos resíduos sólidos de poda urbana da cidade do Recife. 2003. Monografia (Especialização em Controle da Gestão Ambiental) - Universidade de Pernambuco Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2003.

Instituição Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes – Lei 12.300/ 2006. Disponível em: < <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=61778>. Acesso em 22 nov. 2017.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p. MILANO, M. S. Curso sobre Arborização Urbana. Curitiba: FUPEF, 1991. 75p

LIMA, J. D.; Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. João Pessoa: ABES. 2002.

LIPPEL – FABRICANTE DE Peletizadora vertical. Disponível: <http://www.lippel.com.br/br/categorias/compactacao/briquetagem-e-peletizacao-de-biomassa/peletizacao/peletizadora-vertical-pvl-144.html>. Acessado: 26/11/2017 às 12:03.

LOMBARDI, L.; CARNEVALE, E.; CORTI, A. A review of technologies and performances of thermal treatment systems for energy recovery from waste. Waste Management, v. 37, p. 26-44, 2015.

Martins, C. H. O aproveitamento de madeiras das podas da arborização viária de Maringá/PR, 2013. Artigo Científico - Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: < <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/1364/1759>>. Disponível: Acesso em 02 de dezembro de 2017.

MEIRA, A. M. Gestão de resíduos da arborização urbana. Piracicaba, 2010. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

NOGUEIRA, L.A.; LORA, H. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

PEREIRA, J. Monitoramento dos incêndios florestais e queimadas no Brasil. Revista Floresta, Curitiba, v.34, n. 2, p. 255, Mai/ago., 2004.

PIVETTA, K.F. L.; SILVA FILHO, D.F. Arborização Urbana. Boletim Acadêmico. Jaboticabal, SP: UNESP/FCAV/FUNEP. 2002.

Proposta: Potencial de aproveitamento dos resíduos de poda urbana para fins energéticos na cidade de São Paulo, fevereiro de 2017. Apresenta ao município de SÃO PAULO-SP, pelo grupo de pesquisa em Bioenergia do Instituto de energia e ambiente - USP.

SANTOS, G. G. D. dos; Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso da Incineração e da Disposição em Aterros. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2011.

SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008. Disponível em: <  
<http://sanambiental.blogspot.com.br/2008/06/coleta-e-disposio-final-do-lixo.html>>.  
Disponível: Acesso em 05 de novembro de 2017.

SILVA, D. P. Avaliação do Processo De Adensamento De Resíduos De Poda De Arvore Visando Ao Aproveitamento Energético: O Caso Campus Da USP Na Capital. Dissertação (mestrado) – USP/IEE, SÃO PAULO ,2016.

SONNNTAG, R.E.; BORGNAKKE, C.; VAN WYLEN, G.J. Fundamentos da Termodinâmica. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

TUMULURU, J.S.; WRIGHT, C.T.; KENNY, K.L.; HESS, J.R. A review on biomass densification technologies for energy application. Idaho National Laboratory of U. S. Department of Energy. 2010.

VALADARES, C. M. Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde: Estudo em Hospitais da Região dos Inconfidentes. Universidade Federal de Ouro Preto Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental Mestrado em Engenharia Ambiental. Ouro Preto, MG, 2009.

Vale, Victor H. D. DO Diagnóstico dos resíduos de podas do município de Natal/RN. Natal, 2016. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

VERAS, L.M.S.C. Plano de arborização de cidades – metodologia. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 1986. Recife. Anais... Recife: UFRPE, Departamento de Biologia, 1986. p. 8-14.

Vital B., Nishigaki M. B., Ferrão V. C. Concepção de uma Central de Recebimento, Processamento e Valorização de Resíduos de Poda e Remoção de Árvore, 2013. São Paulo. Monografia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP.

XIMENES, F.A.; GARDNER, W.D.; COWIE, A.L. The decomposition of wood products in landfills in Sydney, Australia. Waste Management, v. 28, n. 11, p. 2344-2354, 2008.