

UFRRJ

INSTITUTO DE FLORESTAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

TESE

**LEGISLAÇÃO, GESTÃO E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
FLORESTAIS URBANOS**

Rodrigo Octávio Pinto Borges

2024



UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

LEGISLAÇÃO, GESTÃO E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
FLORESTAIS URBANOS

Rodrigo Octávio Pinto Borges

Sob a orientação do Prof.

Alexandre Monteiro de Carvalho

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em ciências ambientais e florestais**, no curso de pós-graduação em ciências ambientais e florestais, área de concentração tecnologia da madeira.

Seropédica, RJ

Outubro de 2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B7321 Borges, Rodrigo Octavio Pinto, 1974-
 LEGISLAÇÃO, GESTÃO E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
FLORESTAIS URBANOS / Rodrigo Octavio Pinto Borges. -
Rio de Janeiro, 2024.
 202 f.

 Orientador: Alexandre Monteiro de Carvalho.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS, 2024.

 1. Meio ambiente. 2. legislação. 3. resíduos
florestais urbanos. 4. reaproveitamento. 5. Município
Rio de Janeiro. I. Carvalho, Alexandre Monteiro de,
1971-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

RODRIGO OCTÁVIO PINTO BORGES

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências Ambientais e Florestais**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Tecnologia de Produtos Florestais.

TESE APROVADA EM 23 de outubro de 2024.

Alexandre Monteiro de Carvalho. Dr. UFRRJ
(Orientador)

João Vicente de Figueiredo Latorraca. Dr. UFRRJ

Rodrigo Lima e Silva, UFRRJ. Dr. UFRRJ

Eduardo de Alvarenga Tavares. Dr. UFF

Daniel Braga Lourenço, Dr. UFRJ



HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO Nº 36/2024 - DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 22/11/2024 11:21)
ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)
Matricula: ###866#3

(Assinado digitalmente em 22/11/2024 16:18)
JOAO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)
Matricula: ###169#3

(Assinado digitalmente em 25/11/2024 11:56)
RODRIGO LIMA E SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCJ (12.28.01.00.00.00.82)
Matricula: ###550#0

(Assinado digitalmente em 22/11/2024 14:41)
DANIEL BRAGA LOURENÇO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.127-##

(Assinado digitalmente em 22/11/2024 11:28)
EDUARDO DE ALVARENGA TAVARES
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.117-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 36, ano: 2024, tipo:
HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO, data de emissão: 22/11/2024 e o código de verificação:
200e7ff5ac

DEDICATÓRIA

Dedico à minha filha, Thaís e à minha esposa, Carolina. Agradeço por todo o apoio. É por vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde e oportunidades de evolução. À minha família, pela base de formação moral que me foi proporcionada e pelo apoio para superar os obstáculos de maior dificuldade na trajetória percorrida até o momento. Agradeço à minha esposa, Carolina, e à minha filha, Thaís, pela compreensão para que eu pudesse me dedicar a este trabalho. Agradeço aos amigos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo apoio e incentivo para cumprir esta etapa. Aos colegas do Laboratório de Processamento da Madeira (LPM), no Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, amigos cuja colaboração e apoio foram imprescindíveis à consecução desta pesquisa. Ao professor Alexandre Monteiro de Carvalho, pelo aprendizado, pelas valiosas contribuições à pesquisa desenvolvida e pela generosidade e paciência no direcionamento de cada estágio da progressão da pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

BORGES, Rodrigo Octávio Pinto Borges. **Legislação, gestão e utilização de resíduos florestais urbanos**. 2024. 202p Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

As áreas urbanas abrigarão, até 2050, 68% da população total do planeta. Considerando a previsão de crescimento exponencial da população urbana no mundo, será um desafio, cada vez maior, a manutenção do bem-estar dos cidadãos e o desenvolvimento sustentável nas cidades. Tais fatores estão diretamente relacionados à conservação dos ecossistemas e seu uso ambientalmente adequado, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para o presente e às futuras gerações, conforme preconiza a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. Dentro deste escopo ambiental a ser tutelado pela sociedade, enquadra-se a arborização urbana, que exerce inúmeras funções em benefício da manutenção da qualidade de vida dos munícipes. Com isso, se revela cada vez mais importante a ampliação e preservação do acervo arbóreo urbano, em função dos serviços ecossistêmicos prestados por estes indivíduos à cidade. Ato contínuo, a atividade de manejo das árvores urbanas, por intermédio da poda e supressão das árvores, gera resíduos, razão pela qual deve haver sua adequada gestão de modo a obter a sua destinação final ambientalmente adequada, conforme determina a legislação. A meta do governo brasileiro é recuperar 13,5% da fração orgânica dos resíduos sólidos, onde também se incluem os resíduos florestais urbanos, em relação à massa total de resíduos sólidos urbanos até o ano 2040. Sendo assim esta pesquisa buscou, a partir da experiência do Município do Rio de Janeiro, abordar a evolução da legislação aplicável ao tema de resíduos florestais urbanos, nos âmbitos federal, estadual e municipal e a gestão deste material por parte do Município do Rio de Janeiro, de modo a verificar se a destinação e o aproveitamento dos resíduos florestais urbanos estão em conformidade com o que preconiza o ordenamento jurídico, sendo ambientalmente eficientes e sustentáveis. Explorar-se-á o instrumento de planejamento do acervo arbóreo urbano, Plano Diretor de Arborização Urbana, com enfoque na gestão dos resíduos florestais urbanos. Pode-se afirmar que o reaproveitamento dos citados resíduos é benéfico tanto ao meio ambiente quanto aos munícipes. Os resíduos florestais urbanos são classificados como resíduos orgânicos e sua degradação nos aterros sanitários representa uma forma inadequada de descarte de tais materiais, motivo pelo qual tais materiais devem ter outra destinação final, de modo a preservar o meio ambiente equilibrado às futuras gerações, além dos benefícios sociais e econômicos de tal iniciativa. Para tanto, soluções inerentes à área de ciência e tecnologia para produtos florestais em tal destinação, especificamente quanto ao desenvolvimento de projeto relacionado à prática de reutilização e reaproveitamento dos resíduos florestais urbanos como *mulching* revela-se uma forma de reaproveitamento ambientalmente adequada e de efetivação plena dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores, devendo ser transformada em política pública pelo Poder Executivo.

Palavras-Chave: Meio ambiente, legislação, resíduos florestais urbanos, reaproveitamento, Município Rio de Janeiro.

ABSTRACT

BORGES, Rodrigo Octávio Pinto. **Legislation, management and use of urban forestry waste**. 2024. 202p Thesis (PhD in Environmental and Forestry Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

By 2050, urban areas will be home to 68% of the planet's total population. Considering the forecast of exponential growth in the world's urban population, it will be an increasingly greater challenge to maintain the well-being of citizens and sustainable development in cities. Such factors are directly related to the conservation of ecosystems and their environmentally appropriate use, with a view to preserving an ecologically balanced environment for the present and future generations, as recommended by the Constitution of the Federative Republic of Brazil, of 1988. Within this environmental scope, be protected by society, urban afforestation falls within the scope, which performs numerous functions for the benefit of maintaining the quality of life of residents. As a result, the expansion and preservation of the urban tree collection becomes increasingly important, due to the ecosystem services provided by these individuals to the city. Continuously, the activity of managing urban trees, through pruning and removing trees, generates waste, which is why there must be adequate management in order to obtain their environmentally appropriate final destination, as determined by legislation. The Brazilian government's goal is to recover 13.5% of the organic fraction of solid waste, which also includes urban forestry waste, in relation to the total mass of urban solid waste by the year 2040. Therefore, this research sought, based on experience of the Municipality of Rio de Janeiro, address the evolution of legislation applicable to the topic of urban forestry waste, at the federal, state and municipal levels and the management of this material by the Municipality of Rio de Janeiro, in order to verify whether the destination and The use of urban forestry waste is in accordance with legal regulations, being environmentally efficient and sustainable. The urban tree collection planning instrument, the Urban Afforestation Master Plan, will be explored, focusing on the management of urban forestry waste. It can be said that the reuse of the aforementioned waste is beneficial to both the environment and citizens. Urban forestry waste is classified as organic waste and its degradation in landfills represents an inadequate way of disposing of such materials, which is why such materials must have another final destination, in order to preserve the balanced environment for future generations, in addition to the social and economic benefits. of such an initiative. To this end, solutions inherent to the area of science and technology for forest products in such a destination, specifically regarding the development of a project related to the practice of reuse and reuse of urban forestry waste such as mulching, proves to be an environmentally appropriate and fully effective form of reuse. of the ecosystem services provided by trees, and must be transformed into public policy by the Executive Branch.

Keywords: Environment, legislation, urban forestry waste, cities, Rio de Janeiro.

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CELURB	Companhia Estadual de Limpeza Urbana
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CMADS	Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
COMLURB	Companhia de Limpeza Urbana
CREA	Conselho Regional de Engenharia
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos
ETR	Estação de Transbordo de Resíduos
FPJ-Rio	Fundação Parques e Jardins do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LOM	Lei Orgânica do Município
ONU	Organização das Nações Unidas
PDAU	Plano Diretor de Arborização Urbana
PDSUS	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do RJ
PL	Projeto de Lei
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNAU	Política Nacional de Arborização Urbana
PNMC	Política Nacional de Mudanças Climáticas
PNPSA	Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
POM	Pequenos Objetos de Madeira
PMVA	Produtos de Maior Valor Agregado
SBAU	Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos Sólidos
SISNAU	Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico
SMAC	Secretaria de Meio Ambiente da Cidade
WWF	<i>World Wildlife Fund</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela com indicação dos municípios e percentuais de vias públicas arborizadas no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama . Acesso em 27/09/2023. Adaptado pelo Autor.....	81
Tabela 2. Quantidade de árvores Rio de Janeiro-RJ dividida por área de planejamento.....	82
Tabela 3. Dados do acervo arbóreo do Município do Rio de Janeiro-RJ Fontes: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama . PDAU. Rio de Janeiro. Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.....	83
Tabela 4. As 20 espécies arbóreas mais frequentes no Município do Rio de Janeiro. Fonte: PDAU. Rio de Janeiro. Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.....	83
Tabela 5. Classificação quantitativa do acervo arbóreo do Município do Rio de Janeiro. Fonte: PDAU. Rio de Janeiro. Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.....	85
Tabela 6. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do MRJ (t) / ano.....	127
Tabela 7. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do MRJ (t) / ano.....	127
Tabela 8. Volume diário dos resíduos de poda urbana do MRJ (t).....	128
Tabela 9. Composição dos resíduos de poda da cidade de Bertioga-SP.....	155
Tabela 10. Média Aritmética da Temperatura da Superfície do Solo.....	172
Tabela 11. Média Aritmética da Temperatura do Subsolo.....	174
Tabela 12. Média Aritmética do Teor de Umidade (TU) do Solo.....	176
Tabela 13. Média aritmética de altura e volume de ervas daninhas.....	180

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dimensões/gerações de direitos fundamentais. Adaptado pelo Autor.....	25
Figura 2: Diagrama ilustrativo do fluxo de um sistema linear de gestão de resíduos sólidos. Elaborado pelo Autor.....	53
Figura 3: Diagrama ilustrativo do fluxo de um sistema circular ideal de gestão de resíduos sólidos. Elaborado pelo Autor.....	54
Figura 4. Pirâmide indicativa da ordem prioritária quanto aos resíduos sólidos. Do próprio autor.....	57
Figura 5. Diagrama indicativo dos temas relacionados ao Plano Diretor de Arborização Urbana. Do próprio autor.....	64
Figura 6. Localização geográfica do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: https://pt.map-of-rio-de-janeiro.com/mapas-da-cidade/rio-de-janeiro-mapa . Acesso em 14/10/2023.....	77
Figura 7. Área urbanizada do Município do Rio de Janeiro (em roxo). Disponível em: https://sinir.gov.br/mapas/gestao-residuos-solidos/ . Acesso em 14/10/2023.....	78
Figura 8. Mapa dos 164 bairros do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.data.rio/documents/mapa-dos-bairros-do-munic%C3%ADpio-do-rio-de-janeiro-2017/explore . Acesso em 16/04/2022.....	79
Figura 9. Mapa com indicação dos municípios e respectivos percentuais de vias públicas arborizadas no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama . Acesso em 27/09/2023.....	81
Figura 10. Índice “Pegada Ecológica na Terra”. Fonte: https://www.wwf.org.br/	87
Figura 11. Aspectos relacionados ao plano diretor de arborização urbana. Fonte: Do próprio autor.....	100
Figura 12. Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Município do Rio de Janeiro.....	100
Figura 13. Quadro ilustrativo da gestão da arborização urbana no RJ. Fonte: Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro (PDAU-RJ). Pg. 269. Acesso em 14/09/2023.....	103
Figura 14. Organograma dos responsáveis pela gestão dos resíduos de poda urbana do Rio de Janeiro. Fonte: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Adaptado pelo Autor.....	104
Figura 15. Quadro ilustrativo das podas previstas na NBR 16246-1:2013. Fonte: ABNT NBR 16246-1:2013. Acesso em 14/09/2023.....	106

Figura 16. Fluxo de coleta, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Fonte: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf . Acesso em 17/10/2023. Adaptado pelo Autor.....	114
Figura 17. Quadro ilustrativo dos recursos humanos da FPJ na diretoria de arborização urbana no RJ. Fonte: Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro (PDAU-RJ). Acesso em 14/09/2023.....	116
Figura 18. Foto aérea do terreno utilizado pelo aterro sanitário da empresa Ciclus Ambiental. Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE – Ano 2020. Acesso em 14/10/2023.....	119
Figura 19. Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município do Rio de Janeiro (MRJ) (Junho/2020). Disponível em: http://www.irm.rj.gov.br/residuos.html . Acesso em 16/04/2022.....	120
Figura 20. Ilustração de todos os municípios que remetem resíduos ao aterro sanitário administrado por Ciclus Ambiental. Fonte: https://www.sinir.gov.br/mapas/gestao-residuo-solido/ Consulta em 16/04/2022.	120
Figura 21. Mapa do Brasil com informações sobre municípios que possuem unidades de manejo de galhagem de poda em 2019. Fonte SINIR+ https://www.sinir.gov.br/paineis/destinacao/ . Ano 2019. Acesso em 17/04/2022.....	122
Figura 22. Unidades de manejo de galhagem de poda no Brasil em 2020. Fonte: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf	122
Figura 23. Massa total de resíduos recebidos por cada tipo de unidade no Brasil, por regiões. Fonte: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_INFRAESTRURA_PARA_OS_SERVICOS_RS_SNIS_2022.pdf . Acesso em 14/10/2023.....	123
Figura 24. IRR Município do RJ. Fonte: https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal 2019. Acesso em 07/11/2023.....	124
Figura 25. Índice de sustentabilidade de limpeza urbana (ISLU) do MRJ. Fonte: https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal . Acesso em 07/11/2023.....	125
Figura 26. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do Município do RJ como substrato para compostagem ou combustível para fornos e caldeiras (t) / ano. Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE. Acesso em 20 de Fevereiro de 2024.....	126
Figura 27. Dados da distribuição dos resíduos sólidos urbanos do Município do Rio de Janeiro no ano 2019. Fonte: https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal . Acesso em 14/10/2023.....	129

Figura 28. Resíduos do Município do Rio de Janeiro encaminhados ao aterro sanitário municipal no ano 2020. Fonte: Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia Ano 2020. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf Pg. 10. Acesso em 14/10/2023.....	130
Figura 29. Resíduos do Município do Rio de Janeiro encaminhados ao aterro municipal no ano 2020. Fonte: Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia Ano 2020. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf Pg. 11. Acesso em 14/10/2023.....	131
Figura 30. Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS 30) da Organização das Nações Unidas (ONU). Fonte: Brasil-ONU. 2016.....	133
Figura 31. Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS 30) da Organização das Nações Unidas (ONU). Fonte: Brasil-ONU. 2016.....	135
Figura 32. Objetivos de desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas ODS 30 (ONU).....	136
Figura 33. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.....	137
Figura 34. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.....	138
Figura 35. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.....	138
Figura 36. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.....	139
Figura 37. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.....	140
Figura 38. Objetos feitos pelos garis da COMLURB com resíduos de poda urbana. Fonte: https://prefeitura.rio/comlurb/garis-artesaos-da-comlurb-transformam-troncos-de-arvores-em-arte/ . Acesso em 14/02/2024.....	142
Figura 39. Resíduos de Poda Urbana RJ - ETR Comlurb Santíssimo, em Dezembro 2021. Do Autor.....	144
Figura 40. Resíduos de Poda Urbana RJ - ETR Comlurb Santíssimo, em Dezembro 2021. Do Autor.....	145
Figura 41. Aterro sanitário de Seropédica – RJ, administrado pela empresa <i>Ciclus Ambiental</i> , em Dezembro 2021. Do Autor.....	145
Figura 42. Cálculo do ICMS Ecológico RJ. Disponível em: https://www.ceperj.rj.gov.br/ICMS_Ecologico%E2%80%9393Repasse . Acesso em 15/02/2024.....	154
Figura 43. Fluxograma para elaboração de plano de gestão de resíduos florestais urbanos. Fonte: Nolasco (2005) <i>apud</i> Meira (2010).....	154

Figura 44. Sugestão de fluxograma do sistema de produção de <i>mulching</i> com material residual arbóreo urbano. Do Autor.....	156
Figura 45. Imagem da área do experimento UFRRJ. Fonte: <i>Google Earth</i> . Acesso em: 20/07/2023.....	167
Figura 46. Croqui dos indivíduos arbóreos e respectivos tratamentos. Do Autor.....	168
Figura 47. Foto: COMLURB. ETR Caju. 20/08/2023. Do Autor.....	169
Figura 48. Foto: COMLURB. ETR Caju. 20/08/2023. Do Autor.....	169
Figura 49. Foto das instalações da empresa que forneceu resíduos gerais de madeira. 03/08/2023. Do Autor.....	170
Figura 50. Foto: IZ UFRRJ. 26/09/2023. Do Autor.....	171

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Índice de recuperação de resíduos (IRR) em todos os municípios do Brasil comparados ao índice do Município do Rio de Janeiro (por ano). Disponível em: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em 14/10/2023. Adaptado pelo autor.....124
- Gráfico 2.** Volume de resíduos de poda urbana no município do Rio de Janeiro (t) / ano. 20<https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal/> Acesso em 18/04/2022 e COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE – Ano 2020. Adaptado pelo Autor.....125
- Gráfico 3.** Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do município do RJ como substrato para compostagem ou combustível para fornos e caldeiras (t) / ano. Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE. Acesso em 13/09/2023. Adaptado pelo Autor.128
- Gráfico 4.** Evolução da Média Aritmética da Temperatura da Superfície do Solo. Fonte: Do autor.....173
- Gráfico 5.** Evolução da Média Aritmética da Temperatura do Subsolo. Fonte: Do autor....175
- Gráfico 6.** Evolução da Média Aritmética do Teor de Unidade (TU) do Solo. Fonte: Do autor.....177
- Gráfico 7.** Média aritmética de todos os grupos de tratamento. Fonte: Do autor.....178
- Gráfico 8.** Comparativo entre os tratamentos de *mulching* do crescimento de ervas daninhas.....179

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	17
-------------------	----

CAPÍTULO 1 – APURAÇÃO DA LEGISLAÇÃO FEDERAL PÁTRIA APLICÁVEL À GESTÃO DOS RESÍDUOS FLORESTAIS URBANOS.....

1.1. Introdução.....	21
1.2. Objetivos e hipótese.....	21
1.3. Metodologia.....	21
1.4. A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.....	22
1.5. O direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.....	23
1.6. Princípios jurídico-ambientais.....	31
1.6.1. Princípio da dignidade da pessoa humana.....	31
1.6.2. Princípio da precaução.....	32
1.6.3. Princípio da prevenção.....	35
1.6.4. Princípio poluidor-pagador.....	37
1.6.5. Princípio usuário-pagador.....	40
1.6.6. Princípio protetor-recebedor.....	40
1.6.7. Princípio da proibição de retrocesso ambiental.....	42
1.7. Das competências legislativas e administrativas ambientais.....	42
1.8. Leis Federais Brasileiras relacionadas à gestão de resíduos florestais urbanos.....	45
1.8.1. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal nº 12.305/2012).....	45
1.8.2. O Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001).....	58
1.8.3. Projeto de Lei Federal - Política Nacional de Arborização Urbana (PNAU – CBAU 2021).....	66
1.9. Conclusão.....	71

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DO CONTEXTO ATUAL DA ARBORIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO COM ÊNFASE NA LEGISLAÇÃO E GESTÃO DOS RESÍDUOS FLORESTAIS URBANOS.....

2.1. Introdução.....	75
2.2. Objetivos e hipótese.....	76
2.3. Metodologia.....	76
2.4. Contextualização geográfica e populacional do Município do Rio de Janeiro.....	77
2.5. Árvores.....	79
2.6. Arborização no Município do Rio de Janeiro.....	80
2.7. Serviços ecossistêmicos das árvores urbanas.....	86
2.8. A importância do planejamento da arborização urbana.....	94
2.9. O Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) Decreto Municipal nº 42.685/2016.....	99
2.10. O manejo do acervo arbóreo do município do Rio de Janeiro.....	103
2.10.1. Poda.....	104
2.10.2. Classificação dos resíduos florestais urbanos conforme a legislação e normas administrativas.....	106
2.11. Resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro.....	108

2.11.1.	Sistema Normativo do Município do Rio de Janeiro correlato à gestão de resíduos florestais urbanos.....	110
2.11.2.	Os agentes e a estrutura de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos no Município do Rio de Janeiro.....	112
2.11.3.	Panorama da gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro.....	121
2.12.	Gestão dos resíduos florestais urbanos sob a premissa da sustentabilidade.....	132
2.13.	Os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU e a gestão de resíduos florestais urbanos.....	134
2.14.	Políticas Públicas do Município do Rio de Janeiro inerentes à gestão de resíduos florestais urbanos.....	140
2.15.	Conclusão.....	142

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS FLORESTAIS URBANOS RELACIONADAS À PRODUÇÃO DE "MULCHING".....151

3.1.	Introdução.....	151
3.2.	Objetivos e hipótese.....	151
3.3.	Metodologia.....	152
3.4.	A tecnologia como instrumento à adequada destinação dos resíduos florestais urbanos.....	152
3.5.	Planejamento e logística de segregação dos materiais residuais de poda urbana para reaproveitamento.....	153
3.6.	As potenciais formas de aproveitamento de resíduos de poda urbana.....	156
3.7.	<i>Mulching</i>	157
3.8.	Experimento realizado com tratamentos de <i>mulching</i> e seus efeitos no solo e no crescimento de daninhas.....	167
3.9.	Resultados obtidos e discussão.....	172
3.10.	Conclusão.....	180

CONCLUSÃO.....182

REFERÊNCIAS.....189

APRESENTAÇÃO

Segundo dados divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU), as áreas urbanas já abrigam, atualmente, a maioria da população mundial, na ordem estimada de 55% das pessoas habitando as cidades do mundo, que ocupam apenas 2% do território do planeta. Em 1950, apenas 30% da população mundial era classificada como urbana. No entanto, mais 2,5 bilhões de pessoas devem se tornar urbanas entre os anos 2018 e 2050, de modo que os habitantes das cidades representarão 68% da população total do planeta, isto é, aproximadamente 6,68 bilhões de pessoas habitarão as cidades em 2050 (ONU, 2019).

Considerando a previsão de crescimento exponencial da população urbana mundial, será um desafio, cada vez maior, a manutenção do bem-estar dos cidadãos e o desenvolvimento sustentável nas cidades. Tais fatores estão diretamente relacionados à conservação dos ecossistemas e seu uso ambientalmente adequado, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para o presente e às futuras gerações. Dentro deste escopo ambiental a ser tutelado pela sociedade, enquadra-se a arborização urbana, que exerce inúmeras funções em benefício da manutenção da qualidade de vida dos munícipes.

A fundamentação teórica sobre a preservação do meio ambiente para a presente e às futuras gerações, com o enfoque ético à produção legislativa ambiental, é abordada sob a ótica do princípio Responsabilidade proposta pelo filósofo Hans Jonas, com as preocupações com as ações antrópicas no meio ambiente e suas consequências presentes e futuras.

A urbanização desenfreada e desorganizada que se constata atualmente é maléfica à qualidade de vida e à sobrevivência das espécies no meio urbano. Isto porque, via de regra, não há, historicamente, um planejamento para que a urbanização seja gradativa, pensada e pautada pela preservação e respeito ao meio ambiente.

O fenômeno da urbanização cria impactos que extrapolam a “simples” ocupação do espaço por construções e maior aglomeração de seres humanos. Nesse sentido, pode se afirmar que as cidades produzem mais resíduos sólidos, das mais variadas classificações, que, consequentemente, devem ter uma destinação ambientalmente adequada.

Todos esses aspectos estão vinculados à industrialização, ao consumo, à degradação do meio ambiente e consequente piora da qualidade do ar. As mudanças climáticas têm relação direta com esse fenômeno, de modo que a urbanização é uma das grandes causas de

mudanças climáticas, o que tem gerado a busca por soluções ambientalmente adequadas, em seus múltiplos aspectos.

Nesse aspecto, as árvores cumprem um papel primordial para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes das cidades. Isto porque as árvores urbanas possuem funções similares, *mutatis mutandis*, às funções das florestas, quais sejam: Protetora ou ambiental, produtora ou econômica e a própria função social. Noutro turno, o manejo do acervo arbóreo também gera resíduos, denominados resíduos florestais urbanos. A destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos ainda se revela bastante incipientes.

Portanto, é imperiosa a análise legislativa ambiental brasileira em todas as esferas, a saber: federal, estadual e municipal, bem como todas as espécies normativas incidentes ao caso de modo a investigar se as ações adotadas pelo Poder Executivo Municipal, quanto à gestão dos resíduos florestais urbanos, são compatíveis com as determinações legislativas. Mais ainda, investigar se tal planejamento – caso haja – está sendo efetivamente praticado.

Assim, identificou-se o problema enfrentado pelas cidades, acerca da gestão e aproveitamento dos resíduos sólidos vegetais oriundos da atividade de poda das árvores que compõem o acervo urbano, visto que a destinação de tais resíduos deve cumprir o preconiza a legislação aplicável à espécie, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

A pesquisa sobre a legislação aplicável à gestão dos resíduos sólidos vegetais derivados de poda urbana, sob o enfoque que a presente pesquisa sugere, se justifica em razão do caráter multidisciplinar que envolve o tema relativo ao aproveitamento de resíduos agroflorestais urbanos. Assim, considerando o caráter multidisciplinar que o tema permite atribuir, quanto maior for a contribuição de outras áreas de conhecimento, maior a probabilidade de se alcançar o objetivo comum a toda a sociedade, no que concerne ao objeto proposto, qual seja: A adequação da gestão dos resíduos florestais urbanos à manutenção e preservação de um meio-ambiente ecologicamente equilibrado e sustentável.

A partir da experiência do Município do Rio de Janeiro, são abordadas as relações entre a gestão dos resíduos florestais urbanos e a legislação atual aplicável à espécie, nos âmbitos federal, estadual e municipal, traduzidas no conceito de promover a destinação e o aproveitamento ambientalmente eficientes e sustentáveis de tais resíduos, sendo a hipótese que se pretende demonstrar, com base no referencial teórico adotado, é a de que a gestão dos resíduos florestais urbanos no município do Rio de Janeiro não é adequada ao que preconiza a legislação que incide sobre tal temática.

Buscou-se investigar que é possível afirmar que o reaproveitamento dos resíduos oriundos de poda urbana é benéfico tanto ao meio ambiente quanto aos munícipes, bem como que a gestão de tais resíduos pode ser otimizada, sugerindo, ao final, soluções inerentes à área de ciência e tecnologia para produtos florestais em tal destinação, especificamente quanto ao desenvolvimento de projeto relacionado à reutilização e reaproveitamento dos resíduos florestais urbanos como *mulching*, isto é, cobertura morta, em razão da compatibilização da pesquisa proposta às políticas públicas e legislação relativas ao aproveitamento de resíduos agroflorestais, mais especificamente a gestão dos resíduos vegetais oriundos de poda urbana e sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável.

A pesquisa investiga a legislação e as políticas públicas relativas ao aproveitamento de resíduos florestais urbanos, mais especificamente a gestão de sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável. Coletou, outrossim, os dados quantitativos da gestão de podas de árvores urbanas, de modo a identificar o que está em consonância – ou não – com a legislação na gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro. Relaciona a legislação ambiental e a gestão e aproveitamento de resíduos vegetais da poda urbana, de modo a alcançar uma gestão ambientalmente adequada dos citados resíduos sólidos.

A pesquisa também propõe a investigação sobre se o Poder Executivo Municipal do Rio de Janeiro tem adotado condutas concretas para propiciar condições e possibilidades para a efetivação de uma adequada gestão, destinação e o aproveitamento ambientalmente eficiente e sustentável dos resíduos sólidos vegetais de poda urbana.

O contributo social e acadêmico inserido no âmbito da pesquisa se apresenta relevante visto que, considerado o alto volume de resíduos sólidos vegetais oriundos da poda urbana no município do Rio de Janeiro, a gestão eficiente, sob o ponto de vista ambiental, de tais resíduos representa um considerável avanço social no objetivo de manter o meio-ambiente e a cidade ecologicamente equilibrados.

A gestão dos resíduos sólidos vegetais oriundos da poda de árvores urbanas pelo Município do Rio de Janeiro deve atender, simultânea e plenamente, aos aspectos legislativo e ambiental, de modo que o aproveitamento de resíduos da poda urbana tenha uma destinação final ecologicamente adequada, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável, conforme preconiza a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Consta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES (BRASIL, 2022), que traz a estratégia de longo prazo, em âmbito nacional, para operacionalizar as disposições

legais, princípios, objetivos e diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a meta de recuperação de 13,5% da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, em relação à massa total deste material, até 2040.

Utilizou-se, como diretriz metodológica, na presente pesquisa, os seguintes aspectos: Revisão bibliográfica e de artigos científicos sobre gestão de resíduos sólidos vegetais oriundos de poda urbana de árvores, métodos de gestão com eficiência ambiental; documental e estudo de caso e coleta de dados públicos relativos à poda de árvores no Município do Rio de Janeiro para pesquisar como é feita a gestão de tais resíduos e pesquisa de campo, tendo havido visitas aos entes envolvidos na poda de árvores, além de revisão legislativa aplicável ao tema, buscando cotejar tais dados com o intuito de sugerir métodos ambientalmente sustentáveis de gestão e aproveitamento dos resíduos sólidos florestais urbanos.

CAPÍTULO 1 – APURAÇÃO DA LEGISLAÇÃO FEDERAL PÁTRIA APLICÁVEL À GESTÃO DOS RESÍDUOS FLORESTAIS URBANOS

1.1. Introdução

O presente capítulo objetiva coletar, resumir, analisar e realizar uma avaliação crítica e descritiva acerca da base legislativa e do arcabouço jurídico-principiológico do tema inerente aos resíduos derivados do manejo arbóreo urbano, com diretrizes integrativas do meio ambiente urbano, às cidades e aos municípios, bem como sua tutela legislativa, com vistas a fornecer subsídios aos gestores municipais acerca do caráter imperativo da legislação pátria quanto à importância de efetivar o planejamento, mapeamento e adequada gestão dos resíduos sólidos, em conformidade com a política nacional de resíduos sólidos, de forma ambientalmente sustentável, buscando propor e afirmar novos procedimentos e caminhos na conjugação de tais temas para uma gestão ampla e adequada aos ditames normativos.

1.2. Objetivos e hipótese

A pesquisa investiga se a legislação pátria é suficiente para a tutela do meio ambiente e para respaldar a adoção de políticas públicas relativas ao aproveitamento de resíduos florestais urbanos, mais especificamente a gestão de sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável. Tem como objetivo a apuração e análise da legislação pátria aplicável ao tema.

1.3. Metodologia

Foram avaliadas publicações, independentemente do período de veiculação, e catalogadas as que se enquadraram na temática: previsão constitucional e legislativa ordinária relativas à temática ambiental e à gestão dos resíduos oriundos de poda urbana, bem como sobre eventual imposição, aos Municípios brasileiros, para a elaboração de planos diretores de arborização urbana, com vistas ao planejamento, mapeamento, manejo e avaliação do acervo arbóreo, de forma ambientalmente sustentável. A pesquisa foi efetivada por meio de buscas no portal de periódicos da CAPES. Foram selecionados artigos científicos, livros e publicações com estudos na temática indicada.

1.4. A Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 05 de Outubro de 1988.

Em nosso ordenamento jurídico, a Constituição Federal ocupa posição de superioridade em relação a todas as demais espécies legislativas, de modo que seus mandamentos têm primazia sobre quaisquer outros da legislação pátria, além de representarem a diretriz de toda a interpretação legislativa infraconstitucional, assim entendida como todas as demais leis que compõem o sistema normativo brasileiro.

A Constituição, Lei fundamental e suprema de um Estado, contém normas referentes à estruturação do Estado, à formação dos poderes públicos, forma de governo e aquisição do poder de governar, distribuição de competências, direitos, garantias e deveres dos cidadãos, individualizando os órgãos competentes para a elaboração e edição de normas jurídicas, legislativas ou administrativas (MORAES, 2005). É a ordem jurídica fundamental de uma comunidade em um dado período histórico, pois estabelece os pressupostos de criação, vigência e execução do resto do ordenamento jurídico, além de conformar e determinar amplamente o seu conteúdo.

O ordenamento jurídico traz uma ordem lógica e coerente, obedecendo a um sistema escalonado de normas, donde tais normas subordinam-se umas às outras, hierárquica e gradativamente (BETIOLI, 2008). Esse sistema hierárquico de normas é composto de modo que cada norma encontra sua validade em uma norma superior a ela (VIEIRA, 1999).

Uma acepção doutrinária acerca do que se denomina como ordenamento jurídico é a do jurista Miguel Reale. Conforme indica BETIOLI (2008), o sistema de Miguel Reale, consiste em um sistema tridimensional e integrativo de normas aplicadas aos fatos e valores envolvidos, de modo a assegurar a realização ordenada da convivência humana, atribuindo uma conotação social e histórica ao ordenamento jurídico.

Um fato, segundo o jusfilósofo brasileiro Miguel Reale, nunca deve ser analisado como um fato isolado e sim, como um conjunto de circunstâncias (NADER, 2006). Assim, a contribuição de Miguel Reale é a percepção de que as normas jurídicas não são um conjunto estanque ou, tão-somente, formal, mas se apresentam em possibilidade de integração e em conexão harmônica.

O direito ambiental tem se destacado como ramo especializado e peculiar da ciência humana à qual o direito faz parte. Como é de sabença comum, o direito, como ciência, possui

princípios constitutivos próprios, um dos aspectos que o caracterizam, portanto, como ciência autônoma (MILARÉ, 2015).

Nesse jaez, há um empenho em identificar e caracterizar o conteúdo dos princípios orientadores deste ramo do direito, denominado direito ambiental. A importância da identificação dos princípios inerentes ao direito ambiental se dá em razão de o direito positivo, a norma jurídica, nem sempre, fornecerem subsídios ao intérprete para o adequado deslinde dos problemas que se apresentam ao Poder Judiciário, de modo que os princípios são uma ferramenta sobremaneira valiosa para a gestão dos riscos ambientais (ANTUNES, 2023) e para a efetivação do mandamento constitucional relativo à manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

O ordenamento jurídico é também orientado por princípios jurídicos. O verbete “princípio” tem como sinônimos: Causa primária, origem; Preceito, regra; Proposições diretoras de uma ciência (FERREIRA, 1989). Segundo MILARÉ (2015), princípio significa, em sua raiz latina, “aquilo que se toma primeiro” (*primum capere*), sendo estes os elementos orientadores de intelecção dos diferentes componentes do todo unitário sistêmico. BETIOLI (2008) menciona que princípios são verdades ou juízos fundamentais que servem de alicerce ou de garantia de certeza a um sistema de conhecimento, filosófico ou científico. Princípio é, portanto, a base sobre a qual todo o desenvolvimento posterior é realizado.

Na acepção jurídica, os princípios ocupam posição de grande relevância, pois são diretrizes a serem seguidas por todos que estão submetidos à legislação. Os princípios jurídico-legislativos identificam valores a serem preservados ou fins a serem alcançados, trazendo um conteúdo axiológico ou uma decisão política (BARROSO, 2006).

Os princípios são dotados de positividade e coercitividade, devendo ser levados em conta pelo aplicador da ordem jurídica, nas três esferas de poder, quais sejam, Judiciário, Executivo e Legislativo, como afirma ANTUNES (2012). Segundo ALEXANDRINO e PAULO (2008), princípios são as ideias centrais de um sistema, que estabelecem diretrizes à interpretação harmoniosa, racional e lógica da estrutura legislativa.

Abaixo, será abordado um princípio que se traduz em direito fundamental e – também – um dever de todos os cidadãos, o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

1.5. O direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado

Direitos fundamentais são uma categoria de direitos dos cidadãos, assegurados pela Constituição Federal, que representam seus direitos básicos. A inserção de tais direitos na Lei

maior confere uma proteção de tais direitos aos cidadãos, conferindo a necessária legitimação legislativa para o seu exercício por todos (BONAVIDES, 1996). Os direitos fundamentais, conforme definidos por PORTO (2006), são os direitos humanos selecionados pelos sistemas legislativos nacionais, que assim o definem como tais. MORAES (2008) define direitos fundamentais como direitos subjetivos, assentes no direito objetivo, positivados (inseridos) ou não no texto constitucional com aplicação nas relações entre as pessoas ou com o Estado. Formalmente, direitos fundamentais são aqueles que, reconhecidos na constituição ou em tratados internacionais, atribuem ao indivíduo – ou a grupos de indivíduos – uma garantia subjetiva ou pessoal (CANOTILHO & LEITE, 2012).

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 estabelece, em seu artigo 5º, § 1º, que as normas definidoras de direitos fundamentais têm aplicação imediata (BRASIL, 1988). BOBBIO (1909) professa que a democracia é a sociedade dos cidadãos, e os súditos se tornam cidadãos quando lhes são reconhecidos determinados direitos fundamentais.

Os direitos fundamentais podem ser classificados e agrupados em quatro grandes categorias, a saber: Direitos políticos, direitos individuais, direitos sociais e direitos difusos (BARROSO, 2006). Encontra-se, na doutrina, outra denominação para os direitos difusos, qual seja, direitos coletivos MORAES (2008). Sob a ótica de PORTO (2008), os direitos fundamentais são classificados por secção dos elementos da cidadania, quais sejam: civil, político e social, relativos, respectivamente, aos direitos de liberdade individual, aos direitos de exercer o poder político e os inerentes ao Poder executivo.

Os direitos fundamentais podem ser classificados conforme suas dimensões. As liberdades individuais representam a primeira dimensão; Os direitos econômicos, culturais, políticos e sociais, a segunda (SARLET, 2007) e os direitos difusos, a terceira dimensão, a exemplo do direito ao meio ambiente equilibrado e saudável (PORTO, 2008). Conforme indicava BOBBIO (1909), ao lado dos direitos sociais, de segunda geração, emergiram os denominados direitos fundamentais de terceira geração, que constituíam, à época, uma categoria heterogênea e vaga, na qual se inclui o direito a não viver em um ambiente poluído.

As denominações ‘geração’ e ‘dimensão’ são equiparadas e amplamente utilizadas na doutrina, não obstante a crítica de PORTO (2008) à primeira, pois pode ensejar uma interpretação – equivocada, frise-se – de que as gerações posteriores gerariam uma

caducidade das antecedentes.¹ Já há, na doutrina, menção aos direitos fundamentais de quarta e quinta dimensões (gerações). (SARLET, 2007).

A figura abaixo ilustra as dimensões/gerações de direitos fundamentais nos ordenamentos jurídicos.

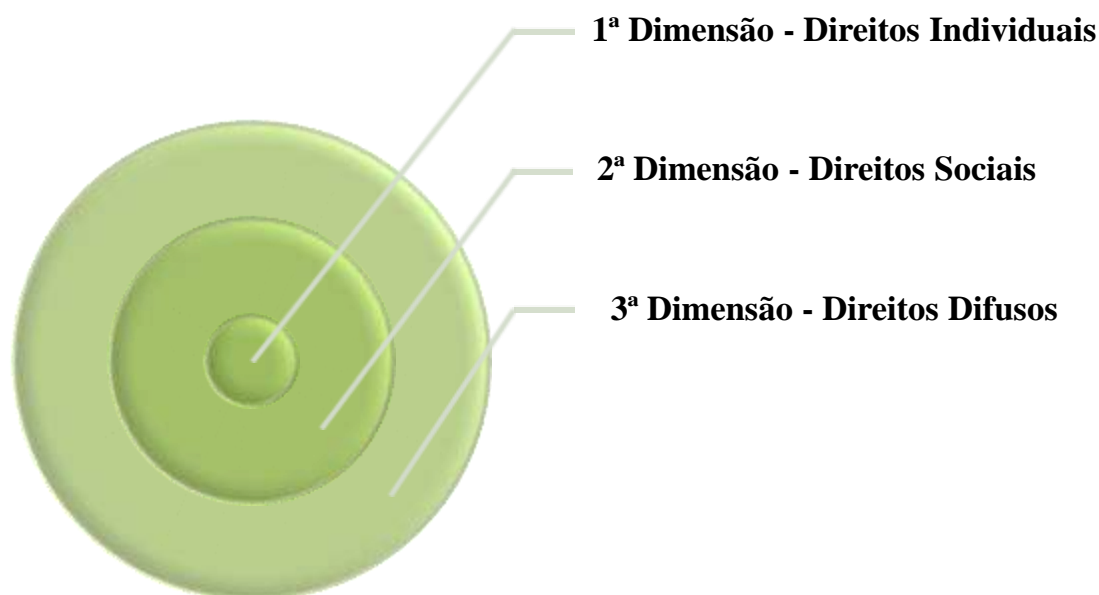


Figura 1. Dimensões/gerações de direitos fundamentais. Adaptado pelo Autor.

A progressiva degradação ao meio ambiente, a que se assiste recentemente no planeta, ensejou a inserção de sua proteção – e manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado – pelos textos constitucionais dos estados democráticos de direito, passando a integrar os direitos fundamentais de terceira geração (MILARÉ, 2015; ANTUNES, 2023).

Esse direito fundamental foi reconhecido pela Declaração das Nações Unidas Sobre o Ambiente Humano, de 1972, denominada como Conferência de Estocolmo, onde, no

¹ O direito à integridade do meio ambiente – típico direito de terceira geração – constitui prerrogativa jurídica de titularidade coletiva, refletindo, dentro do processo de afirmação dos direitos humanos, a expressão significativa de um poder atribuído, não ao indivíduo identificado em sua singularidade, mas, num sentido verdadeiramente mais abrangente, à própria coletividade social. Enquanto os direitos de primeira geração (direitos civis e políticos) – que compreendem as liberdades clássicas, negativas ou formais – realçam o princípio da liberdade e os direitos de segunda geração (direitos econômicos, sociais e culturais) – que se identificam com as liberdades positivas, reais ou concretas – acentuam o princípio da igualdade, os direitos de terceira geração, que materializam poderes de titularidade coletiva atribuídos genericamente a todas as formações sociais, consagram o princípio da solidariedade e constituem um momento importante no processo de desenvolvimento, expansão e reconhecimento dos direitos humanos, caracterizados, enquanto valores fundamentais indisponíveis, pela nota de uma essencial inexauribilidade. [MS 22.164, rel. min. Celso de Mello, j. 30-10-1995, P, DJ de 17-11-1995.]

Princípio 1, se lê: “O homem é ao mesmo tempo obra e construtor do meio ambiente que o cerca, o qual lhe dá sustento material e lhe oferece oportunidade para desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. Em larga e tortuosa evolução da raça humana neste planeta chegou-se a uma etapa em que, graças à rápida aceleração da ciência e da tecnologia, o homem adquiriu o poder de transformar, de inúmeras maneiras e em uma escala sem precedentes, tudo que o cerca. Os dois aspectos do meio ambiente humano, o natural e o artificial, são essenciais para o bem-estar do homem e para o gozo dos direitos humanos fundamentais, inclusive o direito à vida mesma.” (ONU, 1972).

O núcleo do direito fundamental à preservação do meio ambiente foi ratificado pela Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992, denominada como Eco Rio 1992, onde, no Princípio 1, se lê: “Os seres humanos estão no centro das preocupações com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza” (ONU, 1992), além de constar, outrossim, na denominada Carta da Terra, de 1997, tópico que não fora concluído na Rio Eco 92 e redigida por Comissão criada pela Organização das Nações Unidas, onde se lê, nos princípios 4 e 5, o seguinte: Princípio 4: “Garantir as dádivas e a beleza da Terra para as atuais e as futuras gerações” e Princípio 5: “Proteger e restaurar a integridade dos sistemas ecológicos da Terra, com especial preocupação pela diversidade biológica e pelos processos naturais que sustentam a vida”. (ONU, 1997).

Importante mencionar que os direitos fundamentais não podem ser alterados ou subtraídos, sequer por uma nova constituição. As garantias e direitos fundamentais são cláusulas pétreas constitucionais, isto é, são imutáveis e intangíveis, consideradas cláusulas superconstitucionais, como indica VIEIRA (1999), não podendo, portanto, ser alteradas ou abolidas.

Assim, iniciar-se-á a análise do conjunto legislativo e jurídico-principiológico que trata do presente tema, abrangendo a proteção ao meio ambiente, bem como as imposições constitucionais e infraconstitucionais acerca dos entes competentes a tratar da questão atinente à gestão do acervo arbóreo das cidades.

Nesse sentido, partindo-se da análise das disposições previstas na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que incidem sobre a temática ora abordada, abrangendo, outrossim, os aspectos da legislação Federal e Municipal que derivam dos mandamentos constitucionais.

O artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, determina que o meio ambiente ecologicamente equilibrado é direito de todos os cidadãos, para as

presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988). A utilização do pronome “todos” no comando constitucional alarga a abrangência da norma jurídica, sendo, portanto, de cada um, como pessoa humana, independentemente de sua nacionalidade, raça, sexo, idade, estado de saúde, profissão, renda ou residência (MACHADO, 2012).

Assim dispõe o referido artigo 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Foi a primeira vez, no direito brasileiro, que a proteção ao meio ambiente alcançou o *status* constitucional (CANOTILHO & LEITE, 2012). Segundo ANTUNES (2023), a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, inaugurou uma nova realidade em termos de proteção jurídica ao meio ambiente, seguindo tendência moderna, à época, e ainda incipiente nas nações mundiais, de inserção da tutela do meio ambiente na carta constitucional.

A referida previsão constitucional impõe um direito inviolável de todos os cidadãos brasileiros e o dever de preservação do meio ambiente para que as futuras gerações possam usufruir, nas mesmas condições – ou melhores, preferencialmente – do que as atuais. A partir do momento em que a proteção ambiental é inserida na ordem constitucional brasileira, o meio ambiente é alçado ao ponto máximo do ordenamento, privilégio que outros valores sociais relevantes demoraram a lograr conquistar (CANOTILHO & LEITE, 2012). ANTUNES (2012) sublinha que o direito estabelecido no artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 encontra, como um de seus fundamentos, o princípio da dignidade da pessoa humana, nele encontrando, outrossim, sua justificativa final.

O meio ambiente é um bem de uso comum do povo, difuso, supra individual, material ou imaterial, que abrange a vida e a saúde da presente geração da humanidade, bem como das futuras gerações (FREITAS & SOUZA, 2012), assim como o patrimônio e outros interesses – inclusive não humanos – constituindo, indubitavelmente um bem de inestimável importância à sociedade.

O direito ao meio-ambiente ecologicamente equilibrado denota, noutro turno, um dever – também imposto a todos – de proteção e preservação do meio ambiente, mantendo seu equilíbrio ecológico. É um direito com uma estrutura bifronte, isto é, a um só tempo, negativa – pois impõe um dever de não fazer – e positiva, no sentido de determinar prestações positivas do Estado e da sociedade (CANOTILHO & LEITE, 2012). MILARÉ (2015) afirma

que esse é o princípio transcendental de todo o ordenamento jurídico ambiental, ostentando o *status* de genuína cláusula pétrea.

O artigo 225, parágrafo 1, inciso I, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, prescreve que: “Incumbe ao Poder Público preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas” (BRASIL, 1988). Conforme ANTUNES (2023), tal dispositivo estabelece obrigações para o Poder Público e, em contrapartida, um direito subjetivo público oponível ao Estado, de forma que o cidadão possa exigir que o Estado atue ativamente na proteção ao meio ambiente.

Esse direito/dever atribuído a todos passa, como mencionado pela Carta Magna Brasileira, pela ecologia. ODUM (2001) indica que a palavra ecologia deriva do verbete grego *oikos*, que significa “casa” ou “lugar onde vive”. Prossegue definindo ecologia como a ciência de estudo das relações dos organismos – ou grupos de organismos – com o seu meio-ambiente. Portanto, é de se concluir que manter o meio-ambiente ecologicamente equilibrado perpassa pela manutenção de todos os organismos – ou grupos de organismos – que nele habitam. A ecologia é a parte predominante do estudo do meio ambiente, conforme FREITAS (2005).

Vê-se em ANTUNES (2023), que a adequada compreensão dos dispositivos constitucionais inerentes ao meio ambiente perpassa também pela aplicação, outrossim, de disciplinas não jurídicas, tais como, geografia, mineralogia, ecologia – como já dito acima – entre outras.

FREITAS (2005) frisa que o meio ambiente possui uma acepção ainda mais ampla, abrangendo itens como urbanismo, aspectos históricos, paisagísticos, entre outros. MORAES (2008) classifica o direito ao meio ambiente em três acepções, a saber: Meio ambiente cultural, composto pelo patrimônio arqueológico, artístico, histórico, paisagístico e turístico; Meio ambiente natural, abrangido pela atmosfera, águas interiores, superficiais e subterrâneas, estuários, mar territorial, solo e subsolo e Meio ambiente artificial, composto pelo espaço urbano resultante de construções, edificações e equipamentos.

Desde que o meio-ambiente passou a ser considerado como valor a ser protegido, como importante questão política, discute-se a melhor maneira de tutelar juridicamente seus elementos (MOURA JUNIOR, 2007).

Assim, o direito ao meio ambiente sadio e equilibrado é resultado do equilíbrio e da preservação do meio ambiente, em todas as suas acepções. Nesse jaez, o direito ao meio ambiente é consectário, em sua análise essencial, do princípio da dignidade da pessoa humana. Nesse sentido, MILARÉ (2015) afirma que o direito a um meio ambiente sadio é

uma extensão do direito à vida dos cidadãos, abordando o aspecto da própria existência humana como da qualidade desta existência como decorrência direta do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Pela exposição feita alhures, é possível concluir que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado é considerado um direito fundamental dos cidadãos, inserido na categoria dos direitos difusos, de terceira geração/dimensão. (SARLET, 2007) (MORAES, 2008) (CANOTILHO & LEITE, 2012) (MACHADO, 2012) (BARROSO, 2006).²

Porém, são patentes os danos causados pelo ser humano ao meio ambiente, no decorrer de sua existência no planeta Terra (SARLET, 2014). A constatação de tal fato, por parte da sociedade mundial, com vistas ao enfrentamento da crise ecológica mencionada, tem gerado mobilizações com vistas a modificar o padrão comportamental do ser humano moderno, de modo a conscientizá-lo da necessidade de preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Sabe-se, outrossim, que a maioria dos danos perpetrados pelo ser humano ao meio ambiente é composta por degradações cumulativas e irreversíveis (JONAS, 2006).

Essa situação de crise ecológico-ambiental, indubitavelmente, invade a seara ético-filosófica (SARLET, 2014), em razão de o elemento axial da degradação do meio ambiente estar relacionado ao comportamento do ser humano em relação à natureza, em todas as suas formas.

O filósofo alemão Hans Jonas (1903-1993), propôs um novo enfoque ético sobre tal questão. Segundo JONAS (2006), a ética tradicional era centrada nos limites do ser humano, não abrangendo a natureza das coisas extra-humanas. Na ética tradicional, em função de sua perspectiva imediatista, a natureza não era abrangida como sendo alvo da responsabilidade do ser humano (BATTESTIN; GHIGGI, 2010).

² Meio ambiente. Direito à preservação de sua integridade (CF, art. 225). Prerrogativa qualificada por seu caráter de metaindividualidade. Direito de terceira geração (ou de novíssima dimensão) que consagra o postulado da solidariedade. Necessidade de impedir que a transgressão a esse direito faça irromper, no seio da coletividade, conflitos intergeracionais. Espaços territoriais especialmente protegidos (CF, art. 225, § 1º, III). Alteração e supressão do regime jurídico a eles pertinente. Medidas sujeitas ao princípio constitucional da reserva de lei. Supressão de vegetação em área de preservação permanente. Possibilidade de a administração pública, cumpridas as exigências legais, autorizar, licenciar ou permitir obras e/ou atividades nos espaços territoriais protegidos, desde que respeitadas, quanto a estes, a integridade dos atributos justificadores do regime de proteção especial. Relações entre economia (CF, art. 3º, II, c/c art. 170, VI) e ecologia (CF, art. 225). Colisão de direitos fundamentais. Critérios de superação desse estado de tensão entre valores constitucionais relevantes. Os direitos básicos da pessoa humana e as sucessivas gerações (fases ou dimensões) de direitos (RTJ 164/158, 160-161). A questão da precedência do direito à preservação do meio ambiente: uma limitação constitucional explícita à atividade econômica (CF, art. 170, VI). Decisão não referendada. Consequente indeferimento do pedido de medida cautelar. A preservação da integridade do meio ambiente: expressão constitucional de um direito fundamental que assiste à generalidade das pessoas. [ADI 3.540 MC, rel. min. Celso de Mello, j. 1º-9-2005, P, DJ de 3-2-2006.]

Importante sublinhar que o citado filósofo não olvida as premissas da ética tradicional, mas busca ponderar suas adequações às questões externas, impactadas pela conduta humana (BATTESTIN; GHIGGI, 2010). Segundo Hans Jonas, é imperiosa a construção de uma nova concepção ética com vistas compreender a ação humana no contexto do atual estágio da tecnologia e seus conseqüências (SARLET, 2014).

Os objetivos de Hans Jonas, com sua nova concepção filosófica, segundo a interpretação de CHEVITARESE (2013), são: Visualizar os efeitos de longo prazo no meio ambiente e mobilizar o sentimento adequado à representação de tais efeitos à natureza, de modo a alcançar uma mudança da conduta humana lesiva ao meio ambiente.

O princípio Responsabilidade proposto por Jonas, segundo BATTESTIN; GHIGGI (2010): “É de ordem racional, com vistas para um agir coletivo como um bem público, sendo capaz de proporcionar um diálogo crítico e reflexivo em plena civilização tecnológica”. Hans Jonas reflete sobre a violência perpetrada pelo ser humano à natureza, paralelamente ao avanço das inovações tecnológicas, sendo uma diretamente relacionada à outra (HUPFER & ENGELMANN 2017).

O princípio Responsabilidade é também fundado na lógica do perigo do futuro, de modo que tal situação modifique a conduta do ser humano no presente, de modo a evitar a situação extrema (JONAS, 2006).

A evolução dos conhecimentos tecnológicos e científicos, alcançados pela sociedade moderna, que deveria ter foco na manutenção do bem-estar social, dignidade e qualidade da vida humana, passaram a ser – paradoxalmente – em muitos casos, a principal ameaça à manutenção do meio ambiente equilibrado e da própria existência do ser humano na Terra (SARLET, 2014).

O princípio Responsabilidade, proposto por Hans Jonas, questiona as premissas da denominada “civilização tecnológica” – como ele próprio denomina – sugerindo uma abordagem ética da ciência, sobretudo pelos riscos existenciais do ser humano na Terra (SARLET, 2014). Segundo HUPFER & ENGELMANN (2017), Hans Jonas defende um direito moral próprio da natureza ao questionar a “viabilidade” de um mundo às futuras gerações.

CHEVITARESE (2013), mencionando o pioneirismo de Hans Jonas no enfoque ambiental da filosofia, na qual o filósofo desenvolveu a preocupação com as futuras gerações, indica que recuperou o imperativo categórico descrito por Kant, elaborando o que, em sua visão, representaria uma nova concepção para tal questão. Portanto, JONAS (2006) propõe um novo enfoque filosófico ao imperativo categórico de Kant, transcrito a seguir: “Age de tal

forma que os efeitos de tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma vida humana autêntica sobre a terra”.

É possível afirmar que a nova reflexão filosófica de Hans Jonas, com vistas à repercussão da conduta humana no mundo exterior ao próprio ser humano, especialmente à natureza, é uma das inspirações que ensejaram a mobilização das nações mundiais em prol da preservação do meio ambiente, sendo, outrossim, a premissa do elemento nuclear adotada pela normativa fundamental inserida na Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, acerca da preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para a presente e também às futuras gerações.

A nova concepção filosófica de Hans Jonas é perceptível no denominado princípio da precaução – abordado no tópico seguinte – e adotado amplamente em nosso ordenamento jurídico, inclusive na Constituição da República Federativa do Brasil, impondo, portanto a ideia de uma nova ética para o agir humano, vislumbrando a responsabilidade, segundo indica SARLET (2014), para além da dimensão temporal presente e indicando a projeção das consequências de tal conduta às futuras gerações. Também se verifica a presença de sua *ratio* nos princípios jurídico-ambientais da prevenção e da responsabilidade.

1.6. Princípios Jurídico-Ambientais

A seguir, abordar-se-ão os princípios jurídico-ambientais que tenham algum ponto de tangência com o tema proposto na presente pesquisa, de modo a descrever os princípios aplicáveis à gestão ambientalmente adequada dos resíduos florestais urbanos, assim entendidos como aqueles oriundos dos atos de manejo das árvores nas cidades, tais como poda, supressão, entre outros.

1.6.1. Princípio da Dignidade da Pessoa Humana

Urge ressaltar, preliminarmente, que, em todas as sociedades evoluídas e contemporâneas, há uma perene preocupação com o ser humano e com a busca constante de providências e medidas aptas a aprimorar o atendimento aos cidadãos para, então, a mais plena e equânime convivência social, com vistas à salvaguarda da dignidade humana, em sua acepção mais primitiva. A Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 05 de Outubro de 1988, em seu artigo 1º, inciso III, prevê que a República Federativa do Brasil constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como um de seus fundamentos a

dignidade da pessoa humana, visto que o elemento axial da Carta Magna é o ser humano (BRASIL, 1988).

Em busca da definição do que seja a dignidade da pessoa humana, referida na Constituição Federal Brasileira, importante sublinhar que não há que se falar em uma definição fixista, estanque, pré-definida. Há uma construção permanente deste conceito-referencial, mas sua definição é também composta pela garantia de condições existenciais mínimas para uma vida saudável (SARLET, 2008). Prossegue SARLET (2008), citando que o direito à dignidade humana seria atingido – ou descumprido – sempre que o indivíduo fosse descaracterizado e desconsiderado como sujeito de direitos. O princípio-*mater* constitucional da dignidade humana é o elemento nuclear e essencial dos direitos fundamentais (FREITAS, 2007).

No âmbito do direito ambiental, o ser humano é elemento axial (ANTUNES, 2023), conforme estabelece a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. Portanto, é sobremaneira pertinente a ilação de que a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado é uma das condições *sine qua non* para o alcance do cumprimento do princípio constitucional da dignidade da pessoa humana.

1.6.2. Princípio da Precaução

Em MILARÉ (2015), encontra-se o significado e a etimologia do verbete “precaução”. Precaução é substantivo do verbo precaver (do latim *prae* = antes e *cavere* = tomar cuidado) e sugere a interpretação de adoção de cautelas antecipadas com o desconhecido, de modo que uma atividade não venha a gerar efeitos indesejáveis.

Quanto à origem do princípio da precaução, CANOTILHO & LEITE (2012) afirmam provir do Direito Alemão, onde se denomina “vorsorgeprinzip”, surgindo em meados dos anos 1960, momento em que as questões ambientais se tornaram uma grande questão política, exigindo uma intervenção do Poder Público para impedir ou dirimir danos ambientais provenientes da atividade humana (ANTUNES, 2023). Tal princípio fora positivado – inserido na legislação – no ordenamento jurídico Alemão em 1970.

Prossegue ANTUNES (2023) indicando que, na formulação original do princípio da precaução, o objetivo, à época, era desenvolver, em todos os setores da economia, processos que reduzissem significativamente as cargas ambientais, principalmente aquelas originadas por substâncias perigosas. Tal princípio traz consigo a filosofia do *in dubio pro ambiente*,

sendo certo que sua aplicação requer a ponderação concomitante de outros princípios inerentes ao caso sob análise (CANOTILHO & LEITE 2012).

Não há uma definição pacificada na doutrina sobre a abrangência e a caracterização exatas do conteúdo do princípio da precaução. Assim, considerando a ausência de consenso, ANTUNES (2023) cita uma tendência à adoção de uma definição negativa de tal princípio, isto é, o que ele não representa. Prossegue ANTUNES (2023), indicando que o princípio da precaução não é baseado em “risco zero”, mas almeja minimizar, ao máximo, os riscos. Considerando que, segundo a definição de FERREIRA (2010), risco é perigo ou possibilidade de perigo e que o perigo aqui referido quanto à precaução é relacionado ao meio ambiente, pode-se concluir que risco, no caso, é a possibilidade incerta – porém com probabilidade alta – de ocorrência de dano ao meio ambiente.

Há, inclusive, bastante similaridade entre os princípios ambientais da precaução e da prevenção, que será abordado no tópico a seguir. Porém, a doutrina estabeleceu algumas diferenças sobre tais princípios, sendo certo que a aplicação do princípio da precaução ocorre quando o risco que acomete o meio ambiente se apresenta em grau sobremaneira elevado, alto e que possa ensejar degradação ambiental irreversível ou por longo período (CANOTILHO & LEITE 2012). A aplicação do princípio da precaução relaciona-se intensamente com a avaliação prévia das atividades humanas (MACHADO 2012).

Assim, a aplicação do princípio da precaução, conforme professam CANOTILHO & LEITE (2012), busca prevenir uma suspeita de perigo ou garantir razoável margem de segurança acerca deste risco. Nesse jaez, MACHADO (2012) indica que há riscos que são inaceitáveis, assim entendidos como aqueles que envolvem valores constitucionalmente protegidos, como, no caso, o meio ambiente. Porém, importante sublinhar que, conforme MILARÉ (2015), o enfoque do princípio da precaução se baseia em argumentos hipotéticos e não necessariamente em posicionamentos científicos claros e conclusivos.

Depreende-se que o princípio da precaução é revestido pela concepção filosófica proposta por Hans Jonas, visto que traduz a relação da conduta humana e seu impacto no meio ambiente, no contexto do atual estágio da tecnologia e seus consectários (SARLET, 2014).

Tal princípio deve ser invocado em situações em que a informação científica sobre a atividade ou conduta é insuficiente, inconclusiva ou incerta e haja indícios de que os potenciais e possíveis efeitos da atividade em questão sejam nocivos ou perigosos ao meio ambiente e às pessoas, mostrando-se incompatíveis com o nível de proteção eleito (MILARÉ, 2015). Destarte, conforme ANTUNES (2023), a aplicação de tal princípio, em tese, não

implica na paralisação de uma atividade, mas sim que ela seja exercida com a cautela necessária, até que se possa, inclusive, obter avanços no conhecimento científico acerca de tal mister, de modo a dirimir as eventuais dúvidas que tenham surgido alhures.

MILARÉ (2015) afirma que a ótica precaucional foi introduzida, no arcabouço do direito ambiental, primeiramente, por intermédio das declarações da Organização das Nações Unidas, resultantes da Conferência Rio Eco 92, pela inteligência dos princípios 02 e 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que prescrevem, respectivamente: “Princípio 2 - Os Estados, de acordo com a Carta das Nações Unidas e com os princípios do direito internacional, têm o direito soberano de explorar seus próprios recursos segundo suas próprias políticas de meio ambiente e de desenvolvimento, e a responsabilidade de assegurar que atividades sob sua jurisdição ou seu controle não causem danos ao meio ambiente de outros Estados ou de áreas além dos limites da jurisdição nacional” (ONU, 1992) e “Princípio 15 - Com o fim de proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deverá ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental” (ONU, 1992) do qual o Brasil é também signatário e que contemplaram, de forma expressa, o princípio da precaução.

No ordenamento jurídico brasileiro, o princípio da precaução não está descrito de forma expressa na Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. Porém, é possível identificá-lo, de forma implícita, na redação do artigo 225, inciso V, que, ao impor ao Poder Público o dever de adotar medidas assecuratórias para a preservação do meio ambiente, dentre tais medidas, assim dispõe: “V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” (BRASIL, 1988).

Noutro turno, o princípio da precaução está expresso na legislação infraconstitucional, mais especificamente no Decreto Legislativo nº 1, de 03.02.1994, que aprova o texto do Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, adotada em Nova Iorque, em 09 de maio de 1992 (BRASIL, 1994); Na Lei Federal nº 9.605/1998, denominada Lei de Crimes Ambientais, em seu artigo 54, parágrafo 3º, no trecho que menciona sobre crimes de poluição e outros crimes ambientais, onde se lê que “Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível” (BRASIL, 1998).

O princípio da precaução também está inserto na Lei Federal nº 11.105/2005, que trata sobre organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, em seu artigo 1º, *caput*, onde consta: “Esta Lei estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente” (BRASIL, 2005).

O princípio da precaução também está previsto na Lei Federal nº 12.305/2010, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), dentre as diretrizes orientadoras deste diploma legal. ANTUNES (2023) pondera que, obviamente, a aplicação do princípio da precaução deve ser cotejada com a incidência dos demais princípios fundamentais da República, não sendo dotada, portanto, de um caráter absoluto, como ocorre com todos os valores tutelados pelo ordenamento jurídico.

Abaixo, serão descritas as características do princípio jurídico-ambiental denominado princípio da prevenção.

1.6.3. Princípio da Prevenção

O princípio da prevenção guarda bastante proximidade conceitual com o princípio da precaução, mencionado acima. Segundo CANOTILHO & LEITE (2012), tais princípios são tais quais irmãos da mesma família, representando os dois lados de uma mesma moeda.

Vê-se em MILARÉ (2015) a etimologia da palavra “prevenção”, que é substantivo do verbo “prevenir” (do latim *prae* = antes e *venire* = vir, chegar) e significa, segundo o escólio de FERREIRA (2010): “Dispor com antecipação ou de sorte que evite (dano ou mal).” Portanto, a prevenção induz uma atuação antecipatória, com vistas a evitar um dano, neste caso, ambiental.

Considerando, portanto, o núcleo conceitual do princípio da prevenção, pondera MACHADO (2012) que, adotar uma política pública ambiental preventiva, representa a antecipação de condutas danosas ao meio ambiente e à saúde pública. Ademais, sabendo-se que a degradação ambiental é, via de regra, irreparável, os objetivos principiológicos do direito ambiental são, precipuamente, preventivos (MILARÉ 2015).

Como a prevenção é antecipatória, a sua incidência é, por definição, acautelatória e deve ocorrer, por óbvio, antes da implantação de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (MILARÉ 2015). Assim, conforme afirmam CANOTILHO & LEITE (2012), o objetivo da prevenção é a proibição da atividade que já se sabe perigosa. Somente, em casos excepcionais, quando não for possível evitar totalmente o dano, será aceito uma conduta que reduza ou mitigue o prejuízo ao meio ambiente (MACHADO, 2012). Prevenir danos não significa, necessariamente, eliminar a ocorrência de danos (ANTUNES, 2023).

A incidência do princípio da prevenção, segundo a orientação da doutrina jurídica, deve ocorrer quando houver o preenchimento de dois requisitos, a saber: o perigo ao meio ambiente se reveste de certeza (MILARÉ, 2015) e também é evidente o nexo de causalidade entre tal atividade e o potencial impacto danoso ao ambiente (ANTUNES, 2023).

Igualmente ocorre no princípio da prevenção, é possível estabelecer uma estreita relação do princípio da prevenção com a ideia proposta por Hans Jonas, pelos mesmos motivos expostos alhures, sendo certo que também reflete a relação da conduta humana e seu impacto no meio ambiente, no contexto do atual estágio da tecnologia e seus consectários (SARLET, 2014).

Outrossim, o princípio Responsabilidade é também fundado na lógica do perigo do futuro, de modo que tal situação modifique a conduta do ser humano no presente, de modo a evitar a situação extrema (JONAS, 2006).

Um dos exemplos mais emblemáticos da adoção do princípio da prevenção é o denominado estudo prévio de impacto ambiental, cuja previsão está contida na redação do artigo 225, parágrafo 1º, inciso IV, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, ao impor ao Poder Público o dever de adotar medidas assecuratórias para a preservação do meio ambiente, dentre tais medidas, o referido estudo de impacto ambiental, como consta da transcrição do dispositivo a seguir: “Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade” (BRASIL, 1988).

A prevenção também está prevista na Lei Federal nº 12.305/2010, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), onde tal princípio está arrolado dentre as diretrizes deste diploma legal, conforme prescreve o artigo 6º, inciso I, da referida Lei, ao lado da precaução, poluidor-pagador e protetor-recebedor.

Como dito acima, há um ponto de tangência nas definições dos princípios de precaução e da prevenção, visto que ambos denotam uma postura de antecipação da geração de danos ao meio ambiente, de modo que são pontos de destaque da política ambiental,

exercendo importante papel na gestão dos riscos ambientais (CANOTILHO & LEITE 2012). Assim, é um desafio estabelecer a diferenciação absoluta entre tais princípios. MILARÉ (2015) adota o entendimento de que a prevenção abarcaria a precaução, seguido por CANOTILHO & LEITE (2012), para quem a prevenção é o ponto de partida para a ampliação do espectro do direito ambiental.

As diferenças nucleares destes dois princípios estão subsumidas aos seguintes aspectos, a saber: O conhecimento do dano ambiental a ser causado; O grau de risco de efetivação deste dano ambiental e o conhecimento científico do potencial de dano a ser causado, o que resultará na aplicação de um ou outro princípio. A precaução opera em um primeiro momento desta função antecipatória, diante de um risco abstrato, alto e de difícil previsão de impacto ambiental, enquanto que o princípio da prevenção aplicar-se-á em face de riscos concretos e previsíveis ao ser humano (CANOTILHO & LEITE 2012) (MILARÉ, 2015).

A Organização das Nações Unidas (ONU) adotou ambos os princípios na redação da denominada Carta de Terra, de 1997, onde, no princípio 06 de tal documento, consta a seguinte redação: “Prevenir o dano ao ambiente como o melhor método de proteção ambiental e, quando o conhecimento for limitado, assumir uma postura de precaução” (ONU, 1997).

Portanto, considerando a crucial importância do princípio da prevenção, é possível concluir que cabe a todos os setores da sociedade, indistintamente, a tutela de tal princípio, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado, cabendo ao Estado, precipuamente, a criação de instrumentos normativos de uma política ambiental preventiva (CANOTILHO & LEITE 2012).

Abaixo, serão descritas as características do princípio jurídico-ambiental denominado poluidor-pagador, seu surgimento, bem como sua definição e suas especificidades jurídico-ambientais.

1.6.4. Princípio Poluidor-Pagador

Outro princípio de direito ambiental de valiosa importância é o denominado princípio poluidor-pagador. De início, vale mencionar que a sua nomenclatura indica um possível equívoco na compreensão de sua origem. MILARÉ (2015) esclarece que tal princípio tal objetiva tolerar a poluição mediante pagamento de determinado preço ou valor pecuniário e, sim, evitar a efetivação de danos ao meio ambiente. Isto porque, conforme lecionam CANOTILHO & LEITE (2012), não há Estado Democrático de Direito onde não haja a

possibilidade de aplicar sanções àquele que lese – ou ameace lesar – o meio ambiente, pois a sociedade exige que o agente poluidor seja responsabilizado por seus atos.

Assim, tal princípio assenta a teoria de que os custos sociais externos decorrentes da conduta poluidora devem ser internalizados, de modo que os agentes econômicos os considerem em sua atividade, caso seja autorizada, e os assumam (MILARÉ, 2015).

Um dos objetivos do princípio ambiental poluidor-pagador, segundo CANOTILHO & LEITE (2012), é a internalização dos custos externos da deterioração ambiental. Destarte, almeja-se atribuir ao agente poluidor o custo social da poluição originada por ele próprio (MILARÉ, 2015), considerando os efeitos de sua atividade às pessoas, bens e à natureza, imputando, portanto responsabilidade a ele.

Não se trata, como bem observa MILARÉ (2015), de um aval à poluição, sendo certo que o princípio não pressupõe um salvo-conduto para poluir, pois o princípio não se denomina, segundo o autor, como pagador-poluidor e sim como poluidor-pagador. Seu alcance é maior, pois inclui os custos de prevenção, de reparação e de repressão ao dano ambiental, além de ser um princípio multifuncional e funcionar como adjuvante ao princípio da responsabilidade. Deve ser articulado com outros princípios (CANOTILHO & LEITE 2012).

Com o impacto econômico acima mencionado, a expectativa é a de que o agente poluidor buscará alternativas à redução destes custos, sendo um estímulo à adoção de novos padrões de exercer aquela atividade (JURAS; ARAUJO, 2012).

O princípio poluidor-pagador consta da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, resultante da Conferência Rio Eco 92, organizada e capitaneada pela Organização das Nações Unidas, pela inteligência do princípio 16, que assim prescreve: “As autoridades nacionais devem procurar promover a internacionalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, tendo em vista a abordagem segundo a qual o poluidor deve, em princípio, arcar com o custo da poluição, com a devida atenção ao interesse público e sem provocar distorções no comércio e nos investimentos internacionais” (ONU, 1992).

A Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, adotou expressamente o princípio poluidor-pagador no artigo 225, parágrafo 3º, ao impor responsabilidade penal e administrativa ao poluidor, seja pessoa física ou jurídica, como consta da transcrição do dispositivo a seguir: “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (BRASIL, 1988).

No dispositivo constitucional acima citado é possível identificar nuances da nova concepção filosófica proposta por Hans Jonas, que, segundo a interpretação de CHEVITARESE (2013), sugere os seguintes objetivos, a saber: Visualizar os efeitos de longo prazo no meio ambiente e mobilizar o sentimento adequado à representação de tais efeitos à natureza, de modo a alcançar uma mudança da conduta humana lesiva ao meio ambiente.

É possível afirmar que a nova reflexão filosófica de Hans Jonas, com vistas à repercussão da conduta humana no mundo exterior ao próprio ser humano, especialmente à natureza, é uma das inspirações que ensejaram a mobilização das nações mundiais em prol da preservação do meio ambiente, sendo, outrossim, a premissa do elemento nuclear adotada pela normativa fundamental inserida na Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, acerca da preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para a presente e também às futuras gerações.

Noutro turno, o princípio do poluidor-pagador também está expresso na legislação infraconstitucional, mais especificamente na Lei Federal nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), em seu artigo 4º, inciso VII, no trecho que menciona sobre os objetivos de meio ambiente, onde se lê que “à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.” (BRASIL, 1981).

Também se verifica a adoção de tal princípio no âmbito da Lei Federal nº 12.305/2010, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), onde se inclui dentre as diretrizes deste diploma legal, sendo inerente aos dois primeiros objetivos da política de resíduos sólidos, quais sejam, a proteção à saúde pública e manutenção da qualidade ambiental bem como a ordem de prioridade quanto aos resíduos, na qual se verifica não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos como diretrizes gerais (MACHADO 2012).

No âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos, corroborando o que CANOTILHO & LEITE (2012) indicam, verifica-se a instituição de outro princípio, correlato ao princípio poluidor-pagador, qual seja, a responsabilidade compartilhada (MACHADO 2012), de modo que, quanto melhor for a gestão dos resíduos sólidos, integrando as redes e sistemas de coleta, transbordo, tratamento e disposição final, otimizar-se-á, de modo ambientalmente adequado, a problemática premente que reveste a questão dos resíduos sólidos em nosso país (JURAS & ARAUJO, 2012).

Abaixo, serão descritas as características do princípio jurídico-ambiental denominado usuário-pagador, bem como o estabelecimento das semelhanças e as diferenças em relação ao princípio poluidor-pagador.

Assim, a seguir são exploradas as especificidades do princípio usuário-pagador.

1.6.5. Princípio Usuário-Pagador

Já o princípio denominado usuário-pagador, apresenta diferenças significativas em relação ao princípio poluidor-pagador. MILARÉ (2015) indica que tal princípio poderia ser uma reduplicação de seu congênere, sendo, no entanto, diferentes em sua essência e complementares em seus objetivos.

O objetivo do princípio em questão é o de imputar ao usuário dos recursos ambientais uma retribuição por tal utilização com fins econômicos.

O princípio do usuário-pagador também está expresso na Lei Federal nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), na parte final do artigo 4º, inciso VII, no trecho que menciona sobre os objetivos de meio ambiente, onde se lê que “à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.” (BRASIL, 1981) Alguns exemplos de aplicação prática de tal princípio, citados por MILARÉ (2015), são: Água mineral, mineração, entre outras atividades, nas quais o usuário paga por um direito de exploração que lhe é conferido pelo Poder Público, por intermédio de um ato administrativo legal.

1.6.6. Princípio Protetor-Recebedor

O princípio protetor-recebedor é um dos mais recentes no ramo do direito ambiental. A sua denominação já denota o recebimento de vantagens para aquele que praticar condutas aptas à proteção ambiental.

Não se pode olvidar o fato de que a defesa ambiental, antes de ser uma obrigação legal, é uma obrigação ética (MACHADO 2012). Não obstante tão questão, a finalidade maior é a manutenção do equilíbrio ecológico do meio ambiente, como determina a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. Assim, se alguém, com sua conduta, preserva ou recupera o meio ambiente, com a utilização de esforço e patrimônio próprios, deve ser considerada a nobreza de tal atitude, em prol da coletividade.

E mais: Com o objetivo de obter o empenho de toda a sociedade – ou grande parte dela – em assim proceder em prol do meio ambiente, por que não estabelecer políticas públicas que visem a recompensar as pessoas que atuarem na preservação do meio ambiente, de forma significativa, criando, assim, um ciclo virtuoso da sociedade em matéria ambiental? MILARÉ (2015) indica que, pela adoção e aplicação do princípio do protetor-recebedor, aquele que assim atuar, passaria a ser credor por parte dos beneficiários destes serviços, sejam eles pessoas físicas, pessoas jurídicas, o Estado ou a sociedade como um todo.

O objetivo deste princípio, segundo MILARÉ (2015), é evitar que o “custo zero” dos serviços e recursos naturais acabe por conduzir o sistema de mercado à excessiva exploração do meio ambiente.

Assim, considerando a lógica trazida por tal princípio, não se revela efetiva e bastante, tão-somente, haver punição às condutas lesivas ao meio ambiente. É preciso, outrossim, que haja recompensas àquelas condutas favoráveis à proteção deste valioso bem social (MILARÉ 2015).

Essa filosofia originou o que se convencionou denominar como pagamento por serviços ambientais, que, no Brasil, foi inserido no ordenamento jurídico por intermédio da Lei Federal nº 14.119/2021, que trata sobre a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) (BRASIL, 2021) que define tal pagamento como: “transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros, ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes”.

É possível afirmar que o elemento nuclear do princípio protetor-recebedor traduz um dos objetivos elementares da nova concepção filosófica proposta por Hans Jonas – referencial teórico da presente pesquisa – sendo certo que, como abordado anteriormente, o objetivo final almejado por tal concepção é o de modificar o padrão comportamental do ser humano em relação à natureza e ao meio ambiente.

Na legislação federal recente, tem-se observado a adoção de tal princípio. Nessa esteira, há a previsão de vantagens àqueles que preservarem o meio ambiente na Lei Federal nº 12.305/2010, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) em três passagens do referido diploma legal.

Primeiramente, no artigo 6º, inciso II, onde tal o protetor-recebedor é reconhecido como um dos princípios diretores da Política Nacional de Resíduos Sólidos, ao lado da precaução, prevenção e poluidor-pagador. Também consta do artigo 44 da mesma Lei, que viabiliza à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, no âmbito de suas

competências, a instituição de normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios (BRASIL, 2010) para as pessoas físicas ou jurídicas que adotarem práticas relacionadas ao tema de resíduos sólidos que sejam benéficas ao meio ambiente. Por fim, também é possível identificar a adoção do princípio protetor-recebedor, no artigo 16, parágrafo 1º da mesma Lei mencionada alhures, que impõe como condição de acesso a recursos da União, destinados a empreendimentos e serviços ligados à gestão de resíduos, para os Estados que tiverem elaborado o plano estadual de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Ato contínuo abordar-se-á a seguir o princípio de proibição do retrocesso ambiental e suas características.

1.6.7. Princípio da Proibição do Retrocesso Ambiental

Ora, considerando todas as questões acima desenvolvidas, acerca da proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e todos os princípios jurídicos que gravitam em torno dela, com vistas a preservá-lo para a presente geração e também às futuras gerações, conforme preconiza a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, revela-se como consectário natural de todo esse arcabouço principiológico e legislativo, a conclusão de que é incompatível com esse sistema qualquer retrocesso legislativo ou de políticas públicas em matéria ambiental.

MILARÉ (2015) afirma que o princípio de proibição do retrocesso ambiental vem garantir à sociedade que, no evoluir do tempo, uma vez criadas novas normas ambientais, sejam mantidas as garantias asseguradas constitucionalmente ou – conforme é desejável – haja sempre avanços na proteção do meio ambiente. Até porque, como dito alhures, o meio ambiente é considerado um direito fundamental de toda a sociedade.

É relevante mencionar, outrossim, que a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, lista como princípio da ordem econômica a proteção e defesa do meio ambiente, conforme disposição imposta pelo artigo 170, inciso VI, que prevê “a defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação” (BRASIL, 1988).

1.7. Das competências legislativas e administrativas ambientais

Verifica-se que a Constituição de 1988 impõe a todos os entes que compõem a federação Brasileira, quais sejam, União, Estados, Municípios e Distrito Federal, a

competência de forma conjunta, concorrente, o dever geral de zelar pela guarda da Constituição Federal e de conservar o patrimônio público, além da proteção ao meio-ambiente, bem como o de preservar as florestas, fauna e flora, de modo amplo, bem como a competência legislativa sobre tais temas, conforme se depreende da leitura do artigo 24 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 (BRASIL, 1988):

A menção feita pelo artigo 24, acima citado, é relativa à atribuição de competência legislativa concorrente a União, Estados, Municípios e Distrito Federal sobre a proteção do meio-ambiente, de forma geral (BRASIL, 1988). Tal previsão significa que todos os entes da federação podem legislar sobre os temas indicados no referido dispositivo constitucional, dentre eles: Proteção ao meio ambiente e combate à poluição em qualquer de suas formas e preservação das florestas, a fauna e a flora.

Importante sublinhar a previsão, contida no § 1º do artigo 24, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, de que, nos casos de competência legislativa concorrente entre União, Estados, Municípios e Distrito Federal, a competência da União para legislar sobre tais temas será adstrita ao estabelecimento de normas gerais.

Pela inteligência do texto constitucional, depreende-se que a União é competente para legislar sobre normas gerais atinentes aos Municípios (BRASIL, 1988). O questionamento que surge é ligado ao que vem a ser norma geral. Neste sentido, indica SILVA (2008) que, normas gerais são normas de leis, elaboradas pelo legislador federal, nas hipóteses previstas na Constituição Federal, que estabelecem princípios e diretrizes da ação legislativa da União, dos Estados e dos Municípios.

E, se inexistirem normas gerais elaboradas pela união, sobre algum tema atinente à legislação concorrente, há previsão do § 3º do artigo 24, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, para que os Estados legislem, de modo a atender às suas peculiaridades. A competência dos Estados é, portanto, suplementar, sendo facultada a tais entes a edição de normas regulamentares, de acordo com o artigo 24 § 2º da Constituição Federal de 1988. (BRASIL, 1988).

Observa-se, outrossim, a previsão contida no artigo 30 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, indicando a competência dos Municípios para legislar sobre assuntos de interesse local, bem como elaborar eventual legislação suplementar às leis federais e estaduais, quando couber (BRASIL, 1988).

A estrutura federativa Brasileira deu azo à adoção, pela Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, do sistema híbrido de competência legislativa concorrente,

limitada e cumulativa, como se depreende pelas diretrizes estabelecidas no artigo 24 da Constituição Federal de 1988 (YOSHIDA, 2012).

O parágrafo § 1º do artigo 24 da Constituição Federal de 1988 estabelece uma competência legislativa concorrente limitada, pois prescreve que, no âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a estabelecer normas gerais (BRASIL, 1988).

Além da competência legislativa ambiental, a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, também dispõe sobre a competência administrativa ambiental, atribuída ao Poder Executivo e relacionada à atuação estatal com base no poder de polícia, nas acepções preventiva, repressiva ou simplesmente ordenadora, conforme previsto no artigo 23, inciso VI, a seguir transcrito: “É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (BRASIL, 1988).

O artigo 37 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, dispõe sobre os princípios regentes dos atos da administração pública, sendo eles os da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência. Frise-se que o princípio da supremacia do interesse público está implícito aos princípios ínsitos à administração pública aqui enunciados (ALEXANDRINO e PAULO, 2008). Como já assentado pelo Supremo Tribunal Federal, via de regra, os bens e o interesse público são indisponíveis, porque pertencem à coletividade. E, por isso, o administrador, que é mero gestor da coisa pública, não tem disponibilidade sobre os interesses confiados à sua guarda e realização (BRASIL, 2002), devendo agir sempre em conformidade com os princípios constitucionais e almejando alcançar o cumprimento do interesse público.

O Constituinte de 1988 também previu a necessidade de inclusão, na constituição federal, de normas relativas à política urbana, conforme se depreende da leitura do artigo 182 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, que indica a política de desenvolvimento urbano a ser executada pelo Poder Público Municipal, com vistas a ordenar e alcançar a plenitude das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (BRASIL, 1988). A norma do artigo 182 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 é classificada como programática, assim entendida como indicadora de fins sociais a serem alcançados, estabelecendo determinados princípios ou fixando programas de ação para o Poder Público. (BARROSO, 2006).

As diretrizes para a consecução da política de desenvolvimento urbano, referida no *caput* do artigo 182, devem ser fixadas na legislação municipal denominada “Plano Diretor”,

sendo este o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano, em sua acepção mais ampla e em conformidade com todo o escopo jurídico-constitucional.

Destaque-se a imprescindibilidade da existência de um plano diretor, para as *urbes* com mais de vinte mil habitantes, conforme dispõe o § 1º do dispositivo supramencionado, sendo este o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Relevante a menção de que a não obrigatoriedade para Municípios com menos de 20 mil habitantes não os impede de elaborar seus respectivos planos diretores (BRASIL, 1988).

É importante sublinhar que a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 foi a primeira carta magna brasileira na qual foi inserido um capítulo referente à reforma urbana, demonstrando a importância que o constituinte atribuiu à organização das cidades brasileiras (CARDOSO JUNIOR *et al*, 2009). Neste sentido, frise-se a intervenção da Constituição Federal de 1988 no fenômeno urbano, estabelecendo a necessidade de um plano nacional de desenvolvimento das cidades. Em conjunto com o que dispõem os acima citados artigos 182 e 225, a norma contida no artigo 21, incisos IX e XX, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, forma o arcabouço constitucional do direito urbanístico (BRASIL, 1988).

Os Municípios são pessoas jurídicas de direito público, com autonomia política e auto-organização, externada pela capacidade de elaboração de sua lei orgânica MORAES (2008). Os Municípios serão regidos por Lei Orgânica, instituída e aprovada na Câmara Municipal, por dois terços dos vereadores, conforme dispõe o artigo 29, da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 (BRASIL, 1988):

Diante da importância alcançada pelo espaço urbano com a evolução da sociedade, fez-se necessário impor regras e aplicar princípios objetivando a melhor adequação da gestão e planejamento, em sentido amplo, das cidades.

Abaixo, serão listadas as leis que compõem a estrutura legislativa federal e que são relacionadas à gestão dos resíduos florestais urbanos.

1.8. Leis Federais Brasileiras relacionadas à gestão de resíduos florestais urbanos

1.8.1. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei Federal nº 12.305/2012, de 02 de Agosto de 2010.

Em 02 de Agosto de 2010, data em que entrou em vigor, foi sancionada a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe

sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

A Lei Federal nº 12.305/2010 é oriunda de Projeto de Lei nº 354, de 1989 (BRASIL, 1989) iniciado no Senado Federal, que dispunha originariamente sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde. Posteriormente, tramitou perante a Câmara de Deputados, onde ocorreu a condensação do projeto original à emenda substitutiva ao projeto de Lei nº 203, de 1991 (BRASIL, 2010).

JARDIM *et al* (2012) afirma que o projeto de lei apresentado em 1991 teve como motivação a premente necessidade de demonstrar alguma iniciativa ambiental na Reunião denominada Rio Eco 1992. Portanto, verifica-se que a política de resíduos sólidos Brasileira tramitou no Congresso Nacional por 21 anos até entrar em vigor em nosso ordenamento jurídico. Em 2007, o Poder Executivo, com o objetivo de retomar a discussão sobre o tema relacionado aos resíduos sólidos, enviou à Câmara dos Deputados uma proposta de projeto de lei instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que passou a tramitar sob o nº 1991/2007 (BRASIL, 2007), tendo sido apensado ao projeto de lei nº 203, de 1991, mas que passou a ser o referencial das discussões sobre o tema.

Em justificativa apresentada quando da tramitação do projeto de Lei nº 203, de 1991, que culminou na Lei Federal nº 12.305/2010, o Ministério Brasileiro do Meio Ambiente mencionou a inevitabilidade da geração diária de resíduos pela população e os eventuais danos que tais resíduos podem gerar ao meio ambiente (BRASIL, 2007).

A Lei Federal nº 12.305/2010 estabelece diretrizes, parâmetros, princípios, objetivos e instrumentos relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, bem como as responsabilidades dos geradores e do poder público (BRASIL, 2010). Trata-se, portanto, de legislação que orienta a implantação de políticas públicas inerentes à temática de resíduos sólidos. Segundo JARDIM *et al* (2012), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) representa um marco de transição do predomínio do sistema de controle estatal, de cunho corretivo-repressivo a um sistema mais integrativo e participativo de todos os envolvidos na gestão dos resíduos sólidos.

A legislação diretamente relacionada à Lei Federal nº 12.305/2010 é compreendida pelo Decreto Federal nº 10.936, de 12 de Janeiro de 2022 (BRASIL, 2022), que regulamenta a Lei nº 12.305/2010, definindo as metas, diretrizes, projetos, programas e ações voltadas à consecução dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos para um horizonte de 20

anos e pelo Decreto Federal nº 11.043, de 13 de Abril de 2022 (BRASIL, 2022), que aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), que traz a estratégia de longo prazo em âmbito nacional para operacionalizar as disposições legais, princípios, objetivos e diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Além disto, o PLANARES, que compõe o anexo ao Decreto nº 11.043, traz um panorama completo dos resíduos sólidos, com dados sobre geração, tratamento e disposição final por regiões do Brasil.

Portanto, a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, impõe obrigações ao Estado, em sua acepção ampla, às empresas e aos cidadãos acerca do gerenciamento dos resíduos e sua adequada destinação.

Como afirmam JARDIM *et al* (2012), a aprovação da Lei 12.305/2010 preencheu enorme lacuna na legislação ambiental brasileira, trazendo normas gerais sobre um dos graves problemas urbanos que o país deve enfrentar para assegurar a todos o meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, conforme prevê a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988.

O eixo principal da política nacional estabelecida pela Lei Federal nº 12.305/2010 e do modelo de gestão preconizado aos resíduos sólidos é o da responsabilidade compartilhada de todos os segmentos sociais, quais sejam: Poder Público, setor empresarial e população. O desafio é a obtenção do engajamento de todos os atores envolvidos para que a cultura que hoje prevalece quanto ao modo de lidar com os resíduos se modifique substancialmente, com vistas ao alcance de uma gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos. A responsabilidade compartilhada se apresenta como uma nova diretriz de tutela ambiental a ser implementada a partir de diversos instrumentos, quais sejam: acordos setoriais, termos de compromisso e regulamentos (JARDIM *et al*, 2012).

O artigo 3º da Lei Federal nº 12.305/2010 elenca as definições de inúmeras questões relativas à temática de resíduos sólidos. Já o artigo 6º indica os princípios orientadores da referida Lei e o artigo 7º lista seus objetivos, sendo certo que todos serão abordados a seguir.

O artigo 6º da Lei 12.305/2010 elenca os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos, quais sejam: “I - a prevenção e a precaução; II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor; III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; IV - o desenvolvimento sustentável; V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação

estimada do planeta; VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; IX - o respeito às diversidades locais e regionais; X - o direito da sociedade à informação e ao controle social; XI - a razoabilidade e a proporcionalidade” (BRASIL, 2010).

Os princípios acima descritos devem ser adotados como premissas fundamentais por todos os entes envolvidos na gestão dos resíduos sólidos.

O artigo 7º da Lei 12.305/2010 elenca os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, quais sejam: “I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; VII - gestão integrada de resíduos sólidos; VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos; IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos; X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007; XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para: a) produtos reciclados e recicláveis; b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis; XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto; XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético; XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável” (BRASIL, 2010).

O legislador define ciclo de vida do produto como sendo a série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final (BRASIL, 2010). No que tange à questão da disposição final, é importante diferenciá-la da denominação de destinação final. Primeiramente, em ambos os casos, o legislador determina que sejam efetivadas de modo ambientalmente adequado. Destinação final ambientalmente adequada, segundo consta do artigo 3º, inciso VII, da Lei Federal nº 12.305/2010, é a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras. É, portanto, buscar formas de (re)aproveitamento do resíduo, evitando-se, assim, a disposição final, que é, segundo consta do artigo 3º, inciso VIII, da Lei Federal nº 12.305/2010, a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Outra distinção importante que é feita pelo legislador, em suas definições, é a que menciona resíduo e rejeito. Resíduo, segundo o artigo 3º, inciso XVI, da Lei Federal nº 12.305/2010, é o “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010).

Já a definição de rejeito, de acordo com o que consta do inciso XV da mesma Lei é abordada como sendo os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Portanto, a diferença essencial entre as definições de resíduo e rejeito reside no fato de que o primeiro ainda apresenta potencial para outras utilizações, isto é, ainda tem a possibilidade de efetivação de destinação final ambientalmente adequada, assim definida pelo legislador, o artigo 3º, inciso VII, da Lei Federal nº 12.305/2010, como: reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou outras destinações visando a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Há diferença de significado entre os termos “reutilizar” e “reciclar”. Reutilização, segundo o inciso XVIII, é o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua

transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA (BRASIL, 2010). A definição de reciclagem também é feita pelo legislador, no inciso XIV, como sendo o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, nas mesmas condições previstas no inciso XVIII do artigo 3º (BRASIL, 2010).

Assim, considerando a diferença entre os termos utilizados pelo legislador sobre destinação final ambientalmente adequada e de disposição final ambientalmente adequada, sendo a primeira compreendida como a priorização de alguma forma de reutilização, reciclagem ou reaproveitamento visando a evitar que o resíduo seja tratado como rejeito, de modo a atribuir uma destinação final ambientalmente adequada, isto é, otimizando todas as potencialidades daquele resíduo. Já a destinação final ambientalmente adequada é aplicada ao rejeito, assim entendido, como dito alhures, como sendo o material que não possui modo algum de aproveitamento, reciclagem ou reutilização na cadeia circular, devendo ser descartado de forma ambientalmente adequada em aterros sanitários ou outro modo determinado pela legislação.

O tema relativo aos resíduos sólidos não raro é abordado sob uma ótica una e homogênea. Porém, há diferenças significativas em dois contextos de geração resíduos sólidos, a saber: Os resíduos gerados pelo setor Público e os gerados pelo setor privado (BEL, 2012). A adequada distinção das peculiaridades de cada um destes é crucial para a formulação de políticas públicas adequadas ao que preconiza a legislação ambiental.

Os resíduos do setor público abrangem os resíduos urbanos, dentre eles os domiciliares e os originários da limpeza de logradouros e vias públicas - onde se enquadram os resíduos florestais – além dos resíduos dos serviços de saneamento e de obras públicas.

O artigo 3º, inciso IX, da Lei Federal nº 12.305/2010, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define quem é considerado como gerador de resíduos sólidos da seguinte maneira: “pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo” (BRASIL, 2010).

Portanto, os municípios estão abrangidos pela definição legal de geradores de resíduos sólidos, sendo certo que são pessoas jurídicas de direito público. E são os responsáveis pelos resíduos derivados do manejo do acervo arbóreo urbano, sendo tal material de sua propriedade e resultado de sua atividade administrativa.

A responsabilidade do Poder Público – em conjunto com o setor empresarial e a coletividade – quanto à efetividade dos princípios e preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos está definida artigo 25, da própria Lei Federal nº 12.305/2010, havendo, ainda a imputação de responsabilidade ao ente titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos pela organização e prestação de tais serviços (BRASIL, 2010).

Tal responsabilidade pelo ciclo dos resíduos sólidos é de todos os que integram a cadeia de utilização dos mesmos, algo que foi denominado pelo legislador como responsabilidade compartilhada, prevista no inciso XVII do artigo 3º da Lei Federal nº 12.305/2010, que assim dispõe: “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei” (BRASIL, 2010).

A cooperação que deriva da responsabilidade compartilhada, mencionada acima, é um dos princípios diretores da Política Nacional de Resíduos Sólidos, conforme dispõe o inciso VI, do artigo 3º da Lei Federal nº 12.305/2010, ora transcrito: “A cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade” assim como também representa outro princípio “o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”, conforme consta do inciso VIII, do artigo 3º da mesma Lei (BRASIL, 2010).

Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos devem, obrigatoriamente, contemplar metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos a serem destinados aos aterros sanitários, conforme determina o inciso XIV, do artigo 19 da Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

O objetivo precípua é, portanto, o de cumprir a destinação final ambientalmente adequada, segundo consta do artigo 3º, inciso VII, da Lei Federal nº 12.305/2010, que é definida como a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras. Deve haver a constante mobilização em buscar formas de (re)aproveitamento do resíduo, evitando-se, assim, a

disposição final, que é, segundo consta do artigo 3º, inciso VIII, da Lei Federal nº 12.305/2010, a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Considerando todas as observações acima realizadas, no que pertine aos resíduos florestais urbanos, assim definidos como aqueles provenientes do manejo do acervo arbóreo urbano, é possível concluir que os Municípios são caracterizados como os geradores de tais resíduos (artigo 3º, inciso IX), sendo sua responsabilidade a adequada gestão de tais resíduos por inúmeros motivos, senão vejamos: Em primeiro lugar, por ser o gerador de tais resíduos; Em segundo lugar, por ser o responsável pela gestão dos resíduos sólidos no território municipal (artigo 25); Em terceiro lugar: Por haver a responsabilidade compartilhada de todos os setores da sociedade na gestão dos resíduos sólidos urbanos (artigo 3º, inciso XVII) e, por último, em razão da obrigatoriedade de incluir a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (artigo 19, inciso XIV).

Assim, considerando o arcabouço principiológico e legislativo que envolve a questão dos resíduos sólidos, na qual se incluem os resíduos florestais urbanos, é possível concluir que os municípios devem promover a destinação ambientalmente adequada de tais resíduos, o que conduz à utilização dos conceitos de economia circular e logística reversa.

Os conceitos de economia circular – ou sistema circular de gestão de resíduos – são relacionados à utilização de matérias primas secundárias – e à diminuição de matérias primas primárias – buscando uma redução na produção de resíduos, com vistas a preservar os recursos finitos que o planeta disponibiliza aos habitantes, bem como otimizar a vida útil dos aterros sanitários (SILVA; BESSA, 2022).

A lógica e os princípios do modelo de gestão circular de resíduos são antagônicos aos conceitos que definem a economia linear – ou sistema linear de gestão de resíduos – visto que estes utilizam matéria prima primária e visam à fabricação, utilização, descarte e disposição final constantes de todos os resíduos produzidos pela sociedade (SILVA; BESSA, 2022) (OLIVEIRA et al. 2019), enquanto que a lógica que permeia a economia circular é a de reaproveitamento máximo dos resíduos, com reciclagem, reutilização e tratamento, de modo a mantê-los no ciclo de produção, evitando, portanto, sua disposição final.

Assim, se apresenta como solução apropriada à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado a substituição do modelo de gestão linear dos resíduos sólidos pelo modelo de gestão circular (SILVA; BESSA, 2022).

A figura abaixo ilustra o fluxo dos resíduos em um sistema de gestão linear, no qual se constata a ausência de priorização de reaproveitamento destes e sobrecarga aos aterros sanitários, diminuindo, portanto, sua vida útil.

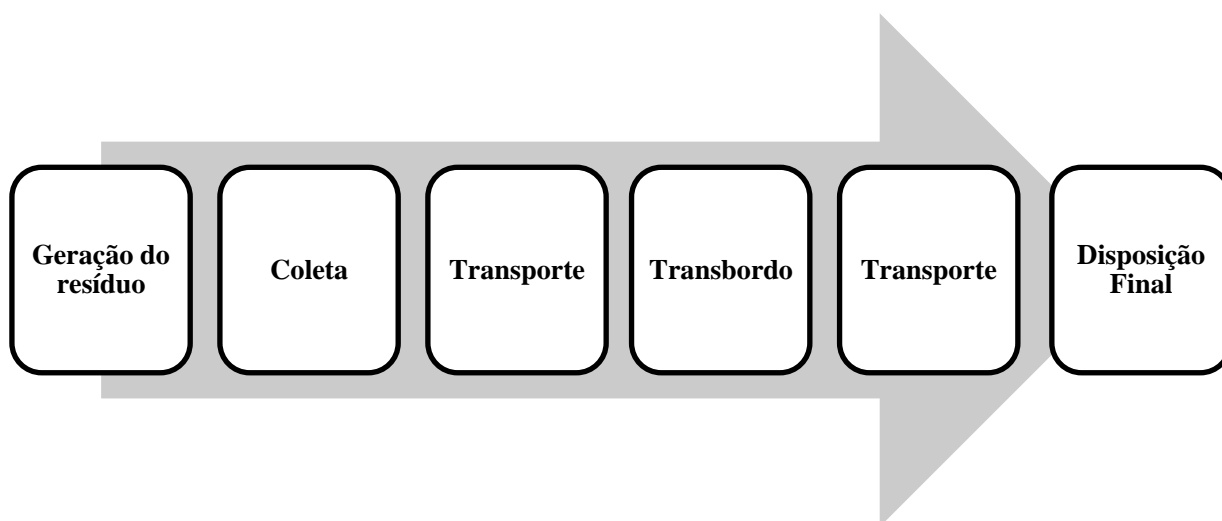


Figura 2: Diagrama ilustrativo do fluxo de um sistema linear de gestão de resíduos sólidos. Elaborado pelo Autor.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece uma prevalência de sistemas circulares em detrimento dos lineares, que vinham sendo – e, em muitos casos, ainda são – adotados na gestão de resíduos sólidos.

Consta do Decreto Federal nº 11.043, de 13 de Abril de 2022, que aprovou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES que as ações relacionadas à economia circular ganham cada vez mais atenção, o que representa a ruptura do modelo econômico linear, baseado na dinâmica extrair, transformar e descartar, para um modelo onde se prioriza a redução, a reutilização e a reintrodução dos materiais ao longo da cadeia produtiva de forma eficiente, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais, as emissões de GEE, o desperdício, a geração de rejeitos e a poluição (BRASIL, 2022).



Figura 3: Diagrama ilustrativo do fluxo de um sistema circular ideal de gestão de resíduos sólidos. Elaborado pelo Autor.

Para que se possa efetivar a circularidade dos resíduos florestais urbanos, é fundamental que haja estratégias e planejamento de segregação de tais resíduos para a melhor destinação possível, com vistas ao cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Assim, é crucial que haja uma coleta seletiva destes resíduos, que pressupõe uma prévia separação deles de acordo com suas características de composição e constituição, conforme previsto no artigo 3º, inciso V, da Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

A coleta seletiva é a etapa antecedente e primordial ao instrumento que se convencionou denominar como logística reversa, que, segundo o legislador define, no artigo 3º, inciso XII, da Lei Federal nº 12.305/2010 é o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A logística reversa é o principal instrumento da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (JARDIM *et al*, 2012), pois, para a sua plena efetivação, requer o engajamento de todos os envolvidos na cadeia de consumo.

Não se pode olvidar, outrossim, a importância da classificação e segregação dos resíduos florestais urbanos para a efetivação da destinação ambientalmente adequada.

Considerando que a essência da Política Nacional de Resíduos Sólidos é, portanto, a implementação de um modelo circular de gestão dos resíduos sólidos e que tal gestão é fundada, sobretudo, na já abordada responsabilidade compartilhada, definida no inciso XVII do artigo 3º (BRASIL, 2010).

O legislador enfatizou a necessidade de controle social, assim definido, artigo 3º, inciso VI, da Lei Federal nº 12.305/2010, como o conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A gestão dos resíduos, com fundamento na coleta seletiva e na logística reversa, compõe, portanto, o modelo de economia circular – ou sistema circular de gestão de resíduos (SILVA; BESSA, 2022).

Integrando as definições de responsabilidade compartilhada, coleta seletiva com os princípios diretores da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o artigo 36 desta Lei, estabelece ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, dos Municípios que tenham plano municipal de gestão de resíduos sólidos algumas incumbências (BRASIL, 2010).

As incumbências mencionadas acima estão, a seguir, listadas, a saber: “I - adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; II - estabelecer sistema de coleta seletiva; III - articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; IV - realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso na forma do § 7º do art. 33, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial; V - implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido; VI - dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

Ora, se o Município é considerado o gerador do resíduo florestal urbano e que, por força do que dispõe a Lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tal resíduo deve ser reutilizado, de modo a evitar sua disposição final em aterros sanitários, é inexorável a conclusão de que o Município deve aplicar os conceitos de coleta seletiva de tais resíduos, de modo a propiciar a melhor reutilização possível deste material, sendo certo que, segregando-o, poderá obter a melhor destinação dele, nos moldes preconizados pela legislação.

Portanto, esta é uma das primeiras etapas para uma gestão ótima dos resíduos florestais urbanos: A coleta seletiva.

O fundamento da logística reversa é o de fazer o material residual retornar ao seu gerador de tal resíduo, de modo que este possa reutilizá-lo ou reaproveitá-lo, prolongando, portanto o seu ciclo de vida útil.

Aplicando tal lógica à gestão dos resíduos florestais urbanos, verifica-se que todo o material oriundo do manejo arbóreo urbano deve retornar ao Município gerador, para que este o conduza a um local – ou locais – pré-determinados de modo a promover o armazenamento, segregação, tratamento e manejo devidos, considerando as múltiplas destinações que podem derivar de sua reutilização ou reaproveitamento, culminando na destinação ambientalmente adequada de tais materiais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu artigo 9º, determina que, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve haver a observância da seguinte ordem de prioridade, com vistas a minimizar os impactos dos resíduos sólidos ao meio ambiente e à qualidade de vida dos cidadãos, a saber: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, sendo estes os objetivos precípuos, em ordem decrescente de prioridade.

Nesse aspecto, outrossim, é possível identificar os elementos da nova concepção defendida por Hans Jonas (2006), que desenvolveu o enfoque ambiental da filosofia, desenvolvendo a preocupação com as futuras gerações, quanto aos impactos da conduta humana sobre o meio-ambiente. Isso porque, quando o legislador estabelece a diretriz de reutilizar, reciclar, tratar, reduzir e promover uma disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos está almejando uma mudança comportamental e cultural do ser humano em relação aos resíduos sólidos gerados na vida em sociedade.

Essa ordem de prioridade prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos é retratada na figura 4, abaixo indicada:

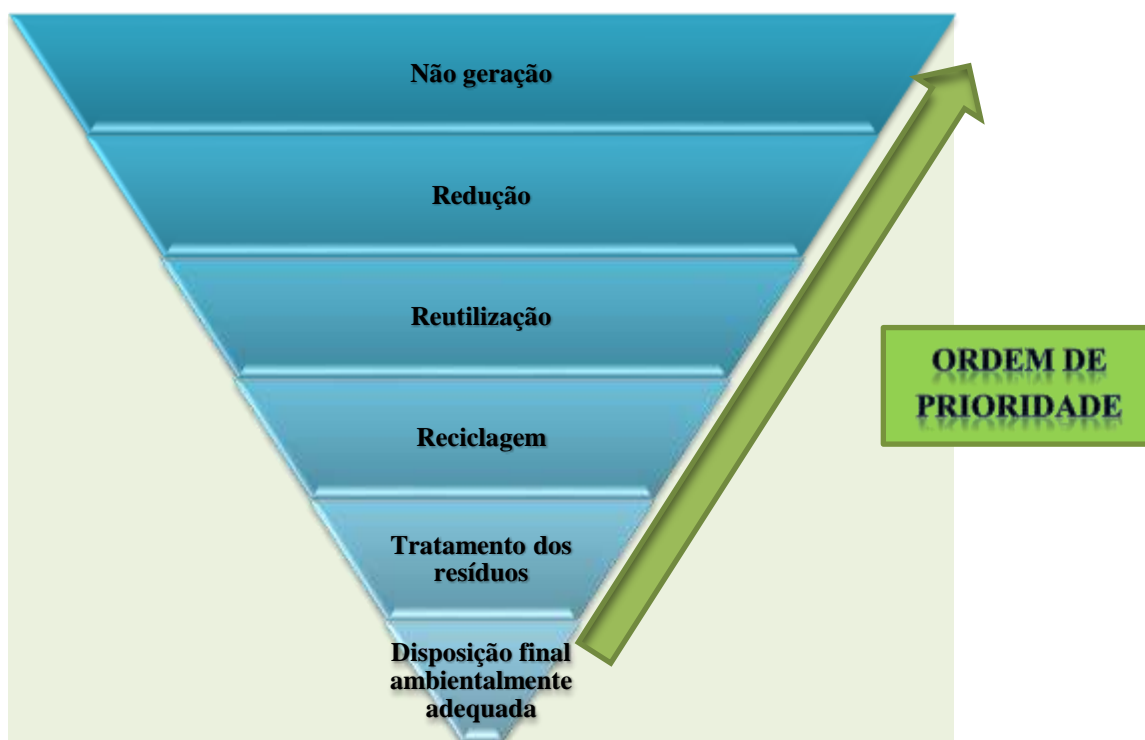


Figura 4. Pirâmide indicativa da ordem prioritária quanto aos resíduos sólidos. Do próprio autor.

Demonstrando a importância da ordem de prioridade inserida no artigo 9º da PNRS, o PLANARES (2022) reafirma que o ponto de partida para a gestão e gerenciamento adequados dos resíduos sólidos está estabelecido neste artigo da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que expressa a ordem de prioridade de ações a ser observada (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos).

Das definições acima indicadas, a não-geração de resíduos representa o ideal a ser perseguido. Porém, como sabemos, considerando a escala exponencial de pessoas consumindo produtos e serviços, tal objetivo se revela sobremaneira difícil, mas deve continuar a ser a diretriz de toda a sociedade. Em segunda posição na ordem de prioridade, deve estar a busca contínua pela redução de geração de resíduos sólidos, de modo a minimizar os impactos gerados por tais materiais.

Quanto à reutilização, esta ocupa a terceira posição prioritária, pois, como dito acima, representa o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, o que não demandaria maiores consequências operacionais no setor produtivo. Em quarto lugar, está a reciclagem que, por sua vez, é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas,

físico-químicas ou biológicas, fenômeno que impede a disposição final do material, mantendo-o no ciclo da cadeia de consumo/utilização. Tratamento dos resíduos, de modo a minimizar os potenciais impactos ambientais gerados e disposição final adequada, quando não são mais possíveis quaisquer formas de manutenção daquele resíduo na cadeia de consumo/utilização.

De acordo com a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA, na sigla em inglês): “Os resíduos devem ser reutilizados e reduzidos ao mínimo e depois recolhidos, reciclados e tratados adequadamente. A matéria residual deve ser descartada de maneira segura e projetada, garantindo um ambiente limpo e saudável. Todas as pessoas na Terra deveriam ter o direito de desfrutar de um ambiente com ar, água, mares e solos limpos. Para conseguir isso, precisamos trabalhar juntos” (ISWA, 2023).

Desta forma, conforme dispõe a PNRS, o objetivo precípua de qualquer atividade deve ser, portanto, o de não gerar resíduos. Cômico de que tal desiderato, na maioria das vezes, não é, de fato, possível, o legislador impõe à sociedade o dever de reduzir a geração de resíduos. E, sucessivamente, nos impõe a todos, os deveres prioritários e sequenciais de reutilizar os resíduos, reciclar, tratar e, por fim, já na condição de rejeitos, efetivar uma disposição final ambientalmente adequada.

Consta do PLANARES (2022) que o referido plano tem vigência por prazo indeterminado e deverá ser atualizado a cada quatro anos. Dentre as metas dispostas no PLANARES, inerentes aos resíduos florestais urbanos, estão: Recuperar 48,1% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU) em âmbito nacional até 2040; Recuperar 20% de recicláveis secos, em relação à massa total de RSU, até 2040 e Recuperar 13,5% da fração orgânica, em relação à massa total de RSU, até 2040.

O cumprimento das metas acima indicadas contribuirá para a redução de custos associados ao transporte e disposição final dos resíduos, bem como para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

1.8.2. O Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001)

Para regulamentar o preceito constitucional previsto no artigo 182, foi elaborada e sancionada a Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada “Estatuto da Cidade”, com *status* de Lei ordinária, que estabelece diretrizes gerais da política urbana, estabelecendo que, na execução da política urbana, serão aplicadas as disposições legais previstas, com normas de ordem pública e interesse social, que regulam o uso da propriedade

urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, conforme prevê o artigo 1º e respectivo § único da Lei Federal nº 10.257/2001 (BRASIL, 2001).

O Estatuto da Cidade enquadra-se, dogmaticamente, como uma norma de direito público, visto que estabelece regras que envolvem a administração pública. Também é classificada como norma programática, de linhas gerais, estabelecendo princípios à adequada gestão e ocupação das cidades e fixando programas de ação para o Poder Público. (BARROSO, 2006). As normas programáticas consagram certos interesses públicos, além de gerarem situações jurídicas subjetivas entre o Estado e os cidadãos. (REIS, 2003). A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 é uma constituição dirigente, pois define, por meio das chamadas normas constitucionais programáticas, fins e programas de ação futura no sentido de melhoria das condições sociais e econômicas da população (SILVA, 1988). Normas constitucionais programáticas são, segundo SILVA (1988), normas constitucionais através das quais o constituinte ao invés de regular, direta e imediatamente determinados interesses, limitou-se a traçar os princípios para serem cumpridos por seus órgãos (legislativos, executivos, jurisdicionais e administrativos), como programas das respectivas atividades, visando à realização dos fins sociais do Estado.

Como disposto no texto legal, a Lei Federal nº 10.257/2001 é de ordem pública, ou seja, tem sua aplicação cogente, isto é, obrigatória e inafastável por quaisquer outros fatores, devendo, ainda, ser aplicada *ex officio* pelos magistrados em eventuais ações judiciais que envolverem o citado tema. Segundo BARROSO (2006), as normas cogentes são preceptivas, quando obrigam a uma determinada conduta ou proibitivas, quando a vedam. Não há margem à vontade individual a dispor tratamento diverso perante tal tipo de norma. As normas de ordem pública trazem valores e princípios básicos e fundamentais ao ordenamento jurídico (MARQUES *et al*, 2021), motivo pelo qual sua incidência, definitivamente, não está sujeita ao arbítrio dos cidadãos.

Normas de interesse social, por definição, são aquelas que são relevantes à sociedade. As normas da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, por serem normas de direito urbanístico, ramo do direito público, cujas normas sempre são cogentes e de interesse social (SILVA, 2008).

O Estatuto da Cidade é um instrumento legislativo que abre possibilidades ao desenvolvimento de uma política urbana com a aplicação de instrumentos de reforma urbana voltados a promover a inclusão social, ambiental e territorial nas cidades brasileiras, considerando os aspectos urbanos, nos aspectos ambientais, sociais e políticos das cidades.

Trata-se de lei que contempla um conjunto de medidas legais e urbanísticas essenciais para a implementação da reforma urbana nas cidades. A expressão “ordem urbanística” criada pelo legislador é o conjunto de normas que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança, do equilíbrio ambiental e do bem-estar dos cidadãos (MACHADO, 2012).

A Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, tem por escopo, salientado no artigo 2º da referida diploma legislativo, a consolidação do Plano Diretor dos Municípios, restrito a cidades com mais de vinte mil habitantes, e cria novos institutos jurídicos, permitindo que o Município implemente uma Política de Desenvolvimento Urbano mais dinâmica e eficiente, de forma a garantir o direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao meio ambiente, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer (BRASIL, 2001).

O artigo 2º da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, arrola as diretrizes gerais que devem fundamentar a política urbana, valendo ressaltar que, dentre tais diretrizes, estão: A garantia do direito a cidades sustentáveis para as presentes e futuras gerações; A adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência e a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico (BRASIL, 2001).

A evocação do princípio da função social é recorrente nas questões jurídico-legislativas. A diretiva principiológica da função social de um determinado instituto pressupõe e impõe a observância e cumprimento da(s) finalidade(s) a que tal instituto se propõe cumprir ou desempenhar, por parte dos entes abrangidos pela situação em abstrato, dos direitos e garantias de todos os envolvidos naquela circunstância. A Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001 determina que as cidades atinjam a finalidade, o objetivo esperado pela sociedade, compreendendo os múltiplos aspectos abrangidos em tal mister, quais sejam: o social, o ambiental, o territorial, entre outros.

O legislador determinou que as cidades devem cumprir sua função social, isto é, precisam atender aos interesses, direitos e garantias, *lato sensu*, dos cidadãos, nas suas mais variadas acepções, de modo a propiciar o pleno cumprimento da política urbana, conforme as diretrizes impostas pelo artigo 2º da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, garantindo-lhes dignidade e todos os seus consectários. Assim, o dever imposto ao Poder Público, acerca do efetivo cumprimento da função social das cidades, abrange o pleno

atendimento aos direitos individuais dos munícipes, das presentes e futuras gerações, com o planejamento e adequação do plano diretor para a gestão das cidades, nos aspectos sociais, culturais, ambientais, de moradia, de saúde, culturais, entre outros (BRASIL, 2001).

A busca pela efetivação da função social das cidades deve ser a diretriz norteadora das políticas públicas a serem implementadas pelo Poder Público. Pode-se afirmar que uma política pública só poderá ser considerada eficaz quando cumprir o princípio da dignidade humana. A cidade deve ser criada, planejada e gerida sempre com vistas a proporcionar melhores condições de vivência e convivência humanas.

Um dos principais instrumentos de efetivação das diretrizes constitucionais previstas às cidades é a elaboração do plano diretor, conforme consta do artigo 4º, inciso III, alínea “a”, da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001). Plano diretor é um conjunto de normas obrigatórias, elaboradas por Lei municipal específica, que regula as atividades e os empreendimentos do próprio Poder Público Municipal e das pessoas físicas ou jurídicas, de direito privado ou público, a serem efetivados no território municipal (MACHADO, 2012). A Lei 10.257 menciona, em seu artigo 40, que o plano diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, devendo abranger o território municipal como um todo (§ 2º) e devendo ser revisto com periodicidade de dez anos, pelo menos (§ 3º) (BRASIL, 2001).

BOBBIO (1909) afirmava que o importante não é fundamentar os direitos dos homens, mas protegê-los. O obstáculo, portanto, segundo essa constatação, se delineia no campo da efetivação dos direitos. Considerando o direito constitucionalmente previsto aos cidadãos, no artigo 225, a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, com a imposição ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações em cotejo ao direito à dignidade da pessoa humana, previsto no artigo 1º, inciso III é possível afirmar o caráter indissociável de ambos os direitos citados, sendo certo que o meio ambiente equilibrado é uma das formas de cumprimento e atendimento à dignidade humana (BRASIL, 1988).

Em sequência, considerando, que a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, previu a obrigatoriedade de os Municípios, que se enquadrem nas determinações constitucionais, com *status* de normas programáticas (BARROSO, 2006), elaborarem planos diretores com vistas ao cumprimento das funções sociais das cidades, com ênfase à sustentabilidade ambiental, é forçoso concluir que, dentre as atribuições do plano diretor municipal, previsto na Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, como consectário do previsto no artigo 182 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, está a de

definir diretrizes voltadas à arborização urbana, abrangendo todas as suas acepções de planejamento, execução, avaliação, gestão e manejo.

No que tange à arborização urbana, em sua abordagem ampla, compreendendo os aspectos de planejamento, execução, reavaliação e gestão ambientalmente adequados, em sentido amplo, é possível afirmar que a Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 05 de Outubro de 1988, possui dispositivos que formam o fundamento imperativo para que os Municípios Brasileiros adotem iniciativas concretas para a gestão das florestas urbanas sob sua responsabilidade, inclusive a elaboração de plano diretor específico à arborização urbana.

Atualmente, como visto acima, há base legislativa para a imposição do dever, ao Poder Público Municipal, para que exerça a gestão ambiental adequada das florestas urbanas, em sua acepção mais ampla. E, em específico, pode-se concluir pelo dever que os Municípios têm na elaboração de um plano diretor de arborização urbana, com vistas ao planejamento na gestão das florestas urbanas (CASTRO *et al*, 2019), inclusive quanto à mitigação dos riscos (BRESSANE *et al*, 2018) e abrangendo todas as fases, de forma ambientalmente sustentável, conforme determina a legislação.

O bem-estar humano e o desenvolvimento sustentável dependem vitalmente da melhoria da gestão dos ecossistemas da Terra para garantir sua conservação e uso sustentável (REID *et al*, 2005). Dentro deste universo a ser tutelado, enquadra-se a arborização urbana, que exerce inúmeras funções em benefício da manutenção da qualidade de vida dos munícipes.

E, para efetivar tais objetivos, o melhor instrumento é o plano diretor de arborização urbana, por ser a forma de fixação e estabelecimento das diretrizes necessárias para uma política de implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana, incluindo a participação social no processo de gestão, em consonância com todo o escopo legislativo acima descrito.

Assim, toda a mobilização do Poder Público deve estar baseada na busca de um adequado planejamento, gestão e ocupação do espaço urbano, visando a garantir a observância dos direitos fundamentais ao homem, como dignidade da pessoa humana, que exige um ambiente saudável para viver, trabalhar e recrear, a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, incluindo uma gestão ambientalmente adequada da arborização urbana, com a respectiva elaboração de plano diretor de arborização urbana como forma de efetivação de tais direitos dos cidadãos e deveres da administração pública.

A conclusão de que os municípios têm a obrigatoriedade (poder/dever) de elaborar o Plano Diretor de Arborização Urbana é consequência lógica da interpretação integrativa que se deve fazer das disposições constitucionais acima indicadas. A previsão contida no artigo 30 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, indicando a competência dos Municípios para legislar sobre assuntos de interesse local (BRASIL, 1988), além da imposição aos municípios, por força da disposição contida no artigo 182 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988 em elaborar planos diretores que, por análise integrativa ao direito fundamental de todos ao meio ambiente, prevista no artigo 225 da Carta Magna Brasileira leva à conclusão da obrigatoriedade de também elaborar plano diretor de arborização urbana.

Além disso, a política urbana a ser implementada pelo plano diretor municipal deve cumprir o pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades, atendendo às diretrizes de garantia a cidades sustentáveis para as presentes e futuras gerações, de sustentabilidade ambiental e proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural, reforçando a conclusão acima exposta.

Conforme indica SOUZA NETO (2006), uma das funções dos princípios fundamentais é a de fornecer critérios para a interpretação das normas que compõem o sistema constitucional. A omissão legislativa dos municípios em elaborar planos diretores de arborização urbana, salvo melhor juízo, caracteriza violação do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e afronta a obrigatoriedade da intervenção do Poder Público em matéria ambiental, por inobservância dos princípios aplicáveis ao tema (BRASIL, 2022). Ainda que seja obrigatório para municípios com mais de 20.000 habitantes, não é proibido para tais municípios.

Além disso, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado enseja importantes efeitos, dentre eles: impor ao legislador ordinário o dever de concretizar o que prevê a constituição, bem como a imposição, ao administrador, de desenvolver políticas públicas ambientais (MOURA JUNIOR, 2007), o que legitima, constitucionalmente, a orientação de imposição, aos Municípios, em elaborar o Plano Diretor de Arborização Urbana. CANOTILHO & LEITE (2012) sublinham que a inclusão da proteção ao meio ambiente na Constituição Federal traz como benefício a redução da discricionariedade administrativa, impondo o dever ao administrador público de sempre considerar, em suas decisões, o meio ambiente, com vistas a adotar políticas públicas de manutenção e proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Constata BARROSO (2006) que as vicissitudes envolvendo a questão ambiental se prendem mais à deficiência ou ausência de políticas públicas efetivas e comprometidas com a proteção ambiental do que a questões legislativas ou jurídicas. Portanto, é possível concluir que falta engajamento da administração pública em fazer cumprir o que determina o arcabouço jurídico acerca da ambientalmente adequada gestão do acervo arbóreo das cidades. As normas constitucionais programáticas ampliam, outrossim, a possibilidade de controle jurisdicional dos atos discricionários do administrador público, ao revestir tais atos políticos, econômicos e sociais com o elemento jurídico, vinculando ainda mais o gestor público (REIS, 2003).

Sobre a adoção de medidas e políticas públicas com o fito de assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, é importante mencionar decisão proferida pelo Supremo Tribunal Federal (STF), no âmbito da ação direta de inconstitucionalidade (ADIN) nº 4.029, julgada em 08/03/2012, ocasião em que ficou firmado o entendimento de que não cabe ao Poder Judiciário discutir a implementação de políticas públicas, seja por não dispor do conhecimento necessário para especificar a engenharia administrativa necessária para o sucesso de um modelo de gestão ambiental, seja por não ser este o espaço idealizado pela Constituição para o debate em torno desse tipo de assunto (BRASIL, 2012).



Figura 5. Diagrama indicativo dos temas relacionados ao Plano Diretor de Arborização Urbana. Do próprio autor.

É possível afirmar, portanto, que o conjunto normativo constitucional relativo à questão da gestão do acervo arbóreo municipal impõe aos Municípios brasileiros, com mais de vinte mil habitantes, a obrigatoriedade de também elaborar um plano diretor de arborização urbana, sendo certo o direito conferido a todos os cidadãos ao meio ambiente equilibrado, conforme previsão do artigo 225 e em atendimento, outrossim, ao princípio da dignidade da pessoa humana, previsto no artigo 1º, inciso III, ambos da Constituição Federal de 1988, além das premissas e diretrizes específicas a que alude o artigo 2º da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, determinando que a política urbana a ser implementada pelo plano diretor municipal deve cumprir o pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades, atendendo às diretrizes de garantia a cidades sustentáveis para as presentes e futuras gerações, de sustentabilidade ambiental e proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural.

Foi identificada tramitação do Projeto de Lei (PL) nº 2897, de 27/02/2008, que propõe a alteração da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, Estatuto da Cidade, no que diz respeito à arborização urbana.

O objetivo do Projeto de Lei citado é incluir o artigo 42-A no Estatuto da Cidade, de modo que passe a constar a seguinte determinação legal, acerca do conteúdo mínimo dos planos diretores de arborização urbana a serem elaborados pelos municípios, cuja redação é, a seguir, transcrita: “Art. 42-A. O Plano de Arborização Urbana deve estabelecer normas sobre o plantio e a conservação de árvores nos logradouros públicos da cidade e deve abranger, pelo menos: I – as áreas públicas a serem objeto de plantio e conservação de árvores; II – as espécies a serem utilizadas, respeitando-se o limite mínimo de 20% do total de árvores plantadas oriundas dos ecossistemas nativos da região, III – as normas relativas a espaçamento e porte das árvores, considerando-se as condições ambientais, de acesso, circulação e segurança dos logradouros a serem arborizados, e IV – as normas relativas à poda das árvores” (BRASIL, 2008).

Atualmente, desde 27/09/2023, o referido Projeto de Lei aguarda parecer do Relator na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC) da Câmara dos Deputados.

Abaixo, serão listadas outras leis que compõem a estrutura legislativa federal, que indicam diretrizes gerais - denominadas como políticas nacionais - e que são relacionadas à arborização urbana e a gestão de seus resíduos.

1.8.3. Projeto de Lei Federal: Política Nacional de Arborização Urbana (PNAU)

Considerando a vital importância da arborização urbana à manutenção da qualidade de vida aos munícipes, revela-se sobremaneira importante aumentar a presença de áreas verdes nas cidades. Além disso, é premente também a implementação e efetivação, pelos municípios, de um modelo de gestão que contemple ações coordenadas para planejar a arborização urbana, desde o plantio das árvores até a utilização ambientalmente adequada de seus resíduos. Tal objetivo somente será atingido quando forem efetivadas políticas públicas robustas nesse sentido.

Assim, com vistas a estimular a criação de uma política pública em âmbito nacional, estão em tramitação Projetos de Lei (PL) nesse sentido. No Senado Federal, há o Projeto de Lei (PL) nº 3.113/2023, que tramita desde 16/06/2023, por iniciativa do Senador Efraim Filho, que institui a Política Nacional de Arborização Urbana (PNAU), cria o Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana, e dá outras providências. O Projeto de Lei do Senado atualmente foi apreciado pela Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo (CDR), ocasião em que não recebeu emendas (BRASIL, 2023).

A proposta que tramita no Senado reproduz o substitutivo ao Projeto de Lei (PL) nº 4.309/2021 (BRASIL, 2021), oriundo da Câmara dos Deputados, onde, desde 06/12/2021, por iniciativa do Deputado Federal Rodrigo Agostinho, tramita tal Projeto de Lei, que institui a Política Nacional de Arborização Urbana, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana, e dá outras providências, o PL da Câmara dos Deputados, atualmente, aguarda manifestação pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).

Tais Projetos de Lei ainda não foram incorporados ao sistema legislativo nacional, pois dependem da aprovação de ambas as casas legislativas nacionais, além de posterior sanção pelo Presidente da República para entrar em vigor.

Mas é importante mencionar que as iniciativas legislativas de criação de uma diretriz nacional para a arborização urbana são relevantes, pois representam a preocupação nacional com o acervo arbóreo das cidades e sua gestão ambientalmente adequada para propiciar qualidade de vida aos cidadãos, impondo diretrizes nacionais para a adoção de políticas públicas efetivas às árvores das cidades.

Uma Lei que traga em seu bojo uma proposta de política nacional deve conter diretrizes gerais sobre os aspectos que abranjam o tema envolvido. No caso da arborização urbana, há uma série de fatores que devem ser observados para que se obtenha uma gestão

ótima do acervo arbóreo de uma cidade. Ater-se-á, a presente pesquisa, aos aspectos inerentes ao planejamento e gestão dos resíduos florestais urbanos e sua destinação ambientalmente adequada.

O Projeto de Lei da Política Nacional de Arborização Urbana traz princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes à gestão e gerenciamento da arborização urbana, como indicado em seu artigo 1º (BRASIL, 2021).

No referido Projeto de Lei, há menção ao tratamento e destinação dos resíduos sólidos de poda urbana, previstos no artigo 20, V, alínea “e”, que traz o seguinte texto: “Gestão de Resíduos Sólidos; orientar a destinação ambientalmente adequada de resíduos provenientes do manejo da arborização urbana com posterior disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos em aterros” (BRASIL, 2023).

Destarte, a distinção entre as terminologias utilizadas, quais sejam, “resíduo” e “rejeito”, reside no fato de a primeira ser relativa a um material – potencialmente – reaproveitável e a segunda, não. Ocorre que, historicamente, a sociedade vem tratando materiais definidos como resíduos – aproveitáveis, portanto – como rejeitos, visto que direciona tais materiais aos aterros sanitários ou, infelizmente, adota outros métodos não recomendáveis para o ato de disposição final. A classificação como “não-aproveitável” é relativa e varia conforme o contexto em que se insere (BEL, 2012).

Assim, considerando a afirmação acima, sempre chegarão aos aterros sanitários resíduos potencialmente reaproveitáveis – ainda que em proporções menores – em meio à massa de rejeitos.

Portanto, considerando a diferença entre os termos utilizados sobre destinação final ambientalmente adequada e de disposição final ambientalmente adequada, sendo a primeira compreendida como a priorização de alguma forma de reutilização, reciclagem ou reaproveitamento visando a evitar que o resíduo seja tratado como rejeito, de modo a atribuir uma destinação final ambientalmente adequada, isto é, otimizando todas as potencialidades daquele resíduo. Já a destinação final ambientalmente adequada é aplicada ao rejeito, assim entendido, como dito alhures, como sendo o material que não possui modo algum de aproveitamento, reciclagem ou reutilização na cadeia circular, devendo ser descartado de forma ambientalmente adequada em aterros sanitários ou outro modo determinado pela legislação.

Ainda que tal projeto ainda esteja seguindo o seu *iter* legislativo, a crítica que se faz ao referido dispositivo do projeto de Lei é quanto à disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários, visto que os materiais provenientes da atividade de poda urbana não

devem ser caracterizados como rejeitos e sim como resíduos, sendo certo que há uma gama de aplicações de reaproveitamento e reutilização de tais materiais, em suas múltiplas formas e dimensões.

Assim, adotando as considerações acima delineadas, apresentar-se-á uma sugestão de texto para o artigo 20, V, alínea “e”, da Política Nacional de Arborização Urbana, a seguir: “Gestão de Resíduos Sólidos; orientar a destinação ambientalmente adequada de resíduos provenientes do manejo da arborização urbana, com reutilização e aproveitamento da totalidade deste material, com etapas definidas no plano diretor de cada município, de modo a evitar que sejam direcionados aos aterros sanitários”.

A redação legislativa acima sugerida apresenta-se consentânea com o referencial teórico da presente pesquisa, qual seja, a nova concepção filosófica proposta por Hans Jonas, abordada ao longo deste capítulo.

A prática de tornar uma política pública contínua e perene o reaproveitamento dos resíduos de poda urbana aumenta a vida útil dos aterros sanitários, considerando que, via de regra, tais resíduos teriam sua disposição final em tais locais, de modo que seriam tratados – equivocadamente, frise-se – como rejeitos, o que não se coaduna com a legislação ambiental aplicável.

Ademais, é igualmente importante que conste uma diretriz na legislação nacional que estabeleça a ordem de prioridade de utilização dos resíduos florestais urbanos, de modo a obter o maior valor agregado possível de tais materiais. Para tanto, deve haver orientação aos municípios para que procedam à classificação e separação do material obtido em grupos de resíduos, para direcionar a melhor finalidade de reutilização de tais materiais.

Ato contínuo à execução da poda, o agente já pode classificar os resíduos em duas categorias, a saber: Recolhimento de galhos menores e folhas e recolhimento de lenhas, segregando o material obtido da poda urbana, de modo que a destinação e aproveitamento possam ser otimizados, alcançando, portanto, melhores resultados ambientais e econômicos, visto que tais resíduos podem ser mais bem aproveitados. Após essa separação, haverá o tratamento a tais materiais, o que redundará em três subclassificações, que obterão destinações distintas, a saber: tora/tronco, lenha e cepilho.

Após a classificação por grupos de toras, lenhas ou cepilhos, sucedida por um armazenamento adequado, tais resíduos florestais urbanos terão plenas condições de reutilização e reaproveitamento para a criação, por exemplo, de mobiliário urbano, como assentos, cabos de ferramentas e utensílios em geral, uso como combustíveis para fornos e caldeiras, utilização para compostagem, cujo adubo produzido será aplicado em praças,

jardins, viveiros, áreas verdes e hortas comunitárias ou escolares, entre outras opções eleitas conforme a melhor destinação possível a cada grupo do material obtido.

Portanto, sugere-se a inclusão de um dispositivo de linhas gerais na legislação que instituirá a Política Nacional de Arborização Urbana com o seguinte texto: “O material gerado após a efetivação do manejo do acervo arbóreo urbano deve ser classificado e separado, para que o Poder Público Municipal promova a destinação de tais resíduos, com vistas à obtenção do melhor valor agregado possível para cada subtipo de resíduo obtido”.

A obrigatoriedade imposta aos Municípios brasileiros, com mais de vinte mil habitantes, de elaborar um plano diretor de arborização urbana, contida no artigo 17 do referido Projeto de Lei, se coaduna com a gestão que se exige, pelo Poder Público Municipal, do acervo arbóreo urbano (BRASIL, 2023).

Com o intuito colaborativo, far-se-ia alteração do texto deste dispositivo da Política Nacional de Arborização Urbana, de modo a constar a sugestão de incentivo à elaboração do Plano Diretor de Arborização aos Municípios com menos de 20 mil habitantes, visto que tal iniciativa é sobremaneira benéfica a todos.

Assim, sugere-se a modificação do Artigo 17 da Política Nacional de Arborização Urbana com o seguinte texto: “A elaboração de plano municipal de arborização urbana, nos termos previstos por esta Lei, é condição obrigatória para o Distrito Federal e os Municípios acima de 20.000 (vinte mil) habitantes, sendo recomendável que os Municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes também o façam”.

Isto porque, em atendimento ao direito conferido a todos os cidadãos ao meio ambiente equilibrado, conforme previsão do artigo 225 e, outrossim, ao princípio da dignidade da pessoa humana, previsto no artigo 1º, inciso III, ambos da Constituição Federal de 1988, além das premissas e diretrizes específicas a que alude o artigo 2º da Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, determinando que a política urbana a ser implementada pelo plano diretor municipal deve cumprir o pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades, atendendo às diretrizes de garantia a cidades sustentáveis para as presentes e futuras gerações, de sustentabilidade ambiental e proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural.

O Capítulo IV do Projeto de Lei da Política Nacional de Arborização Urbana faz menção ao tópico da não regressiva da arborização urbana, como se verifica na leitura do artigo 21: “A gestão da arborização urbana deve respeitar o princípio da não regressividade que preconiza a busca constante por seu crescimento quali-quantitativo e da capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos” (BRASIL, 2023).

Tal iniciativa é merecedora de elogios, visto que não permite que haja diminuição qualitativa e quantitativa do acervo arbóreo urbano, bem como de sua capacidade de gerar serviços ecossistêmicos. Percebe-se clara influência, neste tópico, do princípio de direito ambiental denominado como proibição do retrocesso ambiental, visto que o objetivo da preservação do equilíbrio ecológico-ambiental não é compatível com qualquer retrocesso legislativo ou de políticas públicas em matéria ambiental.

Assim, o princípio da não regressividade do acervo arbóreo urbano deve ser diretriz axial do planejamento e da gestão por parte do Poder Público, com o objetivo de que sejam mantidas as garantias asseguradas constitucionalmente ou – conforme é desejável – haja sempre avanços na gestão da arborização urbana e, conseqüentemente, a proteção do meio ambiente. Até porque, como dito alhures, o meio ambiente é considerado um direito fundamental de toda a sociedade.

O artigo 27 do Projeto de Lei da Política Nacional de Arborização Urbana estabelece que o Plano Nacional de Arborização Urbana, deverá contemplar recursos financeiros de apoio aos seguintes aspectos: “I - à produção de mudas de espécies nativas com padrão adequado para arborização urbana; II - ao uso de tecnologias para a qualificação do planejamento, manejo e gestão da arborização urbana; III - à formação profissional de arboristas e arboricultores; IV - à elaboração de planos municipais de arborização urbana” (BRASIL, 2023), havendo, nessa disposição de proposta de legislação, incentivos financeiros ao planejamento da arborização urbana, contemplando os Municípios que buscarem atender aos princípios da melhor gestão da arborização urbana, sobretudo, como indica o inciso IV, com a elaboração do plano diretor de arborização.

Ainda no campo da cooperação dos entes que compõem a federação brasileira, o artigo 28 indica que os planos estaduais e municipais de arborização urbana deverão fazer plano orçamentário com investimentos à implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana (BRASIL, 2023).

É adequada, outrossim, a sugestão de inclusão, no Projeto de Lei da Política Nacional de Arborização Urbana, de dispositivo que imponha a previsão, nos planos Nacional e Estaduais de arborização urbana, de indicação expressa de adoção de medidas, pelos Municípios, para a adequação de infraestrutura, planejamento e gestão para a adequada destinação dos resíduos florestais urbanos.

Importante sublinhar a iniciativa de criação do Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana (SISNAU), conforme previsão contida no artigo 34 do referido Projeto de Lei, onde todos os entes da federação brasileira organizarão e manterão, de forma conjunta,

as informações sobre a arborização urbana no território brasileiro, sendo esta iniciativa um importante instrumento de planejamento, monitoramento e gestão.

1.9. Conclusão

No âmbito da legislação federal tangente ao tema da arborização urbana e seus resíduos, há outras leis que são aplicáveis com o escopo de trazerem diretrizes gerais e políticas públicas inerentes ao tema abordado. Elas são descritas abaixo.

A Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (Lei Federal nº 6.938/1981) tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

A Política Nacional do Meio Ambiente tem como princípios orientadores: A ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; acompanhamento do estado da qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

A Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA, instituída pela Lei Federal nº 9.795, de 27 de Abril de 1999, dispõe que a educação ambiental o processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

A educação ambiental objetiva, em linhas gerais, facilitar a percepção integrada do meio ambiente e estimular a conscientização de sua preservação (FELDMAN; ARAUJO, 2012). Portanto, a educação ambiental ocupa espaço de importância crucial ao alcance de uma gestão ótima dos resíduos florestais urbanos, visto que conscientizará a população, as empresas, o Poder Público e a sociedade civil organizada a promover o melhoramento contínuo dos instrumentos, procedimentos e planejamento do acervo arbóreo urbano.

A educação ambiental, como eixo fundamental à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado e das diretrizes do desenvolvimento sustentável, consta da Agenda 21, que teve como base a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, resultante da Conferência Rio Eco 92, organizada e capitaneada pela Organização das Nações Unidas, pela inteligência do item 36.3, que assim prescreve: “O

ensino, inclusive o ensino formal, a consciência pública e o treinamento devem ser reconhecidos como um processo pelo qual os seres humanos e as sociedades podem desenvolver plenamente suas potencialidades. O ensino tem fundamental importância na promoção do desenvolvimento sustentável e para aumentar a capacidade do povo para abordar questões de meio ambiente e desenvolvimento. Ainda que o ensino básico sirva de fundamento para o ensino em matéria de ambiente e desenvolvimento, este último deve ser incorporado como parte essencial do aprendizado. Tanto o ensino formal como o informal são indispensáveis para modificar a atitude das pessoas, para que estas tenham capacidade de avaliar os problemas do desenvolvimento sustentável e abordá-los. O ensino é também fundamental para conferir consciência ambiental e ética, valores e atitudes, técnicas e comportamentos em consonância com o desenvolvimento sustentável e que favoreçam a participação pública efetiva nas tomadas de decisão. Para ser eficaz, o ensino sobre meio ambiente e desenvolvimento deve abordar a dinâmica do desenvolvimento do meio físico/biológico e do socioeconômico e do desenvolvimento humano (que pode incluir o espiritual), deve integrar-se em todas as disciplinas e empregar métodos formais e informais e meios efetivos de comunicação” (ONU, 1992).

A educação ambiental também está elencada dentre os princípios da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, resultante da Conferência Rio Eco 92, organizada e capitaneada pela Organização das Nações Unidas, pela inteligência do Princípio 10, que assim expressa: “A melhor maneira de tratar as questões ambientais é assegurar a participação, no nível apropriado, de todos os cidadãos interessados. No nível nacional, cada indivíduo terá acesso adequado às informações relativas ao meio ambiente de que disponham as autoridades públicas, inclusive informações acerca de materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos decisórios. Os Estados irão facilitar e estimular a conscientização e a participação popular, colocando as informações à disposição de todos. Será proporcionado o acesso efetivo a mecanismos judiciais e administrativos, inclusive no que se refere à compensação e reparação de danos” (ONU, 1992).

A Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, adotou expressamente o dever de o Poder Público promover a educação ambiental, com vistas à manutenção e preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado, previsto no artigo 225, parágrafo 1º, inciso VI, como consta da transcrição do dispositivo a seguir: “VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (BRASIL, 1988).

A Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB (Lei Federal nº 11.445/2007) Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978 (BRASIL, 2007).

Segundo a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB: “os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais, dentre eles: Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente; articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante; Eficiência e sustentabilidade econômica” (BRASIL, 2007).

Destaca-se que limpeza urbana é composta pelas atividades: I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos; II - de triagem, para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos; III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana (BRASIL, 2007).

O tema da gestão dos resíduos florestais urbanos é, portanto, ínsito às normas e diretrizes previstas na Política Nacional de Saneamento Básico, visto que também compõe a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a infraestrutura e as instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2007).

A Lei Federal nº 12.187/2009 institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.

Como é de sabença comum, a questão dos resíduos está diretamente relacionada às mudanças climáticas. Assim, se houver uma gestão ambientalmente adequada de tais materiais, estar-se-á contribuindo positivamente ao fenômeno de mudanças climáticas. O contrário também é verdadeiro: Se não houver a adoção de medidas efetivas para a gestão dos resíduos sólidos, a contribuição ao fenômeno de mudança do clima é negativa, prejudicial ao meio ambiente. Esse aspecto também inclui a gestão ótima dos resíduos florestais urbanos.

A Lei Federal nº 14.119/2021, de 13 de janeiro de 2021, institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de

25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política (BRASIL, 2021).

Dentre outras definições, a Lei Federal nº 14.119/2021 (BRASIL, 2021), menciona os denominados serviços ecossistêmicos, tais como: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, nas modalidades seguintes: Serviços de provisão, Serviços de suporte, Serviços de regulação e Serviços culturais (BRASIL, 2021).

Segundo a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, serviços ambientais são definidos por atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos; São modalidades de pagamento por serviços ambientais, entre outras: I - pagamento direto, monetário ou não monetário; II - prestação de melhorias sociais a comunidades rurais e urbanas; III - compensação vinculada a certificado de redução de emissões por desmatamento e degradação; IV - títulos verdes (*green bonds*); V - comodato; VI - Cota de Reserva Ambiental (CRA), instituída pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2021).

Mais adiante serão abordados os serviços ecossistêmicos prestados pelo acervo arbóreo urbano e todos os reflexos de seus benefícios aos municípios.

Assim, ao que se verifica, o Brasil possui uma produção legislativa ambiental bastante profícua, sendo bastante abrangente. Porém, a natureza não assimila – de *per si* – a legislação ambiental. É preciso que tais preceitos se traduzam em práticas efetivas, ininterruptas e em contínuo aprimoramento para que a natureza possa, enfim, apresentar as consequências positivas desta mudança de conduta do ser humano, a fim de que se alcance – verdadeiramente – o equilíbrio ecológico-ambiental perseguido por todos.

É possível afirmar, portanto, que o escopo legislativo pátrio está em consonância com o novo enfoque filosófico proposto por Hans Jonas, inspirado no imperativo categórico de Kant, o que enseja sua alteração para a frase transcrita a seguir: “Age de tal forma que os efeitos de tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma vida humana autêntica sobre a terra” JONAS (2006).

Na esteira desta produção legislativa, constatou-se a tramitação do Projeto de Lei que almeja criar a Política Nacional de Arborização Urbana, abordado no tópico a seguir.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DO CONTEXTO ATUAL DA ARBORIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO COM ÊNFASE NA LEGISLAÇÃO E GESTÃO DOS RESÍDUOS FLORESTAIS URBANOS

2.1. Introdução

O presente capítulo objetiva coletar, resumir, analisar e realizar uma avaliação crítica e descritiva acerca da gestão dos resíduos florestais urbanos, por parte do Município do Rio de Janeiro, assim entendidos como o material proveniente do manejo do acervo arbóreo urbano.

Considerando que, como visto alhures, mais 2,5 bilhões de pessoas devem se tornar urbanas entre os anos 2018 e 2050, de modo que os habitantes das cidades representarão 68% da população total do planeta, isto é, aproximadamente 6,68 bilhões de pessoas habitarão as cidades em 2050 (ONU, 2019), será um desafio, cada vez maior, a manutenção do bem-estar dos cidadãos e o desenvolvimento sustentável nas cidades.

Tais fatores estão diretamente relacionados à conservação dos ecossistemas e seu uso ambientalmente adequado, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para o presente e às futuras gerações. Dentro deste escopo ambiental a ser tutelado pela sociedade, enquadra-se a arborização urbana, que exerce inúmeras funções em benefício da manutenção da qualidade de vida dos munícipes.

Nesse aspecto, as árvores cumprem um papel primordial para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes das cidades. Isto porque as árvores urbanas possuem funções similares, *mutatis mutandis*, às funções das florestas, quais sejam: Protetora ou ambiental, produtora ou econômica e a própria função social.

Noutro turno, o manejo do acervo arbóreo também gera resíduos, denominados resíduos florestais urbanos. A destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos ainda se revela bastante incipiente.

Portanto, é imperiosa a investigação sobre se as ações adotadas pelo Poder Executivo Municipal do Rio de Janeiro, quanto à gestão dos resíduos florestais urbanos, são compatíveis com as determinações legislativas. Mais ainda, investigar se tal planejamento – caso haja – está sendo efetivamente praticado.

Assim, identificou-se o problema enfrentado pelas cidades, acerca da gestão e aproveitamento dos resíduos sólidos vegetais oriundos da atividade de poda das árvores que compõem o acervo urbano, visto que a destinação de tais resíduos deve cumprir o preconiza a

legislação aplicável à espécie, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

2.2. Objetivos e hipótese

A pesquisa parte da hipótese de que a gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro não é adequada ao que preconiza a legislação brasileira.

Para tanto, se faz a investigação da legislação e das políticas públicas relativas ao aproveitamento de resíduos florestais urbanos, mais especificamente a gestão de sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável.

Coletou, outrossim, os dados quantitativos da gestão de podas de árvores urbanas, de modo a identificar o que está em consonância – ou não – com a legislação na gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro.

Relaciona a legislação ambiental e a gestão e aproveitamento de resíduos vegetais da poda urbana, de modo a alcançar uma gestão ambientalmente adequada dos citados resíduos sólidos.

A pesquisa também propõe a investigação sobre se o Poder Executivo Municipal do Rio de Janeiro tem adotado condutas concretas para propiciar condições e possibilidades para a efetivação de uma adequada gestão, destinação e o aproveitamento ambientalmente eficiente e sustentável dos resíduos sólidos vegetais de poda urbana.

2.3. Metodologia

Foram avaliados dados disponibilizados pelo Poder Público, nas esferas Federal, Estadual e Municipal e publicações, independentemente do período de veiculação, que se enquadraram na temática acima descrita, qual seja: A gestão dos resíduos oriundos de poda urbana, pelos Municípios brasileiros e especificamente pelo Município do Rio de Janeiro, além do plano diretor de arborização urbana, com vistas ao planejamento, mapeamento, manejo e avaliação do acervo arbóreo, de forma ambientalmente sustentável.

A pesquisa foi efetivada por meio de buscas nos portais oficiais do governo federal denominados SINIR e SINIS. Foram selecionados, ainda, artigos científicos, livros e publicações com estudos na temática indicada.

2.4. Contextualização geográfica e populacional do Município do Rio de Janeiro

O Município do Rio de Janeiro, situado na região Sudeste do Brasil, capital do Estado do Rio de Janeiro, apresenta peculiaridades quanto às características físicas e geográficas de seu território. Trata-se de uma cidade com significativa diversidade nos perfis geográficos, populacionais, naturais, de ocupação populacional e de intervenção pública, observando-se extrema variação de seu perfil em cada região que a compõe. A cidade apresenta geografia bastante diversificada, com regiões costeiras e de praias, outras regiões de montanha e planícies.

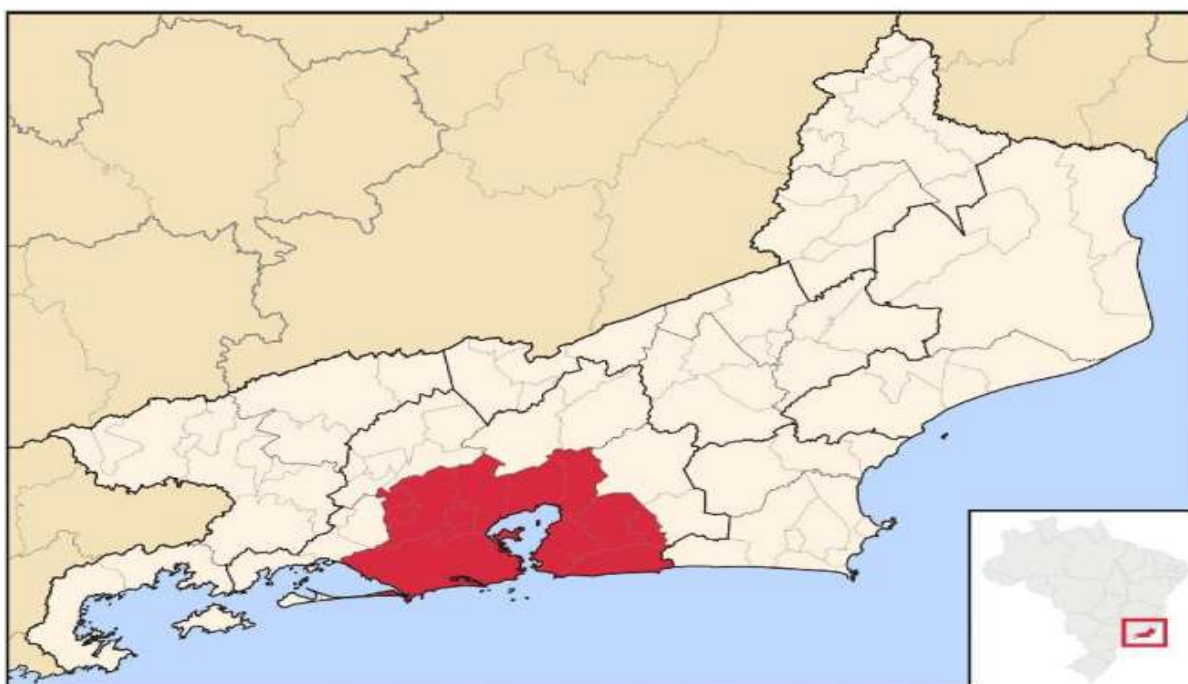


Figura 6. Localização geográfica do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://pt.map-of-rio-de-janeiro.com/mapas-da-cidade/rio-de-janeiro-mapa>. Acesso em 14/10/2023.

A população residente no Município do Rio de Janeiro é de 6.211.423 habitantes, ocupando a segunda posição no *ranking* dos municípios brasileiros mais populosos, de acordo com a informação contida no censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com resultado divulgado em 30 de Junho de 2023. A primeira posição, dentre os municípios brasileiros, é ocupada pelo município de São Paulo, que possui população de 11.451.245 pessoas (IBGE, 2023).

Apresenta 94.4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado e 78.4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada,

pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 5 de 92 e 2 de 92, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 228 de 5570 e 33 de 5570, respectivamente (IBGE, 2023).

A população do município está distribuída em uma área de 1.204 km² de extensão, o que resulta em densidade demográfica de 5.174,77 habitantes por quilômetro quadrado, sendo a 18ª maior densidade demográfica dentre os 5.570 municípios do Brasil (IBGE, 2023).

Da área acima indicada, 600 km² são caracterizadas como áreas urbanizadas. Noutro turno, 640 km², aproximadamente, são consideradas áreas não urbanizadas (mata, campo, áreas agrícolas, áreas sujeitas à inundação, corpos hídricos, afloramentos rochosos e depósitos sedimentares) (IBGE, 2023).

A figura abaixo apresenta a ilustração da área urbanizada do Município do Rio de Janeiro, indicada em roxo.



Figura 7. Área urbanizada do Município do Rio de Janeiro (em roxo). Disponível em: <https://sinir.gov.br/mapas/gestao-residuos-solidos/>. Acesso em 14/10/2023.

O Município do Rio de Janeiro possui 164 bairros, distribuídos em seu território, conforme mapa abaixo reproduzido.

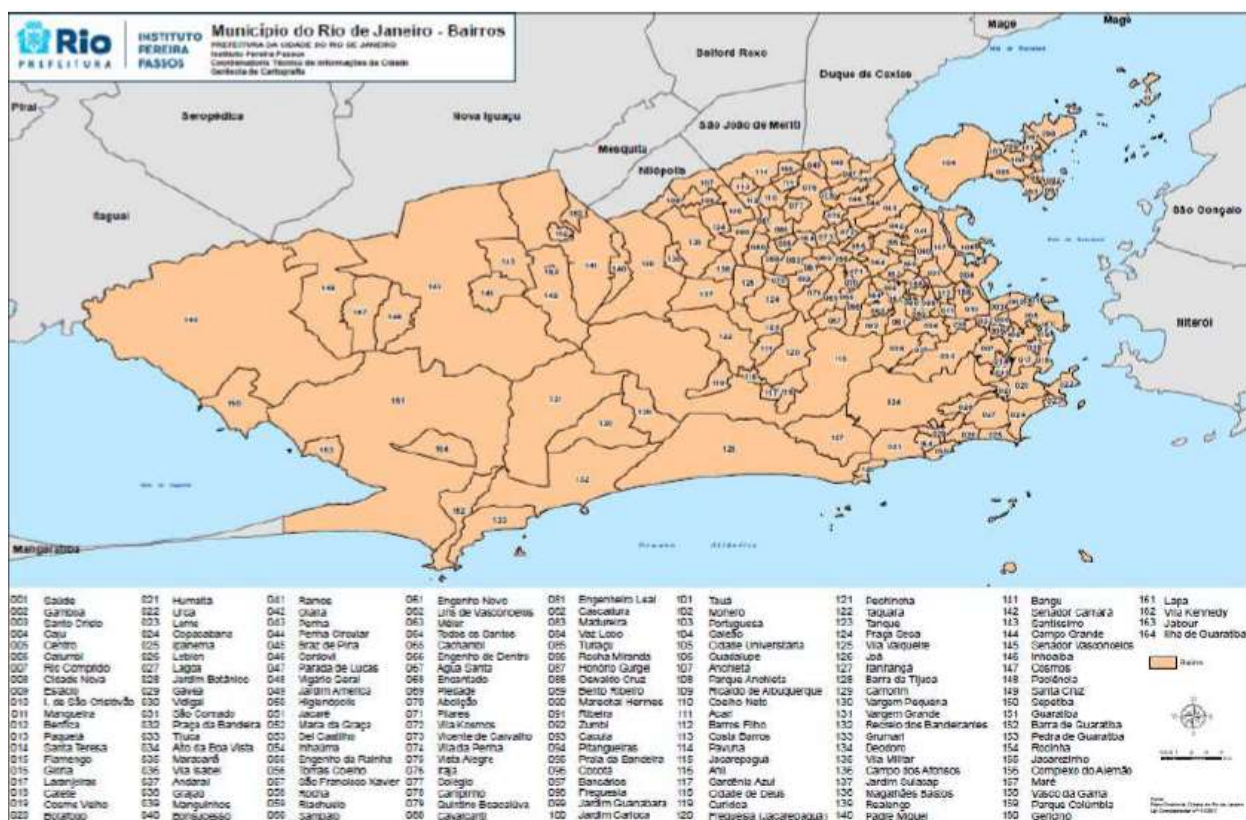


Figura 8. Mapa dos 164 bairros do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.data.rio/documents/mapa-dos-bairros-do-munic%C3%ADpio-do-rio-de-janeiro-2017/explore>. Acesso em 16/04/2022.

A ocupação populacional do território, em grande parte de sua área, revela-se desordenada, com muitas regiões periféricas com população de 1.434.975 habitantes, distribuídos em 1.074 comunidades com ocupação majoritariamente irregular do território da cidade (RIO DE JANEIRO, 2016). No quesito população exposta ao risco, aqui definido como pessoas habitando em localidades que produzem risco de ocorrência de desastres naturais, com impactos significativos para a sociedade e meio ambiente, o município do Rio de Janeiro registrou 444.893 pessoas nesta condição (IBGE, 2018).

2.5. Árvores

O surgimento da primeira árvore do planeta data de 385 milhões de anos, sendo tal espécime batizada de *Wattienza* (KUDRJAWZEW, 2012).

O vocábulo “árvore”, segundo a definição contida no dicionário da língua portuguesa, significa: “Vegetal lenhoso, cujo caule, o tronco, só se ramifica bem acima do nível do solo” (FERREIRA 2010). Ocorre que a definição de árvore contida no dicionário se revela genérica

e não abrange todo o escopo de funções, benefícios e produtos, eventualmente, que uma ou várias árvores podem proporcionar ao ser humano.

GSCHWANTNER et al (2009) indica que as definições internacionais de árvore trazem algumas características que, invariavelmente, devem ocorrer. São elas: Ser uma planta lenhosa perene, com haste principal única ou vários caules e com uma coroa definida.

Nesse mesmo sentido, segundo a definição de *European National Forest Inventories* (ENFIN), árvore é uma planta lenhosa perene, que forma um único núcleo autossustentável (caule) e com coroa definida.

Sob o aspecto jurídico, árvore é classificada como um bem imóvel, visto que se incorpora ao solo de forma natural, conforme dispõe o artigo 79 do Código Civil Brasileiro, a seguir transcrito: “São bens imóveis o solo e tudo quanto se lhe incorporar natural ou artificialmente” (BRASIL, 2002). A depender de sua finalidade, em sendo a árvore dissociada do solo, esta perde a característica de bem imóvel e passa a ostentar a classificação de bem móvel.

As árvores que compõem as áreas públicas urbanas são consideradas bens públicos, o que se depreende pelo que dispõe o artigo 99 do Código Civil Brasileiro, que trata dos bens públicos, indicando, no inciso I, os bens de uso comum do povo, como ruas e praças (BRASIL, 2002) e ao que seja incorporado a tais bens, no caso as árvores.

Assim, é possível afirmar que a obrigação de manutenção e gestão das árvores existentes em áreas públicas, via de regra, está submetida ao município em que tais indivíduos estejam localizados, atribuindo ao ente municipal todas as obrigações relativas ao manejo e gestão.

Considerando o que acima fora exposto, quanto ao fato de que os municípios são os proprietários das árvores localizadas em seu perímetro urbano, relevante é a menção ao artigo 1.228, parágrafo 1º do Código Civil Brasileiro, que dispõe sobre os limites do direito de propriedade, indicando que tal direito deve ser exercido de acordo com suas finalidades econômicas e sociais e de forma que sejam preservados a flora, a fauna e o equilíbrio ecológico, entre outros bens e direitos dos cidadãos (BRASIL, 2002).

2.6. Arborização no Município do Rio de Janeiro

No Município do Rio de Janeiro, 70.5% de domicílios urbanos estão localizados em vias públicas com arborização, o que o coloca na posição 3.078, dentre os 5.570 municípios brasileiros (IBGE, 2023). A apuração do percentual de arborização de vias públicas adota o

seguinte critério de mensuração: É o resultado da quantidade de domicílios urbanos em face de quadra com arborização, dividida pela quantidade de domicílios urbanos totais, multiplicados por 100 (IBGE, 2012).

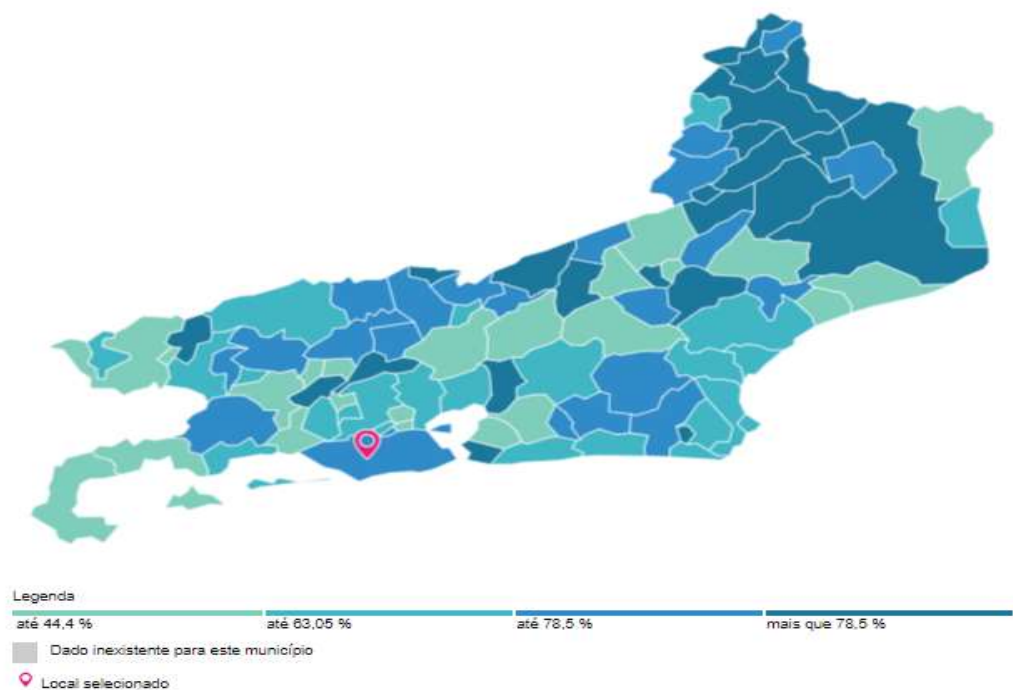


Figura 9. Mapa com indicação dos municípios e respectivos percentuais de vias públicas arborizadas no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em 27/09/2023.

Portanto, o Município do Rio de Janeiro está acima da média do Estado em que se encontra, porém ocupando posição intermediária, em 33º lugar, situado no terceiro bloco do *ranking* com todos os municípios do Estado do Rio de Janeiro, conforme demonstra a tabela abaixo.

Tabela 1. Indicação de municípios e percentuais de vias arborizadas no Rio de Janeiro

Estado do Rio de Janeiro	
Quantidade de Municípios	Vias Públicas Arborizadas (%)
23	Até 44,4%
24	Até 63,5%
21	Até 78,5%
24	Mais de 78,5%
Total: 92 Municípios	

Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em 27/09/2023. Adaptado pelo Autor.

No que pertine aos dados quantitativos da arborização urbana no Município do Rio de Janeiro, não há um valor especificado que seja fiel à realidade do acervo arbóreo da cidade. Um dos estudos, cujo objetivo foi o de quantificar os indivíduos arbóreos da Cidade do Rio de Janeiro, é o inventário realizado pela Companhia de Limpeza Urbana (COMLURB), em 2015, que resultou em um quantitativo de 523.883 exemplares arbóreos vivos (RIO DE JANEIRO, 2015). Em outro estudo da COMLURB, feito em 2009, mencionado no Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU), como forma de mensurar o acervo arbóreo da cidade do Rio de Janeiro, indica uma estimativa da quantidade total de árvores do Município em 591.839 indivíduos (RIO DE JANEIRO, 2016).

Ao realizar a análise por bairros, o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro observou que aqueles com maior quantidade de árvores foram Campo Grande (66.825), Barra da Tijuca (47.308), Recreio dos Bandeirantes (33.242), Bangu (28.773) e Guaratiba (21.132), que juntos correspondiam a 33% dos espécimes arbóreos da cidade (RIO DE JANEIRO, 2016).

O Município do Rio de Janeiro é setorizado por 05 (cinco) áreas de planejamento (AP), agrupadas por área geográfica, de acordo com a localização dos bairros que integram o município.

O Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) indica o acervo arbóreo estimado do Município do Rio de Janeiro com a seguinte distribuição, por áreas de planejamento (AP), conforme indica a tabela abaixo:

Tabela 2. Quantidade de árvores Rio de Janeiro-RJ por área de planejamento (AP)

Área de Planejamento (AP)	Quantidade de árvores
AP 1	16.601
AP 2	73.125
AP 3	137.001
AP 4	141.503
AP 5	223.609
TOTAL	591.839

Fontes: PDAU. Rio de Janeiro e COMLURB (2009). Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.

Contudo, a estimativa é de que a quantidade total de árvores atualmente existentes no Município do Rio de Janeiro seja, aproximadamente, o dobro da quantidade indicada pelos

órgãos públicos. Porém, por falta de dados oficiais que comprovem tal estimativa, utilizamos para a presente pesquisa a estimativa publicada pela COMLURB e utilizada no Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU), qual seja, 591.839 indivíduos arbóreos como acervo total (RIO DE JANEIRO, 2016).

A tabela abaixo traz os índices do acervo arbóreo constante dos dados oficiais demonstrados, bem como os dados geográficos de área e população e as respectivas relações com a quantidade de árvores no Município do Rio de Janeiro.

Tabela 3. Dados do acervo arbóreo do Município do Rio de Janeiro-RJ

Descrição	Quantidade
Quantidade estimada de árvores (2009)	591.839 árvores
População	6.211.423 habitantes
Árvores por habitante – Estimativa	0,09 árvores/habitante
Área territorial urbanizada do município (IBGE)	640,34 km ²
Árvores por km ² da área urbanizada – Estimativa	924,25 árvores/km ²

Fontes: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. PDAU. Rio de Janeiro. Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.

No que concerne às espécies mais frequentes na arborização do Município do Rio de Janeiro, o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) lista as 20 (vinte) espécies arbóreas mais frequentes na cidade, de acordo com o levantamento feito pela COMLURB, em 2009, conforme indica o quadro abaixo:

Tabela 4. As 20 espécies arbóreas mais frequentes no Município do Rio de Janeiro.

Município do Rio de Janeiro - RJ		
Nome Popular	Nome Científico	Quantidade
Amendoeira	<i>Terminalia catappa</i>	65.811
Palmeiras	-	36.784
Ficus-Benjamina	<i>Ficus-Benjamina</i>	34.514
Munguba	<i>Paquira aquatica</i>	27.207
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>	24.179
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>	21.254
Figueiras	<i>Ficus spp.</i>	19.953
Coqueiro	<i>Cocus nucifera</i>	17.483

Pata-de-vaca	<i>Bauhinia</i> sp.	14.599
Albizia	<i>Albizia lebbbeck</i>	11.131
Ipê-roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	10.284
Cassia-Siamea	<i>Senna siamea</i>	9.624
Ipê-rosa	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	9.112
Ipês	<i>Tabebuia</i> sp. / <i>Handroanthus</i> sp.	8.903
Magueira	<i>Magifera indica</i>	8.196
Algodoeiro-da-praia	<i>Hibiscus</i> sp.	6.965
Sibipuruna	<i>Poincianella pluviosa</i> var. p	6.761
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>	6.684
Leucena	<i>Leucena leucocephala</i>	5.986
Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>	5.986
TOTAL		351.416

Fontes: PDAU. Rio de Janeiro e COMLURB (2009). Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.

Analisando os dados indicados acima, é possível constatar que as 20 (vinte) espécies arbóreas mais incidentes na cidade do Rio de Janeiro totalizam 351.416, o que representa 59,37% de todo o acervo de arborização urbana. Vale ressaltar que o levantamento disponibilizado no PDAU-RJ, em 2016, é o realizado pela COMLURB em 2009, com uma defasagem, à época da elaboração do Plano Diretor de Arborização Urbana do RJ, de 07 (sete) anos e com uma defasagem à data atual, de 15 (quinze) anos, de modo que é imperioso que seja feito, com urgência, nosso levantamento do acervo arbóreo do município.

Outras constatações sobre a arborização do Município do Rio de Janeiro são: O *déficit* de árvores (estimado, empiricamente, na ordem de grandeza de 1 milhão de espécies) e a heterogeneidade da distribuição e ocorrência dos indivíduos na cidade, onde se verifica localidades com razoável adensamento arbóreo e outros com insuficiência de indivíduos. O Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) estimou a necessidade de plantio de 869 mil árvores para o município (RIO DE JANEIRO, 2016).

O Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) indica o estado geral da arborização da cidade, classificando-a por 05 (cinco) faixas, a saber: Criticamente deficiente, Muito deficiente, Deficiente, Suficientemente arborizado e bem arborizado, quadro que é relatado na tabela abaixo, senão vejamos:

Tabela 5. Classificação quantitativa do acervo arbóreo do Mun. do Rio de Janeiro

Classe	Descrição	Quant. de Bairros	Percentual
Classe 1	Criticamente Deficiente	113	71,1
Classe 2	Muito Deficiente	24	15,1
Classe 3	Deficiente	12	7,5
Classe 4	Suficientemente Arborizado	7	4,4
Classe 5	Bem Arborizado	3	1,9
TOTAL		159	100

Fonte: PDAU. Rio de Janeiro. Acesso em 30/09/2023. Adaptado pelo Autor.

Verifica-se, portanto, que 86,2% dos bairros da cidade do Rio de Janeiro estão abrangidos pelas duas classes que indicam acentuado grau de deficiência da arborização (Criticamente Deficiente e Muito Deficiente), o que demonstra a necessidade urgente de intervenção e planejamento por parte do Poder Executivo Municipal.

A cidade do Rio de Janeiro abriga o Parque Nacional da Tijuca e o Parque Estadual da Pedra Branca, além dos seguintes parques urbanos, com as respectivas áreas, a saber: 1. Quinta da Boa Vista 560.500m², 2. Campo de Santana (Centro) – 155.000 m², 3. Passeio Público (Centro) – 33.600 m², 4. Parque Machado de Assis (Santo Cristo) – 21.260m², 5. Campo de São Cristóvão (São Cristóvão) – 13.510m², 6. Parque Brigadeiro Eduardo Gomes (Flamengo) – 1.219.700m², 7. Parque Tom Jobim - P. Cantagalo, P. das Taboas, P. Brigadeiro Faria Lima (Lagoa) – 100.000 m², 8. Parque Yitzhak Rabin (Botafogo) - 43.800m², 9. Parque Recanto do Trovador (Vila Isabel) – 41.260m², 10. Parque Garota de Ipanema (Ipanema) – 28.270m², 11. Parque Eduardo Guinle (Laranjeiras) – 24.750m², 12. Parque Orlando Leite (Casadoura) – 13.000m², 13. Parque Marcelo de Ipanema (Jardim Guanabara) – 12.000 m², 14. Parque Poeta Manoel Bandeira (Cocotá) – 70.000m², 15. Parque Ari Barroso (Penha) – 40.703m², 16. Parque Esportivo da Maré (Maré) – 100.000m², 17. Parque Corredor Esportivo da Ilha do Governador (Moneró) – 17.603m², 18. Parque Municipal Urbano da Serra da Misericórdia (Bairros do Complexo do Alemão, Inhaúma, Engenho da Rainha, Tomás Coelho, Vila Kosmos, Penha Circular, Penha, Olaria e Ramos) – 240,91ha, 19. Parque de Madureira (Madureira) – 113.000m², 20. Parque Pinto Telles (Villa Valqueire) – 30.000m², 21. Parque Vila Kennedy (Villa Kennedy) – 56.916,31m², 22. Parque Fazenda do Viegas (Senador Camará). Parque Laje e Jardim Botânico (RIO DE JANEIRO, 2022).

As áreas verdes acima mencionadas têm impacto positivo no clima das diversas regiões da cidade do Rio de Janeiro, mencionadas acima. Por outro lado, a impermeabilização do solo urbano, como consequência do crescimento da cidade – muitas vezes desordenado, frise-se, com inúmeras ocupações irregulares de áreas de encostas – com asfaltamento e calçamento de ruas, além das construções (regulares ou não), gera núcleos de pouca dissipação do calor acumulado pela radiação ao longo do dia, o que gera pouca amplitude térmica, entendida como a diferença entre a temperatura máxima e a mínima de determinado período.

Por tais razões, é importante enumerar os benefícios resultantes da arborização urbana aos municípios e ao meio ambiente, o que far-se-á a seguir.

2.7. Serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores urbanas;

Em termos globais, a estimativa é a de, ao todo, que existam 3 bilhões de árvores no mundo. Considerando uma população mundial de, aproximadamente 7,2 bilhões de pessoas, tem-se, portanto, uma relação árvore/habitante da ordem de 416, muito maior do que estimava no passado (MENDES, 2021).

Segundo dados divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU), as áreas urbanas já abrigam, atualmente, a maioria da população mundial, na ordem estimada de 55% das pessoas habitando as cidades do mundo. Em 1950, apenas 30% da população mundial era urbana. No entanto, mais 2,5 bilhões de pessoas devem se tornar urbanas entre os anos 2018 e 2050, de modo que os habitantes das cidades representarão 68% da população total do planeta, isto é, aproximadamente 6,68 bilhões de pessoas habitarão as cidades em 2050. (ONU, 2019).

Considerando a previsão de crescimento exponencial da população urbana mundial, será um desafio, cada vez maior, a manutenção do bem-estar dos cidadãos e o desenvolvimento sustentável nas cidades. Tais fatores estão diretamente relacionados à conservação dos ecossistemas e seu uso ambientalmente adequado. Dentro deste universo a ser tutelado, enquadra-se a arborização urbana, que exerce inúmeras funções em benefício da manutenção da qualidade de vida dos municípios.

A organização não governamental, sem fins lucrativos, *World Wildlife Fund* (WWF), cuja tradução, em português é Fundo Mundial da Natureza, tem como objetivos alterar a trajetória de degradação ambiental mundial, de modo a promover um futuro mais justo e saudável a todos, com harmonia entre ser humano e natureza (WWF, 2023).

A WWF criou um índice denominado “Pegada Ecológica na Terra”, que, segundo a organização não governamental sem fins lucrativos, é: “uma metodologia de contabilidade ambiental que avalia a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais. Expressada em hectares globais (gha), permite comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta” (WWF, 2023).

Atualmente, a média mundial da Pegada Ecológica é de 2,7 hectares globais por pessoa. Por outro lado, a biocapacidade disponível para cada pessoa, segundo informações da WWF, é de 1,8 hectare global, de modo que o ser humano suplantou a capacidade de “utilização ambiental” do planeta, necessitando um esforço de todos os habitantes com vistas a reverter esse quadro (WWF, 2023).

Se a conduta do ser humano continuar neste ritmo, em meados de 2030 é possível que o sistema natural entre em colapso (MENDES *et al*, 2021). A projeção é de, caso seja mantida a tendência atual é de aumento deste índice, conforme ilustra o gráfico abaixo (WWF, 2023).

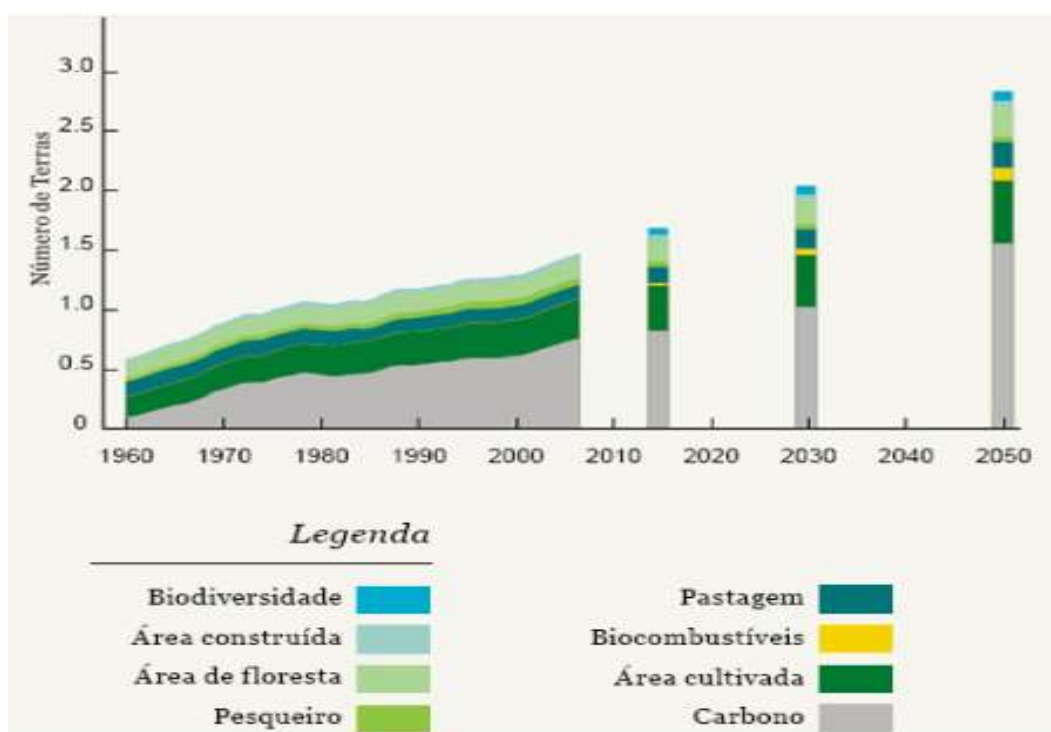


Figura 10. Índice “Pegada Ecológica na Terra”. Fonte: <https://www.wwf.org.br/>

A humanidade sempre foi dependente dos serviços prestados pelos ecossistemas (MEA, 2005). Portanto, a busca pela preservação do equilíbrio ambiental trata, em primeira análise, de uma questão de sobrevivência da espécie humana.

Nesse contexto, cumpre esclarecer que as árvores cumprem funções cruciais no planeta, sendo um dos fatores aptos a mitigar esse efeito (MENDES *et al*, 2021). E também são sobremaneira importantes à manutenção da qualidade de vida e do equilíbrio ambiental nas cidades. As árvores e florestas constituem importantes elementos naturais nas paisagens urbanas, de modo que é crucial a sua preservação e manutenção, visto que são representam um elo de integração social, econômica e ambiental nas cidades (PIPPI; TRINDADE, 2013).

O acervo arbóreo urbano cumpre um papel primordial para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes das cidades. Isto porque as árvores urbanas possuem funções similares, *mutatis mutandis*, às funções das florestas, quais sejam: Protetora ou ambiental, produtora ou econômica e a própria função social. A presença de árvores é fundamental para qualificar o espaço urbano (SANTOS *et al*, 2021).

A recomendação mínima de área verde em uma cidade, conforme a recomendação da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) é de 15m² por habitante (SBAU, 1996). Considerando que, segundo MENDES (2021), uma copa de árvore de grande porte possui 75m² de área, conclui-se, assim, pela adoção de um parâmetro a ser perseguido na proporção de 01 (uma) árvore para cada 05 (cinco) habitantes, em média.

É indubitável que as árvores trazem benefícios às cidades e aos seus habitantes. O valor ambiental, social, de saúde e econômico que as árvores fornecem aos munícipes podem ser abordados sob múltiplos aspectos, dentre eles: benefícios gerais, como sombra, preservação e interação com a fauna (ESTEVO *et al*, 2017), impactos positivos na saúde dos habitantes, tanto física quanto psicológica, além da influência no escoamento de águas pluviais, incremento no valor dos imóveis localizados em ruas mais arborizadas (SONG *et al*, 2018), economia de energia, redução da poluição, com a absorção de particulados, melhorando a qualidade do ar atmosférico (CORADA *et al*, 2021) (SANTOS *et al*, 2021) (PIPPI; TRINDADE, 2013), reduzindo níveis de ruído, bem como promovendo maior sequestro de CO² do ar (SPEAK *et al*, 2020).

A arborização urbana atua, outrossim, na melhoria do valor arquitetônico e paisagístico de uma cidade, exercendo função ornamental, de sombreamento, de separação entre pedestres, ciclistas e tráfego veicular (PIPPI; TRINDADE, 2013). Os benefícios da arborização urbana são inúmeros, a saber: Regulação térmica das altas temperaturas, Redução da exposição solar, Conforto ambiental, Melhoria da qualidade do ar, Redução da poluição sonora e visual, Auxiliar na conservação do ambiente. SANTOS *et al* (2021) afirma que as árvores urbanas apresentam inúmeras funções, tanto estéticas quanto biológicas.

As árvores urbanas também exercem controle no fluxo de ar, velocidade de ventos, ventilação de poluentes do ar (SANTOS *et al*, 2021).

SONG *et al* (2018) indica que alguns benefícios importantes das árvores urbanas foram considerados em menos de 03 (três) estudos, a saber: biodiversidade, provisão de recursos, redução de ruído e recreação.

Assim, não se pode olvidar a gama de serviços ecossistêmicos prestados pelo acervo arbóreo de uma cidade (CASTRO *et al*, 2019), assim definidos como os benefícios relevantes para a sociedade, gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais.

Há inúmeras definições para o que se convencionou chamar de serviços ecossistêmicos. Porém, todas as acepções destas múltiplas definições apresentam como resultados os benefícios gerados pelos ecossistemas para a sociedade e que garantem a vida humana no planeta. (IMBERNON, 2020). Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (REID *et al*, 2005).

Observa-se o grau de importância alcançado pelos serviços ecossistêmicos pela observância, pelo legislador brasileiro, em contemplá-lo na política de pagamento por serviços ambientais, positivada pela Lei Federal nº 14.119/2021 (BRASIL, 2021), o que denota um avanço nas políticas públicas nacionais sobre tal tema. O fenômeno da positivação – inserção do tema na legislação – não implica – necessariamente – na efetivação de tais preceitos, mas, indubitavelmente, representa um passo em direção à preservação ambiental.

Por definição, o legislador brasileiro incluiu as modalidades de serviços ecossistêmicos na Lei Federal nº 14.119/2021, a saber: Serviços de provisão: os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros; Serviços de suporte: os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético; Serviços de regulação: os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas e Serviços culturais: os que constituem benefícios não materiais providos pelos ecossistemas, por meio da recreação, do turismo, da identidade

cultural, de experiências espirituais e estéticas e do desenvolvimento intelectual, entre outros (BRASIL, 2021).

Noutro turno, também há o que se denomina como serviços ambientais, compreendidos como aqueles relativos às atividades humanas que contribuem para a manutenção dos serviços ecossistêmicos. A percepção da definição de serviços ambientais a partir do enfoque dos serviços humanos de favorecimento à manutenção em plenitude dos serviços ecossistêmicos. (SOUSA. REZENDE, 2017).

A demanda pelos serviços ecossistêmicos se apresenta tão voraz que se observa uma tendência das nações em exigir compensações pela fruição de tais serviços ou pela manutenção e preservação voluntária deles (MEA, 2005).

A arborização urbana e a manutenção de áreas verdes nas cidades, incontestavelmente, contribuem para a melhoria da qualidade de vida dos munícipes, visto que reduzem a quantidade de gás carbônico (CO^2) no ar, melhorando consideravelmente a qualidade atmosférica das cidades, com impacto positivo na diminuição de poluentes e particulados presentes no ar.

As árvores urbanas, ao longo de seu crescimento, assimilam toneladas de gás carbônico (CO^2), o que é feito pela fotossíntese e alocação do carbono na estrutura lenhosa, contribuindo, assim, sobremaneira para a mitigação dos efeitos derivados das mudanças climáticas (SILVA *et al*, 2019).

Em experimento realizado em área urbana, SONG *et al*. (2018) constatou que o sequestro anual de carbono variou de 3,5 kg a 96 kg por árvore. Considerando um cálculo da média aritmética dos resultados obtidos, poder-se-ia afirmar que uma árvore urbana promove o sequestro de carbono de 49,75 kg por ano, o que representa um importantíssimo serviço ecossistêmico.

Portanto, é possível afirmar que o plantio de árvores em área urbana representa uma excelente estratégia de mitigação dos danos causados pela emissão de gases de efeito estufa (SPEAK *et al*, 2020).

Prosseguindo no tema atinente à contribuição das árvores urbanas à questão atmosférica, verifica-se que são capazes de prestar outros serviços ecossistêmicos, entre eles o de exercer a função como agentes de biomonitoramento de poluição. Segundo CARDOSO *et al* (2017), biomonitoramento de poluição consiste na utilização de agentes vivos para monitorar taxas de poluição e identificação de partículas integrantes deste dano ao meio ambiente e às pessoas, indicando que a utilização das árvores urbanas como agentes de

biomonitoramento de poluição é o ideal, pois elas estão em contato direto com as fontes emissoras e são componentes filtrantes destas partículas e gases.

Assim, CARDOSO *et al* (2017) constataram que o elemento químico Ferro (Fe) ocorre em grande quantidade nas cidades e foi identificado no material particulado, juntamente com o elemento Cádmio (Cd). Perceberam, outrossim, que indivíduos da família *Fabaceae* não assimilam o Cobre (Cu) originado da poluição, apresentando este elemento tendência a permanecer na superfície foliar.

Além disto, quanto maior a arborização urbana, maior a drenagem e interceptação de águas pluviais. O conceito de cidades sensíveis à água perpassa pela ideia de aprimorar a gestão do acervo arbóreo, pois este atua na manutenção de diversos serviços ecossistêmicos, de regulação, de provisão, culturais e de suporte, de modo a integrar os ecossistemas (MARCHIONI *et al*, 2022), com vistas à obtenção dos benefícios que as árvores urbanas podem propiciar aos municípios.

Por outro lado, ALVES; FORMIGA (2019) indica que a impermeabilização do solo nas cidades e um acervo arbóreo insuficiente são causas que geram a ampliação do pico de vazão e redução do tempo de retardo das águas de chuva, além de produzir maior volume de escoamento de superfície.

SONG *et al*. (2018) mensurou a função de captação das águas pluviais pelas árvores e buscou converter em benefício econômico, obtendo um valor anual por árvore variando entre \$ 0,28 a 54,61 dólares.

Também há o efeito da arborização na temperatura das superfícies das cidades, o que contribui para a permanência de nutrientes necessários às árvores, favorecendo, consequentemente, sua ciclagem. Esse efeito na amenização da temperatura média é outro importante fator de qualidade de vida aos seres humanos que habitam as cidades.

LEAL *et al* (2014) constatou a relação existente entre as regiões com maior permeabilização do solo urbano e maior área verde com os valores de menores temperaturas e maior umidade relativa do ar.

Outra consequência deste efeito é a geração de áreas de sombra à população, com redução do calor em tais área e “filtragem” da radiação solar.

As árvores também exercem a função estética e de composição da paisagem municipal, bem como a de proteção do solo.

Não se pode olvidar o fato de as árvores propiciarem a interação com a fauna, contribuindo para sua manutenção, em prol do equilíbrio ecológico. Nesse sentido, PIPPI; TRINDADE (2013), citando Beatley (2011), menciona o termo “cidades biofilicas”, assim

entendidas como aquelas cidades capazes de propiciar a melhor interação entre a natureza e os cidadãos, de modo a extrair o máximo de benefícios dos serviços ecossistêmicos. O termo também consta do Projeto de Lei PL nº 4.309/2021, que visa a instituir a Política Nacional de Arborização Urbana (PNAU), que assim as define: “são aquelas que articulam de forma planejada as estruturas construídas com as vegetadas contribuindo para a conexão homem-natureza, promovendo a sustentabilidade e a resiliência urbanas no enfrentamento aos efeitos das mudanças climáticas” (BRASIL, 2021).

Vale ressaltar o benefício psicológico trazido pelas árvores aos munícipes. Além da diminuição do impacto de ruídos da cidade. Para MILANO e DALCIN (2000), as árvores urbanas beneficiam também a saúde do homem ao combater o *stress* e formar áreas de convívio. Conforme relata SILVA (2008), as áreas verdes de uma cidade são uma exigência higiênica, equilíbrio ao meio-ambiente urbano e de locais de lazer. Tais áreas também oferecem um equilíbrio psicológico aos munícipes.

SILVA *et al* (2019) relata a relação diretamente proporcional entre áreas verdes urbanas e o bem estar psicológico, indicando a diminuição do stress, auxiliando na atenuação dos efeitos de diversas enfermidades mentais, fator que é intensificado pela possibilidade de viabilização de atividades físicas e recreativas em tais áreas, o que maximiza os benefícios mencionados.

Também há o aspecto econômico carreado pela arborização urbana, visto que se verifica, em regra, que imóveis situados em logradouros públicos com ampla arborização, via de regra, apresentam uma apreciação de seu valor venal. Esses são alguns dos relevantes aspectos positivos da arborização urbana.

Outra avaliação que se enquadra sob a ótica de benefícios econômicos propiciados pela arborização urbana se refere à economia de energia elétrica, visto que, em ruas mais arborizadas, o sombreamento gerado pelos indivíduos arbóreos diminui consideravelmente o calor, o que resulta em menor utilização de aparelhos de ar-condicionado, por exemplo, gerando, portanto, economia de energia elétrica.

SONG *et al.* (2018) realizou estudo em que aferiu quantitativamente essa economia de energia elétrica, no qual constatou que a economia anual de resfriamento por árvore variou de 23 kWh a 288 kWh, o que conduz à conclusão de que tais benefícios econômicos anuais variaram de US\$ 4 a US\$ 166 por árvore, em termos monetários.

Há menção, na literatura científica, acerca da eventual relação existente entre segurança pública e arborização urbana. SOUZA *et al* (2022) realizou um levantamento dos artigos publicados sobre tal tema, realizando uma revisão sistemática destes artigos, relatando

que encontraram indicação de que árvores de copas altas e baixa vegetação contribuem para a redução dos índices de criminalidade. Relatam, outrossim, que não há, no Brasil, pesquisas sobre a relação entre índices de criminalidade e arborização urbana, indicando a necessidade de se pesquisar mais sobre tal aspecto.

Outro aspecto que é de fundamental importância para suplantar tal obstáculo é inerente à educação ambiental, como forma de conscientizar os cidadãos da importância da arborização urbana para sua qualidade de vida. E a educação ambiental cumpre efetivamente tal papel, sendo certo que a difusão contínua de informações ambientais fará com que todos – Poder público, sociedade civil organizada, setor empresarial e cidadãos em geral – modifiquem seus conceitos sobre meio ambiente e, conseqüentemente, adotem posturas cotidianas em prol da preservação deste valioso bem natural.

Compreender os benefícios que as árvores proporcionam aos munícipes e à manutenção do equilíbrio ambiental é um dos aspectos que ensejarão a conscientização da sociedade acerca da importância do acervo arbóreo de uma cidade.

No sentido de tentar obter o engajamento da sociedade, de modo a auxiliar na conscientização acima referida, surgem os estudos que visam a conhecer a valoração econômica das árvores urbanas. Segundo MENDES *et al* (2021), valorar economicamente as árvores é uma iniciativa para demonstrar a importância das árvores urbanas aos cidadãos, indicando a prestação dos serviços ecossistêmicos de cada indivíduo arbóreo à sociedade.

SONG *et al.* (2018) indica que os benefícios da arborização urbana mais analisados são os relativos à melhoria ambiental e a valorização (apreciação dos valores) imobiliária das casas que se localizam em ruas mais arborizadas.

Assim, não há dúvidas de que uma gestão participativa da arborização pública, integrativa do Poder Público e da sociedade em geral, trará resultados ainda mais benefícios para todos, visto que o engajamento de todos faz com que os problemas sejam identificados mais facilmente, bem como a execução das eventuais soluções de tais problemas, de modo a melhorar o ecossistema urbano (MENDES *et al*, 2021).

É indispensável à ótima gestão da arborização urbana a efetiva participação da sociedade na aplicação da legislação aplicável à matéria (BACELLAR *et al*, 2020), com vistas à preservação da arborização urbana com o objetivo de otimizar, cada vez mais, seus benefícios e, conseqüentemente, o bem estar dos cidadãos.

2.8. A importância do planejamento da arborização urbana

A arborização urbana e a gestão adequada de seus resíduos representam todas as modalidades de serviços ecossistêmicos.

Considerando as alterações climáticas por que o mundo vem passando, é crucial que haja um planejamento para a estruturação de cidades que apresentem mais resiliência aos extremos climáticos que vêm se apresentando, tais como excesso de chuva e de estiagem em momentos distintos do ano, bem como o aumento da temperatura global a que estamos submetidos, já que a previsão para as próximas décadas é de intensificação destes fenômenos (MARCHIONI *et al*, 2022). Para combater esse e outros fenômenos, é plenamente possível afirmar que as árvores urbanas são fundamentais à resiliência das cidades (MENDES, 2021).

Não obstante o vasto rol de benefícios que as árvores representam às cidades, noutro turno, devido à ausência de um planejamento adequado, bem como pela gestão inapropriada, as árvores também podem apresentar alguns problemas às cidades e a seus habitantes (BACELLAR *et al*, 2020).

Os problemas mais relatados são: Conflitos com redes aéreas de abastecimento elétrico (CEMIG, 2011), com redes subterrâneas, eventual inadequação da espécie ao local de plantio, manutenção periódica, podas (BRAGA *et al*, 2020), remoções, riscos de queda e danos derivados do envelhecimento das árvores ou por inadequação da espécie ao local (CASTRO *et al*, 2019), caules ou galhos interferindo na visão dos motoristas, raízes levantando calçadas.

SONG *et al*. (2018) cita outros eventos relacionados à arborização urbana, denominando-os como custos indiretos, a saber: danos em edifícios e pavimentos por raízes de árvores, danos e lesões por queda de árvores, interrupção do tráfego durante a manutenção, emissões de carbono através de máquinas operacionais, bloqueio de drenos por serapilheira, entre outros.

A arborização urbana tem, indubitavelmente, funções extremamente relevantes às cidades e à sociedade. Mas sua gestão também traz desafios, que devem ser observados para a necessária prevenção de acidentes (BRESSANE *et al*, 2018). Eles envolvem questões fitossanitárias, que exigem verificação periódica, a ser feita por mão-de-obra especializada, cuidados no manejo, treinamento adequado dos agentes que fazem a manutenção periódica, com vistas a evitar danos físicos aos indivíduos arbóreos, entre outras.

Com os efeitos climáticos extremos, a necessidade de verificação constante se apresenta ainda mais importante, pois as quedas de árvores urbanas têm se tornado mais comuns, exigindo manutenção e vistorias mais acuradas e constantes (MENDES, 2021).

Ademais, observa-se nas cidades uma compactação maior do solo, que, por sua vez, associada à impermeabilização que ocorre nas cidades, impacta no desenvolvimento radicular normal das árvores, de modo que a raiz das árvores apresente uma tendência a crescer horizontalmente e em pouca profundidade, o que acarreta sua instabilidade (MARCHIONI *et al*, 2022).

Diante das questões aqui indicadas, tanto para o aproveitamento máximo dos benefícios que as árvores urbanas podem proporcionar às cidades quanto para mitigar os riscos (BRESSANE *et al*, 2018) e conflitos que, porventura, possam gerar, revela-se imperiosa a necessidade de planejamento na gestão das florestas urbanas (CASTRO *et al*, 2019), que considere todas as questões acima referidas e que, sobretudo, atenda às diretrizes e mandamentos legislativos indicados, de modo que seja ambiental, social e economicamente adequada.

Porém, via de regra, o fenômeno da urbanização brasileira ocorreu de forma descontrolada e sem planejamento, o que se refletiu, outrossim, na questão da arborização urbana. Atualmente, segundo consta em FELIPPE *et al* (2022), muitos estudos inerentes às florestas urbanas têm sido efetivados com o objetivo de encontrar soluções para reduzir os efeitos negativos ocasionados pela falta de planejamento na arborização urbana alhures. A falta de planejamento nas áreas urbanas provoca o aumento expressivo da impermeabilização do solo (ALVES; FORMIGA, 2019).

A restauração e manutenção do equilíbrio dos ecossistemas nas cidades é uma das formas de minimizar os impactos ambientais gerados pela urbanização exacerbada (SILVA *et al*, 2019).

Portanto, deve haver uma participação ativa e contínua de todos os setores, a saber: Poder Público, sociedade civil organizada, setor empresarial, setor acadêmico e cidadãos, de forma geral, no planejamento e execução das políticas públicas que envolvam a arborização urbana, em todos os seus segmentos. Para que haja tal engajamento, deve haver, concomitantemente, uma contínua prestação de informações acerca do *status* ambiental urbano e suas consequências futuras, de modo a conscientizar todos os envolvidos sobre a importância do acervo arbóreo da cidade.

Melhorias na gestão dos ecossistemas exigirão mudanças de postura dos órgãos governamentais e não governamentais, bem como da sociedade em geral (MEA, 2005) no

enfrentamento dos problemas e planejamento em longo prazo. O planejamento é crucial para alcançar o equilíbrio ambiental almejado por todos.

Aspectos ligados à auto sustentabilidade das árvores urbanas, com a implantação, por exemplo, de espécies que pudessem servir como origem de nutrientes para os demais indivíduos, melhorando, assim, o ecossistema e a viabilização de nutrientes, buscando alcançar um sistema que pudesse ser autônomo. Ademais, em outro ponto, também buscaria a inclusão de espécies arbóreas que potencializassem seus efeitos benéficos ao clima, à qualidade do ar, à menor manutenção em seu ciclo de vida e à maior resistência a pragas e xilófagos em geral, reduzindo, assim, o potencial de quedas e danos aos munícipes.

Considerando a situação descrita acima, é crucial haver informações precisas sobre o *status quo* ambiental e dos ecossistemas nas cidades, de modo a propiciar decisões adequadas. Importante mencionar, outrossim, que uma avaliação ótima dos ecossistemas não é estanque, e sim, dinâmica.

Também não pode ser efetivada em única escala temporal ou espacial (MEA, 2005), devendo ser feita de forme constante, além de mantida e projetada por vários anos, visto que os efeitos – positivos ou negativos – aos ecossistemas são percebidos em longo prazo.

Um bom exemplo de planejamento e gestão arbóreas é o da cidade de Vancouver, no Canadá, que alcançou a marca de cidade mais sustentável do mundo, com significativos investimentos em áreas verdes e arborização urbana (MENDES *et al*, 2021), com a adoção de política pública desde o ano 2011, denominada como *Greenest City 2020 Action Plan* (GCAP) (CITY OF VANCOUVER, 2012), que possuiu como meta a acessibilidade da maioria de seus habitantes a alguma área verde, a menos de 10 minutos a pé, sobretudo com a criação do maior parque urbano do país, o *Stanley Park*, com área de, aproximadamente, 400 hectares.

No Brasil, um exemplo de cidade que adota um modelo ambientalmente adequado de planejamento e gestão da arborização urbana é Maringá, no Estado do Paraná. Segundo o IBGE (2022), 97.3% de domicílios urbanos do Município de Maringá-PR estão em vias públicas com arborização, o que o coloca na posição 518, dentre os 5570 municípios brasileiros. A apuração do percentual de arborização de vias públicas adota o seguinte critério de mensuração: É o resultado da quantidade de domicílios urbanos em face de quadra com arborização, divididos pela quantidade de domicílios urbanos totais x100 (IBGE, 2012).

Para um planejamento ótimo, é fundamental conhecer a situação existente no momento (FELIPPE *et al*, 2022). Porém, no Brasil, atualmente, a maioria das Prefeituras não tem conhecimento sobre o acervo arbóreo que compõe sua cidade, nem quantitativa, nem

qualitativamente (MENDES, 2021), o que indica a dificuldade que o Poder Público tem na gestão adequada da arborização nas cidades brasileiras, visto que sequer se conhece sobre o estado atual das árvores urbanas.

As poucas Prefeituras brasileiras que possuem inventário arbóreo ou o fizeram por amostragem são de cidades que possuem menos do que 50.000 (cinquenta mil) habitantes (MENDES, 2021).

No que pertine aos dados quantitativos da arborização urbana no Município do Rio de Janeiro, não há um valor especificado que seja fiel à realidade do acervo arbóreo da cidade. Um dos estudos, cujo objetivo foi o de quantificar os indivíduos arbóreos da Cidade do Rio de Janeiro, é o inventário realizado pela Companhia de Limpeza Urbana (COMLURB), em 2015, que resultou em um quantitativo de 523.883 exemplares arbóreos vivos (RIO DE JANEIRO, 2015). Em outro estudo da COMLURB, feito em 2009, mencionado no Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU), como forma de mensurar o acervo arbóreo da cidade do Rio de Janeiro, indica uma estimativa da quantidade total de árvores do Município em 591.839 indivíduos (RIO DE JANEIRO, 2016).

Contudo, a estimativa é de que a quantidade total de árvores atualmente existentes no Município do Rio de Janeiro seja, aproximadamente, o dobro da quantidade indicada pelos órgãos públicos. Porém, por falta de dados oficiais que comprovem tal estimativa, utilizamos para a presente pesquisa a estimativa publicada pela COMLURB e utilizada no Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU), qual seja, 591.839 indivíduos arbóreos como acervo total (RIO DE JANEIRO, 2016).

Outras constatações sobre a arborização do Município do Rio de Janeiro são: O *déficit* de árvores (estimado na ordem de grandeza de 1 milhão de espécies) e a heterogeneidade da distribuição e ocorrência dos indivíduos na cidade, onde se verifica localidades com razoável adensamento arbóreo e outras com insuficiência de indivíduos.

Assim, para planejar é preciso conhecer todo processo que envolve a arborização urbana, do início ao fim (SANTOS *et al*, 2021), tendo uma visão holística de todas as etapas desta ciência, de acordo com as características de cada localidade da cidade, sua geografia, seu clima, condições do solo, além de decidir quais são as espécies mais adequadas a cada local de plantio, além das questões de manejo e destinação adequada dos resíduos florestais urbanos.

O planejamento adequado da arborização urbana deve ter também, como um de seus objetivos, o atingimento da denominada segurança ecológica, assim definida como a

manutenção de um nível mínimo necessário de estoque ecológico à manutenção dos serviços ecossistêmicos (MEA, 2005).

O planejamento da arborização urbana tem como marco inicial a realização de um inventário do acervo arbóreo da cidade, com a identificação e distribuição das espécies presentes nas vias públicas urbanas (FELIPPE *et al*, 2022). Na literatura científica, há modelos estatísticos que visam a viabilizar a contabilização da quantidade de árvores com base na população da cidade (MENDES, 2021), o que já representa um avanço para que o gestor tenha uma estimativa do quantitativo de árvores em sua cidade, para planejar o manejo adequado, bem como, em última análise, a quantidade estimada de produção de resíduos florestais urbanos, por períodos.

De posse das informações constantes do inventário arbóreo urbano, facilitar-se-á sobremaneira o processo de tomada de decisões e eventuais intervenções pelo gestor público acerca das diretrizes a serem executadas no âmbito da arborização (PIPP; TRINDADE, 2013).

Para propiciar um adequado planejamento da arborização urbana, a tecnologia se apresenta como importante aliada, oferecendo sistemas de informações geográficas (SIG) e ferramentas de geoprocessamento, como instrumentos de auxílio ao planejamento e gestão da arborização urbana (FELIPPE *et al*, 2022). Isso porque não é uma tarefa simples – mormente ser fundamental para a melhor gestão possível – obter a totalidade das informações sobre cada indivíduo arbóreo de uma cidade (SANTOS *et al*, 2021), ainda mais em se tratando das metrópoles brasileiras, que contam com inúmeras árvores, o que dificulta sobremaneira o conhecimento e o domínio de todas as informações sobre o acervo arbóreo. A tecnologia atualmente disponível visa a mitigar a dificuldade desse mister.

Não obstante não haver, atualmente, nas cidades brasileiras, efetiva, contínua e massiva participação da sociedade na gestão do acervo arbóreo das cidades, há relatos na literatura científica de rejeição desta ao plantio de árvores, ao injustificado argumento – frise-se – de sujeira provocada pelas folhas, entupimento de calhas e bueiros, quedas de galhos e das próprias árvores, entre outros, situação em que, em certos casos, se aplicaria o acrônimo norte-americano NIMBY (*not in my backyard*), que indica as pessoas, em regra, são favoráveis à arborização urbana, desde que não seja em frente à minha casa, em tradução livre (MENDES *et al*, 2021).

Apesar de não ser possível impedir todos os eventos acima descritos, um adequado planejamento e gestão podem minimizar significativamente tais impactos.

MENDES *et al* (2021), sugere a participação direta da sociedade à criação do inventário arbóreo das cidades, o que poderia ser efetivado por intermédio da tecnologia atualmente disponível (aplicativos), após intenso treinamento e orientação à população voluntária sobre como manejar tais soluções, o que resultará em benefícios a todos os cidadãos.

Portanto, para uma adequada gestão e planejamento do acervo arbóreo de uma cidade, de modo a obter todos os benefícios acima citados, com a geração de instrumentos capazes de gerar o engajamento dos cidadãos nesse tema, o plano diretor de arborização urbana, assunto que será abordado no tópico a seguir, com ênfase ao município do Rio de Janeiro.

2.9. Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU)

Decreto Municipal nº 42.685/2016

No escopo da diretriz imposta pelo artigo 182 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, quanto à obrigatoriedade de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes, objetivos que devem ser instrumentalizados, planejados e efetivados pelo plano diretor nos municípios, além da previsão contida no artigo 30 da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, indicando a competência dos Municípios para legislar sobre assuntos de interesse local (BRASIL, 1988), considerando que a arborização pública urbana se enquadra nesse rol dos temas de interesse local, foi editado o Decreto Municipal nº 42.685/2016, que institui, especificamente, o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) (RIO DE JANEIRO, 2016).

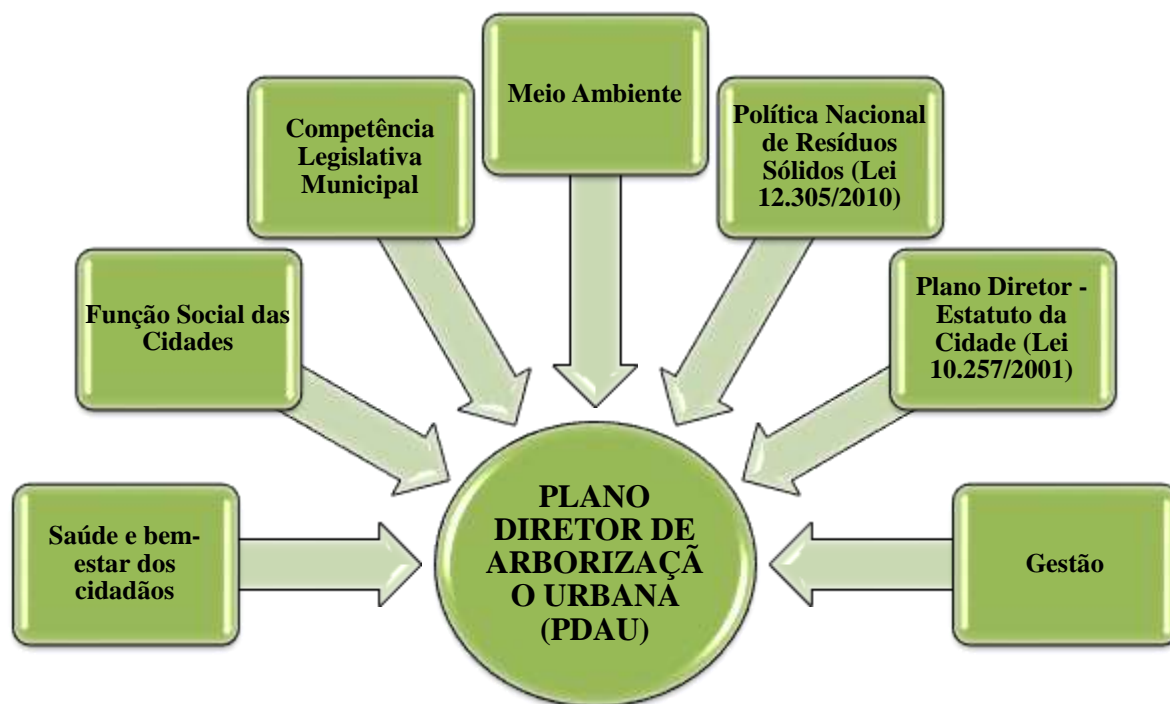


Figura 11. Aspectos relacionados ao plano diretor de arborização urbana. Fonte: Do próprio autor.

O Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro (PDAU) foi criado com a partir da vigência do Decreto Municipal nº 42.685/2016 (RIO DE JANEIRO, 2016). O PDAU é um documento técnico que define as diretrizes necessárias para a implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana. Representa a primeira consolidação do planejamento da arborização da cidade do Rio de Janeiro.



Figura 12. Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Município do Rio de Janeiro.

De acordo com o Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro a arborização pública integra e é elemento estruturador da malha verde municipal, formando um contínuo que interliga todos os seus componentes no território do município.

Dentre os objetivos do Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro, segundo o Decreto Municipal nº 42.685/2016, está o de ser o instrumento de planejamento municipal, que fixa as diretrizes necessárias para uma política de implantação, monitoramento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana, incluindo a participação social no processo de gestão (RIO DE JANEIRO, 2016).

No que tange ao Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro (PDAU-RJ), aprovado pelo Decreto nº 42.685/2016, se trata de um compilado completo, apresentando um panorama sobremaneira abrangente da arborização da cidade (RIO DE JANEIRO, 2016).

Trata-se de um estudo aprofundado acerca do patrimônio arbóreo da cidade do Rio de Janeiro, sendo instrumento de planejamento municipal, fixando as diretrizes necessárias para uma política de implantação, monitoramento, gerenciamento, avaliação, conservação e expansão da arborização urbana no município.

O Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro (PDAU-RJ) prevê a criação de ferramentas para a adequada gestão do acervo arbóreo da cidade, como a implantação de um sistema de informações geográficas da arborização urbana (SIG), de modo a formar um programa integrado de informação e gestão da arborização (RIO DE JANEIRO, 2016). Porém, não se tem notícia de que tal ferramenta fora efetivamente criada e disponibilizada aos gestores de arborização do Rio de Janeiro.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável da Cidade do Rio de Janeiro (PDSUS), em seu artigo 182, preconiza que o planejamento e a gestão das áreas verdes e espaços livres deve se dar de acordo com as normativas do PDAU Rio, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação e demais normas pertinentes (RIO DE JANEIRO, 2011).

Ocorre que, como é de sabença comum, as árvores nas cidades também produzem resíduos, provenientes de seu manejo, compreendendo os atos de poda, supressão, bem como queda, entre outros eventos.

Quanto à gestão dos resíduos oriundos de poda urbana, o Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro, menciona a estimativa feita por Baratta Junior (2007), equivalente a 9.000 metros estéreis de resíduos de poda urbana por mês, o que equivale a, aproximadamente, 6,7 toneladas por mês, frisando que a fonte citada no PDAU-RJ é do ano

2007. Apresenta, ainda, a média estimada pela COMLURB acerca do volume mensal de resíduos de poda urbana, em 30 toneladas/dia (RIO DE JANEIRO, 2016).

O Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro (PDAU-RJ), citando Baratta Junior (2007), indicando que, dentre os resíduos de poda urbana, os classificados como galhadas de até 10 cm de diâmetro são os ideais à utilização para compostagem e que tais resíduos representam 60% dos resíduos totais de poda urbana (RIO DE JANEIRO, 2016).

O PDAU-RJ indica o potencial valor total econômico-financeiro para a produção de composto orgânico, citando que, para cada metro estéreo de resíduo de poda, produz-se $0,18\text{m}^3$ de composto orgânico, chegando a uma produção potencial, com base em 9.000 metros estéreis de resíduos, de 972m^3 de composto orgânico por mês. Considerou, ainda, que o valor do metro cúbico de composto orgânico no mercado é de R\$ 70,00, o que totalizaria R\$ 68.040,00 por mês (RIO DE JANEIRO, 2016).

Há, ainda, indicação no Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro, do cálculo do transporte dos resíduos de poda urbana para a disposição final, em aterro sanitário, com o objetivo de indicar quanto seria economizado pelos cofres públicos com uma destinação adequada destes resíduos – sem que sejam direcionados ao aterro sanitário e indevidamente tratados como rejeitos – apresentando o custo para o transporte dos resíduos de poda, pela COMLURB, avaliado em R\$ 53,80/ton (RIO DE JANEIRO, 2016). Importante sublinhar que tais valores são relativos à época em que o plano diretor foi elaborado e publicado, isto é, entre os anos 2015 e 2016, de modo que tal valor está defasado atualmente.

Ademais, pelos dados coletados nos órgãos oficiais na presente pesquisa, é possível afirmar que o volume médio diário de resíduos sólidos urbanos no Município do Rio de Janeiro oscila entre 70 a 100 toneladas.

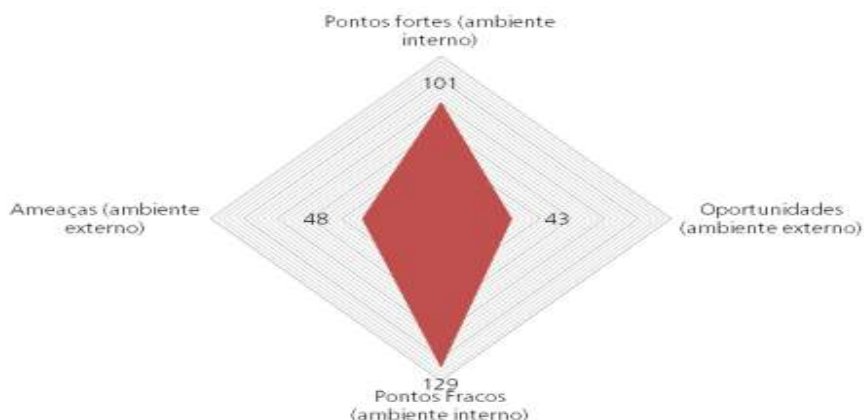
Portanto, utilizando o custo para o transporte dos resíduos de poda, pela COMLURB, mencionado no PDAU-RJ, ter-se-ia um valor diário médio de R\$ 4.573,00, perfazendo um valor mensal médio de R\$ 137.190,00, o que conduz a uma economia mensal aos cofres do Município do Rio de Janeiro da ordem de R\$ 205.230,00 (R\$ 68.040,00 - Composto orgânico e R\$ 137.190,00 – Economia de transporte dos resíduos à destinação final).

Assim, no que pertine ao aproveitamento dos resíduos de poda gerados no Município do Rio de Janeiro, o citado plano diretor não apresenta maiores considerações, além das acima descritas.

A figura abaixo apresenta o resultado da análise da gestão do acervo arbóreo na cidade do Rio de Janeiro, constante de seu Plano Diretor de Arborização Urbana. Pelo que se constatou à época da elaboração do plano diretor do Município do Rio de Janeiro, a gestão da

arborização urbana possui mais pontos fracos a ameaças do que pontos fortes, indicando que a gestão encontra-se sob estratégia de sobrevivência.

Gráfico 2.3 Indicação das tendências da gestão da arborização.



O **Quadro 2.10** indica que, atualmente, a gestão da arborização encontra-se sob estratégia de “sobrevivência”, a qual se refere à presença de mais pontos fracos e ameaças, operando em situação de fragilidade.

Figura 13. Quadro ilustrativo da gestão da arborização urbana no RJ. Fonte: Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro (PDAU-RJ). Pg. 269. Acesso em 14/09/2023.

2.10. O manejo do acervo arbóreo do Município do Rio de Janeiro

Consta das informações oficiais da Prefeitura do Rio de Janeiro que, desde 2008, a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) executa o serviço de manejo da arborização urbana em áreas públicas da cidade.

Analisando, outrossim, as disposições contidas na Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro, verifica-se que os serviços de poda e derrubada exigem autorização prévia do órgão competente, bem como sua orientação, conforme previsto no artigo 477, que estabelece que “Os serviços de derrubada de árvores somente poderão ser efetuados mediante prévia autorização do órgão ambiental e sob sua orientação” (RIO DE JANEIRO).

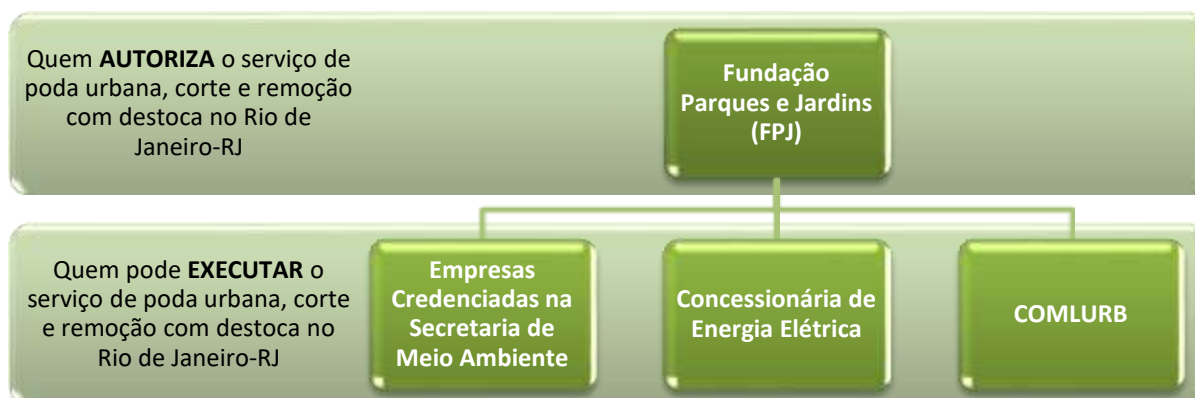


Figura 14. Organograma dos responsáveis pela gestão dos resíduos de poda urbana do Rio de Janeiro. Fonte: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Adaptado pelo Autor.

Nos casos em que a atividade de poda apresenta algum potencial ponto de contato com a rede elétrica, esse serviço é feito concomitantemente com a concessionária de energia elétrica, que é contatada para promover o desligamento da rede elétrica naquele trecho onde ocorrerá a poda (RIO DE JANEIRO, 2018).

Quanto à remoção de árvores, só as são as que estejam mortas (secas), com risco de falha (queda) em razão de inclinação exacerbada ou por algum comprometimento fitossanitário (pragas ou doenças). O tratamento de doenças e atividade de replantio é capitaneada pela Fundação Parques e Jardins (FPJ) (RIO DE JANEIRO, 2018).

Os agentes públicos da COMLURB que trabalham no setor de realização de poda das árvores urbanas, denominados garis, são habilitados ao manuseio das ferramentas de poda e destoca e recebem treinamento constante de engenheiros agrônomos e engenheiros florestais (RIO DE JANEIRO, 2018).

2.10.1. Poda

Há diversas classificações ao ato de podar árvores. Conforme consta da norma ABNT 16246-1:2013, poda é: “A retirada seletiva de partes indesejadas ou danificadas de uma árvore, a fim de se alcançarem objetivos específicos” (ABNT, 2013).

Já a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, por intermédio da Portaria nº 136, da Fundação Parques e Jardins (FPJ), de 17 de Julho de 2018, define poda como: “A retirada seletiva de galhos secos, danificados ou indesejáveis de uma árvore ou ainda a retirada de frondes das palmáceas, a fim de se alcançarem objetivos técnicos específicos” (RIO DE JANEIRO, 2018).

Segundo consta do Manual Técnico de Poda de Árvores do Município de São Paulo, poda é: “Definida como a retirada parcial de ramos da planta, a poda modifica sua estrutura e consequentemente seu estado de desenvolvimento. Trata-se de uma técnica agronômica/florestal que, dependendo dos espécimes arbóreos nos quais é aplicada, tem finalidades certas e específicas. Em árvores urbanas, na essência, a poda é a eliminação oportuna de ramificações de uma parte da planta, com vistas a proporcionar seu desenvolvimento saudável e compatível com o espaço físico onde existe” (SÃO PAULO, 2012).

É possível definir, portanto, em resumo, que poda de uma árvore é a eliminação de alguns de seus galhos, com diversas finalidades.

Quanto ao objetivo a ser alcançado com a prática da poda de uma árvore, segundo BEDKER *et al.* (1995): “O objetivo primordial da poda é produzir árvores fortes, saudáveis e atraentes. Compreendendo como, quando e por que podar e, seguindo, alguns princípios simples, este objetivo pode ser alcançado”.

Em relação aos tipos de poda, a Portaria nº 136 da Fundação Parques e Jardins (FPJ) do Município do Rio de Janeiro, de 17 de Julho de 2018, indica os seguintes tipos de manejo (poda) e suas respectivas siglas, a saber: Poda de condução – CO, Poda de desrama ou raleamento – RL, Poda de elevação de copa – EL, Poda de latada – LT, Poda de limpeza – LP, Poda de raízes – RZ, Poda de redução de copa (na altura ou largura) – RC, Poda de restauração – RE, Poda emergencial – EM, Podas para vistas (RIO DE JANEIRO, 2018).

As definições de cada tipo de poda não serão abordadas na presente investigação científica por não serem tais conceitos o objeto principal de estudo.

Também há a NBR 16246-1 de 27/11/2013, que dispõe sobre poda de árvores urbanas, estabelecendo os procedimentos para a poda de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas em áreas urbanas.

Consta da ementa desta norma técnica ABNT NBR 16246-1:2013 - Florestas urbanas A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou, em 27 de novembro, a norma ABNT NBR 16246-1:2013 - Florestas urbanas - Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas - Parte 1: Poda, elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Manejo Florestal (ABNT/CEE-103). Esta parte da ABNT NBR 16246 estabelece os procedimentos para a poda de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas em áreas urbanas, em conformidade com a legislação aplicável (ABNT, 2013).

A norma ABNT NBR 16246-1:2013 estabelece a classificação de tipos de poda, da seguinte forma, indicados na figura abaixo:

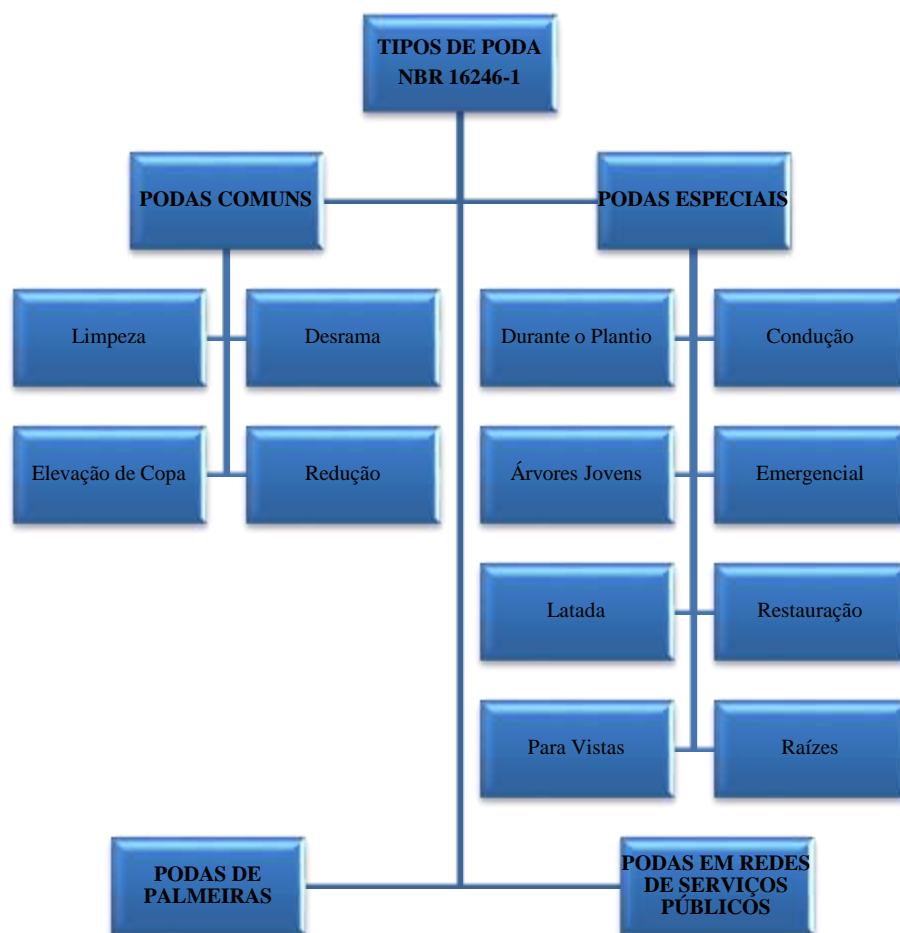


Figura 15. Quadro ilustrativo das podas previstas na NBR 16246-1:2013. Fonte: ABNT NBR 16246-1:2013. Acesso em 14/09/2023.

A norma ABNT NBR 16246-1:2013 indica, ainda, as podas em redes de serviços públicos, para as árvores que estejam em risco imediato ou potencial com redes elétricas e outros serviços de utilidade pública com o intuito de prevenir a interrupção no fornecimento desses serviços (ABNT, 2013).

2.10.2. Classificação dos resíduos florestais urbanos conforme a legislação e normas administrativas

Em 2004, foi editada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a norma técnica NBR 10004/2004 ABNT, que estabelece os critérios para classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde do homem.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de

seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT, 2004).

Pelo fluxograma de classificação dos resíduos, constata-se que a norma NBR 10004/2004 ABNT, busca definir, primeiramente, se o resíduo tem origem conhecida. Caso tenha, busca verificar se consta dos anexos A ou B da referida norma. Caso estejam, serão classificados como RESÍDUO PERIGOSO CLASSE I (ABNT, 2004).

Em continuidade ao fluxograma sugerido pela norma NBR 10004/2004 ABNT, caso a origem seja desconhecida ou no caso de o resíduo não constar nos anexos A e B descritos anteriormente, deve-se verificar se o resíduo possui característica de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Caso tenham alguma(s) desta(s) características, serão classificados como RESÍDUO PERIGOSO CLASSE II (ABNT, 2004).

Entende-se por inflamabilidade, a capacidade de o material ser muito propenso à combustão espontânea, ou a facilidade com que algum objeto ou líquido entra em ignição, causando fogo ou combustão.

Entende-se por corrosividade, a capacidade de gerar danos a outros produtos, com o mero contato. Em regra, produtos corrosivos são ácidos ou bases e a corrosividade é medida pelo potencial de hidrogênio (pH).

Entende-se por reatividade, a capacidade de reagir com outros elementos. A acepção desta palavra é química, isto é, quanto à capacidade de troca de elétrons.

Entende-se por toxicidade, segundo a NBR 10004/2004 ABNT, se uma amostra representativa dele, apresentar uma das propriedades descritas na norma (ABNT, 2004).

Entende-se por patogenicidade, pela ótica da NBR 10004/2004 ABNT, se “uma amostra representativa dele, contiver ou se houver suspeita de conter, microorganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxiribonucléico (ADN) ou ácido ribonucléico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais” (ABNT, 2004).

Caso não ostentem as características descritas acima, os resíduos analisados serão classificados, portanto, como RESÍDUO PERIGOSO CLASSE II (ABNT, 2004).

Em sequência, a norma NBR 10004/2004 ABNT indica verificar se o resíduo possui constituintes que são solubilizados em concentrações superiores aos limites descritos no anexo G. Caso não tenham, serão classificados como RESÍDUO INERTE CLASSE II B. Se possuírem tais constituintes nestas condições, serão classificados como RESÍDUO INERTE CLASSE II A.

Os resíduos de arborização urbana possuem as seguintes características, a saber: Têm origem conhecida, não constam dos anexos A e B. Não são considerados inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos, nem patogênicos. Por fim, possuem constituintes solubilizados em concentrações superiores às descritas no anexo G da norma NBR 10004/2004 ABNT, sendo considerados não inertes.

Portanto, considerando as questões acima descritas, derivadas da norma NBR 10004/2004 ABNT, pode-se afirmar que os resíduos de arborização urbana são classificados como RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS NÃO INERTES CLASSE II A (ABNT, 2004).

Utilizando uma lógica classificatória similar à inserida na norma NBR 10004/2004 ABNT, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) classifica os resíduos sólidos quanto à origem, listando as seguintes classes, a saber, resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transportes, resíduos de mineração e quanto à periculosidade: perigosos ou não perigosos (BRASIL, 2010).

Portanto, conforme a classificação indicada pela PNRS, os resíduos florestais urbanos são identificados como resíduos de limpeza urbana, não perigosos.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) classifica os resíduos florestais urbanos como resíduos orgânicos (BRASIL, 2022).

2.11. Resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro

Portanto, considerando essa perspectiva de crescimento populacional nas cidades, é inexorável que o Estado e a sociedade devam priorizar o incremento do acervo arbóreo nas cidades, almejando a qualidade de vida dos cidadãos.

Paralelamente, as cidades devem atentar e incrementar uma gestão da arborização urbana de modo a promover um adequado planejamento arbóreo, desde o plantio até a destinação ambientalmente adequada dos resíduos florestais urbanos, provenientes de poda, manejo, retirada de árvores acometidas por questões fitossanitárias, entre outros.

Destarte, é consectário natural que a quantidade de resíduos oriundos de poda urbana também aumentará exponencialmente nas cidades, considerando a previsão de aumento populacional nas próximas décadas.

Os resíduos florestais urbanos são classificados como resíduos orgânicos. A degradação dos resíduos orgânicos é uma das principais fontes de emissão de metano. Os aterros sanitários são a terceira maior fonte antropogênica mundial de metano (PLANARES, 2022).

A destinação adequada dos resíduos de poda urbana também contribui para a mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente pela conversão do metano em CO², sendo certo que não haverá a degradação deste material nos aterros sanitários, que representam uma forma inadequada de descarte de tais resíduos.

Portanto, quando menor for o direcionamento de resíduos orgânicos – incluídos os resíduos florestais urbanos – aos aterros sanitários, menor será a produção de gás Metano.

Assim, é premente haver mobilização de todos na adoção de medidas que visem a mitigar, ao máximo, os efeitos de tais resíduos às pessoas e ao meio ambiente. Indubitavelmente, esse objetivo só será alcançado pelo engajamento de governos, empresas e sociedade com vistas à gestão adequada e eficaz dos resíduos sólidos.

Atualmente, se revelam bastante incipientes, nas metrópoles brasileiras, o planejamento e a gestão acerca da destinação ambientalmente adequados dos resíduos florestais urbanos.

A arborização urbana gera a constante necessidade de acompanhamento de sua evolução e planejamento de poda de árvores e a consequente gestão dos resíduos oriundos da poda urbana. Considerando o Município do Rio de Janeiro, de extensa área territorial, é imperioso que a gestão dos resíduos sólidos vegetais oriundos de poda de árvores urbanas seja eficaz e ambientalmente adequada, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Segundo BARATTA (2007), é cada vez maior o descarte de materiais pela humanidade. Fatores culturais, econômicos e populacionais contribuem para formação volumétrica destes materiais. Para minimizar os efeitos do acúmulo destes materiais nos depósitos de lixo, políticas públicas devem ser implementadas no sentido de ampliar a reciclagem de materiais inorgânicos e a compostagem dos materiais orgânicos. Um desses materiais atualmente descartados para os depósitos de lixo e o resultante da poda e remoção das árvores localizadas nas ruas, avenidas, canteiros centrais e praças.

Para ALVES (2007) a grande variedade de madeiras obtidas, nos serviços de poda realizadas pela Fundação Parques e Jardins no município do Rio de Janeiro, é um indício da necessidade de um estudo prévio detalhado, no sentido de que possam ocorrer, em um futuro

próximo, medidas que possibilitem a segregação de diferentes tipos de resíduos, de acordo com as diversas possibilidades de reaproveitamento e destinação a serem realizadas.

Destarte, se faz premente analisar como é feita a gestão atualmente dos resíduos sólidos vegetais oriundos de poda de árvores urbanas pelo Município do Rio de Janeiro e como deve ser a gestão com vistas ao aproveitamento de resíduos vegetais oriundos de poda urbana e sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável.

2.11.1. Sistema Normativo do Município do Rio de Janeiro correlato à gestão de resíduos florestais urbanos

A seguir, serão abordadas a Legislação Municipal e normas e planos estratégicos diretivos que envolvem o manejo arbóreo na cidade do Rio de Janeiro.

A Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro, de 05 de abril de 1990, que é o instrumento legal para reger o Município do Rio de Janeiro, já faz menção à questão dos resíduos florestais urbanos, quando estabelece a obrigação de melhoria contínua do meio urbano impondo a obrigação ao Poder Executivo Municipal de cumprimento das seguintes diretivas, previstas no artigo 473 da Lei Orgânica do Município (LOM), a seguir listadas: “I - implantar e manter hortos florestais destinados à recomposição da flora nativa e da produção de espécies diversas destinadas à arborização de logradouros públicos; II - promover ampla arborização dos logradouros públicos da área urbana, utilizando cinquenta por cento de espécies frutíferas, bem como repor e substituir os espécimes doentes ou em processo de deterioração ou morte; III - garantir a participação da comunidade local organizada e o acompanhamento de técnicos especializados nos projetos de praças, parques e jardins”. (RIO DE JANEIRO, 1990).

A Lei Municipal nº 4.969 de 03 de dezembro de 2008, dispõe sobre objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no âmbito do município do Rio de Janeiro e estabelece que cabe ao Município elaborar o seu plano de gestão de resíduos sólidos (RIO DE JANEIRO, 2008). Tal imposição foi corroborada, posteriormente, pela edição da Lei Federal nº 12.305/2010, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos, como já fora abordado anteriormente.

Em um lapso temporal de 5 anos, aproximadamente, o Decreto Municipal nº 37.775, de 10 de outubro de 2013, instituiu o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2013). O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS elaborado pelo Município do

Rio de Janeiro apresenta o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no mês de junho de 2012. Em Julho de 2021, foi elaborada uma atualização do PMGIRS do Município do Rio de Janeiro, com os dados do mês de Dezembro de 2020.

Tal legislação de gestão de resíduos sólidos deve ser integrada com os demais instrumentos legais, de modo a alcançar o patamar ótimo de gestão de tais resíduos.

A Lei Municipal de Mudanças Climáticas nº 5.248, de 27 de janeiro de 2011, estabelece as metas de redução de gases de efeito estufa de redução de 8% até 2012, de redução de 16% até 2016 e de redução de 20% até 2020 (RIO DE JANEIRO, 2011). A Lei Ordinária Municipal nº 7.315, de 26 de abril de 2022, dispõe sobre o reconhecimento do Estado de Emergência Climática e estabelece a meta de neutralização das emissões de gases de efeito estufa no Rio de Janeiro até 2050 (RIO DE JANEIRO, 2022).

Nesse sentido, relevante a menção ao artigo 183, inciso XII, do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável da Cidade do Rio de Janeiro (PDSUS), aprovado pela Lei Complementar nº 111 de 2011, que determina a utilização do composto orgânico oriundo da poda de árvores urbanas, cujo texto é a seguir transcrito: “utilizar composto orgânico obtido com o reaproveitamento de resíduos de poda ou dos resíduos sólidos urbanos nas ações da arborização e das áreas verdes públicas” (RIO DE JANEIRO, 2011).

Constam do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável da Cidade do Rio de Janeiro (PDSUS) as seguintes prioridades, dentre outras: “Criar parques urbanos e aumentar a arborização urbana; Criar corredores ecológicos conectando os fragmentos florestais do Município, de forma a mitigar a fragmentação dos ecossistemas e garantir a conservação da biodiversidade; Impedir e prevenir intervenções antrópicas sobre áreas de relevância ambiental; Ampliar os índices de áreas verdes e áreas permeáveis, visando à melhoria da qualidade ambiental e de vida da população; Ampliar o conhecimento das vulnerabilidades da cidade frente às mudanças climáticas; Proteger as áreas marginais dos cursos d’água, de forma a resguardar as áreas de inundação natural e preservar a cobertura vegetal de suas margens; Promover ações para reduzir ou mitigar as emissões de gases de efeito estufa de responsabilidade do município Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro Secretaria Municipal de Urbanismo; implantar calçadas, coberturas e telhados com infraestrutura verde; implantar o *Mercado Rio Sustentável*, regulamentar o *Qualiverde* e promover iniciativas à compensação ambiental” (RIO DE JANEIRO, 2011).

Há, outrossim, a Lei Municipal nº 4.969/2008, em seu anexo, a Lei Federal nº 12.305/2010, em seu Art. 3º, inciso XII, e a Lei Estadual nº 6.805/2014, que inclui os artigos 22-A, 22-B e 22-C na Lei 4.191/2003, definem o Sistema de Logística Reversa como

instrumento destinado a garantir o fluxo de retorno dos resíduos ao ciclo produtivo, viabilizando sua coleta e restituição ao setor empresarial (fabricantes, importadores), responsável por sua destinação final ambientalmente adequada, que tem possibilidade de seu escopo de incidência aos resíduos florestais urbanos, quando analisada sob a integração com todo o arcabouço legislativo já mencionado alhures.

Também importa salientar a edição do Decreto Municipal nº 27.595/2007, do Município do Rio de Janeiro, que apresenta a formalização do protocolo de intenções do Rio de Janeiro acerca de medidas para mitigação dos efeitos do aquecimento global, onde se verifica, dentre outras ações, o projeto de implantação da denominada "Usina Verde" para o aproveitamento dos resíduos de poda, possibilitando a utilização de aproximadamente 9.000 m³ de madeira nobre e transformando o restante, 50.000m³, em substrato orgânico.

A seguir, será abordada a estrutura do sistema de coleta, transbordo e disposição final dos resíduos sólidos no âmbito do Município do Rio de Janeiro, bem como os seus agentes envolvidos.

2.11.2. Os agentes e a estrutura de coleta, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos no Município do Rio de Janeiro;

A Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) foi criada por intermédio do Decreto-Lei nº 102, de 15 de maio de 1975, que autorizou a transformação da Companhia Estadual de Limpeza Urbana – CELURB – em Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB (RIO DE JANEIRO, 1975). A COMLURB está inscrita perante o cadastro nacional de pessoas jurídicas (CNPJ) sob o número 42.124.693/0001-74, onde consta sua data de registro, no Ministério da Fazenda, como sendo 28/09/1973, em virtude da sucessão da CELURB, aqui referida.

De acordo com o Decreto-Lei nº 102/1975, a COMLURB as seguintes atribuições iniciais, a saber: Limpeza de logradouros públicos; Coleta de lixo domiciliar (residencial, comercial e industrial); Destino final dos resíduos sólidos, a industrialização do lixo e a venda de todo o material dele recuperado; Fabricação de ferramental para seus serviços e a venda a terceiros; Lançamento e a arrecadação de tarifas específicas ou receitas especialmente fixadas pela legislação municipal (RIO DE JANEIRO, 1975).

A COMLURB é classificada como pessoa jurídica de direito privado, da espécie sociedade anônima de economia mista, sob o controle da Prefeitura do Rio de Janeiro. Possui patrimônio próprio, bem como autonomia administrativa e financeira, conforme consta dos

artigos 1º e 2º de seu estatuto social, encontrado no sítio eletrônico da Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2022).

Por determinação contida no Decreto Municipal nº 28.981, de 31 de Janeiro de 2008, foram adicionadas as atribuições de conservação, manutenção e reformas de todos os canteiros, praças e parques, bem como as podas de árvores, que até então eram de responsabilidade da Fundação Parques e Jardins (FPJ), foram imputadas à Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB (RIO DE JANEIRO, 2008).

A COMLURB é, portanto, a empresa que faz a coleta, transporte e indicação da destinação final, além da manutenção de canteiros, praças e parques, bem como as podas de árvores dos resíduos sólidos, no Município do Rio de Janeiro.

Consta do Plano Diretor de Arborização do Município do Rio de Janeiro o seguinte histórico de atribuições da COMLURB, senão vejamos: “Com o advento do Decreto n.º 38.590, de 28 de abril de 2014, que alterou a estrutura organizacional da COMLURB, foi criada a Diretoria de Áreas Verdes – DSV, que tem por atribuições dirigir, administrar, coordenar e controlar as atividades relativas à conservação, manutenção e reforma de canteiros, praças, parques (urbanos e naturais) e áreas ajardinadas da Prefeitura e a poda de árvores, relativa à arborização pública” (RIO DE JANEIRO, 2016).

Os serviços de coleta, tratamento, transbordo e disposição final dos resíduos sólidos no Município do Rio de Janeiro são realizados pela COMLURB. Todos os resíduos coletados no âmbito da cidade do Rio de Janeiro são direcionados às denominadas estações de transferência de resíduos (ETR's).

No período em que foi feita a presente pesquisa, havia 05 (cinco) estações de transferência de resíduos (ETR's) no município do Rio de Janeiro, dispostas por conveniência geográfica para a logística de destino intermediário dos resíduos coletados na cidade, com as regiões atendidas e volume de resíduos abaixo descritos.

A ETR do Caju: com capacidade de recebimento de 4.000 toneladas/dia de resíduos gerais, atendendo à Zona Sul, Centro do Rio, Bonsucesso, Penha, São Cristóvão, Ilha do Governador e Olaria; A ETR de Marechal Hermes: Capacidade de 1.000 toneladas/dia de resíduos gerais, atendendo Guadalupe, Costa Barro, Acari, Madureira, Cascadura, Coelho Neto, Ricardo de Albuquerque, Vicente de Carvalho, Realengo, Sulacap, Ilha do Governador, Campinho, Vila Valqueire, Penha, Braz de Pina e Vila da Penha; A ETR de Bangu, cuja capacidade de 3.000 toneladas/dia de resíduos gerais, atendendo Realengo, Bangu, Vila Aliança, Vila Kennedy, Campo Grande, Santíssimo e Padre Miguel; A ETR de Jacarepaguá: com capacidade de 1.800 toneladas/dia de resíduos gerais, atendendo Cidade de Deus,

Taquara, Barra, Recreio, Rocinha, Jacarepaguá e Anil. A ETR de Santa Cruz: com Capacidade de 2.900 toneladas/dia de resíduos gerais, atendendo Campo Grande, Santa Cruz e Pedra de Guaratiba (COMLURB, 2022).

As estações de transferência de resíduos (ETR's) são a segunda a etapa deste fluxo de coleta, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos, conforme ilustra o fluxograma abaixo.

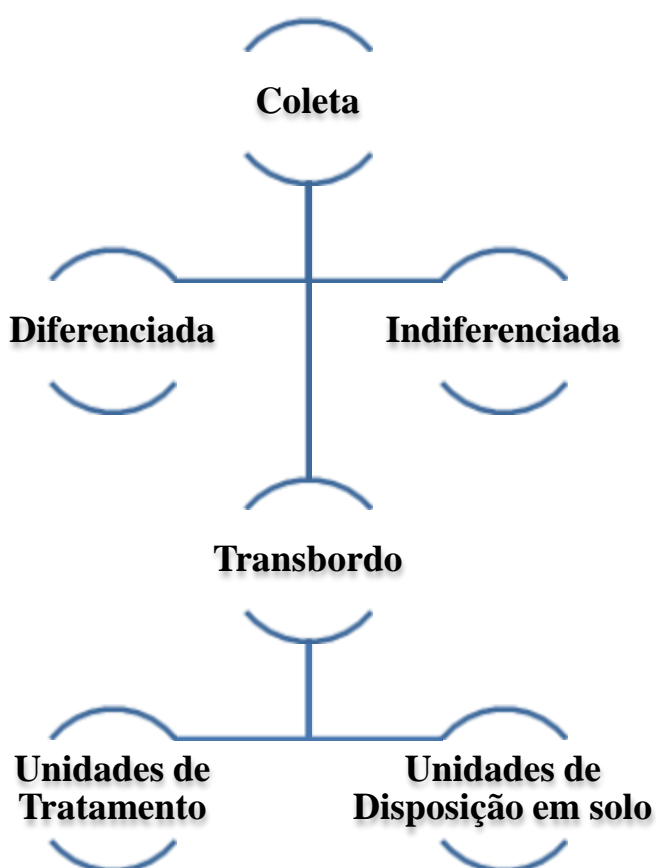


Figura 16. Fluxo de coleta, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Fonte: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf. Acesso em 17/10/2023. Adaptado pelo Autor.

Pelas características físicas de cada estação de transferência de resíduos (ETR) acima descritas, é possível afirmar que apresentam condições de infraestrutura para o adequado tratamento e destinação final dos resíduos de poda urbana no Município do Rio de Janeiro.

A Fundação Parques e Jardins (FPJ) foi instituída por força da Lei nº 1.419, de 11 de Julho de 1989, que autorizou o Poder Executivo Municipal a criá-la com os seguintes objetivos: “I - planejar, programar, projetar, executar, fiscalizar e controlar a implantação e conservação de parques, jardins, praças e áreas ajardinadas do Município; II - programar,

executar e conservar a arborização de logradouros públicos e as atividades relativas a reflorestamento, ressalvada a competência da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social no que concerne a reflorestamento de morros e encostas; III - elaborar estudos, pesquisas e projetos e promover atividades de caráter cultural, educacional e recreativo relacionados com a implantação e conservação de parques e jardins e com a proteção do meio ambiente; IV - prover e manter os organismos da entidade com os recursos necessários à consecução de suas finalidades; V - autorizar a exploração de serviços na área de parques e jardins, mediante encargos e VII - exercer, na sua área de atuação, o poder de polícia da competência do Município” (RIO DE JANEIRO, 1989).

Posteriormente, adveio o Decreto nº 27.878, de 27 de abril de 2007, que promoveu alteração da estrutura organizacional da Fundação Parques e Jardins (RIO DE JANEIRO, 2007).

Segundo consta do Plano Diretor de Arborização Urbana do município do Rio de Janeiro (2016), “A estrutura organizacional da Fundação Parques e Jardins (FPJ) é composta atualmente por quatro diretorias técnicas: Diretoria de Planejamento e Projetos, Diretoria de Conservação e Obras, Diretoria de Arborização e Produção Vegetal e Diretoria de Administração e Finanças” (RIO DE JANEIRO, 2016).

No que tange ao quadro de recursos humanos da Fundação Parques e Jardins, na diretoria de arborização e produção vegetal no Município do Rio de Janeiro, o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro elaborou um panorama da distribuição dos agentes públicos na diretoria, gerência e subgerências, classificando pela escolaridade e indicando o número de pessoas em cada setor, conforme abaixo descrito.

Tabela 2.1 Recursos humanos disponibilizados na Diretoria de Arborização e Produção Vegetal (DARB).

SETOR	PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR	PESSOAL DE NÍVEL MÉDIO	PESSOAL DE NÍVEL ELEMENTAR	TOTAL
Diretoria de Arborização e Produção Vegetal	4	1	1	6
Gerência de Plantio e Produção	1	-	-	1
1a. Subgerência de Arborização	1	-	-	1
2a. Subgerência de Arborização	1	-	-	1
Subgerência de Horto	1	12	11	24
Subgerência da Flora do Litoral*	-	-	-	0
Gerência de Conservação da Arborização	1	-	-	1
Subgerência de Poda e Remoção*	-	-	-	0
Subgerência de Manutenção da Arborização	1	-	-	1
TOTAL	10	13	12	35

Figura 17. Quadro ilustrativo dos recursos humanos da FPJ na diretoria de arborização urbana no RJ. Fonte: Plano Diretor de Arborização Urbana do Rio de Janeiro (PDAU-RJ). Acesso em 14/09/2023.

Pelo que se constata, para a administração do acervo arbóreo municipal, a Fundação de Parques e Jardins conta com 35 (trinta e cinco) profissionais na diretoria de arborização e produção vegetal (RIO DE JANEIRO, 2016).

No âmbito da estrutura do Poder Executivo inerente à arborização urbana, há a Secretaria de Meio Ambiente da Cidade (SMAC), que será abordada a seguir.

A Secretaria de Meio Ambiente da Cidade (SMAC) foi instituída por força da Lei nº 2.138, de 11 de maio de 1994, como órgão executivo central do sistema municipal de gestão ambiental, com a finalidade de planejar, promover, coordenar, fiscalizar, licenciar, executar e fazer executar a política municipal de meio ambiente, em coordenação com os demais órgãos do Município (RIO DE JANEIRO, 1994).

A legislação atribuiu à Secretaria de Meio Ambiente da Cidade (SMAC) as seguintes atribuições: “I - promover a defesa e garantir a conservação, recuperação e proteção do meio ambiente, nos termos do art. 460 e seguintes da Lei Orgânica do Município, dos Arts. 112 e seguintes da Lei Complementar nº 16/92 (Plano Diretor Decenal) e regulamentação vigente; II - coordenar o sistema de gestão ambiental para execução da política de meio ambiente do Município; III - licenciar atividades potencialmente poluidoras e modificadoras do meio ambiente; IV - supervisionar e coordenar a política de educação ambiental no Município; V -

determinar a realização de auditorias ambientais em instalações e atividades potencialmente poluidoras; VI - determinar a recuperação ambiental e o reflorestamento de áreas degradadas; VII - estabelecer os padrões ambientais que terão vigor no território do Município; VIII - determinar a realização de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA); IX - exercer o poder de polícia em relação a atividades causadoras de poluição atmosférica, hídrica, sonora e do solo, à mineração, ao desmatamento, aos resíduos tóxicos e impor multas, embargos, apreensões, restrições para o funcionamento, interdições, demolições e demais sanções administrativas estabelecidas em Lei; X - decidir sobre os recursos impetrados em relação a sanções administrativas aplicadas; XI - estabelecer a formação, o credenciamento e a atuação de voluntários de entidades da sociedade civil em atividades de apoio à fiscalização; XII - propor a criação das unidades de conservação ambiental instituídas pelo Município, e implementar sua regulamentação e gerenciamento (RIO DE JANEIRO, 1994).

Posteriormente, adveio o Decreto nº 32.503, de 08 de julho de 2010, que delegou à Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC, competência para planejar, coordenar e acompanhar a política de adoção de áreas públicas da Cidade do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2010).

A atividade de poda do acerco arbóreo da cidade do Rio de Janeiro, quando há conflito das árvores com a rede elétrica é realizada pela concessionária de energia elétrica, que, no caso do Município do Rio de Janeiro, é a empresa Light Serviços de Eletricidade S.A. Isto porque, quando os galhos das árvores ficam muito próximos à rede de energia elétrica, se torna imperiosa a intervenção da concessionária de energia elétrica, visando à prevenção de danos à fiação e à rede elétrica, como um todo, visto ter em seu corpo técnico profissionais qualificados ao manejo de grande periculosidade, em função da alta tensão da rede.

No município do Rio de Janeiro, para que a concessionária de energia elétrica possa efetivar uma poda de árvores na rede elétrica de média tensão, é necessário que a COMLURB autorize a empresa para que tal execução possa ser concretizada.

Dentre os atores da questão atinente ao tratamento aos resíduos sólidos do Município do Rio de Janeiro, há a pessoa jurídica de direito privado denominada *Ciclus Ambiental*, que é o nome fantasia para a empresa constituída sob a modalidade de sociedade por ações de capital fechado, cuja razão social é SERB – Saneamento e Energia Renovável do Brasil S.A, inscrita perante o cadastro nacional de pessoas jurídicas (CNPJ) sob o número 10.319.900/0001-50, onde consta a data de abertura da sociedade empresarial, qual seja, 02/09/2008.

A CTR-Rio foi operada pela mesma razão social (e CNPJ) desde sua fundação. Porém, em dois períodos distintos (2012-2015 e 2016-atual), vem sendo gerenciada por nomes fantasia distintos, sendo SERB no período 2012-2015 e *Ciclus Ambiental* de 2016 até o atual.

Conforme consta das informações publicadas pela própria empresa *Ciclus Ambiental*, iniciou suas operações empresariais em 2010, sendo concessionária da COMLURB para realizar a gestão integrada (transferência, transporte, tratamento e disposição final) dos resíduos sólidos urbanos das cidades do Rio de Janeiro, Seropédica, Mangaratiba, Itaguaí, Pirai, Miguel Pereira e São João de Meriti.

A concessão abarca, além, da implantação do aterro sanitário de Seropédica, a operação de 5 (cinco) estações de transbordo, descritas no parágrafo seguinte (CICLUS, 2012).

Consta de seu estatuto social que a sede da empresa é localizada na Rua Sete de Setembro, 43, sala 601, Centro, Rio de Janeiro, RJ e possui filiais nos seguintes endereços: Centro de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTR), Estrada de Santa Rosa, s/nº, Piranema, Seropédica, RJ; Estações de Transferências de Resíduos (ETR'S): 1) Estrada da Pedra, nº 2.100, Santa Cruz, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 23.520-248; 2) Avenida Brasil, nº 20.731, Fazenda Botafogo, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21.515-000; 3) Rua Carlos Seidl, nº 1.388, Caju, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20.931-005; 4) Rua Américo de Souza Braga, nº 647, Vargem Pequena, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22.783-385 e 5) Avenida Brasil, nº 37.500 (km 37,5), RA 18, Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 23.095-700 (CICLUS, 2012).

O aterro sanitário administrado pela empresa *Ciclus Ambiental*, denominado Centro de Tratamento de Resíduos CTR-Rio, fica localizado no Arco Metropolitano, KM 107, Estrada de Santa Rosa, s/nº, Piranema, Seropédica, RJ.

A área estimada do terreno do aterro sanitário CTR-Rio é de 544.215,00 m². Iniciou sua operação em 20 de abril de 2011, permitindo a desativação do local para onde os rejeitos sólidos do Município do Rio de Janeiro eram destinados, qual seja, Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho (AMJG), em Duque de Caxias, encerrado em junho de 2012 (CICLUS, 2012).



Figura 18. Foto aérea do terreno utilizado pelo aterro sanitário da empresa Ciclus Ambiental. Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE – Ano 2020. Acesso em 14/10/2023.

Consta a informação de que, atualmente, conforme consta do balanço da empresa, publicado em Março de 2023, o empreendimento tem capacidade para receber resíduos industriais não perigosos e resíduos sólidos urbanos por mais 20 anos, em consonância com o prazo total do contrato (CICLUS, 2023).

A CTR-Rio recebe, diariamente, aproximadamente, 10 mil toneladas de resíduos sólidos oriundos do município do Rio de Janeiro, através de concessão da COMLURB, e de outros municípios como: Seropédica, Itaguaí, Mangaratiba, São João de Meriti, Piraí e Miguel Pereira, segundo informações da empresa *Ciclus Ambiental*.

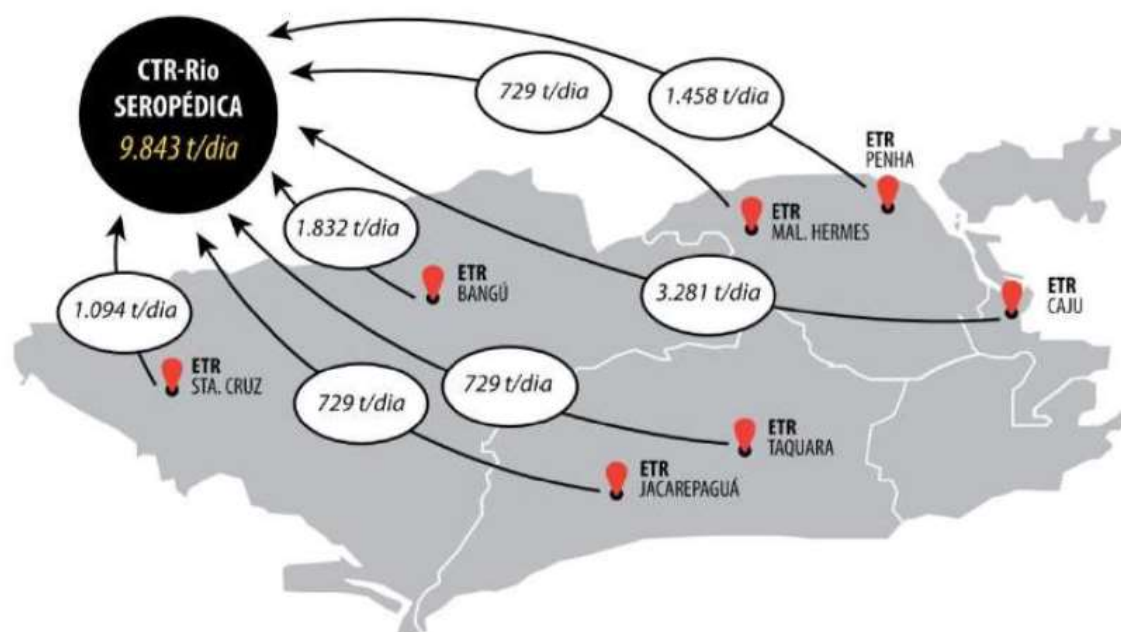


Figura 19. Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município do Rio de Janeiro (MRJ) (Junho/2020). Disponível em: <http://www.irm.rj.gov.br/residuos.html>. Acesso em 16/04/2022.

A figura abaixo ilustra todos os municípios que remetem resíduos ao aterro sanitário administrado pela empresa *Ciclus Ambiental*.

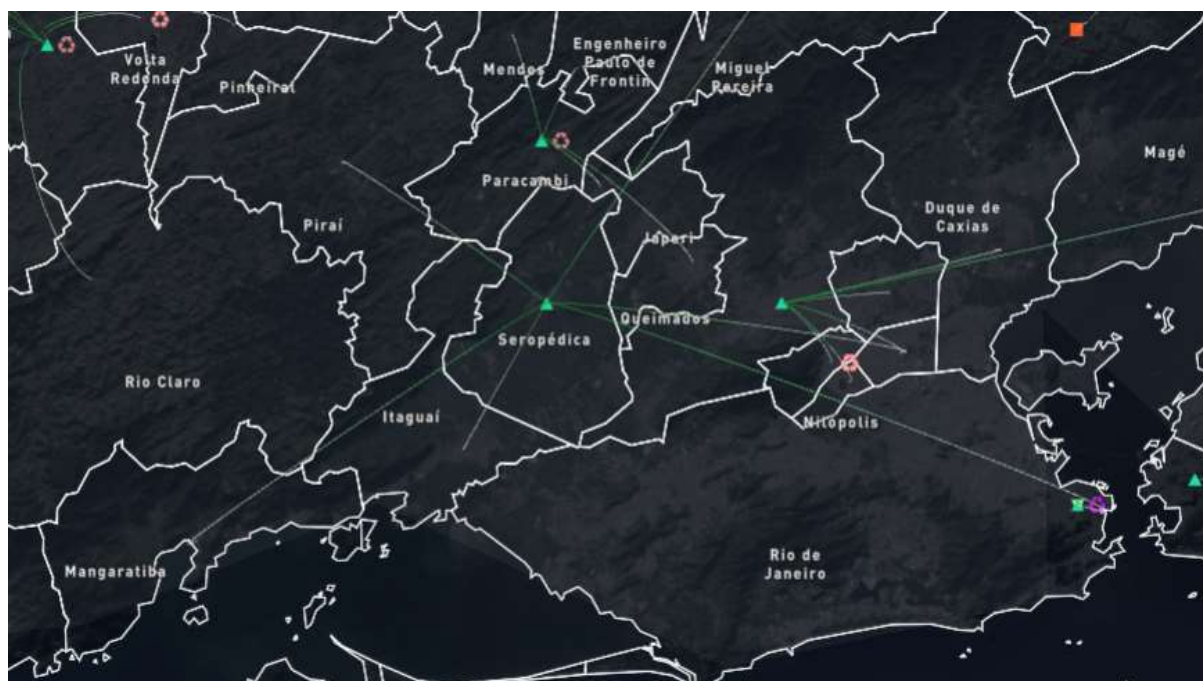


Figura 20. Ilustração de todos os municípios que remetem resíduos ao aterro sanitário administrado por Ciclus Ambiental. Fonte: <https://www.sinir.gov.br/mapas/gestao-residuo-solido/> Consulta em 16/04/2022.

2.11.3. Panorama da gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro;

Estima-se que o setor da construção civil e as áreas urbanas (podas urbanas) juntos sejam responsáveis pela geração de 2,85 milhões de toneladas de resíduos de madeira no Brasil, correspondendo a aproximadamente 11% do total nacional (WIECHETECK, 2009).

Sobre o volume de resíduos originados da atividade de poda urbana e sua gestão, de acordo com as informações constantes do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), que agrega as informações efetivadas pelos municípios brasileiros, constam os municípios que possuem unidades de manejo de galhagem de poda, o que representa uma postura ambientalmente adequada quanto à destinação de tais resíduos.

Consta do relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINIS), que: “O manejo de galhadas e podas é uma unidade de tratamento, onde o objetivo principal é submeter galhos, folhas, cascas, troncos, raízes de árvores e outros fragmentos diversos, originados da limpeza urbana, a uma redução física do seu volume” (BRASIL, 2021).

Para cumprir tal objetivo, as principais tecnologias e ferramentas utilizadas são os trituradores ou picadores florestais/urbanos, de modo que o material coletado seja reduzido, facilitando o seu manejo (BRASIL, 2021).

MEIRA (2010) indica que cerca de 4% dos resíduos provenientes de arborização urbana são reaproveitados. O remanescente é destinado a aterros sanitários e, não raro, dispostos irregularmente em locais inapropriados.

No ano 2019, 2.272 municípios brasileiros efetivaram a declaração no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). Destes, somente 35 municípios declararam ter unidades para o manejo de resíduos e galhagem de poda em 5.570 municípios brasileiros, isto é, 0,63 %, aproximadamente, conforme ilustra a figura abaixo.

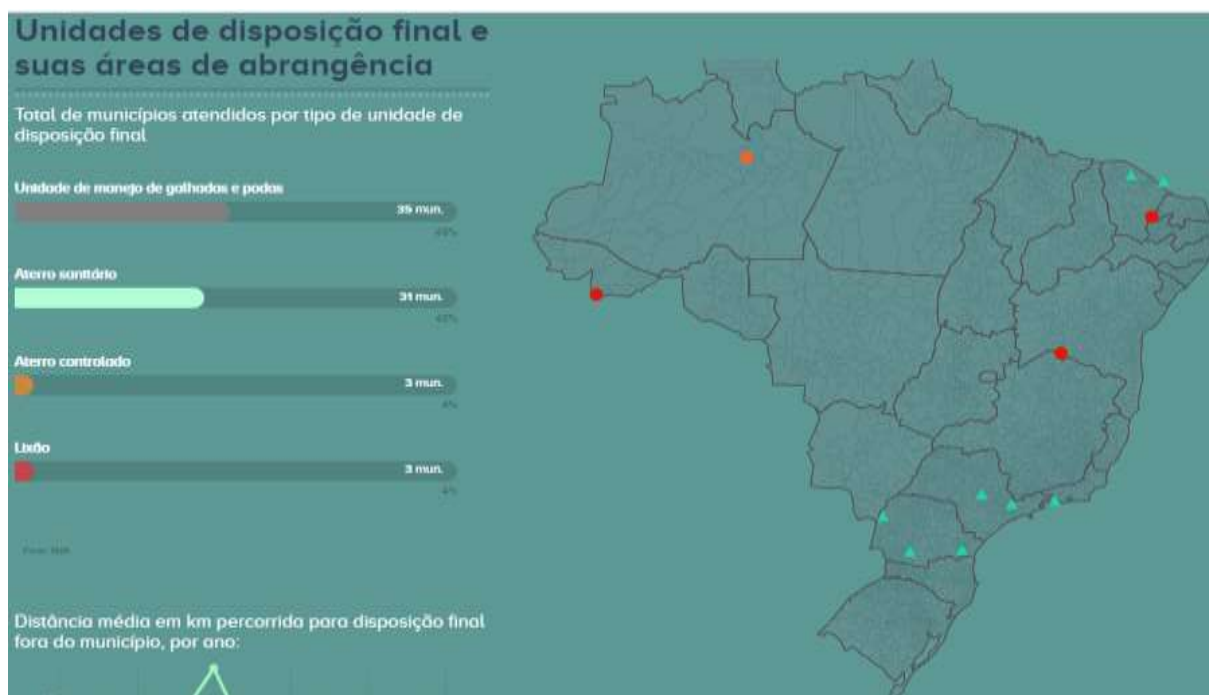


Figura 21. Mapa do Brasil com informações sobre municípios que possuem unidades de manejo de galhagem de poda em 2019. Fonte SINIR+ <https://www.sinir.gov.br/paineis/destinacao/>. Ano 2019. Acesso em 17/04/2022.

Já no ano 2020, 2.272 municípios brasileiros efetivaram a declaração no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). Destes, somente 47 municípios declararam ter unidades para o manejo de resíduos e galhagem de poda em 5.570 municípios brasileiros, isto é, 0,9 %, aproximadamente, conforme ilustra a figura abaixo.

TIPOS DE UNIDADES DE PROCESSAMENTO DE RSU EM OPERAÇÃO (por tipo e % do total, em 2020)	
Lixão - 1.545 (30,1%)	Vala específica de RSS (Resíduos Serviços de Saúde) - 16 (0,3%)
Aterro controlado - 617 (12,3%)	Unidade de tratamento por micro-ondas ou autoclave - 21 (0,4%)
Aterro sanitário - 652 (13,0%)	Queima em forno de qualquer tipo - 2 (0,0%)
Unidade de triagem (galpão ou usina) - 1.325 (26,4%)	Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos (ATT) - 64 (1,3%)
Unidade de compostagem (pátio ou usina) - 74 (1,5%)	Área de reciclagem de RCC (Resíduos de Construção Civil) - 44 (0,9%)
Unidade de transbordo (RDO+RPU) - 202 (4,0%)	Aterro de RCC (aterros inertes) - 78 (1,6%)
Unidade de tratamento por incineração - 16 (0,3%)	Outro - 315 (6,3%)
Unidade de manejo de galhadas e podas - 47 (0,9%)	

Figura 22. Unidades de manejo de galhagem de poda no Brasil em 2020. Fonte: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf

De acordo com as informações constantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINIS), as 47 unidades de manejo de galhadas e podas, informadas no ano 2020 em todo o Brasil, proporcionaram o tratamento de aproximadamente 101,9 mil toneladas desse tipo de resíduo, o que equivale a 0,2% da massa total estimada de resíduos coletados no país nesse período, conforme indica a figura abaixo (BRASIL, 2021).

**Massa total de resíduos recebidos pelas unidades de processamento (informação UP080)
dos municípios participantes do SNIS
(segunda macrorregiões geográficas, em 2020)**

Tipo de unidade de processamento*	Massa total recebida pelas unidades de processamento					Massa total recebida nas unidades de processamento (UP080)
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	
Lixão	1.510.373,0	6.327.066,4	767.513,2	92.144,0	1.503.252,1	10.200.348,7
Aterro controlado	1.405.918,8	2.026.154,8	3.603.479,8	277.842,2	704.618,0	8.018.013,6
Aterro sanitário	1.678.322,7	9.655.285,2	27.080.461,2	7.164.604,1	3.841.182,4	49.419.855,6
Unidade de triagem (galpão ou usina)	85.498,5	568.003,0	2.982.554,6	1.208.756,7	176.817,0	5.021.629,8
Unidade de compostagem (pátio ou usina)	326,0	12.512,6	96.288,3	132.211,7	62.119,3	303.457,9
Unidade de transbordo (RDO+RPU)	27.198,0	2.050.294,9	6.254.047,5	1.485.495,4	1.066.068,6	10.883.104,4
Unidade de tratamento por incineração	36,0	9.877,0	927,0	3.333,8	7,2	14.181,0
Unidade de manejo de galhadas e podas	3.170,0	28.786,4	56.024,9	10.936,7	3.000,0	101.918,0
Vale específica de RSS (resíduos dos serviços de saúde)	496,4	15.085,1	3.685,2	418.815,6	292,0	438.374,3
Unidade de tratamento por microondas ou autoclave	2.000,0	127,9	153.191,0	19.847,4	0,0	175.166,3
Queima em forno de qualquer tipo	77,0	0,0	0,0	0,0	1,0	78,0
Área de transbordo e triagem de RCC** e volumosos (ATT)	0,0	173.525,0	954.446,0	343.318,5	58,0	1.471.347,5
Área de reciclagem de RCC** (antiga "estação de reciclagem de entulho")	0,0	297.477,2	1.142.389,4	160.487,2	70,0	1.600.423,8
Aterro de RCC** (antigo "aterro de inertes")	515.190,6	261.929,8	1.364.647,2	187.444,2	1.636.620,0	3.965.831,8
Total - 2020	5.251.239,6	21.918.059,1	44.860.953,4	11.674.369,7	9.022.877,8	92.727.499,6***
	5,7%	23,6%	48,4%	12,6%	9,7%	100,0%

Figura 23. Massa total de resíduos recebidos por cada tipo de unidade no Brasil, por regiões. Fonte: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_INFRAESTRURA_PARA_OS_SERVICOS_RS_SNIS_2022.pdf. Acesso em 14/10/2023.

A indicação de unidade específica de manejo de galhagem e materiais oriundos de poda urbana é um item que indica uma boa gestão dos resíduos florestais, visto que promove a reutilização de tal material. O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) estabelece um índice que monitora o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, dentre eles, os resíduos de poda. Este índice é denominado como Índice de Recuperação de Resíduos (IRR), sendo seu cálculo elaborado pela soma de reutilização, reciclagem e recuperação energética, dividido pelo volume total de resíduos gerados.

O índice de recuperação de resíduos (IRR) constitui-se em um dos principais indicadores do PLANARES, e relaciona-se diretamente com relevantes princípios e objetivos da Lei, no tocante ao desvio de resíduos sólidos da disposição final (BRASIL, 2022).

Em 2019, o Município do Rio de Janeiro-RJ apresentou índice 0,37% de recuperação de resíduos gerais, conforme indica a ilustração abaixo.

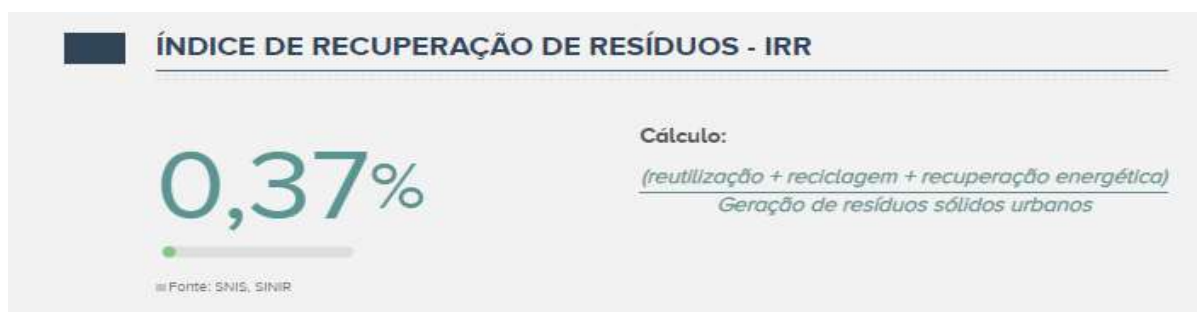


Figura 24. IRR Município do RJ. Fonte: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal> 2019. Acesso em 07/11/2023.

No gráfico abaixo, há uma da média do índice de recuperação de resíduos (IRR) dos Municípios brasileiros com a do Município do Rio de Janeiro, ano a ano, de 2014 a 2019. Depreende-se, portanto, que o IRR do Município do Rio de Janeiro se revela bastante inferior ao dos demais municípios brasileiros, o que denota a necessidade de adoção de políticas públicas municipais mais efetivas quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos, inclusive acerca dos resíduos florestais urbanos.

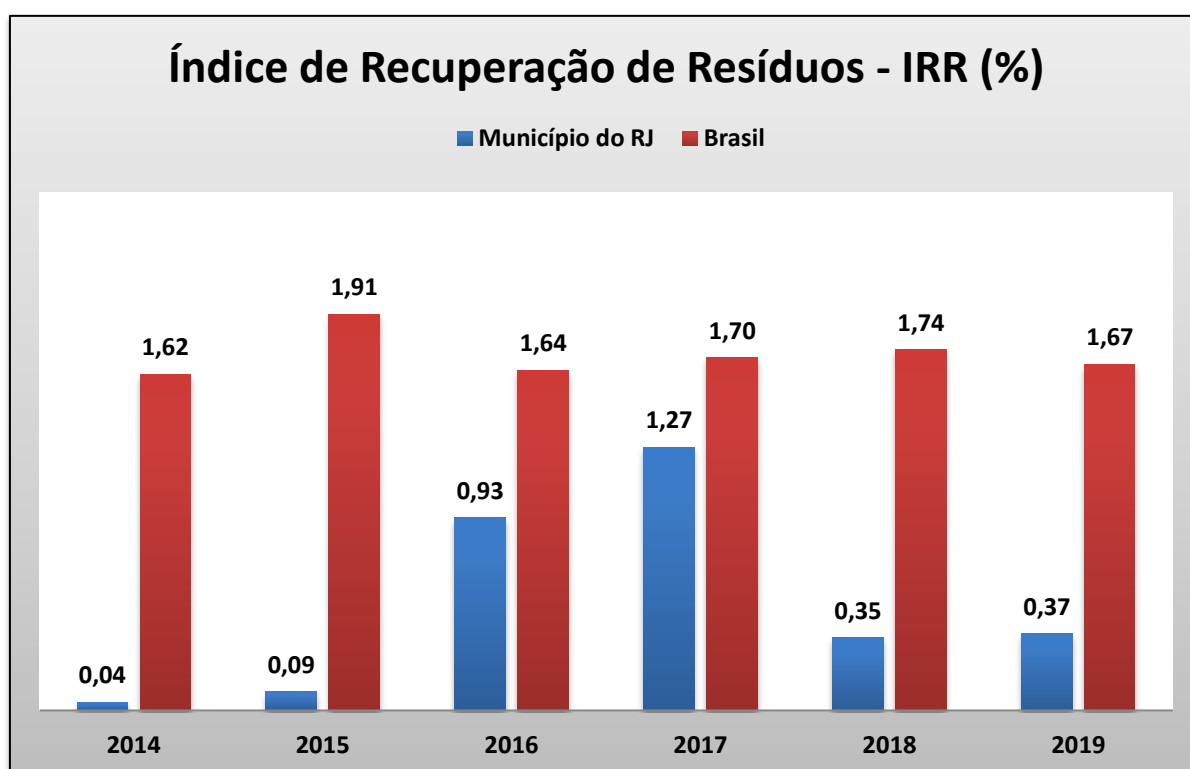


Gráfico 1. Índice de recuperação de resíduos (IRR) em todos os municípios do Brasil comparados ao índice do Município do Rio de Janeiro (por ano). Disponível em: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em 14/10/2023. Adaptado pelo autor.

E, para o aumento do índice de reciclagem dos materiais (IRR), o PLANARES estabelece a estratégia de incentivar estados e municípios a realizar ações de valorização de resíduos orgânicos, dentre os quais estão os resíduos florestais urbanos (BRASIL, 2022).

O Município do Rio de Janeiro-RJ possui índice de sustentabilidade de limpeza urbana (ISLU) de 0,733, ocupando a posição 3/58 no *ranking* estadual e 95/3317 no *ranking* nacional em comparação aos demais municípios.



Figura 25. Índice de sustentabilidade de limpeza urbana (ISLU) do MRJ. Fonte: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal>. Acesso em 07/11/2023.

A figura abaixo apresenta o volume total dos resíduos de poda urbana produzidos do município do Rio de Janeiro (t) / ano.

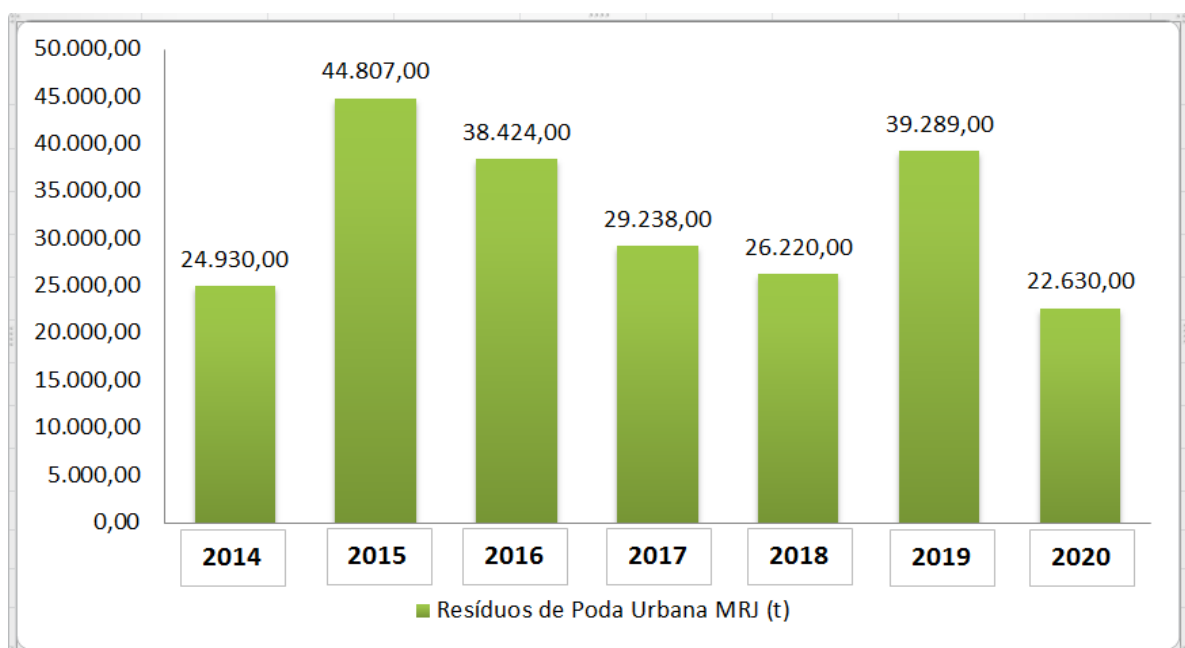


Gráfico 2. Volume de resíduos de poda urbana no município do Rio de Janeiro (t) / ano. 20https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal/ Acesso em 18/04/2022 e COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE – Ano 2020. Adaptado pelo Autor.

A figura abaixo demonstra o aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do município do Rio de Janeiro como substrato para compostagem ou combustível para fornos e caldeiras (t) / ano.



Figura 26. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do Município do RJ como substrato para compostagem ou combustível para fornos e caldeiras (t) / ano. Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE. Acesso em 20 de Fevereiro de 2024.

Pela análise das informações contidas na figura acima, é perceptível que tem havido um aumento do volume de resíduos florestais urbanos reaproveitados pela COMLURB, no Município do Rio de Janeiro, tendo havido, do ano 2020 (2.667 ton) para o ano 2021 (3.663 ton), um acréscimo de 37,35% do volume reutilizado de resíduos de poda urbana; Do ano 2021 (3.663 ton) para o ano 2022 (5.047 ton), um acréscimo de 37,78%; Do ano 2022 (5.047 ton) para o ano 2023 (5.843 ton), um acréscimo de 15,77%, indicando um constante aumento desta prática no âmbito do Município do Rio de Janeiro. O aumento de reaproveitamento dos resíduos de poda urbana pela COMLURB, comparando o ano 2020 (2.667 ton) e o ano 2023 (5.843 ton) foi de 119,09%.

Com base nas informações acima indicadas, a tabela abaixo apresenta um resumo do volume de resíduos florestais urbanos produzidos no Município do Rio de Janeiro, bem como o aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do município do Rio de Janeiro como substrato para compostagem ou combustível para fornos e caldeiras (t) / ano.

Tabela 6. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do MRJ (t) / ano

Ano	Resíduos de Poda Urbana (RPU) MRJ (t)	Aproveitamento RPU (t)
2014	24.930,00	
2015	44.807,00	
2016	38.424,00	
2017	29.238,00	
2018	26.220,00	1.876,00
2019	39.289,00	4.230,00
2020	22.630,00	2.667,00
2021		3.363,00
2022		5.047,00
TOTAL (ANOS)	225.538,00	17.183,00
TOTAL MÉDIO / ANO	32.219,71	3.436,60

Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE. Acesso em 13 de setembro de 2023. Fonte: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal/> Acesso em 18/04/2022. Adaptado pelo Autor.

Analisando a gestão dos resíduos de poda urbana no Município do Rio de Janeiro, obtemos os seguintes resultados comparativos e os respectivos percentuais de aproveitamento deste tipo de resíduo ano a ano, conforme demonstra a tabela abaixo:

Tabela 7. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do MRJ (t) / ano

Ano	Resíduos Totais de Poda Urbana (t)	Resíduos Aproveitados de Poda Urbana (t)	% de aproveitamento
2018	26.220	1.876	7,15%
2019	39.289	4.230	10,77%
2020	22.630	2.667	11,79%

Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE. Acesso em 13 de setembro de 2023 e Fonte: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal/> Acesso em 18/04/2022. Adaptado pelo Autor.

Considerando não haver uma determinação concreta e definitiva quanto ao volume diário de material derivado de poda urbana e as estimativas feitas em documentos oficiais, pelo Município do Rio de Janeiro, quanto ao volume diário deste material, bem como as informações prestadas no Sistema Nacional de Resíduos Sólidos (SINIR) ao longo dos anos, é possível afirmar que o volume médio diário deste material, no Município do Rio de Janeiro é de 56,49 toneladas, aproximadamente, conforme demonstra a tabela abaixo.

Tabela 8. Volume diário dos resíduos de poda urbana do MRJ (t)

Ano de Edição	Fonte	Volume/dia (ton)
2016	PDAU-RJ	30,00
2019	SINIR (média das declarações anuais)	89,49
2021	Pl.Mun.Gestão Integrada de Res. Sol. (PMGIRS)	50,00
Volume médio resíduos de poda / dia RJ		56,49

Fonte: Volume de resíduos de poda urbana no município do Rio de Janeiro (t) / ano. 20https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal/ Acesso em 18/04/2022 e COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE – Ano 2020. Adaptado pelo Autor.

O gráfico abaixo ilustra a disparidade existente entre a produção de resíduos de poda urbana e o reaproveitamento ínfimo destes ao longo dos anos 2018, 2019 e 2020:

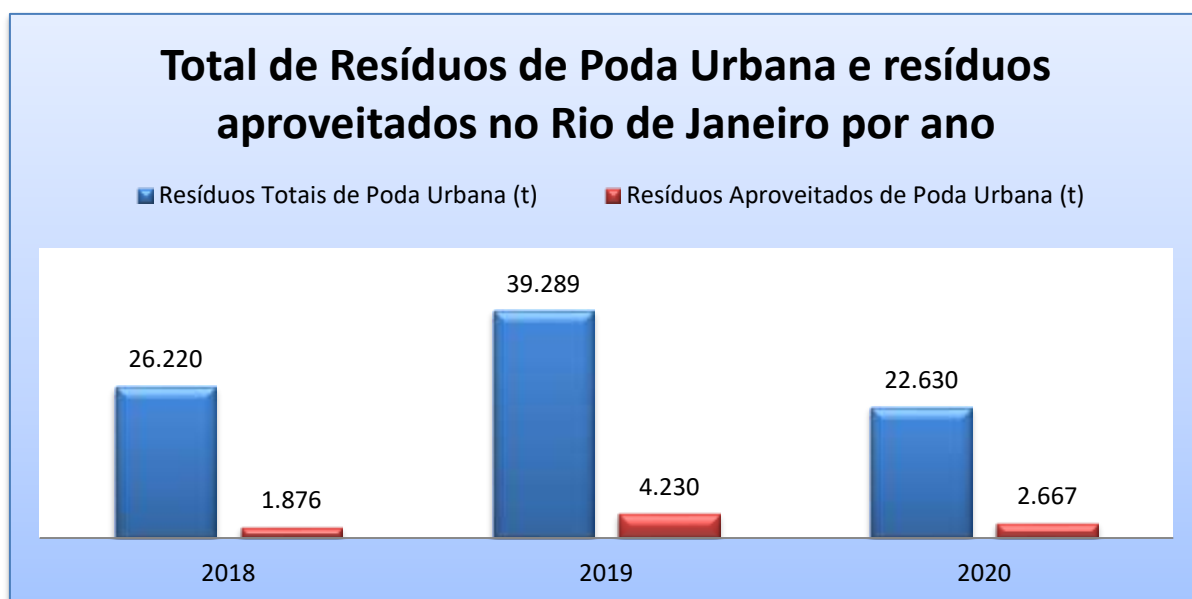


Gráfico 3. Aproveitamento energético dos resíduos de poda urbana do município do RJ como substrato para compostagem ou combustível para fornos e caldeiras (t) / ano. Fonte: COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia – DTE. Acesso em 13/09/2023. Adaptado pelo Autor.

Na figura abaixo, verifica-se o volume de resíduos florestais urbanos (poda urbana) gerado no Município do Rio de Janeiro no ano 2019, em todas as Estações de Transbordo de Resíduos (ETR), bem como no aterro sanitário e na unidade de manejo de galhadas e podas.

Nome	Tipo	Região	Massa (t)			
			Dom+pub	Podas	Outros	Total
Biometanização	Outra	Rio de Janeiro - RJ	0	1.372	0	1.372
CTR Gerliciné	Aterro sanitário	Rio de Janeiro - RJ	50.251	0	0	50.251
CTR Rio	Aterro sanitário	Seropédica - RJ	2.669.429	18.699	448.352	3.136.480
Estação do Caju	Unidade de transbordo	Rio de Janeiro - RJ	904.696	6.433	270.972	1.182.101
Estação Jacarepaguá	Unidade de transbordo	Rio de Janeiro - RJ	370.578	3.213	57.504	431.295
ETR Bangu	Unidade de transbordo	Rio de Janeiro - RJ	576.897	1.586	12.645	591.128
ETR Marechal Hermes	Unidade de transbordo	Rio de Janeiro - RJ	570.736	2.974	67.762	641.472
ETR SANTA CRUZ	Unidade de transbordo	Rio de Janeiro - RJ	240.649	781	270	241.700
Tratamento de Resíduos de Poda	Unidade de manejo de galhadas e podas	Rio de Janeiro - RJ	-	4.231	-	4.231

Figura 27. Dados da distribuição dos resíduos sólidos urbanos do Município do Rio de Janeiro no ano 2019. Fonte: <https://www.sinir.gov.br/relatorios/municipal>. Acesso em 14/10/2023.

Os resíduos de poda urbana, no Município do Rio de Janeiro, atualmente, são direcionados – em sua maior parte – ao aterro sanitário de Seropédica, administrado pela empresa *Ciclus Ambiental*, o que revela seu subaproveitamento e participação na degradação gradativa do meio-ambiente, o que é comprovado pela figura abaixo, que indica a disposição final no aterro sanitário de 22.630 toneladas de resíduos oriundos do manejo arbóreo no ano 2020. Deste montante, consta dos registros da COMLURB que 2.667 toneladas teriam sido reutilizadas para fins de aproveitamento energético, como indicado acima.

Tabela 2 - Resíduos sólidos encaminhados às unidades de disposição final da Cidade do Rio de Janeiro		
Tipo de Resíduo	Quantidades	
	t/ano	%
LIXO DOMICILIAR LIXO DOMICILIAR SELETIVO	1.731.195 19.345	54,36
LIXO PÚBLICO	904.470	28,08
REMOÇÃO GRATUITA (bens inservíveis)	34.675	4,08
SERVIÇOS EMERGENCIAIS ESPECIAIS	73.730	
RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	365	
MANEJO ARBÓREO	22.630	
TOTAL DE COMPETÊNCIA MUNICIPAL	2.786.410	86,53
GRANDES GERADORES, INCLUINDO RCC	433.620	13,47
TOTAL DO MUNICÍPIO INCLUINDO GG	3.220.030	100,00

Figura 28. Resíduos do Município do Rio de Janeiro encaminhados ao aterro sanitário municipal no ano 2020. Fonte: Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia Ano 2020. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf Pg. 10. Acesso em 14/10/2023.

Considerando que, no ano 2020, segundo as informações prestadas pela COMLURB, foram encaminhados à disposição final, isto é, ao aterro sanitário de Seropédica, administrado pela empresa *Ciclus Ambiental*, um volume total anual de 3.220.030 toneladas de resíduos sólidos (COMLURB, 2021). E que, deste total anual, 22.630 toneladas são correspondentes aos resíduos oriundos de manejo arbóreo, conclui-se que 0,7% do volume encaminhado ao aterro sanitário, tendo sido considerado como rejeito – indevidamente, frise-se – o produto oriundo da atividade de poda urbana do município do Rio de Janeiro, que poderia ter tido um aproveitamento, sendo certo tratar-se de resíduo e, assim sendo, podendo ser reaproveitado, reutilizado, conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Os resíduos acima descritos, destinados ao aterro sanitário de Seropédica, em 2020, formam o gráfico abaixo, que os divide por sua classificação.

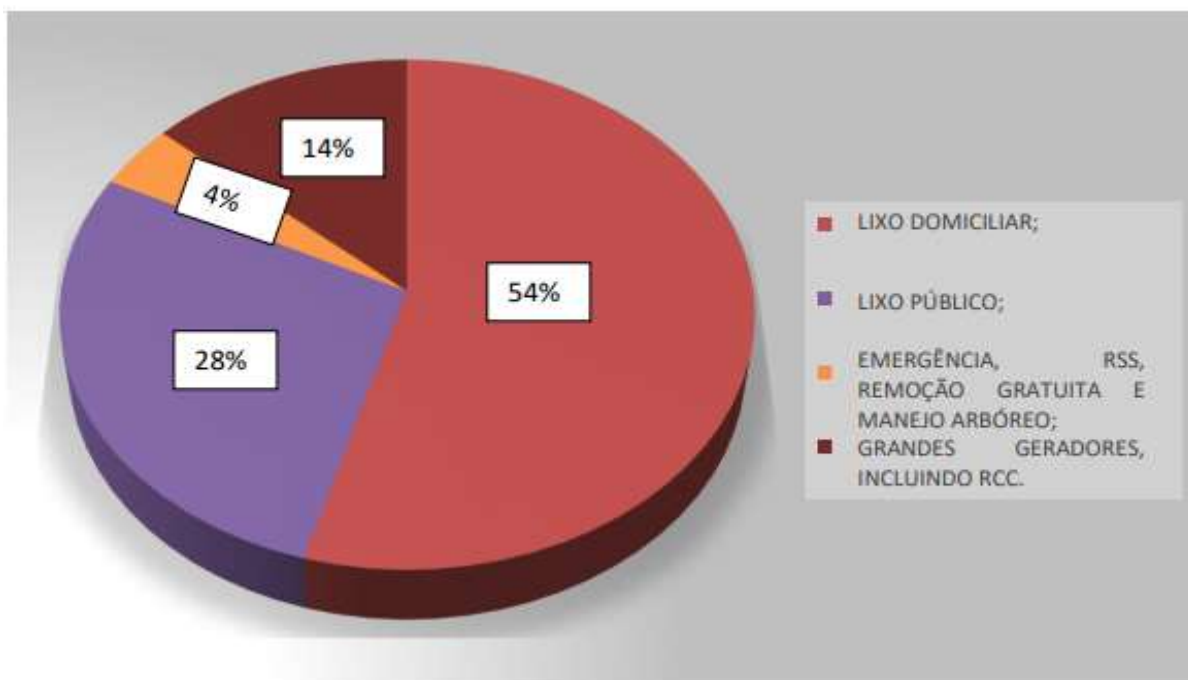


Figura 29. Resíduos do Município do Rio de Janeiro encaminhados ao aterro municipal no ano 2020. Fonte: Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB - Relatório Diretoria Técnica de Engenharia Ano 2020. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf Pg. 11. Acesso em 14/10/2023.

A Prefeitura do Rio de Janeiro divulgou, outrossim, que o volume de resíduos florestais urbanos reutilizados mensalmente é de, em média, 286.333 Kg, de um total de resíduos florestais urbanos de 2.684.975,83 Kg/Mês, donde conclui-se haver o percentual médio de aproveitamento do material florestal urbano residual de 10,66% (RIO DE JANEIRO, 2021).

Consta do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), do ano 2021, do Rio de Janeiro que o volume de resíduos de poda da arborização municipal é da ordem de 50 toneladas/dia, sendo tal material volumoso, de difícil compactação e de características de decomposição diferenciada (RIO DE JANEIRO, 2021).

Nesse plano diretor, há menção à viabilidade de projeção de efetivação de parcerias com empresas do ramo de arborização e seus resíduos para o reaproveitamento destes como fonte de energia ou como insumo para a produção de composto orgânico, frisando que deve ser evitado o encaminhamento deste tipo de material para disposição final em aterros sanitários, de modo a maximizar a vida útil destes (RIO DE JANEIRO, 2021).

Importante a menção à parceria firmada, em 2016, entre o Município do Rio de Janeiro - por intermédio da COMLURB - e a cidade alemã de Colônia, que resultou na doação por parte da segunda de um equipamento fragmentador e peneirador de resíduos de

poda urbana. Em 2022, a COMLURB informou que são processadas 470 toneladas de resíduos de poda urbana por mês, o que equivale ao volume de 23,5 toneladas por dia e 5.640 toneladas por ano, na Estação de Transbordo do Caju, sendo que o produto resultante deste tratamento é parte utilizada com combustível de fornos de cerâmica e parte como substrato para compostagem (RIO DE JANEIRO, 2022). Tal parceria também propiciou treinamento e assessoria técnica, por parte da Prefeitura de Colônia, para produção de composto orgânico com fins agrícolas e florestais.

2.12. Gestão dos resíduos florestais urbanos sob a premissa da sustentabilidade

Relevante é a orientação contida no denominado desenvolvimento sustentável, cunhado pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, no relatório “Nosso Futuro Comum” (ONU, 1987), aplicável à gestão ambientalmente adequada e sustentável dos resíduos florestais urbanos dos municípios.

Tal gestão deve ser norteadada pelo ideal que deve contemplar as questões ambientais, com vistas à preservação do equilíbrio ecológico preconizado na legislação, bem como o aspecto social, buscando atender aos melhores interesses da população no âmbito da destinação de tais resíduos, mirando, inclusive, à geração de emprego e renda nesse setor. De fato, com a execução de planejamento, gestão e monitoramento constante dos procedimentos de execução das tarefas pré-estabelecidas, também é possível viabilizar economicamente o tratamento e destinação adequados dos resíduos oriundos de poda urbana, buscando uma viabilidade econômica.

O pilar “governança” do acrônimo ESG confere uma abrangência ainda maior do que tão-somente, o aspecto econômico, tal como era abordado no início. Quando se faz menção ao termo “governança”, está-se fazendo referência a questões de capacitação constantes, a ideia de um quadro técnico compatível com a execução que se pretende fazer, competência, divisão de tarefas, observância da legislação aplicável à atividade desempenhada, entre outros, de modo que a ideia de governança aumenta sobremaneira as obrigações e responsabilidades dos agentes que atuam na área.

A recomendação, ante o *status* ambiental por que passa a sociedade, é a de que tais pilares devem servir de diretriz às organizações, ao Poder Público e aos cidadãos em geral no planejamento e execução de suas atividades, de modo que haja uma visão holística das etapas que compõem os processos (COSTA; FERREZIN, 2021).

Toda a atuação do ser humano no planeta está, de alguma forma, ligada às questões ambientais, sociais e de governança, o que resulta no acrônimo ESG, do inglês *enviroment, social and governance* (SILVA, 2023). O termo ESG surgiu em 2005, após iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), ao convocar as 50 (cinquenta) maiores instituições financeiras para integrar em suas atividades os princípios de Governança Ambiental Social ESG (GUEVARA; DIB, 2022).

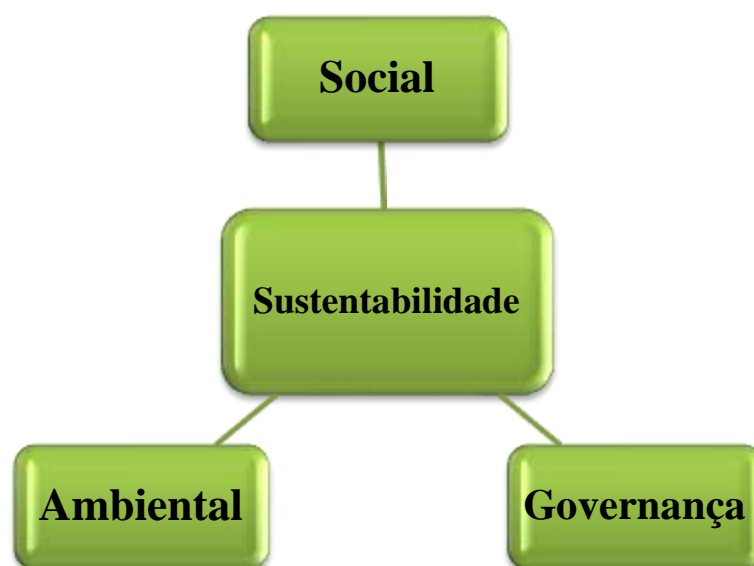


Figura 30. Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS 30) da Organização das Nações Unidas (ONU). Fonte: Brasil-ONU. 2016.

Os princípios contidos na política inserida no termo ESG tendem a se alastrar cada vez mais por todos os setores da sociedade, permeando as condutas das empresas, do setor público, da sociedade civil organizada e dos cidadãos em geral. Para tanto, é imperioso haver comunicação constante entre todos os citados setores para que sejam alcançados os objetivos do denominado desenvolvimento sustentável, havendo a consciência de está-se diante de um processo de transição, onde há constantes mudanças (COSTA; FERREZIN, 2021).

A gestão de resíduos está inserida nos critérios ambientais, sociais e de governança para a orientação das partes envolvidas na gestão urbana (BECK, 2021), com vistas à avaliação de desempenho urbano contínua, buscando o aprimoramento.

ARANDA *et al* (2022) cita a possibilidade de criação de certificação ambiental no setor público, baseada em critérios estabelecidos, de modo a viabilizar a publicização dos municípios que apresentarem planejamento e ações concretas com vistas à melhoria do meio

ambiente. Os critérios ESG podem servir de diretriz para o estabelecimento dos fatores a avaliar para a concessão desta certificação.

No Município do Rio de Janeiro, a maior parte dos resíduos de poda urbana ainda é destinada ao aterro sanitário, não havendo, ainda, uma política pública concisa e perene para a destinação ambientalmente adequada, de modo a atender, da forma mais plena possível, às questões sociais (justiça), econômicas (viabilidade) e ambientais (responsabilidade) para que a gestão dos resíduos florestais urbanos seja sustentável.

A adoção de medidas efetivas para não destinar os resíduos de poda urbana aos aterros sanitários gera, incontestavelmente, benefícios sociais, econômicos e ambientais aos cidadãos, contribuindo para a manutenção e preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

2.13. Os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU e a gestão de resíduos florestais urbanos

O governo brasileiro se tornou signatário do documento denominado como Marco de Parceria das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável 2017-2021, redundando na Agenda 2030, que elegeu 17 eixos como prioridades para cumprimento até o ano 2030, quais sejam: Pessoas, planeta, paz, prosperidade e parcerias (BRASIL, 2016).

No eixo intitulado “Pessoas”, os resultados almejados abrangem os seguintes aspectos: Sociedade inclusiva, equitativa e com plenos direitos para todos e todas. No eixo “Planeta”, o objetivo é a obtenção de gestão sustentável dos recursos naturais para as gerações atuais e futuras. Já no eixo “Prosperidade”, é alcançá-la para todas as pessoas, em conjunto com a qualidade de vida; No eixo “Paz” conquistar uma sociedade pacífica, justa e inclusiva e, no eixo “Parcerias”, conseguir parcerias múltiplas para implementação da agenda de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2016), conforme ilustrado na figura abaixo, obtida no documento que formalizou a adesão Brasileira a este marco de parceria com a Organização das Nações Unidas (ONU).



Figura 31. Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS 30) da Organização das Nações Unidas (ONU). Fonte: Brasil-ONU. 2016.

A seguir, são listados os objetivos globais que possuam algum vínculo com a questão do reaproveitamento dos resíduos de poda urbana, com as respectivas descrições: “Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares”, Objetivo 2: “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável” e “Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos” e “Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles”, a aderência dos ODS 1, 2, 8 e 10 ocorre com as oportunidades que a destinação dos resíduos de poda urbana podem ensejar para a geração de renda, trabalho e aprimoramento profissional, considerando o valor intrínseco deste material e as possibilidades que ele apresenta aos cidadãos.

No que concerne aos objetivos 9, 11, 12, 13 e 17, a saber: “Objetivo 9: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos; Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2016) é possível dizer que o elemento axial é

a obtenção de um padrão de sustentabilidade às cidades, de forma a torná-las resilientes, mitigando os impactos das mudanças climáticas. Esses objetivos têm estreita relação com a destinação adequada dos resíduos de poda urbana, sendo certo que devem ser tratados como resíduos – e não como rejeitos – o que gerará efeitos e resultados positivos, contribuindo, portanto, ao alcance de tais objetivos.



Figura 32. Objetivos de desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas ODS 30 (ONU).

Abaixo, uma linha do tempo que indica os principais eventos mundiais promovidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) cotejados com a evolução legislativa no Brasil em termos ambientais e gestão de resíduos.

Em 1965, houve a edição legislativa do Código Florestal. Em 1972, na denominada como Conferência de Estocolmo, foi elaborada a Declaração das Nações Unidas Sobre o Ambiente Humano. Em 1981, a edição da legislação federal brasileira da denominada Política Nacional de Meio Ambiente. Em 1987, foi publicado, pela ONU, o Relatório “Nosso Futuro Comum”, também denominado como Relatório *Brundtland*, que se tornou um marco da proteção ambiental, fazendo alusão ao conceito de desenvolvimento sustentável. Em 05 de

outubro de 1988, foi promulgada a Constituição da República Federativa do Brasil, que incluiu a proteção ao meio ambiente em seus mandamentos.

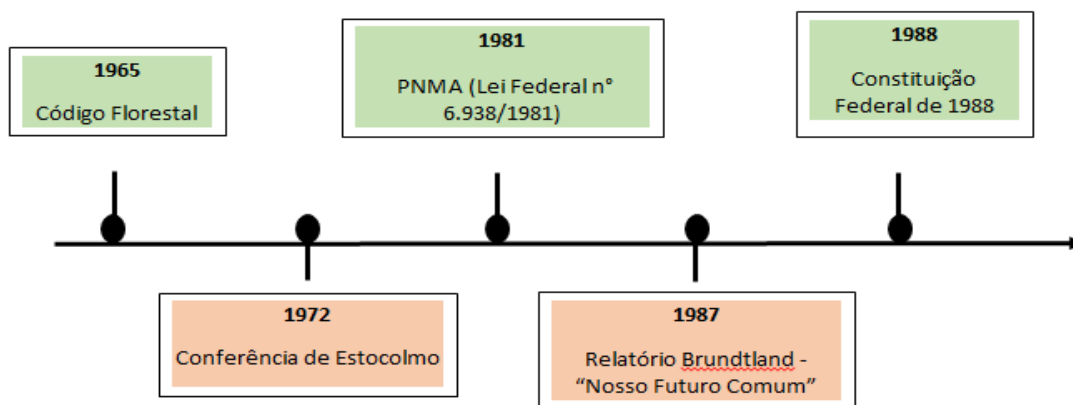


Figura 33. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.

Em 1992, no Rio de Janeiro, ocorreu a Eco Rio 1992, que resultou na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Agenda 21, que estabeleceu prioridades ambientais, manter a qualidade do meio ambiente, o desenvolvimento sustentável, bem como a gestão racional dos resíduos sólidos. É editada a chamada Carta da Terra, documento proposto durante a Eco Rio 92, que busca formas de transição para o conceito de sustentabilidade. Em 1997, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada em Kyoto, Japão, foi firmado o documento denominado Protocolo de Kyoto, que foi o primeiro desta natureza elaborado pelas nações envolvidas. Foi editada a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Também entrou em vigor a Lei de Crimes Ambientais, Lei Federal nº 9.605, de 1998.

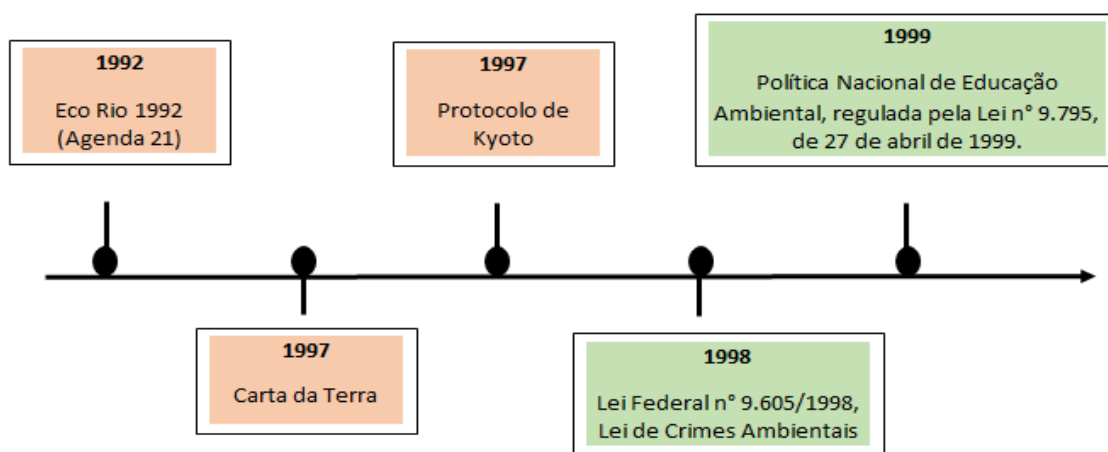


Figura 34. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.

Em setembro de 2000, houve reunião dos países na denominada Cúpula do Milênio, promovida pela ONU para discutirem os principais problemas do milênio. Em Setembro de 2002, ocorreu a Rio+10 ou Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo, África do Sul, em fórum de discussões das Nações Unidas, onde foram debatidas as questões inseridas na Agenda 21, de modo que sejam aplicadas não só pelos governos, mas também pelos cidadãos. Em 05 de Janeiro de 2007, foi publicada a Lei Federal nº 11.445/2007, que instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico. Em 29 de dezembro de 2009, foi promulgada a Lei Federal nº 12.187/2009, que introduziu a Política Nacional de Mudanças Climáticas. Em junho de 2012, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), denominada Rio+20, realizada no Rio de Janeiro, com o objetivo de reafirmar as discussões sobre desenvolvimento sustentável.

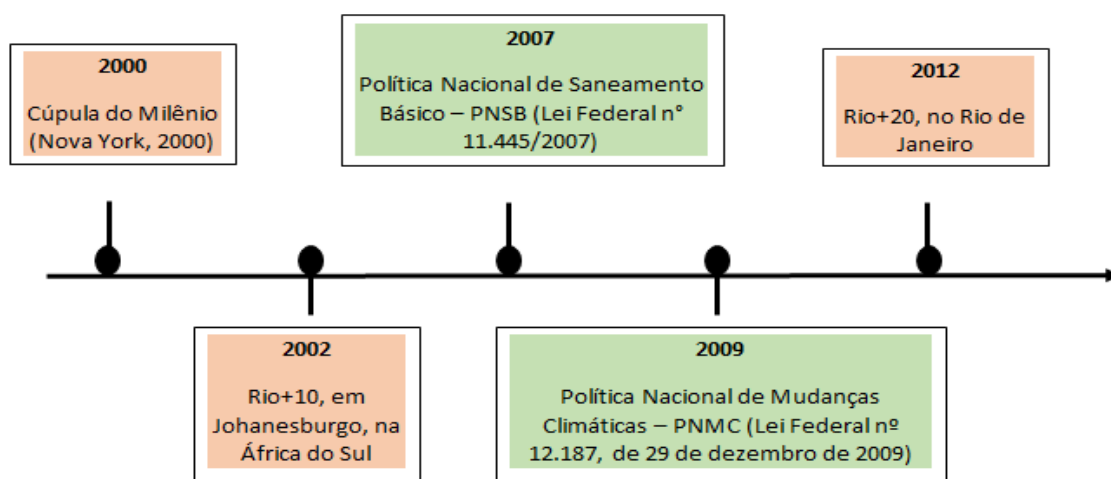


Figura 35. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.

Em 2010, entrou em vigor a Lei Federal nº 12.305/2010, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Em 2012, entrou em vigor a Lei Federal nº 12.651/2012, que traz a nova versão do Código Florestal Brasileiro. Em 12 de dezembro de 2015, durante a COP 21 (21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas), foi firmado o Acordo de Paris, no qual se assumiu o compromisso de reduzir, em até 37%, até o ano 2025, comparado ao ano de 2005, suas emissões de gases de efeito estufa. No âmbito deste mesmo acordo, o Brasil se comprometeu a reduzir em até 43% as emissões de gases de efeito estufa até 2030. Em 2015, em Nova Iorque, ocorre também a cúpula do desenvolvimento sustentável, onde são estabelecidos os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS). Em 13 de Janeiro de 2021, entra em vigor a denominada Política de pagamento por serviços ambientais, positivada pela Lei Federal nº 14.119/2021.

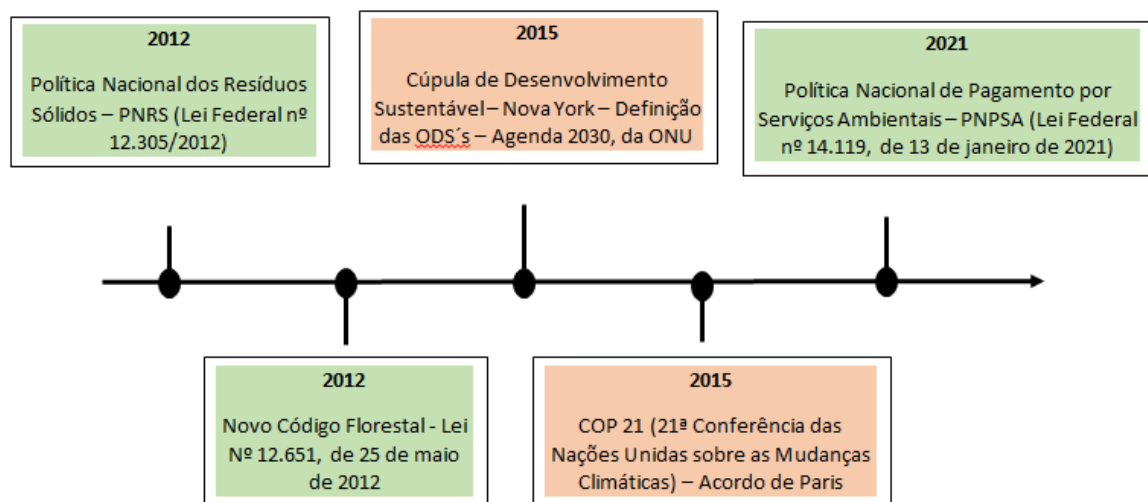


Figura 36. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.

Em 06 de Dezembro de 2021, inicia-se a tramitação do Projeto de Lei, que institui a Política Nacional de Arborização Urbana e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana, e dá outras providências. Em 12 de Janeiro de 2022, é editado o Decreto Federal nº 10.936, que regulamenta a Lei nº 12.305. Em 13 de Abril de 2022, entra em vigor o Decreto Federal nº 11.043, que aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PLANARES (BRASIL, 2022) e traz a estratégia de longo prazo, em âmbito nacional, para operacionalizar as disposições legais, princípios, objetivos e diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

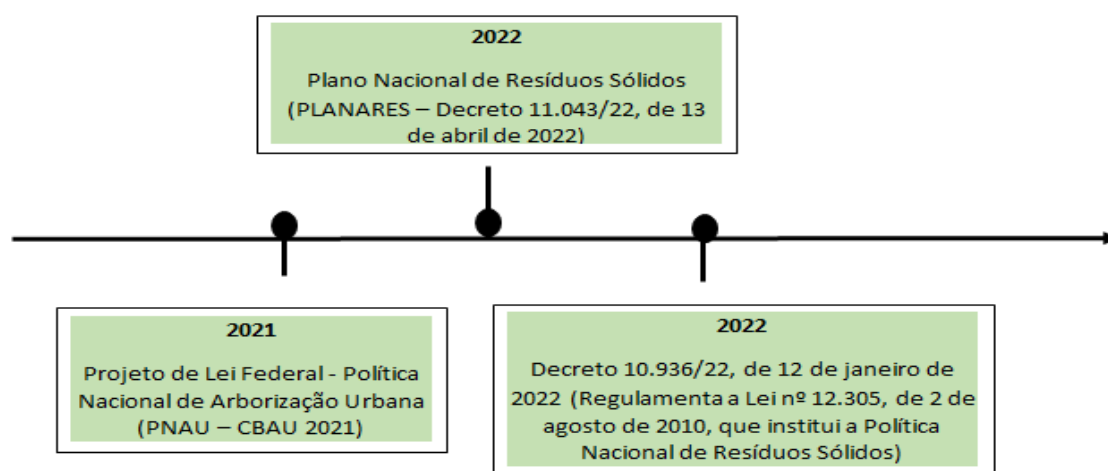


Figura 37. Linha do tempo – Legislação brasileira e eventos da ONU. Do Autor.

Pelas linhas do tempo ilustradas acima, que relacionam os eventos promovidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) com a atividade legislativa ambiental brasileira, é possível identificar o aumento da edição de leis relacionadas à questão ambiental no Brasil à medida que os eventos organizados pela ONU evoluem, obtendo o engajamento das nações mundiais.

2.14. Políticas Públicas do Município do Rio de Janeiro inerentes à gestão de resíduos florestais urbanos

Para se criar políticas públicas é preciso ter, *a priori*, um diagnóstico do problema a ser enfrentado. Partindo da premissa de que a gestão dos resíduos de poda urbana deve ser aprimorada no âmbito das cidades brasileiras. Como gerir o aproveitamento de resíduos de poda urbana de modo eficiente e ambientalmente sustentável, visto que tal fato ainda não ocorre, de forma satisfatória, sob o ponto de vista da legislação ambiental, no âmbito do Município do Rio de Janeiro?

Abaixo, são listadas as iniciativas promovidas pela Prefeitura do Rio de Janeiro, relativas às políticas públicas inerentes à destinação final adequada dos resíduos florestais urbanos.

Um dos itens de bastante relevância para o acervo arbóreo de uma cidade é a produção de mudas com planejamento e atendendo às especificidades de cada região do município. Para tanto, considerando a extensão do território do Município do Rio de Janeiro, apresentamos sugestão de ampliação da quantidade dos viveiros públicos para geração das mudas adequadas a todas as regiões do Município do Rio de Janeiro.

Nesse sentido, importante mencionar o Projeto Municipal do Rio de Janeiro - Viveiro *Árvores do Amanhã*, na Fazenda Modelo, em Guaratiba, na Zona Oeste do Rio, inaugurado em 12/05/2022 – que irá utilizar os resíduos de podas da região para transformar em adubo e, assim, alimentar as mudas cultivadas no local (RIO DE JANEIRO, 2022).

Segundo consta do *site* da Prefeitura do Rio de Janeiro: “A cidade do Rio está ganhando seu primeiro viveiro de árvores urbanas, que fica numa área de 15 mil metros quadrados da Fazenda Modelo, em Guaratiba. A ideia é produzir dez mil mudas por ano para serem usadas na arborização do município, que atualmente compra espécies de São Paulo e Minas Gerais” (RIO DE JANEIRO, 2022).

Ainda que o projeto acima mencionado não esteja em pleno funcionamento, a iniciativa se apresenta bastante importante, tendo em vista a “auto sustentabilidade” derivada da produção de mudas para seu próprio acervo arbóreo.

No que pertine à questão do aproveitamento dos resíduos de poda do MRJ, a Prefeitura informa que “O projeto foi idealizado pelo corpo técnico da fundação e um de seus pilares é trabalhar com a circularidade: o resíduo da poda de árvores abastecerá a compostagem do viveiro. O material será adubo orgânico para fertilizar o solo das novas mudas” (RIO DE JANEIRO, 2022).

Um projeto que se apresenta ambientalmente viável no que pertine à reutilização dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro é o capitaneado pela COMLURB, denominado *Reinvente*, que objetiva transformar troncos de árvores urbanas removidas em mobiliário para a cidade, tais como bancos, mesas, poltronas, banquetas, jardineiras (RIO DE JANEIRO, 2018).

Assim, em cada poda a ser realizada, o operador deve ter condições de saber a especificação de cada madeira, medidas para cortes e quais peças poderão ser confeccionadas. Com a efetivação e constância deste projeto, serão reduzidas perdas de matéria-prima de qualidade, que eram destinadas ao Centro de Tratamento de Resíduos (CTR-Rio), em Seropédica. A COMLURB informa que a equipe contará com um engenheiro florestal que vai avaliar as madeiras para saber se está em condição de uso (RIO DE JANEIRO, 2018).

O projeto conta com 06 (seis) garis artesãos da COMLURB que trabalham na Oficina de Troncos da empresa pública, reutilizando os resíduos provenientes do acervo arbóreo da cidade, conforme ilustra a foto abaixo (RIO DE JANEIRO, 2018).



Figura 38. Objetos feitos pelos garis da COMLURB com resíduos de poda urbana. Fonte: <https://prefeitura.rio/comlurb/garis-artesaos-da-comlurb-transformam-troncos-de-arvores-em-arte/>. Acesso em 14/02/2024.

Outro projeto que se apresenta como boa iniciativa ambiental é operado pela COMLURB no Eco Parque do Caju (ETR Caju), onde é produzido o composto denominado *Fertilub*, utilizado para a regeneração de solos, bem como substrato para viveiros de mudas e insumo para o reflorestamento da Floresta da Tijuca e a manutenção de praças e jardins da cidade. A prefeitura do Rio de Janeiro informa que o produto também é utilizado no programa *Hortas Cariocas* (RIO DE JANEIRO, 2023).

Os dados do volume de resíduos de poda urbana utilizados no programa acima descrito foram informados e tabulados no presente capítulo.

2.15. Conclusão

A arborização urbana é tema que ocupa lugar de destaque nas cidades, e não é diferente na cidade do Rio de Janeiro, já que os serviços ecossistêmicos e benefícios da vegetação urbana aos munícipes – abordados nesta pesquisa – são incontestáveis, sendo certo que uma arborização e sua respectiva gestão adequados contribuem significativamente para dirimir os impactos negativos que a atividade urbana, em regra, gera ao meio-ambiente.

Pelos dados e informações coletados, verifica-se uma omissão do Município do Rio de Janeiro no que concerne à questão da arborização urbana: Seu planejamento e sua gestão. Em metrópoles, como o Rio de Janeiro, é observado que o crescimento desordenado da cidade constitui um obstáculo ao pleno controle do Poder Executivo Municipal sobre a gestão dos mais variados aspectos da urbe, sobretudo o ambiental, relativo ao acervo arbóreo urbano e mais especificamente o aspecto concernente à adequada gestão dos resíduos florestais urbanos.

No contexto atual da gestão de resíduos de poda urbana pelos Municípios brasileiros, os resíduos de poda urbana são direcionados aos aterros sanitários ou clandestinos, o que representa uma agressão ao meio ambiente, além de acelerar a capacidade de ocupação do aterro sanitário, contribuindo para o acirramento dos fatores climáticos do planeta.

Corroborar a constatação acima o fato de somente 47 municípios brasileiros terem declarado dispor de unidades para o manejo de resíduos e galhagem de poda, no ano 2020, conforme consta do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), o que representa 0,9% do total de municípios brasileiros.

Pelo que fora dito alhures, constata-se que são indissociáveis a política urbana e o direito à qualidade de vida, à dignidade da pessoa humana, a um ambiente equilibrado, bem como é sobremaneira importante que a gestão de resíduos de poda urbana na cidade do Rio de Janeiro atenda ao bem da coletividade e à preservação do meio-ambiente.

Para MEIRA (2010), a administração pública municipal, via de regra, desenvolve o planejamento urbano com visão modular e setorial, tendo dificuldade para integrar vários componentes que interagem na vida social e econômica da cidade.

A gestão dos resíduos de poda urbana deve ser aprimorada no âmbito do Município do Rio de Janeiro. O Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU) do Município do Rio de Janeiro, como abordado acima, corrobora tal afirmação, indicando que a gestão da arborização urbana possui mais pontos fracos a ameaças do que pontos fortes, indicando que a gestão encontra-se sob a estratégia de sobrevivência, o que indica a situação crítica em que se encontra.

Pelos dados disponibilizados pelo Município do Rio de Janeiro, conclui-se haver o percentual médio de aproveitamento do material florestal urbano residual de 10,66% do volume total deste tipo de resíduo, o que denota o quão incipiente é o enfoque ambiental da gestão dos resíduos oriundos de poda urbana.

Ora, considerando que o volume médio diário de resíduos florestais urbanos, no Município do Rio de Janeiro, é de 56,49 toneladas, aproximadamente, pode-se afirmar que

seu volume mensal é de 1.694,70 toneladas e o anual, 20.336,40 toneladas. Aplicando-se o percentual médio de aproveitamento destes resíduos, conclui-se que, em média, 2.167,86 toneladas são reaproveitados e 18.168,54 toneladas são dispostos no aterro sanitário (como se fossem rejeitos, indevidamente, frise-se).

Grande parte deste material é, atualmente, transportado às Estações de Transferências de Resíduos (ETR's) em conjunto com os demais resíduos sólidos, o que dificulta sobremaneira sua segregação e reaproveitamento, conforme se verifica nas fotos abaixo.



Figura 39. Resíduos de Poda Urbana RJ - ETR Comlurb Santíssimo, em Dezembro 2021. Do Autor.

Na foto a seguir, verifica-se que os resíduos de poda urbana são acondicionados nas ETR's juntamente com os resíduos de outras naturezas, impossibilitando sua segregação e inviabilizando uma destinação final ambientalmente adequada.



Figura 40. Resíduos de Poda Urbana RJ - ETR Comlurb Santíssimo, em Dezembro 2021. Do Autor.

Na foto abaixo, que retrata o aterro sanitário de Seropédica, administrado pela empresa Ciclus Ambiental, verifica-se a presença constante de resíduos florestais urbanos tendo a mesma disposição final de rejeitos, o que demonstra a ineficiência da gestão de tais resíduos no Município do Rio de Janeiro.



Figura 41. Aterro sanitário de Seropédica – RJ, administrado pela empresa *Ciclus Ambiental*, em Dezembro 2021. Do Autor.

Portanto, há muito que se evoluir no âmbito da gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro. Verifica-se a ausência de um “olhar público atento” aos números e indicativos relacionados aos resíduos de poda urbana no Município do Rio de Janeiro e, conseqüentemente, a ausência de políticas públicas efetivas, concretas e constantes nesse aspecto.

Para o aprimoramento da gestão destes resíduos, constatou-se que há infraestrutura para a implementação de uma logística para a reutilização do material proveniente de poda urbana. As 05 (cinco) Estações de Transferências de Resíduos (ETR's) de que dispõe a COMLURB e a Empresa Ciclus Ambiental possuem um potencial de espaço físico que pode ser, em parte, adequado ao sistema de logística, transferência, segregação, tratamento dos resíduos de poda, onde poderia haver uma triagem e tratamento adequado à sua destinação ambientalmente adequada.

No aspecto legislativo, não há lacunas ou fatores impeditivos à gestão ótima dos resíduos florestais urbanos. Ao contrário, a legislação é profícua e apropriada à proteção ambiental, oferecendo suporte ao administrador público no planejamento, na implementação e na consecução de uma adequada gestão deste material residual.

Há leis com as diretrizes adequadas à gestão de resíduos de poda urbana. Porém, não se verifica, na escala necessária, a efetiva adoção de políticas públicas para a gestão ambientalmente adequada de tais resíduos no Município do Rio de Janeiro. A questão, portanto, não se subsume ao Poder Legislativo e, sim, à omissão do Poder Executivo em cumprir o seu mister.

Há, portanto, omissão do Poder Executivo em implementar ações concretas para viabilizar a melhor e mais adequada gestão de tais resíduos. A omissão citada reside no fato de a legislação obrigar o Município a efetivar uma gestão ambientalmente adequada e ele ainda não ter tornado efetiva e perene tal obrigação, o que conduz à conclusão de que a gestão de resíduos de poda no Município do Rio de Janeiro não está adequada com o que preconiza o conjunto legislativo aplicável ao tema.

Assim, deve haver a criação de políticas públicas contínuas, efetivas e robustas, no sentido de adequar a destinação dos resíduos de poda urbana de forma a atender à legislação, sobretudo à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Para além de tal fato, com o aprimoramento da gestão dos resíduos florestais urbanos e o direcionamento de reciclagem, reutilização e reaproveitamento, poder-se-ia contribuir para o aspecto econômico e social das cidades, gerando renda e oportunidades para os munícipes,

atendendo aos aspectos da sustentabilidade, quais sejam, o ambiental, a governança e o social e cumprindo, outrossim, os objetivos do desenvolvimento sustentável propostos pela ONU e dos quais o Brasil é um dos países signatários.

Portanto, os benefícios aos Municípios do Rio de Janeiro, com a aplicação de uma gestão ótima e ambientalmente adequada dos resíduos provenientes de poda urbana são múltiplos, a saber: Primeiramente, tal iniciativa cumpre a legislação brasileira, no que tange à questão ambiental, atribuindo uma destinação sustentável de tais resíduos e, conseqüentemente, preservando o meio-ambiente às presentes e futuras gerações; O reaproveitamento dos resíduos de poda urbana aumenta a vida útil dos aterros sanitários, considerando que, via de regra, tais resíduos teriam sua disposição final em tais locais, tratados – equivocadamente, frise-se – como rejeitos; Há economia com as despesas de utilização de aterro sanitário com tais resíduos e com variadas formas de destinação final ambientalmente adequadas dos resíduos, atende-se, outrossim, aos aspectos sociais e econômicos, visto que tal prática estimula a geração de renda e trabalho aos cidadãos, criando oportunidades, além de preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

É necessário, portanto, a plena integração entre o que determina a legislação com as políticas públicas e a efetiva implementação na gestão de resíduos de poda urbana no Município do Rio de Janeiro.

Um exemplo atual de efetivação de política pública que utiliza os princípios intrínsecos à Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais é o da legislação estadual do Rio de Janeiro que criou o denominado *ICMS Ecológico*, que é um instrumento de política pública, produzindo efeitos nas ações governamentais, em nível municipal, voltadas para a conservação e preservação do meio ambiente, com aplicação direta das premissas do princípio ambiental protetor-recebedor.

A Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, prevê, na seção que trata da repartição das receitas tributárias, em seu artigo 158, inciso IV, alínea *a*, que pertencem aos Municípios 25% (vinte e cinco) por cento da arrecadação que os Estados obtêm por intermédio do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (ICMS) O parágrafo 1º deste mesmo artigo dispõe sobre os critérios desta divisão, indicando o inciso II que a Lei de cada Estado pode destinar aos municípios até 35% (trinta e cinco por cento), observada, obrigatoriamente, a distribuição de, no mínimo, 10 (dez) pontos percentuais com base em indicadores de melhoria nos resultados de aprendizagem e de aumento da equidade, considerado o nível socioeconômico dos educandos. (BRASIL, 1988).

O denominado *ICMS Ecológico* se caracteriza quando o Estado estabelece e enumera critérios ambientais para promover um incremento da participação dos Municípios nesta receita tributária, criando uma forma de remunerar em maior escala os Municípios que melhor cumpriram os requisitos pré-estabelecidos pela legislação Estadual.

Historicamente, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, os critérios de repartição do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS foram estabelecidos na Lei Estadual nº 2.664/1996 (RIO DE JANEIRO, 2016).

O *ICMS Ecológico* do Estado do Rio de Janeiro foi criado por meio da Lei Estadual nº 5.100 de 04/10/2007, que altera a Lei nº 2.664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental para o cálculo do percentual a ser repartido pelo Estado (RIO DE JANEIRO, 2007), compreendido como a atuação de cada Município sobre os seguintes temas: as áreas protegidas, a qualidade ambiental dos recursos hídricos, bem como a coleta e disposição final adequada dos resíduos sólidos (RIO DE JANEIRO, 2007).

Conforme dispõe a Lei Estadual do *ICMS Ecológico*, seu objetivo é: “ressarcir os municípios pela restrição ao uso de seu território, no caso de unidades de conservação da natureza e mananciais de abastecimento; e recompensar os municípios pelos investimentos ambientais realizados, uma vez que os benefícios são compartilhados por todos os vizinhos, como no caso do tratamento do esgoto e na gestão adequada de seus resíduos, corroborando o princípio do protetor-recebedor” (RIO DE JANEIRO, 2007).

O *ICMS Ecológico* do Estado do Rio de Janeiro é regulamentado, outrossim, pelos Decretos de Lei nº 46.884 (19/12/2019), 43.700 (31/07/2012), 44.252(17/06/2013), 44.543 (27/12/2013), 44.956 (17/09/2014) e 45.704 (04/07/2016).

O Decreto Estadual nº 46.884, de 19 de Dezembro de 2019, em seu artigo 1º, apresenta os percentuais que devem ser destinados para cada critério estabelecido, indicando que o percentual a que refere a Lei Estadual nº 5.100, de 04 de outubro de 2007, será dividido na seguinte proporção, a saber: “I- 45 (quarenta e cinco por cento) segundo critérios relacionados à existência e efetiva implantação de áreas protegidas; II- 30 (trinta por cento) segundo critérios relacionados à qualidade ambiental dos recursos hídricos; III- 25 (vinte e cinco por cento) segundo critérios relacionados à disposição final adequada dos resíduos sólidos” (RIO DE JANEIRO, 2019).

Quanto ao critério relativo à disposição final adequada dos resíduos sólidos, o legislador criou o Índice de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos (IDR): resultado

da soma dos indicadores Tipo de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos (TD), Fatores Adicionais de Gestão de Aterros Sanitários (FA) e Fator de Reciclagem (FR), conforme prevê o artigo 2º, inciso IX, do Decreto Estadual nº 46.884/2019 (RIO DE JANEIRO, 2019).

O artigo 5º do Decreto Estadual acima citado indica que as definições técnicas para a alocação do percentual de 25% (vinte e cinco por cento) sobre a disposição final adequada dos resíduos sólidos são fixadas com base no que dispõe o anexo III deste diploma legal, que lista tópicos como: Coleta Seletiva, Usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, aterro sanitário, coprocessamento, usina de recuperação energética de resíduos sólidos (URE), entre outras (RIO DE JANEIRO, 2019).

Como visto acima, a legislação do Estado do Rio de Janeiro sobre o *ICMS Ecológico* prioriza, no quesito relativo disposição final adequada dos resíduos sólidos, a coleta seletiva, a logística reversa, a existência bem como as condições do aterro sanitário do Município, a reutilização dos resíduos sólidos, bem como sua recuperação energética.

Porém, não menciona, especificamente, a questão da gestão dos resíduos florestais urbanos por parte dos Municípios, apesar de este tema ser de crucial importância, como já mencionado alhures. E, pelo que está sendo demonstrado na presente pesquisa, é fundamental que haja uma gestão ambientalmente adequada dos resíduos florestais urbanos, de modo a impedir que eles sejam direcionados aos aterros sanitários.

Dentre as estratégias para a implementação dos objetivos e metas dispostos no PLANARES, para a diretriz de fortalecer a gestão dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos estão a de estimular e apoiar estados a definirem critérios relacionados à gestão de resíduos no repasse do *ICMS ecológico* (BRASIL, 2022).

Para estimular ainda mais a consecução deste objetivo, qual seja, a melhoria da gestão dos resíduos oriundos de poda urbana, é importante que tal item seja incluído, de forma específica, nos critérios específicos para a repartição, pelo Estado, aos Municípios, na legislação do *ICMS Ecológico*.

Assim, sugere-se a alteração legislativa nos critérios para a repartição do *ICMS Ecológico* para que o inciso III, do artigo 1º, do Decreto Estadual nº 46.884, de 19 de Dezembro de 2019, incluindo a expressão “destinação final”, que se refere aos resíduos, para que passe a constar o seguinte texto: “III- 25 (vinte e cinco por cento) segundo critérios relacionados à destinação e à disposição final adequada dos resíduos sólidos”.

Os valores das repartições relativas aos Municípios são consideráveis, como demonstra o quadro abaixo, em que os Municípios de Silva Jardim, Cachoeiras de Macacu e Rio Claro registram o melhor desempenho acumulado entre os anos 2012 a 2020, o que representa um fator a mais para que todos possam estabelecer sistemas de planejamento, execução e aprimoramento da gestão dos resíduos florestais urbanos de forma mais efetiva.



Figura 42. Cálculo do ICMS Ecológico RJ. Disponível em: https://www.ceperj.rj.gov.br/ICMS_Ecologico%E2%80%93Repassa. Acesso em 15/02/2024.

Assim, é possível concluir que o denominado *ICMS Ecológico* representa uma política pública de estímulo à logística reversa e coleta seletiva dos resíduos de poda urbana pelos Municípios, com ênfase à melhoria da gestão de tais resíduos.

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS FLORESTAIS URBANOS RELACIONADAS À PRODUÇÃO DE "MULCHING"

3.1. Introdução

A presente pesquisa aborda o tema da destinação ambientalmente adequada dos materiais residuais florestais provenientes, sobretudo, das árvores urbanas e resíduos de seu manejo ou processamento da madeira de seus fustes e/ou galhos, após aproveitamento para produtos serrados.

É visível e crescente o problema enfrentado pelas cidades acerca da gestão e aproveitamento dos resíduos sólidos vegetais oriundos da poda de árvores, de forma a cumprir uma destinação adequada, ambiental e socialmente eficientes.

A ciência demonstra que é preciso rever as práticas relativas à destinação dos resíduos florestais, sobretudo os oriundos de poda urbana, com vistas à manutenção da qualidade de vida dos cidadãos, da preservação ao meio ambiente, com a adoção de tecnologias e posturas de gestão ambientalmente adequadas para os resíduos do manejo de árvores urbanas, incentivando utilizações como a proposta pelo *mulching*.

3.2. Objetivos e hipótese

Como motivação para este estudo observa-se a importância e necessidade do maior entendimento científico da aplicação de *mulching* derivado de resíduos de madeira e originado de material residual do manejo de árvores urbanas e suas interferências quando aplicado ao solo próximo a indivíduos arbóreos jovens.

Norteiam a pesquisa as seguintes hipóteses, a saber: O reaproveitamento dos resíduos florestais urbanos é benéfico ao meio ambiente e aos munícipes. A gestão destes resíduos pode ser otimizada e a utilização do material residual de poda urbana como *mulching* é uma forma de reaproveitamento ambientalmente adequada.

Para a efetivação de uma destinação adequada dos resíduos florestais urbanos, é premente buscar opções tecnológicas de utilização produtiva, sendo uma delas a aplicação dos resíduos de poda urbana com a finalidade de uso como cobertura morta (*mulching*) em suas múltiplas facetas, buscando propor e afirmar novos procedimentos e caminhos na conjugação de tais temas.

3.3. Metodologia

Foram avaliadas todas as publicações, independentemente do período de veiculação, e catalogadas as que se enquadraram na temática: utilização de cobertura morta (*mulching*) e suas funcionalidades, além da utilização de resíduos de madeira como cobertura para o solo, em sua maioria, por meio de buscas no portal periódicos CAPES, Google acadêmico, entre outros. A revisão sistematizada almeja compartimentar o conhecimento sobre o tema e se baseia na busca, em uma ou mais plataformas; na organização de forma sistêmica dos conteúdos dos artigos obtidos; e na análise dos resultados.

Foi feito um estudo observacional-analítico, do tipo caso-controle, onde houve grupos de árvores com aplicações de *mulching* distintos e um grupo controle, que não recebeu aplicação alguma.

Este estudo analisou a aplicação de diferentes coberturas mortas (*mulching*) orgânicas, produzidas a partir de resíduos de madeira, podas e descascamentos de árvores, classificados como: maravalha de eucalipto, resíduos de poda urbana picados, resíduos de madeira picados (biomassa) e cascas de pinus picadas. Na pesquisa, cada tipo de *mulching* foi aplicado em um espaço determinado ao redor da base de cinco árvores urbanas que foram avaliadas por um período de sessenta dias, em um período de altas temperaturas climáticas, quanto às variáveis: temperatura da superfície; temperatura do subsolo; teor de umidade do subsolo; e crescimento de ervas daninhas. Outras cinco árvores foram mantidas sem nenhum tipo de cobertura, ou seja, com o solo ao redor da base exposto, estas foram consideradas como tratamento testemunha.

3.4. A tecnologia como instrumento à adequada destinação dos resíduos florestais urbanos

Considerado o alto volume de resíduos sólidos vegetais oriundos da poda urbana no Município do Rio de Janeiro, a gestão eficiente, sob o ponto de vista ambiental, de tais resíduos representa um considerável avanço social no objetivo de manter o meio-ambiente e a cidade ecologicamente equilibrados e tal objetivo pode ser alcançado com o contributo da tecnologia de produtos florestais, na área de modificação, transformação e industrialização de produtos florestais.

Com vistas a reduzir a geração de resíduos e a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada, o PLANARES indica a estratégia de fomentar pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e sistemas que visem o desvio de resíduos sólidos urbanos (RSU) da disposição final (BRASIL, 2022).

A ciência demonstra que é preciso rever as práticas relativas à destinação dos resíduos florestais, sobretudo os oriundos de poda urbana, com vistas à manutenção da qualidade de vida dos cidadãos, da preservação ao meio ambiente, com a adoção de tecnologias e posturas de gestão ambientalmente adequada dos resíduos de árvores, incentivando a utilização como cobertura morta (*mulching*) para o solo das áreas urbanas, em suas múltiplas aplicações.

Para a efetivação de uma destinação adequada dos resíduos florestais urbanos, é premente buscar opções tecnológicas de utilização produtiva, sendo uma delas a aplicação dos resíduos de poda urbana com a finalidade de uso como cobertura morta (*mulching*) em suas múltiplas facetas, buscando propor e afirmar novos procedimentos e caminhos na conjugação de tais temas.

Para a implementação da tecnologia, é fundamental haver planejamento das etapas necessárias ao cumprimento de tal objetivo. Assim, é crucial que haja uma cadeia de procedimentos a serem efetivados, o que será exposto a seguir.

3.5. Planejamento e logística de segregação dos materiais residuais de poda urbana para reaproveitamento

O objetivo é reutilizar ou reaproveitar o material residual florestal urbano, prolongando, portanto o seu ciclo de vida útil. Aplicando tal lógica à gestão dos resíduos florestais urbanos, verifica-se que todo o material oriundo do manejo arbóreo urbano deve ser conduzido, pelo município gerador e responsável pelo manejo arbóreo, para que este o conduza a um local – ou locais – pré-determinados de modo a promover o armazenamento, segregação, tratamento e manejo devidos, considerando as múltiplas destinações que podem derivar de sua reutilização ou reaproveitamento, culminando na destinação ambientalmente adequada de tais materiais.

Os resíduos florestais podem ser encaminhados para locais públicos destinados aos resíduos sólidos urbanos, onde devem ter uma área específica e delimitada para os materiais residuais de poda urbana.

Ato contínuo, tal material deve passar por um processo de triagem, onde são segregados por características tais como: tamanho, diâmetro, condição física, entre outros.

Pode haver a aferição e classificação do volume de resíduos florestais urbanos produzidos em duas categorias, a saber: Recolhimento de galhos e Recolhimento de lenhas, o que demonstra uma boa característica de gestão de tais resíduos, pois há a segregação do material obtido da poda urbana, de modo que a destinação e aproveitamento podem ser otimizados, alcançando, portanto, melhores resultados ambientais, sociais e econômicos, visto que tais resíduos podem ser mais bem aproveitados.

Meira (2010) sugere o fluxograma abaixo para a elaboração de um plano de gestão de resíduos florestais urbanos. O planejamento deve ser iniciado com o diagnóstico da situação-objeto da gestão, o que conduzirá à indicação das prioridades e objetivos a serem alcançados. Ato contínuo, estabelecer-se-ão os programas que devem ser implementados na gestão dos resíduos, com vistas ao tratamento e reaproveitamento do volume derivado do manejo do acervo arbóreo urbano. Ato contínuo, estabelecidas as ações constantes do programa de gestão, passa-se à implementação destas ações.

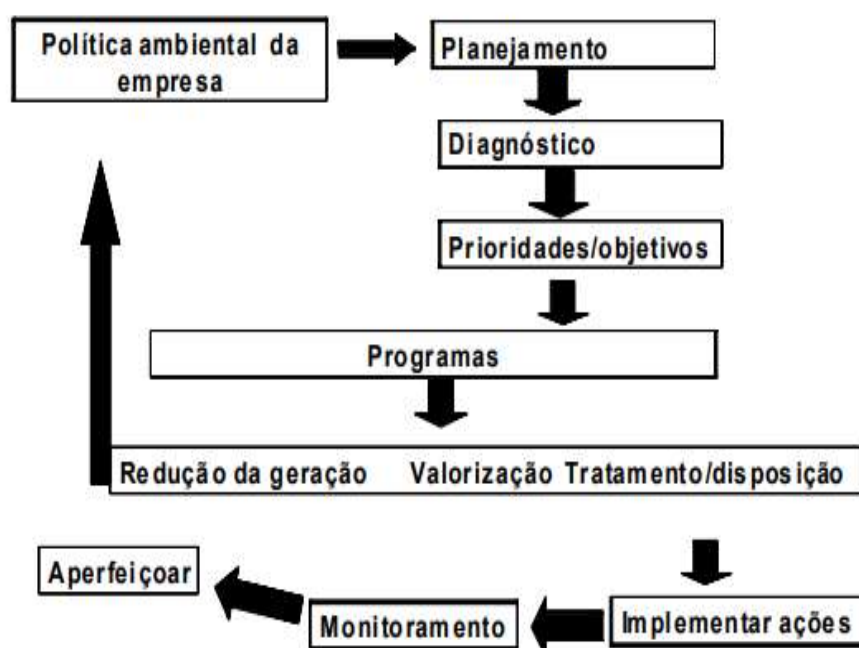


Figura 43. Fluxograma para elaboração de plano de gestão de resíduos florestais urbanos.
Fonte: Nolasco (2005) *apud* Meira (2010).

O planejamento é contínuo, o que implica em monitoramento de tais ações e, eventualmente, seu aprimoramento, com a finalidade de obtenção do melhor padrão de gestão do sistema de reaproveitamento dos resíduos florestais urbanos.

No que tange ao sistema de triagem, classificação, segregação e armazenamento do material residual florestal urbano, sugere-se que podas de baixa qualidade ou miúdos sejam triturados para compostagem ou cortados para serem usados como lenha; Galhos, toras e troncos úteis são separados por tamanho e forma e podem ser transportados até a unidade de processamento ou armazenados em local próprio já na estação onde se encontra o resíduo arbóreo urbano, se a unidade tratamento estiver ali instalada.

As madeiras e troncos são encaminhadas à serraria com o objetivo de obtenção das peças a serem utilizadas conforme o objetivo almejado. Os resíduos provenientes da atividade da serraria podem ser reutilizados para compostagem.

Souza & Velasco (2023) realizaram estudo sobre destinação de resíduos de arborização urbana no Município de Bertioga-SP, onde especificaram o percentual de cada tipo de material residual derivado do manejo arbóreo do referido município, indicando os percentuais elencados na tabela abaixo:

Tabela 9. Composição dos resíduos de poda da cidade de Bertioga-SP

Descrição	Percentual (%)
Galhos Finos	47
Galhos Grossos	34
Folhas, flores e frutos verdes	11
Gramma	4
Folhas, flores e frutos secos	3
Frutos	1
Troncos secos e ocos	0,3

Fonte: Souza & Velasco (2023). Acesso em 23/02/2024.

Considerando os dados acima relatados, bem como o tipo de material que representa a matéria-prima para a produção de *mulching*, qual seja, galhos finos, folhas, grama e troncos secos e ocos, conclui-se que, em média, 65,3% do volume de material residual arbóreo urbano pode ser direcionado à produção de *mulching*, o que indica a viabilidade de tal destinação.

Assim, indica a sugestão do fluxograma abaixo descrito para a logística de gestão do sistema de poda urbana, com vistas à produção de material a ser utilizado como *mulching*.

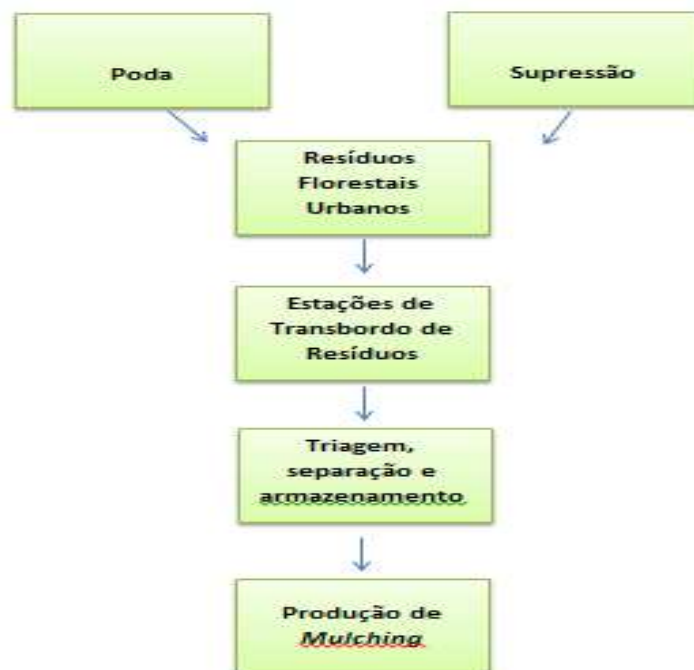


Figura 44. Sugestão de fluxograma do sistema de produção de *mulching* com material residual arbóreo urbano. Do Autor.

Além do *mulching*, outras destinações podem ser aplicadas aos resíduos de poda urbana, conforme abaixo indicado.

3.6. As potenciais formas de aproveitamento de resíduos de poda urbana

Os resíduos de poda urbana, via de regra, ainda não possuem um tratamento e destinação ambiental e socialmente adequados, não sendo reutilizados pela maioria dos Municípios brasileiros.

Ainda é muito incipiente a adoção de medidas e políticas públicas com vistas ao reaproveitamento destes valiosos resíduos, em suas múltiplas variações de reutilização.

Sobre os aspectos financeiros, de valorização dos resíduos de poda urbana, bem como os custos envolvidos, podemos citar as seguintes abordagens. Como potencial de reaproveitamento da madeira oriunda de resíduos de poda urbana, podemos citar, exemplificativamente: Compostagem de resíduos de madeira; Produtos de maior valor agregado (PMVA); Pequenos objetos de madeira (POM); Energia Elétrica; Energia Térmica; *Cama* para animais e *Mulching* – cobertura “morta” dos resíduos de madeira, com funções de recobrir o solo ao redor das arvores, para proteção.

Assim, não há dúvidas de que há a possibilidade de agregar valor e/ou comercialização aos resíduos de poda urbana, em múltiplos e variados aspectos.

Entretanto, o valor econômico de cada uma das destinações dos resíduos de poda urbana é difícil mensurar. Tanto no aspecto dos custos envolvidos, quanto no aspecto das receitas a aferir pela atividade eleita.

Para a produção de produtos de maior valor agregado (PMVA), por exemplo, é ilimitado o potencial de valoração econômica dos resíduos de poda urbana, visto que essa modalidade abrange questões artísticas, de marcenaria, de exclusividade do produto gerado, entre outras características. Além disto, o fato de o objeto/produto ter sido feito com resíduos de poda urbana (que seriam descartados indevidamente, como vem sendo feito, na maioria dos casos) agrega um valor ainda maior, considerado o apelo ambiental e a grandeza da iniciativa a toda a sociedade.

Porém, qualquer que seja o tipo de reutilização dos resíduos de poda urbana, indubitavelmente, será melhor, nos aspectos sociais, econômicos e ambientais, do que a deposição de tais resíduos em aterros sanitários, lixões ou afins.

Ainda que sejam de proporções baixas, ante o volume de resíduos de poda urbana produzidos nos municípios brasileiros, há inúmeras iniciativas na sociedade civil para a adoção de uma destinação final ambientalmente adequada aos resíduos de poda urbana.

Assim, é importante a intervenção do Poder Público, em todas as esferas, para a adoção de medidas e políticas públicas com vistas ao incentivo ao reaproveitamento destes valiosos resíduos, em suas variadas formas de reutilização/reuso.

Dentre tais opções, destaca-se, como já mencionado, a técnica de *mulching*, abaixo definida, com suas principais características.

3.7. *Mulching*

A definição de “cobertura morta” ou *mulching* perpassa pela ideia de aplicação de algum material de cobertura sobre o solo para cumprir determinadas funções, como será abordado adiante. A cobertura morta é, conforme Gumbrewicz & Calderwood (2022), qualquer material sobreposto ao solo, desde que não incorporado a ele. O termo *mulching* deriva do verbete alemão “molsch”, que significa “macio para apodrecer” (SRIDHARA, 2022). Ainda em alemão, “mulchen” significa “cobertura morta” e “mulch”, adubo (KELLER, 2016). Portanto, pela etimologia e significado da palavra originária, é possível compreender algumas das inúmeras funções da cobertura morta, dentre elas a de funcionar como adubo à terra.

Em uma acepção mais ampla, as coberturas de solo são divididas em três grupos, a saber: coberturas orgânicas, inorgânicas e vivas (SRIDHARA, 2022). Foi identificada, outrossim, uma cobertura denominada *hidromulch*, que são compostos de material fibroso (madeira, papel, entre outros), polímeros sintéticos ou naturais e outros componentes como sementes, poliacrilamida e fertilizantes, que são misturados com água, formando uma espécie de pasta ou gel que, posteriormente é pulverizado no solo por caminhões ou aviões (ROBICHAUD *et al.* Part II. 2013). Há relatos de que o *hidromulch* apresentou rápida degradação, após o decurso de um ano, a partir da aplicação em casos de incêndio (ROBICHAUD *et al.* Part I. 2013).

Atualmente, se verifica um rol de materiais de cobertura, dentre eles: folhas de polietileno, tecidos não tecidos (TNT), folhas plásticas biodegradáveis, rolos de papel filme, coberturas orgânicas, tais como palha ou lascas de madeira, e também cascalhos (FÉR, 2022). As coberturas inorgânicas podem ser exemplificadas por cascalho, filme, tijolos, paralelepípedos de polietileno. As coberturas vivas comumente utilizadas são: trevo, grama de manila, grama de lírio anão, azevém, dentre outras gramíneas (SRIDHARA, 2022). Já houve estudo comparativo dos efeitos de cobertura morta com materiais inorgânicos (cascalho redondo), orgânicos (lascas de madeira) e vivos (grama de manila) (NI *et al.* 2016).

Quando comparadas às coberturas inorgânicas, as coberturas orgânicas se apresentam mais completas quando se almeja o melhor desenvolvimento geral à planta (Gumbrewicz & Calderwood, 2022). NI *et al* (2016) relata que o *mulching*, espécie do gênero cobertura orgânica, não teve efeito sobre a densidade do solo, potencial de hidrogênio (pH) ou na quantidade de nitrogênio total no solo. Já o nível de nitrogênio disponível no solo, também citado por NI *et al* (2016), aumentou em solos cobertos com cascalho redondo (inorgânico) e lascas de madeira (orgânico), sem que tenha havido aumento na cobertura de grama de manila (cobertura viva).

O material que representa o foco do presente artigo de revisão, qual seja, a cobertura feita a partir de resíduos de madeira, se enquadra na categoria de coberturas orgânicas. As formas dos resíduos de madeira para *mulching* são: serragem, casca, folhas ou lascas de madeira (SRIDHARA, 2022). As coberturas orgânicas se revelam mais adequadas a favorecer o desempenho geral da planta em comparação às coberturas feitas de materiais inorgânicos (GUMBREWICZ & CALDERWOOD, 2022). As coberturas orgânicas também foram mais favoráveis à pedofauna quando comparadas ao solo sem cobertura ou com cobertura inorgânica (plástica) (LECLERCQ-DRANSART, 2020).

No que concerne ao solo, as coberturas orgânicas também são benéficas, visto que se decompõem gradativamente, direcionando matéria orgânica ao solo, colaborando em evitar sua compactação (SRIDHARA, 2022). A técnica de utilização de *mulching* é adotada desde o final da década 1930 para modificar o ambiente florestal, agrícola e urbano (NI *et al.* 2016). A utilização de madeira desfiada e casca geraram maior retenção de umidade no solo e melhora dos níveis de material orgânico (HANNAM *et al.* 2016). Nati *et al.* (2018) relata que as culturas lenhosas, realizadas no campo, requerem atividade de poda anual, sendo seus resíduos destinados à combustão ou *mulching*.

O *mulching* mantém a umidade do solo, reduzindo a evaporação de água e estabilizando a temperatura (GUMBREWICZ & CALDERWOOD, 2022), sendo uma forma de cuidado com o solo (HENSCHKE, 2016). Todos os tipos de *mulching* apresentaram efeitos importantes na umidade do solo (NI *et al.* 2016). Conforme menciona Fentabil *et al.* (2016) a aplicação de cobertura morta, em conjunto com uma programação de irrigação, cumpre as funções de abastecimento e conservação no solo da água que o compõe.

Os efeitos da cobertura morta na temperatura do solo são apresentados por Sridhara (2022), que constatou ter o *mulch* excelentes propriedades isolantes térmicas, diminuindo a amplitude térmica do solo, além de mantê-lo mais ameno no verão e mais aquecido no inverno (SRIDHARA, 2022). Esse efeito é explicado pelo bloqueio parcial da incidência direta dos raios solares ao solo, mantendo-o menos suscetível ao calor gerado e, portanto, menos quente. O efeito térmico também ocorre no inverno, onde o *mulch* evita a perda de calor pelo solo ao ambiente. A temperatura do solo também tem sofrido impactos em função do fenômeno de aquecimento global, caracterizado por taxas crescentes de aquecimento das temperaturas e eventos de chuva mais intensos (GUMBREWICZ & CALDERWOOD, 2022). Leclercq-Dransart (2020) também menciona as propriedades e efeitos da aplicação de *mulching* no solo, gerando uma regulação microclimática nos fatores de temperatura e umidade. Portanto, conforme se verifica na literatura científica, é possível sugerir que a técnica de *mulching* ameniza os efeitos gerados pelo aquecimento global, tanto para prolongar a permanência da água no solo quanto para manter a temperatura deste.

Há similaridade da técnica de *mulching* de material orgânico com a denominada serapilheira, fenômeno que ocorre espontaneamente nas florestas e consiste em todo material vegetal depositado ao solo, tais como: folhas, galhos, flores, sementes e frutos, decorrentes da senescência das árvores que compõem o bioma, além de outros materiais de origem não vegetal (INKOTE *et al.* 2019). Rodrigues *et al.* (2021) afirma que a dinâmica da serapilheira é crucial para a devolução de nutrientes ao solo, pela consequente decomposição dos elementos

que compõem a serapilheira, resultando em matéria orgânica ao solo. KLIMEK *et al.* (2020) confirma essa informação, sublinhando que a serapilheira resulta no aumento da atividade biológica do solo.

Assim, considerando os aspectos mencionados, verifica-se que a técnica de *mulching* orgânico é adequada à restauração das propriedades físico-químicas de solos em áreas degradadas. Nesse sentido, KLIMEK *et al.* (2020) concluiu que a utilização de aparas de madeira, feitas de pinheiro-bravo, como *mulching*, criam boas condições para a mesofauna do solo. ZHOUL *et al.* (2021) constatou que a utilização de cavacos de madeira com composto de madeira foi a forma mais eficaz na melhoria da estabilidade dos agregados do solo. A cobertura morta com cavacos de madeira e a idade do solo influenciaram positivamente a disponibilidade de K, P e N nos solos das covas das árvores na pesquisa feita por KARGAR *et al* (2015).

Ainda em relação ao solo, porém no aspecto da contenção do fenômeno de sua erosão, o *mulching* também apresenta resultados favoráveis, conforme afirma LECLERCQ-DRANSART (2020). Na pesquisa empreendida por Solgi *et al* (2021), que comparou os efeitos de aplicação de coberturas de lascas de madeira, serragem e palha de arroz ao solo e seus efeitos na contenção de erosão em encostas cortadas, constatou a significativa vantagem da cobertura de lascas de madeira na contenção de escoamento e erosão do solo em comparação às demais.

Há publicações que relatam os estudos do *mulching* na contenção de erosão do solo após a ocorrência de incêndios florestais. FERNANDEZ & VEGA (2021) relatam que ainda há poucos estudos sobre os efeitos da cobertura de madeira para a recuperação de comunidades de plantas. No mesmo sentido, Robichaud *et al* (2013) relata que lascas de madeira estão sendo cada vez mais utilizados no tratamento de contenção de encostas no pós-incêndio. Porém, ainda não há dados adequados para uma comparação de sua eficácia frente a outros tipos de cobertura. Ortega *et al* (2022) corroboram esse fato, indicando que a utilização de cobertura de palha para o tratamento pós-incêndio tem sido mais frequente do que lascas de madeira, acrescentando que as publicações científicas têm pesquisado os efeitos hidrológicos - escoamento e erosão - do *mulching* de madeira no momento pós-incêndio ao passo que constatarem que os impactos desta técnica em outros componentes dos ecossistemas florestais têm sido menos investigados.

Também são relatadas, ainda que sem a mesma frequência dos demais atributos da cobertura morta, as funções estéticas do *mulching* produzido por resíduos de madeira, com viés também paisagístico (ZHOUL *et al.* 2021), quando aplicado sobre os vasos das plantas

ornamentais ou mesmo sobre o solo em paisagens urbanas (NI *et al.* 2016). Não se pode olvidar que o fenômeno de restauração de áreas degradadas, incrementada pela utilização de *mulching*, também apresenta um resultado estético à paisagem, com o recrudescimento das espécies vegetais no local. (KLIMEK *et al.* 2020).

MALAKLHOVA *et al* (2011) relata experimento com utilização de serragem de resíduos de madeira na biorremediação de terras árticas contaminadas por óleo, indicando efeitos positivos nos resultados obtidos.

O *mulching* também possui funcionalidades sobre a contenção do crescimento e proliferação de ervas daninhas no solo por ele coberto. São várias as constatações científicas de que o *mulching* previne o crescimento de ervas daninhas (SRIDHARA, 2022) (GUMBREWICZ & CALDERWOOD, 2022) (SAJID, M. *et al*, 2018) (HENSCHKE, 2016).

A utilização de *mulching* de madeira para o controle de crescimento e proliferação de ervas daninhas se apresenta como alternativa ambientalmente adequada e protetiva, tanto do meio ambiente quanto das pessoas que têm contato com tais produtos (FIORINESCHI *et al.* 2021). Assim, a utilização de cobertura morta de madeira reduz a necessidade de utilização de herbicidas químicos para o combate às ervas daninhas (SAJID, M. *et al*, 2018). NI *et al.* (2016) afirma que o *mulching* de lascas de madeira impede o crescimento bem como a germinação de novas ervas daninhas.

Quanto à ausência de respostas adequadas ou até resultados negativos aos experimentos de *mulching* proveniente de resíduos de madeira, nos trabalhos científicos revisados, Rendon *et al* (2019) verificou que o *mulching* de serragem de madeira não apresentou benefícios quanto à formação de barreira às larvas de *Drosophila suzukii* em cultura de Mirtilo. Foi constatado no citado estudo que as ervas daninhas formam uma barreira às larvas, impedindo, assim, as condições favoráveis à pupação no solo, isto é, viabilizando condições favoráveis à metamorfose do estágio de larva a inseto. A utilização de cobertura morta de serragem de madeira, nesta aplicação, ensejou um ambiente com temperatura e umidade mais favoráveis à pupação de *Drosophila suzukii*.

Um aspecto negativo importante considerado por Fiorineschi *et al* (2021) se refere à questão fitossanitária dos indivíduos arbóreos que serão utilizados para a produção de lascas de madeira destinadas ao *mulching*. No caso de a árvore estar contaminada por nematoides ou outras enfermidades, muito provavelmente suas lascas também estarão em consequentemente, podem contaminar as plantas que estiverem sob a cobertura morta orgânica. Fér (2022) cita em seu experimento a constatação de que as coberturas orgânicas de solo podem agravar

(piorar) alguns fatores, tais como: qualidade física do solo e quantidade de água prontamente disponível.

Sobre os efeitos da cobertura morta de resíduos de madeira em solos com culturas é importante fazer menção às eventuais substâncias potencialmente indesejadas para o melhor desenvolvimento das plantas em que haverá a aplicação de *mulching*. Nesse sentido, Fiorineschi *et al* (2021) indica que deve ser evitada a utilização de madeira com alto teor de tanino para aplicação de *mulching*.

Diante da menção feita por Fiorineschi *et al* (2021) sobre o teor de tanino presente no resíduo de madeira a ser utilizado como *mulching* e seus efeitos sobre as plantas expostas a tal tipo de cobertura, sem, contudo especificar tais efeitos em sua pesquisa, revela-se importante explorar as características desta substância.

Os taninos são compostos fenólicos hidrossolúveis que precipitam proteínas, sendo uma das espécies de extrativos encontrados nas árvores, estes assim definidos como metabólitos secundários (COUTO *et al.* 2021), formado com substâncias não essenciais à estrutura da madeira. São constituídos por matéria orgânica encontrada na composição da madeira. Os extrativos são compostos químicos de baixo grau de polimerização, à exceção dos taninos, que possuem alto grau de polimerização.

Os taninos vegetais são formados por uniões de monômeros flavonoides (polifenóis), polimerizados em variados graus de condensação (COUTO *et al.* 2021).

No que tange à anatomia da madeira, os extrativos estão concentrados no cerne e na casca, sendo sua presença menor no primeiro e maior no segundo. Assim, considerando que o *mulching* pode também ser feito a partir de lascas de madeira provenientes da casca da árvore, conclui-se que esse material orgânico terá grande quantidade de extrativos, dentre eles, provavelmente o tanino, dependendo da espécie utilizada.

Os extrativos encontrados na madeira possuem larga utilização na indústria farmacêutica, cosmética, movelaria, entre outros. O tanino, em específico, é utilizado na composição de adesivos com composição de ureia-formaldeído-tanino para a fabricação de chapas aglomeradas de madeira (GONÇALVES *et al.* 2017), no tratamento e purificação da água, por suas características anticoagulantes (LINHARES *et al.* 2016), tratamento preservativo da madeira com aditivos (VIVIAN *et al.* 2020), transformação da pele de animais em couro, na indústria de bebidas (COUTO *et al.* 2021) e na indústria em geral.

Na árvore, os extrativos em geral possuem funções de fornecimento de energia (carboidrato, amido, dissacarídeos), bem como de proteção contra microrganismos (COUTO *et al.* 2021), além de exercer a função de crescimento da árvore, pela ação dos hormônios.

Remy *et al* (2019) afirma que madeiras com mais compostos fenólicos (extrativos) são mais resistentes à decomposição quando comparadas às madeiras com menor quantidade de extrativos. Em geral, a madeira dos galhos de uma árvore apresenta maior quantidade de extrativos do que a madeira de troncos (REMY *et al.* 2019). Henschke (2016) não constatou diferenças significativas de acúmulo de compostos fenólicos nos solos cobertos com lascas de bétula e outro, com lascas de pinho. Alves (2009) indica que, para aferir a qualidade do composto resultante da decomposição de materiais orgânicos, a qualidade é definida pelas percentagens de Nitrogênio (N), lignina e polifenóis presentes nestes materiais.

Assim, não obstante as afirmações acima descritas, não foram encontrados estudos científicos que evidenciem, especificamente, algum malefício às plantas que sejam submetidas ao *mulching* de resíduos de madeira com polifenóis (tanino). Os extrativos, em geral, são uma forma de retardar a decomposição do material de *mulching* de madeira e, consequentemente, ampliar o período de cobertura do solo e manutenção de seus efeitos.

Um aspecto importante é o tamanho das lascas de madeira a serem utilizadas como *mulching*. S Fokin *et al* (2021) afirma que qualquer cobertura morta de aparas e lascas de madeira é adequada para cobrir o solo. Pondera, todavia, que a eficácia dependerá do tamanho e da espécie utilizada. Afirma, ainda, que, quanto maior a lasca de madeira utilizada como *mulching*, menor o seu efeito sobre o solo, segundo S Fokin *et al* (2021). Há indicações da falta de indicações científicas acerca de um padrão de referência para a produção de *mulch* de cavacos de madeira (FIORINESCHI *et al.* 2021). Na cultura específica de mirtilo silvestre, Gumbrewicz & Calderwood (2022) indicam que os efeitos comparativos dos tamanhos das partículas de *mulching* de madeira ainda não foram estudados.

FIORINESCHI *et al.* (2021) buscaram, em sua pesquisa, encontrar um padrão para a distribuição granulométrica adequada. Indicaram que a cobertura morta de lascas de madeira varia de acordo com a finalidade que se pretende alcançar, devendo ser consideradas as propriedades físicas da madeira, espécie e tamanho das lascas utilizadas. Há relatos de falta de indicação nos estudos científicos acerca de *mulching* de madeira sobre qual espécie foi utilizada (HENSCHKE, 2016). Gumbrewicz & Calderwood (2022) concluíram que lascas de madeira de tamanhos maiores podem apresentar desempenho melhor do que as lascas mais finas, quando estes últimos não são reaplicados.

Os procedimentos para a obtenção dos cavacos de madeira foram estudados por FIORINESCHI *et al.* (2021), que promoveu a comparação entre o processo clássico de picagem e peneiramento e o alternativo, objeto do estudo promovido, com vistas à diminuição da utilização de combustíveis fósseis. O estudo considerou partículas de cavacos dos

seguintes tamanhos: 10mm, 5mm, maiores que 2,5mm e menores que 2,5mm. O tamanho do *mulching* de madeira para revitalizar a fauna e promover a restauração de solos em área de floresta degradada foi de medida lateral de 5 mm e espessura de 1 mm (KLIMEK *et al.* 2020).

As pesquisas científicas acerca da utilização de resíduos de madeira como *mulching* ainda são incipientes. Tal constatação é frequente nos artigos revisados (FERNANDEZ & VEGA 2021) (ZHOUL *et al.* 2021) (HANNAM *et al.* 2016). NI *et al.* (2016) relata a necessidade de mais estudos para verificar os efeitos da qualidade do *mulch* e da espessura da camada de *mulch* no crescimento da parte aérea e das raízes. Fentabil *et al* (2016) indica que há pouca informação científica sobre a utilização de *mulching* e a prática de microirrigação e como tal sistema pode afetar a emissão de óxido nitroso (N₂O) dos solos dos pomares, sublinhando que os estudos feitos são de curto período. Du *et al.* (2021) afirma haver poucos estudos sobre o impacto na fertilidade do solo.

Considerando o amplo campo de pesquisa e de aplicação prática do *mulching* de resíduos de madeira e a inutilização ou subutilização dos resíduos florestais oriundos de poda urbana. Du *et al.* (2021) critica os métodos tradicionais de incineração e destinação a aterros sanitários que ainda são largamente utilizados nos espaços urbanos, ressaltando os efeitos nocivos e irreversíveis de tais práticas ao meio ambiente. Assim, relevante se apresenta o direcionamento de tais resíduos à produção de cobertura morta orgânica como uma forma de agregar ainda mais valor a tais resíduos.

As áreas urbanas já abrigam a maioria da população mundial e mais 2,5 bilhões de pessoas devem se tornar urbanas até 2050 (ONU). É sobremaneira importante adotar múltiplas condutas de preservação ao meio ambiente e à sustentabilidade ambiental para garantir uma existência digna aos habitantes.

É sabido que as árvores proporcionam um incontestável manancial de benefícios ao ser humano. Entre esses benefícios, podem ser citados: Melhora da qualidade o ar atmosférico com redução da poluição, sombra, proteção ao solo quanto à erosão, viabilização da ciclagem de nutrientes do solo, diminuição da temperatura média de seus arredores, preservação das nascentes de água (DU *et al.* 2021), preservação e interação com a fauna.

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO-ONU)³, as árvores urbanas podem arrefecer a temperatura do ar em 2°C a 8°C; As árvores de maior dimensão exercem função de filtro dos poluentes urbanos e particulados em geral; As árvores adultas regulam o escoamento de água e melhoram sua qualidade; Uma árvore pode absorver

³ <https://www.fao.org/3/C0024PT/c0024pt.pdf>

até 150 kg CO₂/ano, sequestrando carbono e amenizando seus efeitos nas alterações climáticas; A madeira pode ser utilizada para cozinhar e para aquecimento; Certos indivíduos arbóreos são, também, fontes de alimentos; O convívio e a habitação em regiões com árvores geram benefícios físicos e mentais aos cidadãos; A adequada integração de edifícios e árvores em uma cidade gera redução de até 30% de necessidade de utilização de aparelhos de ar-condicionado; As árvores proporcionam habitat, alimentos e refúgio a animais e plantas, preservando a biodiversidade nas regiões urbanas e as árvores enriquecem a paisagem e também valorizam os imóveis localizados próximos a regiões bem arborizadas.

Portanto, conclui-se que as árvores executam vários serviços aos cidadãos e ao meio-ambiente. Convencionou-se denominar tais serviços como serviços ecossistêmicos, que, por sua vez, apresentam as seguintes subespécies: Serviços de provisão: assim entendidos como os produtos obtidos dos ecossistemas; Serviços de Regulação: relativos aos benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais; Serviços Culturais: São os benefícios intangíveis obtidos, de natureza recreativa, educacional, religiosa ou estético-paisagística e Serviços de Suporte: Contribuem para a produção de outros serviços ecossistêmicos (DU *et al* 2021): Ciclagem de nutrientes, formação do solo, dispersão de sementes e Biodiversidade: diversidade genética, espécies, ecossistemas e biomas (BRASIL. 2021).

Mulching se enquadra nos serviços ecossistêmicos, na classe denominada como serviços de provisão, considerando os resíduos de madeira para cobertura orgânica e também na classe de serviços de suporte, dada a capacidade de promover a ciclagem de nutrientes (Du *et al.* 2021) (KLIMEK *et al.* 2020) (KARGAR *et al* 2015).

Os resíduos de poda urbana representam um material cuja destinação ainda é subutilizada, visto que, em sua maioria, tem uma destinação inadequada para aterros sanitários ou queima aleatória e sem qualquer finalidade direta, tão-somente para o descarte da massa destes resíduos. Atualmente, ainda são incipientes as iniciativas de agregar valor aos resíduos de poda urbana. Pandey (2022) utiliza a expressão de que as nações em desenvolvimento adotam uma postura passiva na utilização de resíduos urbanos e industriais, realçando a ausência de estatísticas espaciais e qualitativas acerca de resíduos de madeira. Alves (2009) destaca estudos demonstrando que os resíduos de poda de árvores é uma alternativa de fertilização, quando aplicada como adubo verde. É possível estender tal entendimento à alternativa do *mulching*.

COUTO *et al.* (2021) constata que a casca da árvore era considerada, recentemente, como resíduo sem muito valor agregado na indústria de transformação de madeira, realçando

as múltiplas aplicações deste valioso resíduo para a sociedade, para o mercado e para o meio-ambiente. Henschke (2021) afirma que a utilização de resíduos de madeira utilizados como *mulching* é uma forma simples de descarte. Soa inapropriada a utilização do termo “descarte”, visto que a palavra a ser usada deveria ser uma que retratasse a ideia da autora citada, tal qual um sinônimo de reutilização, reciclagem ou destinação adequada ao resíduo em questão.

Qu *et al.* (2019) atesta que a (re)utilização de resíduos verdes urbanos é capaz de solucionar problemas ambientais, contribuindo ao desenvolvimento sustentável. Nessa mesma lógica, Pandey (2022) indica que a tônica é reduzir, recuperar e potencializar a utilização de toda a gama de resíduos de madeira provenientes da indústria de base florestal e demais atividades geradoras de tais resíduos. No Brasil, Dias Junior *et al.* (2021) alerta para o aumento da geração de resíduos urbanos de madeira e a prática de seu descarte inadequado, sublinhando os problemas ambientais causados. Como mencionado acima, descarte não deve ser a tônica para os resíduos de madeira, de qualquer origem. A diretriz deve ser sempre a da reutilização, reciclagem, dentre outras acepções similares.

Nessa esteira, verifica-se um grande potencial de utilização dos resíduos de poda urbana, com diversas alternativas para utilização em destinações mais adequadas do que o mero descarte de tal material. As formas de agregar valor à (re)utilização de tais resíduos são: energia térmica (NATI *et al.* 2018) (DIAS JUNIOR *et al.* 2021), energia elétrica, compostagem, produtos de madeira (pequenos objetos de madeira (POM) e produtos de maior valor agregado - PMVA) (PANDEY. 2022), bio-óleo para formar a liga de asfalto de petróleo, cama para animais e cobertura morta, que se convencionou denominar *mulching*, revelando-se como uma das formas ambientalmente sustentáveis para o reaproveitamento dos resíduos de madeira. (HENSCHKE, 2016) e (FIORINESCHI *et al.* 2021).

Uma das potenciais aplicações de resíduos de poda é como *mulching* para o solo urbano. As ações antrópicas nas cidades geram reflexos profundos ao ambiente da arborização urbana. Nesse sentido, afirma ZHOU *et al.* (2021) que os solos florestais urbanos são mais vulneráveis que os solos florestais naturais. Os solos urbanos são mais compactados, com escasso nível de nutrientes e estrutura deficitária (ZHOU *et al.* 2021). KARGAR *et al.* (2015) relatam que os solos urbanos se apresentam heterogêneos no que se refere à concentração de nutrientes, em razão das peculiaridades urbanas, tais como poluição atmosférica e distúrbios físicos.

ZHOU *et al.* (2021) relata fenômeno incidente no inverno, no norte da China, em que ocorre o murchamento de plantas herbáceas, fato que aumenta o particulado no ar e a poluição. Para amenizar tais efeitos, as cidades afetadas aplicam cobertura morta (*mulching*)

sobre os canteiros. Du *et al.* (2021) afirma que as coberturas orgânicas e inorgânicas têm sido largamente usadas na arborização urbana, com mais ênfase nos efeitos estéticos e físicos, ressaltando haver poucos estudos sobre o impacto na fertilidade do solo.

3.8. Experimento realizado com tratamentos de *mulching* e seus efeitos no solo e no crescimento de daninhas

No experimento em questão, realizado no *campus* da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica-RJ, foram identificadas 25 (vinte e cinco) árvores jovens localizadas dentro do *campus* da UFRRJ, em terreno próximo ao Instituto de Zootecnia (IZ) (localização 22°46'22"S 43°41'15"W), com aparência de árvores urbanas.



Figura 45. Imagem da área do experimento UFRRJ. Fonte: *Google Earth*. Acesso em: 20/07/2023.

Foi feito um estudo observacional-analítico, do tipo caso-controle, onde houve grupos de árvores com aplicações de *mulching* distintos e um grupo controle, que não recebeu aplicação alguma. Deste grupo de árvores, denominado controle, 05 (cinco) foram identificadas como tal. Nas demais, aplicou-se, na gola das árvores eleitas, sendo cada grupo composto por 05 (cinco) árvores jovens a receber o mesmo material, tendo a cobertura a altura de 15 cm e diâmetro de aplicação de 120 cm de cobertura morta (*mulching*), 04 (quatro)

tipos de materiais, quais sejam, Resíduos de madeira geral, Resíduos de poda urbana, casca de pinus e maravalha seca, com as seguintes características: Material 1: Resíduos de madeira geral de Granulometria de 3 a 8 cm; Material 2: Resíduos de poda urbana de Granulometria de 3 a 8 cm; Material 3: Lascas de casca de pinus de granulometria de 3 a 5 cm; Material 4: Resíduos de eucalipto (maravalha).

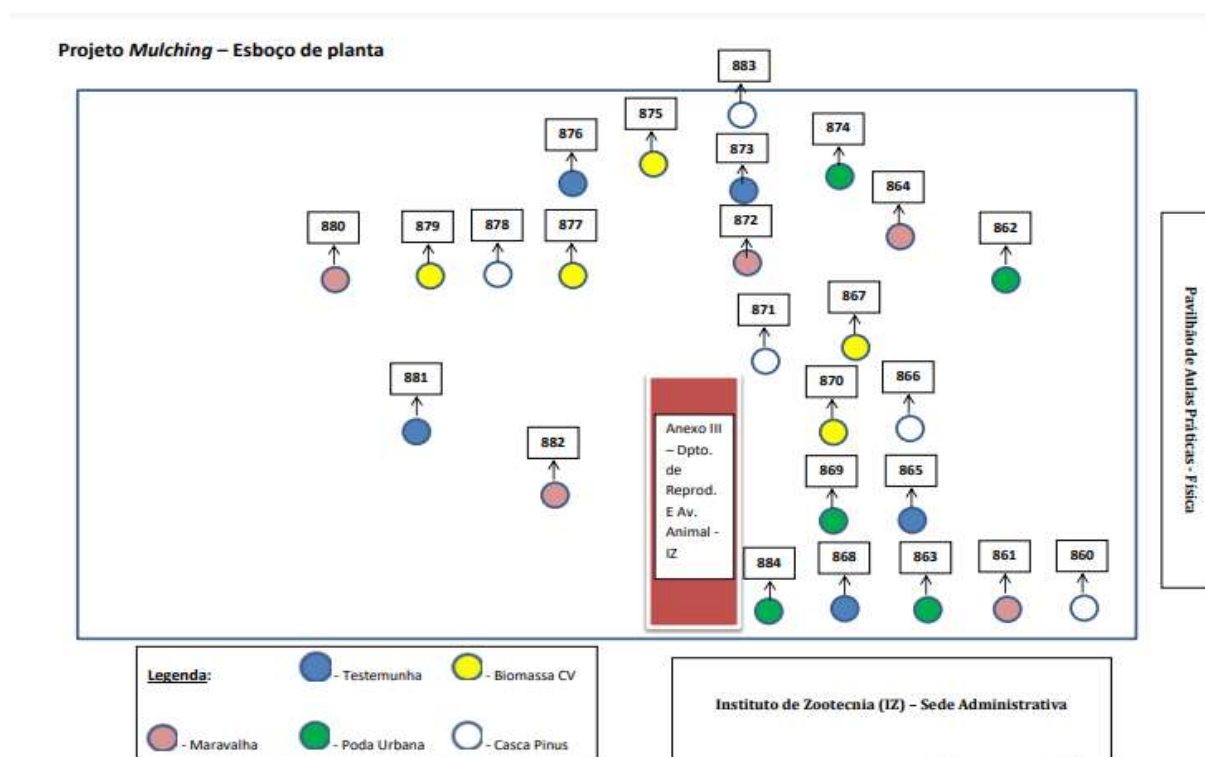


Figura 46. Croqui dos indivíduos arbóreos e respectivos tratamentos. Do Autor.

Quanto à origem dos materiais, os resíduos de poda urbana triturada na Estação de Transbordo de Resíduos (ETR) da COMLURB-RJ, situada no Caju (https://maps.app.goo.gl/4hBsizeXPVDoF2rSA?g_st=iw), local retratado na figura abaixo.



Figura 47. Foto: COMLURB. ETR Caju. 20/08/2023. Do Autor.

A trituração dos resíduos de poda urbana na ETR do Caju é realizada com equipamento doado pela Prefeitura de Colônia (Alemanha) à COMLURB, empresa de coleta de resíduos do município do Rio de Janeiro, visualizado na foto abaixo.



Figura 48. Foto: COMLURB. ETR Caju. 20/08/2023. Do Autor.

Resíduos de toda espécie de madeira (inclusive de poda urbana), aqui com a nomenclatura de biomassa, triturada na empresa Chaco Vaco Transportes Comércio e Beneficiamento de Madeira LTDA, situada na Rua Tocantins, 287 - Jardim Gramacho, Duque de Caxias – RJ (<https://goo.gl/maps/6X6gb4rbMhxah6kt5>).



Figura 49. Foto: Chaco Vaco. 03/08/2023. Do Autor.

A maravalha de eucalipto fora obtida na serraria do Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), do Instituto de Florestas (IF), na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), local onde foram coletadas, outrossim, as cascas de pinus utilizadas no experimento.

Após a aplicação do *mulching*, foi feita a análise e o monitoramento das seguintes variáveis, no local de aplicação do *mulching*, a saber: Crescimento de ervas daninhas – monitoramento feito a cada 12 dias, em média; Temperatura da superfície do solo – monitoramento feito a cada 12 dias, em média; Temperatura do subsolo (15 cm de profundidade) – monitoramento feito a cada 12 dias, em média; Teor de Umidade do solo – monitoramento feito a cada 12 dias, em média, ao longo de 03 (três) meses, resultando, portanto, em 06 (seis) eventos de medição.



Figura 50. Foto: IZ UFRRJ. 26/09/2023. Do Autor.

Para efetivar as medições almejadas no presente experimento, foram utilizados os seguintes equipamentos: Geotermômetro Digital *Soil Control Mod. TP-101*, além de estufa e balança de precisão.

A medição das massas úmida e seca foi efetivada no Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), do Instituto de Florestas (IF), na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), por 24 horas de manutenção em estufa a 105°C, ambos pesados em balança de precisão.

Assim, tem-se no presente experimento, 04 (quatro) materiais, sendo 01 (um) tipo por cada grupo de 05 (cinco) árvores eleitas e a possibilidade de realizar a comparação dos resultados obtidos com o grupo testemunha, de modo a aferir os efeitos da utilização da técnica de *mulching* sobre o solo e as árvores.

Os resultados foram inseridos no programa de computador denominado *Excel*, onde foram analisados seus resultados, com a extração dos delineamentos indicados acima e gráficos comparativos dos dados obtidos.

A aplicação de *mulching* produz efeitos nas características do solo e no crescimento de daninhas. A principal resposta ao problema indicado no experimento é a obtenção de novas formas de utilização de resíduos florestais urbanos que viabilizem uma gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos oriundos da poda urbana. Assim, busca-se

demonstrar, com o presente experimento, que os resíduos de poda urbana sejam reaproveitados como *mulching*, de modo a preservar o meio-ambiente, com a utilização constante de tal técnica.

Partiu-se da hipótese de que a aplicação de *mulching* produz efeitos nas características do solo e no crescimento de daninhas. A principal resposta ao problema indicado na pesquisa é a obtenção de novas formas de utilização de resíduos florestais urbanos que viabilizem uma gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos oriundos da poda urbana. Assim, busca-se demonstrar, com o presente experimento, que os resíduos de poda urbana sejam reaproveitados como *mulching*, de modo a preservar o meio-ambiente, com a utilização constante de tal técnica.

Como hipótese secundária, podemos afirmar que o reaproveitamento dos citados resíduos é benéfico tanto ao meio ambiente quanto aos munícipes. Também é possível afirmar que a gestão de tais resíduos pode ser otimizada. Também é possível dizer que a técnica de *mulching* cumpre a destinação ambientalmente adequada aos resíduos de poda urbana.

3.6. Resultados obtidos e discussão

Considerando a média aritmética de todas as medições realizadas ao longo do período de todos os indivíduos de cada grupo, no quesito temperatura da superfície do solo, constatou-se que a maior temperatura apresentada foi a do grupo que recebeu *mulching* do material casca de pinus, apresentando 39,27°C e a menor temperatura foi apresentada pelo grupo que recebeu *mulching* do material biomassa, apresentando 36,05°C, indicando, portanto, uma diferença de temperatura equivalente a 3,22°C entre tais tratamentos no quesito temperatura da superfície, o que revela uma diferença de 8,19% entre o maior e o menor resultado.

O grupo de árvores que recebeu o tratamento oriundo de resíduos de poda urbana apresentou média de temperatura de superfície do solo de 36,63°C, conforme descrito na tabela abaixo.

Tabela 10. Média Aritmética da Temperatura da Superfície do Solo

Média Aritmética da Temperatura da Superfície do Solo		
Ordem	Tratamento	°C
1	Pinus	39,27
2	Maravalha	38,65
3	Testemunha	36,90
4	Poda	36,63
5	Biomassa	36,05

Fonte: Do Autor.

Importante mencionar que, em todos os dias de medição, o grupo que recebeu *mulching* do material casca de pinus apresentou a maior temperatura de superfície do solo em 50% dos eventos de medição e o grupo que recebeu o tratamento biomassa também retornou a menor temperatura deste quesito, isoladamente, em 66,7% dos eventos de medição.

Tais resultados podem ser constatados no gráfico indicado abaixo.

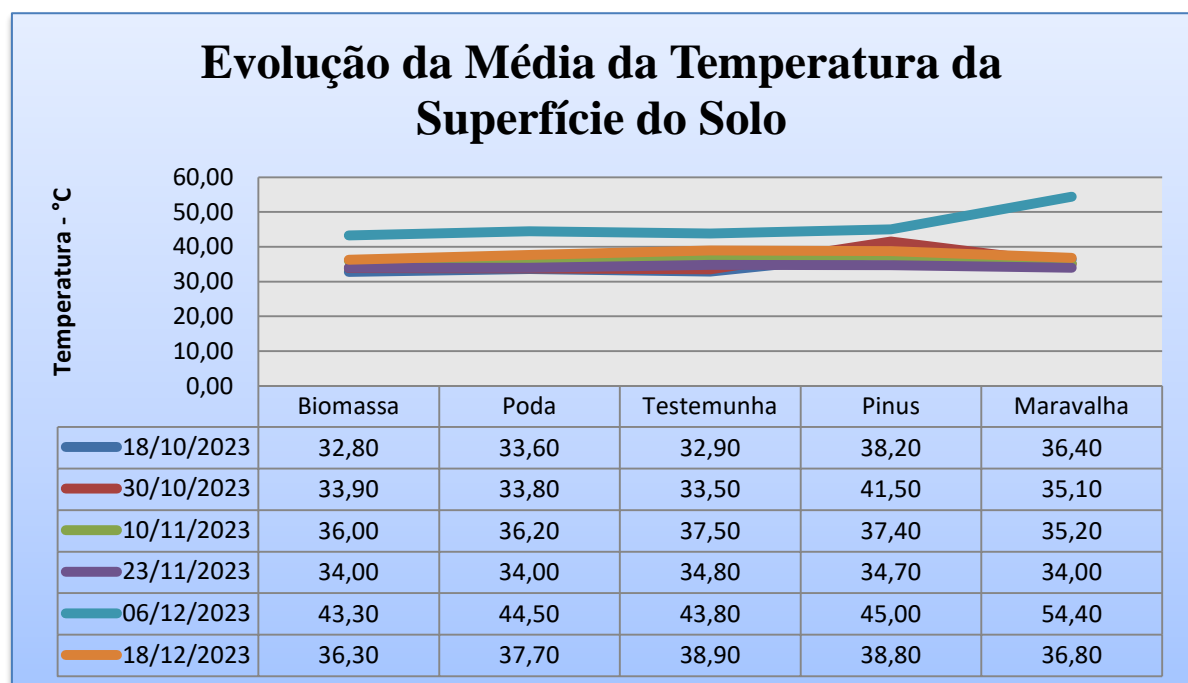


Gráfico 4. Evolução da Média Aritmética da Temperatura da Superfície do Solo. Fonte: Do autor.

Considerando o mesmo método de cálculo acima indicado, isto é, média aritmética de todas as medições realizadas ao longo do período de todos os indivíduos de cada grupo, no quesito temperatura do subsolo, constatou-se que a maior temperatura de subsolo foi a do grupo controle denominado testemunha, apresentando 29,37°C e a menor temperatura foi apresentada pelo grupo que recebeu *mulching* do material biomassa, apresentando 27,90°C, indicando, portanto, uma diferença de temperatura equivalente a 1,47°C entre tais tratamentos no quesito temperatura do subsolo, o que revela uma diferença de 5,01% entre o maior e o menor resultado.

Os efeitos da cobertura morta na temperatura do solo são apresentados por Sridhara (2022), que constatou ter o *mulch* excelentes propriedades isolantes térmicas, diminuindo a

amplitude térmica do solo, além de mantê-lo mais ameno no verão e mais aquecido no inverno (SRIDHARA, 2022). Esse efeito é explicado pelo bloqueio parcial da incidência direta dos raios solares ao solo, mantendo-o menos suscetível ao calor gerado e, portanto, menos quente. O efeito térmico também ocorre no inverno, onde o *mulch* evita a perda de calor pelo solo ao ambiente. A temperatura do solo também tem sofrido impactos em função do fenômeno de aquecimento global, caracterizado por taxas crescentes de aquecimento das temperaturas e eventos de chuva mais intensos (GUMBREWICZ & CALDERWOOD, 2022). Leclercq-Dransart (2020) também menciona as propriedades e efeitos da aplicação de *mulching* no solo, gerando uma regulação microclimática nos fatores de temperatura e umidade. Portanto, conforme se verifica na literatura científica, é possível sugerir que a técnica de *mulching* ameniza os efeitos gerados pelo aquecimento global, tanto para prolongar a permanência da água no solo quanto para manter a temperatura deste.

Ainda no quesito temperatura do subsolo, o tratamento de *mulching* feito com resíduos de poda urbana apresentou a segunda maior média de temperatura do subsolo, com valor de 28,82°C, conforme descrito na tabela abaixo. Considerando que a menor média de temperatura de subsolo foi a apresentada pelo grupo que recebeu a cobertura de material de biomassa (27,90°C) pode afirmar que a diferença de temperatura entre os materiais poda urbana e biomassa é de 1,13% entre estes resultados.

Tabela 11. Média Aritmética da Temperatura do Subsolo

Média Aritmética da Temperatura do Subsolo		
Ordem	Tratamento	°C
1	Testemunha	29,37
2	Poda	28,22
3	Maravalha	28,10
4	Pinus	28,08
5	Biomassa	27,90

Fonte: Do Autor.

Importante mencionar que, em todos os dias de medição, o grupo testemunha apresentou, isoladamente, a maior temperatura de subsolo e o grupo que recebeu o tratamento biomassa também resultou na menor temperatura deste quesito, isoladamente em 03 dias de medição e acompanhado de outro tratamento em outros 03 dias, o que ratifica a conclusão de

que fora o tratamento mais eficaz para a manutenção da temperatura de subsolo em patamares mais baixos, quando comparados aos demais tratamentos.

Tais resultados podem ser constatados no gráfico indicado abaixo, que reflete a tendência de equilíbrio dos resultados em todos os eventos de coleta dos resultados, demonstrando a tendência padronizada dos resultados obtidos nas medições efetivadas.

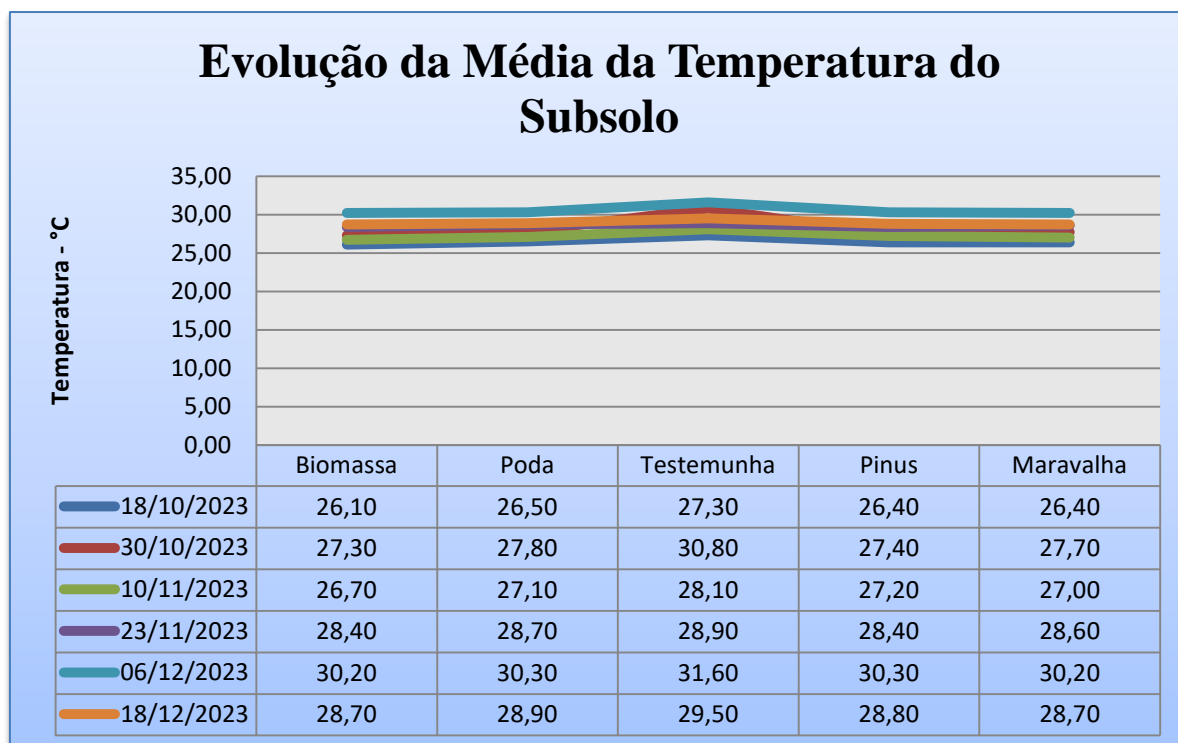


Gráfico 5. Evolução da Média Aritmética da Temperatura do Subsolo. Fonte: Do autor.

No que concerne ao teor de umidade do solo, que é definida pela massa de água presente nas amostras de solo coletadas em cada indivíduo, nos diferentes tratamentos que compuseram o presente experimento. Importante mencionar que o teor de umidade aqui referenciado é a umidade em base seca, sendo o resultado do seguinte cálculo: Massa úmida subtraída da massa seca, dividida pela massa seca, multiplicados por 100, gerando a obtenção do percentual de teor de umidade em base seca dos materiais.

Assim sendo, os resultados obtidos revelam que, considerando a média aritmética de todas as medições por cada grupo, o maior teor de umidade do solo foi a do grupo que recebeu *mulching* do material maravalha de eucalipto, apresentando 16,28% de umidade, enquanto que o menor teor de umidade foi apresentado pelo grupo controle denominado testemunhas, apresentando 9,90% de umidade, indicando, portanto, uma significativa

diferença, equivalente a 39,18% entre os índices apresentados no quesito teor de umidade do solo.

O grupo de árvores que recebeu o *mulching* feito de resíduos de poda urbana apresentou o segundo maior teor de umidade do solo de todos os grupos, na proporção de 13,08%, em resultados bastante próximos aos do grupo de biomassa (12,88%) e casca de pinus (12,12%), conforme se verifica na tabela abaixo.

Tabela 12. Média Aritmética do Teor de Umidade (TU) do Solo

Média Aritmética do Teor de Umidade (TU) do Solo		
Ordem	Tratamento	Teor de Umidade (TU)
1	Maravalha	16,28
2	Poda	13,08
3	Biomassa	12,88
4	Pinus	12,12
5	Testemunha	9,90

Fonte: Do Autor.

Tais resultados podem ser constatados no gráfico indicado abaixo, que reflete a tendência de equilíbrio dos resultados em todos os eventos de coleta dos resultados sobre teor de umidade do solo, indicando uma estabilidade no padrão de formato em todas as datas de obtenção dos dados.

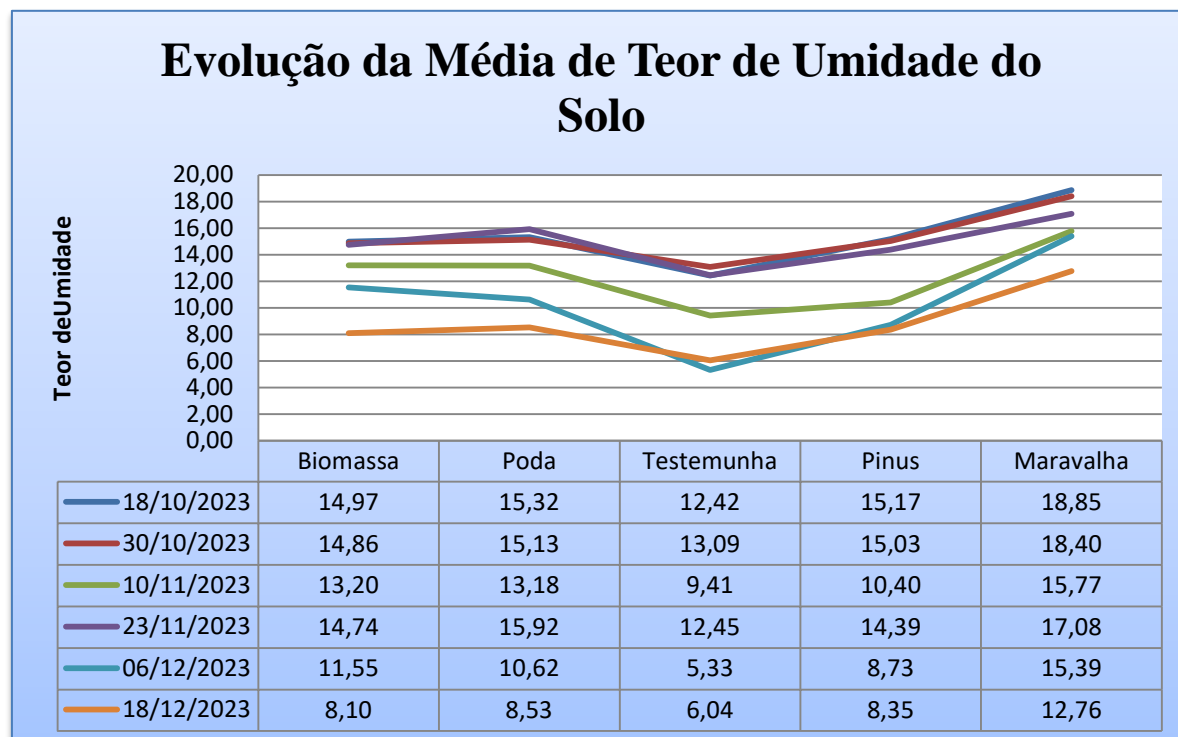


Gráfico 6. Evolução da Média Aritmética do Teor de Umidade (TU) do Solo. Fonte: Do autor.

É possível, ainda estabelecer uma relação entre a variável denominada temperatura do subsolo com a variável denominada teor de umidade. O grupo testemunha, que apresentou a maior média de temperatura do subsolo (29,37°C), por consequência revelou o menor teor de umidade do solo (9,90%).

O tratamento de cobertura do material maravalha, que apresentou o maior teor de umidade (16,26%), está situado entre as 03 (três) maiores temperaturas de subsolo aferidas.

O gráfico abaixo traz a média aritmética de todos os resultados, por grupos de tratamento, em todas as medições realizadas no presente experimento.

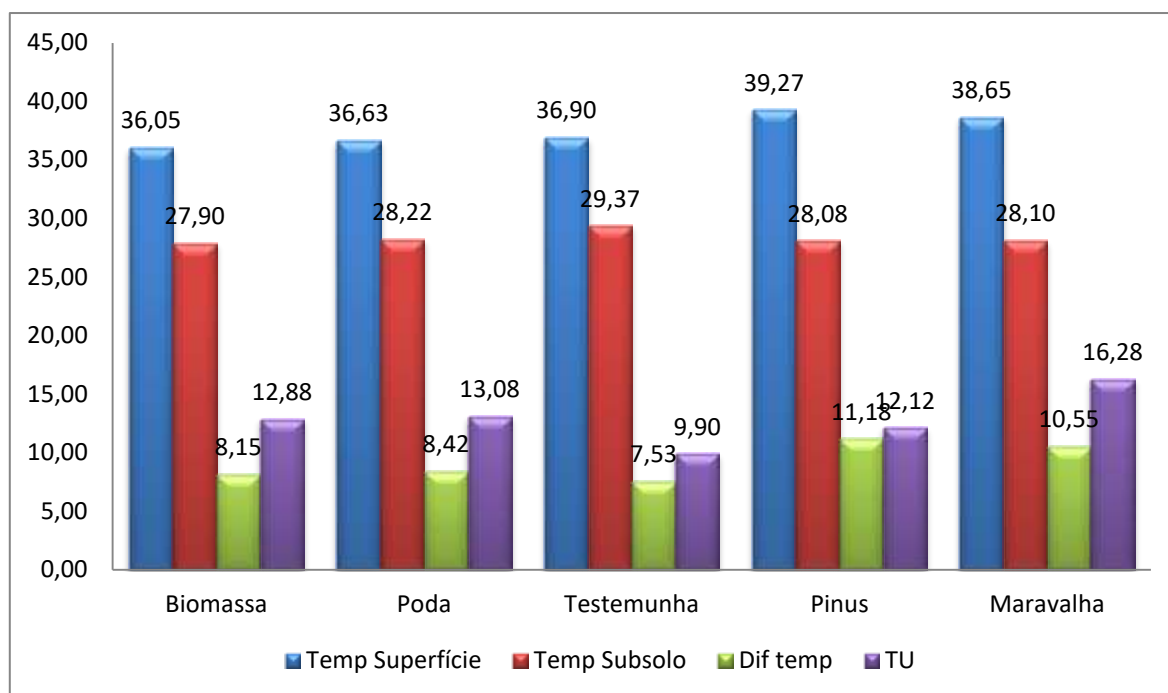


Gráfico 7. Média aritmética de todos os grupos de tratamento. Fonte: Do autor.

Na averiguação dos efeitos de aplicação de *mulching* derivado de resíduos de madeira, feita no presente estudo, constatou-se que o tratamento de cobertura do material maravalha, que apresentou o maior teor de umidade (16,26%), O grupo testemunha, que apresentou a maior média de temperatura do subsolo (29,37°C), por consequência revelou o menor teor de umidade do solo (9,90%). A menor temperatura foi apresentada pelo grupo que recebeu *mulching* do material biomassa, apresentando 27,90°C.

O grupo de árvores que recebeu o *mulching* feito de resíduos de poda urbana apresentou o segundo maior teor de umidade do solo de todos os grupos, na proporção de 13,08%, em resultados bastante próximos aos do grupo de biomassa (12,88%) e casca de pinus (12,12%).

No quesito temperatura do subsolo, o tratamento de *mulching* feito com resíduos de poda urbana apresentou a segunda maior média de temperatura do subsolo, com valor de 28,82°C, conforme descrito na tabela abaixo. Considerando que a menor média de temperatura de subsolo foi a apresentada pelo grupo que recebeu a cobertura de material de biomassa (27,90°C) pode afirmar que a diferença de temperatura entre os materiais poda urbana e biomassa é de 1,13% entre estes resultados.

Para a avaliação e comparação dos resultados obtidos para a variável crescimento de ervas daninhas, foram medidas a altura e o volume médios das daninhas por tratamento. Para a altura, foram feitas dez medições com trena metálica em pontos aleatórios ao longo do espaço onde foi aplicado o *mulching* ou ao longo do diâmetro da gola (circunferência ao redor da base das árvores). Quanto ao volume de ervas daninhas, foi feita uma avaliação visual com atribuição de notas, onde foram estabelecidas cinco classificações, a saber: muito baixo (nota 1); baixo (nota 2); médio (nota 3); alto (nota 4); e muito alto (nota 5)

Considerando a média das avaliações do crescimento de daninhas, após o decurso de 90 dias, constatou-se que o maior crescimento de ervas daninhas foi o do grupo controle denominado testemunha, apresentando 69,94 cm de altura média e nota média 4,2 em volume de daninhas. O menor maior crescimento de ervas daninhas foi apresentado pelo grupo que recebeu o material biomassa, apresentando 6,20 cm de altura média e nota média 1,2 em volume de daninhas, indicando, portanto, uma diferença de 69,74 cm de altura média e de 3 pontos na nota de volume entre tais tratamentos na variável crescimento de ervas daninhas.

Importante mencionar que o grupo testemunha apresentou, de forma isolada e com diferença significativa em relação aos demais grupos, o maior crescimento de ervas daninhas, o que ratifica a conclusão de que o *mulching* é eficaz para impedir o crescimento de ervas daninhas.

Tais resultados podem ser constatados no Gráfico 4 e Tabela 4, que refletem as tendências em termos de redução significativa do crescimento de ervas daninhas nos tratamentos com aplicação de *mulching* em comparação com o grupo testemunha.

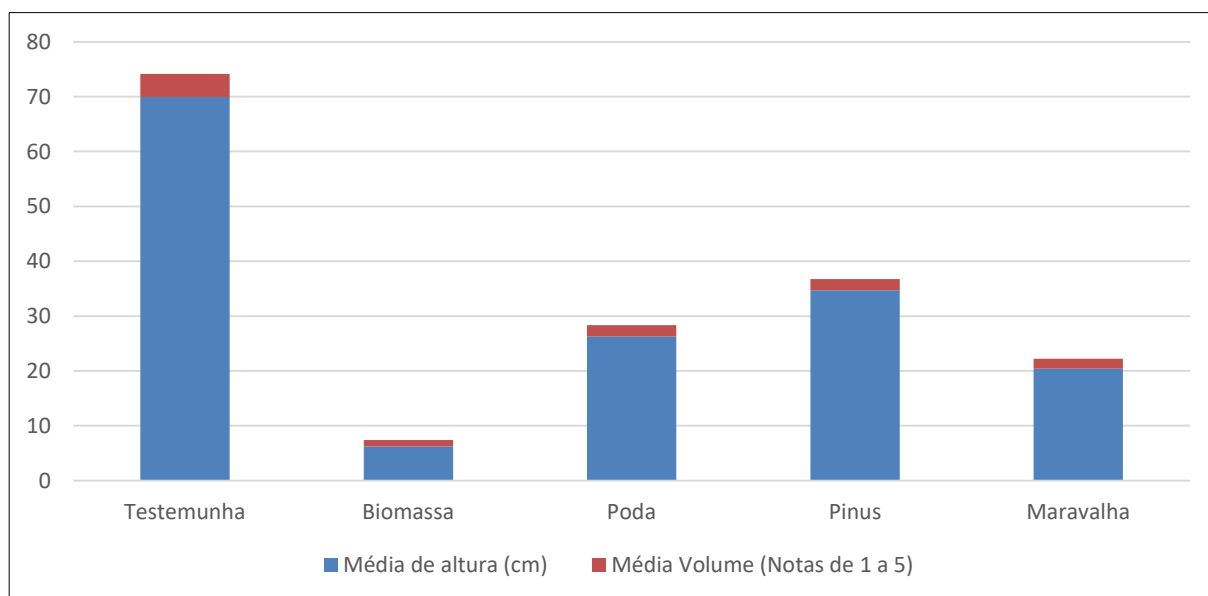


Gráfico 8. Comparativo entre os tratamentos de *mulching* do crescimento de ervas daninhas.

A partir dos resultados encontrados notou-se nitidamente a redução do crescimento de ervas daninhas onde foram aplicados os diferentes materiais utilizados como *mulching*. A aplicação de *mulching* de resíduos florestais urbanos, em torno da gola das árvores jovens, sobretudo urbanas, sujeitas aos efeitos de temperaturas extremas, poluição, longos períodos de estiagem, é adequada às práticas de reutilização, reaproveitamento, reciclagem de resíduos de árvores urbanas, sobretudo oriundas de poda, contribuindo para a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Tabela 13. Média aritmética de altura e volume de ervas daninhas:

Tratamento	Média de altura de ervas daninhas (cm)	Média Volume de ervas daninha (Notas de 1 a 5)*
Testemunha (T0)	69,94	4,20
Biomassa (T1)	6,20	1,20
Poda (T2)	26,32	2,00
Pinus (T3)	34,72	2,00
Maravalha (T4)	20,40	1,80

*muito baixo (nota 1); baixo (nota 2); médio (nota 3); alto (nota 4); e muito alto (nota 5)

3.8. Conclusão

A ciência vem demonstrando que é preciso rever as práticas relativas à destinação dos resíduos florestais, sobretudo os oriundos de poda urbana, com vistas à manutenção da qualidade de vida dos cidadãos, da preservação ao meio ambiente, com a adoção de tecnologias e posturas de gestão ambientalmente adequada dos resíduos de árvores, incentivando a utilização como cobertura morta (*mulching*) para o solo das áreas urbanas, em suas múltiplas aplicações.

Afirma ZHOU *et al.* (2021) que os solos florestais urbanos são mais vulneráveis que os solos florestais naturais. Os solos urbanos são mais compactados, com escasso nível de nutrientes e estrutura deficitária (ZHOU *et al.* 2021). KARGAR *et al* (2015) relatam que os solos urbanos se apresentam heterogêneos no que se refere à concentração de nutrientes, em razão das peculiaridades urbanas, tais como poluição atmosférica e distúrbios físicos.

Os resultados mostraram que os tratamentos de *mulching*, em diferentes níveis, mantiveram a temperatura do subsolo mais baixa do que o grupo que não recebeu a cobertura,

bem como foi preservada a umidade do solo. O grupo que recebeu a maravalha de eucalipto apresentou os níveis médios de manutenção da umidade do subsolo mais elevados. O grupo que recebeu os resíduos de madeira picados (biomassa), apresentou a menor média nos valores de temperatura do subsolo. O grupo testemunha apresentou, por sua vez, a maior média de temperaturas do subsolo. A pesquisa obteve como conclusão que, em diferentes níveis, a técnica do *mulching* propicia ganhos significativos para a proteção do solo e manutenção de níveis mais adequados ao crescimento de árvores urbanas.

Portanto, é possível concluir que a aplicação de *mulching* de resíduos florestais urbanos, em torno da gola das árvores jovens, sobretudo urbanas, sujeitas aos efeitos de temperaturas extremas, poluição, longos períodos de estiagem, é adequada às práticas de reutilização, reaproveitamento, reciclagem de resíduos de árvores urbanas, sobretudo oriundas de poda, contribuindo para a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado. A aplicação de *mulching* de resíduos de poda urbana, nos solos urbanos onde são plantadas árvores jovens, é, outrossim, uma forma de efetivação dos serviços ecossistêmicos.

CONCLUSÃO

Por tudo o que fora exposto ao longo da presente investigação acadêmica, buscou-se identificar quais são os impactos históricos da legislação ambiental brasileira na gestão dos resíduos de poda urbana na cidade do Rio de Janeiro.

Como diretriz da pesquisa, ora empreendida, lançou-se um olhar para a gestão dos resíduos sólidos, especificamente quanto aos resíduos oriundos do manejo das árvores urbanas, com ênfase ao Município do Rio de Janeiro, a partir do enfoque preconizado pela legislação ambiental, indicando soluções inerentes à área de ciência e tecnologia para produtos florestais em tal destinação, especificamente quanto à reutilização e reaproveitamento dos resíduos florestais urbanos como *mulching*.

A pesquisa lançou, portanto, um olhar para o objeto sob a perspectiva das ciências jurídicas e ambientais, mais especificamente da área de ciência e tecnologia para produtos florestais, na área de modificação, transformação e industrialização de produtos florestais, na busca por alternativas à destinação ambientalmente adequada dos resíduos florestais urbanos, com vistas à obtenção de diretrizes e soluções às questões atinentes ao tema.

Constatou-se que a legislação ambiental brasileira – em suas três esferas de competência para elaborar leis com tal escopo, quais sejam: Federal, estadual e municipal – passou por profundas alterações, principalmente a partir da promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, ocasião em que o meio ambiente fora alçado à categoria de direito fundamental em nosso ordenamento jurídico, havendo determinação de sua preservação e equilíbrio para todas as gerações (presente e futuras), o que representa a adoção do princípio responsabilidade elaborado por Hans Jonas.

O objetivo da pesquisa foi o de mensurar os impactos da evolução da legislação – Federal, municipal e estadual – no âmbito da gestão de resíduos sólidos vegetais do Rio de Janeiro, identificando, nas ações de gestão municipal, o que está em conformidade e em desconformidade com o que preconiza a legislação, bem como propor soluções objetivas, inerentes à tecnologia da madeira, que possam auxiliar tanto na gestão dos resíduos florestais urbanos, quanto na análise acadêmica e na produção jurídico-ambiental sobre o tema.

O questionamento consequente da evolução legislativa mencionada é: Houve modificação de atuação do Poder Público Municipal em relação à gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro? A resposta que a pesquisa alcançou foi: Sim, houve. Porém, de forma ainda muito esparsa, em baixa escala e pouco consistente. Há

dados que indicam um viés de que haverá melhorias em tal gestão, mas é necessário planejamento e adoção de políticas públicas perenes nesse sentido para consolidar essa tendência.

Ao que se verifica, o Brasil possui uma produção legislativa ambiental bastante profícua, sendo bastante abrangente e protetiva do meio ambiente nas três esferas federativas. Porém, identificou-se um hiato entre o que estabelece a legislação ambiental e as práticas efetivas na gestão dos resíduos florestais urbanos no Município do Rio de Janeiro. Não se verificou, em larga escala, a adoção de condutas perenes, planejadas, amplas e contínuas acerca da gestão de tais materiais.

Pode-se dizer que a natureza não assimila – de *per si* – a legislação ambiental. É preciso que tais preceitos se traduzam em práticas efetivas, ininterruptas e em contínuo aprimoramento para que a natureza possa, enfim, apresentar as consequências positivas desta mudança de conduta do ser humano, a fim de que se alcance – verdadeiramente – o equilíbrio ecológico-ambiental perseguido por todos.

A gestão dos resíduos florestais urbanos, no Município do Rio de Janeiro, ainda adota práticas muito incipientes e não se revela plenamente adequada ao que determina a legislação ambiental brasileira, podendo ser otimizada, portanto.

Considerando que a legislação brasileira impõe a obrigação de que tal resíduo deve ser reutilizado, de modo a evitar sua disposição final em aterros sanitários, é inexorável a conclusão de que o Município deve aplicar os conceitos de coleta seletiva de tais resíduos, de modo a propiciar a melhor reutilização possível deste material, sendo certo que, segregando-o, poderá obter a melhor destinação dele, nos moldes preconizados pela legislação. Portanto, esta é uma das primeiras etapas para uma gestão ótima dos resíduos florestais urbanos: A coleta seletiva.

Assim, identificou-se o problema enfrentado, acerca da gestão e aproveitamento dos resíduos sólidos vegetais oriundos da atividade de poda das árvores que compõem o acervo urbano, visto que a destinação de tais resíduos deve cumprir o preconiza a legislação aplicável à espécie, com vistas à preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Portanto, a adoção de soluções inerentes à área de ciência e tecnologia para produtos florestais em tal destinação, especificamente quanto ao desenvolvimento de projeto relacionado à reutilização e reaproveitamento dos resíduos florestais urbanos como *mulching*, isto é, cobertura morta, em razão da compatibilização da pesquisa proposta às políticas públicas e legislação relativas ao aproveitamento de resíduos vegetais oriundos de poda urbana e sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável.

A reutilização deste material residual do manejo das árvores urbanas, como *mulching*, representa a compatibilização da pesquisa proposta às políticas públicas e legislação relativas ao aproveitamento de resíduos agroflorestais, sendo uma importante alternativa na condução da gestão dos resíduos vegetais oriundos de poda urbana e sua destinação eficiente e ambientalmente sustentável.

A pesquisa também propõe a investigação sobre se o Poder Executivo Municipal do Rio de Janeiro tem adotado condutas concretas para propiciar condições e possibilidades para a efetivação de uma adequada gestão, destinação e o aproveitamento ambientalmente eficiente e sustentável dos resíduos sólidos vegetais de poda urbana.

A gestão dos resíduos sólidos vegetais oriundos da poda de árvores urbanas pelo Município do Rio de Janeiro deve atender, simultânea e plenamente, aos aspectos legislativo e ambiental, de modo que o aproveitamento de resíduos da poda urbana tenha uma destinação final ecologicamente adequada, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Considerando a vital importância da arborização urbana à manutenção da qualidade de vida aos munícipes, revela-se sobremaneira importante aumentar a presença de áreas verdes nas cidades. Além disso, é premente também a implementação e efetivação, pelos municípios, de um modelo de gestão que contemple ações coordenadas para planejar, desde o plantio das árvores até a utilização ambientalmente adequada de seus resíduos. Tal objetivo somente será atingido quando forem efetivadas políticas públicas robustas nesse sentido.

A constatação de tal fato, por parte da sociedade mundial, com vistas ao enfrentamento da crise ecológico-ambiental, tem gerado mobilizações com vistas a modificar o padrão comportamental do ser humano moderno, de modo a conscientizá-lo da necessidade de preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

É possível afirmar que a reflexão filosófica de Hans Jonas, com vistas à repercussão da conduta humana no mundo exterior ao próprio ser humano, especialmente à natureza, é uma das inspirações que ensejaram a mobilização das nações mundiais em prol da preservação do meio ambiente, sendo, outrossim, a premissa do elemento nuclear adotada pela normativa fundamental inserida na Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, acerca da preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado para a presente e também às futuras gerações.

Revela-se, portanto, totalmente pertinente ao escopo legislativo ambiental pátrio atualmente vigente o novo enfoque filosófico proposto por Jonas (2006), criado a partir do

imperativo categórico de Kant, cuja transcrição a seguir: “Age de tal forma que os efeitos de tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma vida humana autêntica sobre a terra”.

Para tanto, deve haver a criação de políticas públicas no sentido de adequar a destinação dos resíduos de poda urbana de forma a atender à legislação, sobretudo à Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 05 de Outubro de 1988, à Política Nacional de Resíduos Sólidos, à Política Nacional de Meio Ambiente, bem como à Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, aplicáveis de forma integrada e sistemática, com o planejamento da gestão destes resíduos incorporado, minuciosamente, ao plano diretor de arborização urbana do município e, sobretudo, à plena execução deste plano diretor no cotidiano da cidade.

Conforme consta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES, o processo para avançar com a destinação final ambientalmente adequada de resíduos depende, dentre outros fatores, da implementação efetiva das políticas públicas, com ênfase na gestão integrada e, quando aplicável, no desenvolvimento de arranjos regionais, de forma a conferir ganhos de escala e redução de custos.

Os resíduos florestais urbanos são classificados como resíduos orgânicos. A degradação dos resíduos orgânicos é uma das principais fontes de emissão de metano. Os aterros sanitários são a terceira maior fonte antropogênica mundial de metano (PLANARES, 2022).

A destinação adequada dos resíduos de poda urbana também contribui para a mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente pela conversão do metano em CO_2 , sendo certo que não haverá a degradação deste material nos aterros sanitários, que representam uma forma inadequada de descarte de tais resíduos.

Portanto, quando menor for o direcionamento de resíduos orgânicos – incluídos os resíduos florestais urbanos – aos aterros sanitários, menor será a produção de gás metano, contribuindo para os esforços nacionais de combate às mudanças climáticas, além dos benefícios sociais e econômicos de tal iniciativa.

Constam do PLANARES (2022) as metas também inerentes aos resíduos florestais urbanos, quais sejam: Recuperar 48,1% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU) em âmbito nacional até 2040; Recuperar 20% de recicláveis secos, em relação à massa total de RSU, até 2040 e Recuperar 13,5% da fração orgânica, em relação à massa total de RSU, até 2040.

O cumprimento das metas acima indicadas contribuirá para a redução de custos associados ao transporte e disposição final dos resíduos, bem como para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

No que tange à adoção de políticas públicas, um aspecto que representa uma importante iniciativa, com vistas à consecução de adoção de políticas públicas concretas, é o relativo à legislação estadual que instituiu o denominado *ICMS Ecológico*, que incrementa a receita dos municípios no repasse dos quinhões arrecadados pelo Estado sob a rubrica ICMS, tem, dentre seus critérios de ranqueamento dos municípios, o tópico inerente à gestão adequada de seus resíduos, corroborando o princípio jurídico-ambiental do protetor-recebedor. Assim, é possível concluir que o denominado *ICMS Ecológico* representa uma política pública de estímulo à logística reversa e coleta seletiva dos resíduos de poda urbana pelos Municípios, com ênfase à melhoria da gestão de tais resíduos.

Outro aspecto importante, atendendo ao que dispõe a Lei Federal nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), é a adoção de planejamento, instrumentalizado pelo plano diretor – no caso da presente pesquisa, plano diretor de arborização urbana – para a adequada gestão do acervo arbóreo urbano e seus resíduos. Constatou-se que o Município do Rio de Janeiro já elaborou seu plano diretor de arborização urbana, com vistas a buscar um planejamento e uma gestão ótimos da arborização urbana. Mas, no que tange ao tópico da gestão dos resíduos da arborização urbana, observou-se que o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro, se apresenta ainda bastante incipiente, devendo ser aprimorado tal planejamento nesse aspecto, a fim de alcançar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e a garantia do direito a cidades sustentáveis, proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural.

Vale ressaltar que o levantamento do acervo arbóreo urbano disponibilizado no Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro, publicado no ano 2016, é o realizado pela COMLURB em 2009, com uma defasagem, à época da elaboração do instrumento de planejamento citado. Portanto, é necessária e urgente a realização de um novo levantamento do acervo arbóreo da cidade do Rio de Janeiro, de modo a viabilizar a realização de um diagnóstico condizente com a realidade do município.

Não obstante o citado acima, o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município do Rio de Janeiro, constatou que 86,2% dos bairros da cidade do Rio de Janeiro estão abrangidos pelas duas classes que indicam acentuado grau de deficiência da arborização (Criticamente Deficiente e Muito Deficiente), o que corrobora a necessidade urgente de intervenção e planejamento por parte do Poder Executivo Municipal, dentre outras questões que

demonstram o caráter incipiente da gestão da arborização urbana no Município do Rio de Janeiro, o que inclui também a gestão dos resíduos desta natureza.

Iniciativa valiosa verificada foi a propositura do Projeto de Lei que visa a instituir a Política Nacional de Arborização Urbana, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana, e dá outras providências, ainda em tramitação no Congresso Nacional.

Noutro turno, constatou-se na pesquisa que também há mobilização do Poder Executivo do Município do Rio de Janeiro, no âmbito da gestão dos resíduos florestais urbanos, no sentido de atribuir uma destinação ambientalmente adequada de tais resíduos. Porém, o volume aproveitado ainda é baixo, quando relacionado ao volume total gerado pelo município, de modo que a gestão ainda carece de melhor planejamento e adoção de práticas sistematizadas e planejadas pelo Poder Executivo.

A ciência demonstra que é preciso rever as práticas relativas à destinação dos resíduos florestais urbanos, com vistas à manutenção da qualidade de vida dos cidadãos, da preservação ao meio ambiente, com a adoção de tecnologias e posturas de gestão ambientalmente adequadas de tais materiais, incentivando práticas destinadas ao seu reaproveitamento, dentre elas, a utilização como cobertura morta (*mulching*) para o solo das áreas urbanas, em suas múltiplas aplicações.

A investigação das possibilidades e efeitos de aplicação de *mulching* derivado de resíduos de árvores, sobretudo urbanas, e suas funções e resultados, representa um desafio à comunidade acadêmica na condução de pesquisas sobre os temas aqui descritos, a saber: práticas de reutilização, reaproveitamento, reciclagem de resíduos de árvores, em suas mais variadas acepções e os resultados da aplicação de *mulching* nos solos urbanos, como forma de efetivação plena dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores.

Dentre os benefícios da aplicação da técnica de *mulching*, a literatura científica lista consequências ao solo, em parâmetros como umidade e temperatura, bem como ao bloqueio ou diminuição de propagação de ervas daninhas no local onde é aplicado o *mulching*, o que foi ratificado na presente pesquisa nos resultados obtidos pelo experimento empreendido.

Considerando tudo o que foi abordado, pode-se afirmar que o problema existente atualmente, no âmbito da gestão dos resíduos florestais urbanos no município do Rio de Janeiro, não é propriamente ligado ao aspecto da legislação atual sobre o tema, pois esta apresenta dispositivos e princípios suficientes à efetivação da manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado. O problema é a efetivação de tais princípios na ação concreta do Poder Executivo Municipal, cotidianamente. Verifica-se haver, portanto, uma omissão do

Poder Executivo em aplicar todas as obrigações e princípios ínsitos na legislação em sua atividade de gestão, de modo a concretizar a proteção ambiental preconizada pela legislação.

Valorar economicamente os serviços prestados pela natureza, mais especificamente, no presente caso, pelo acervo arbóreo urbano, e pela intervenção humana na gestão de tais resíduos, representa um argumento de convencimento e conscientização para o cidadão, para o gestor público e para a sociedade em geral acerca dos benefícios da conservação e gestão ambientalmente adequada dos recursos e resíduos derivados de poda urbana

Assim, é premente haver mobilização de todos na adoção de medidas que visem a mitigar, ao máximo, os efeitos de tais resíduos às pessoas e ao meio ambiente. Indubitavelmente, esse objetivo só será alcançado pelo engajamento de governos e sociedade em geral, com vistas à gestão adequada e eficaz dos resíduos florestais urbanos.

REFERÊNCIAS:

ALVES, Romildo Nicolau. Qualidade e decomposição de materiais orgânicos presentes em propriedades rurais do semi-árido / Romildo Nicolau Alves. - Recife: 2009. 58 folhas., il., gráfs., tabs

ALVES, P.L. e Formiga, K.T.M. 2019. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. *Ciência Florestal*. 29, 1 (abr. 2019), 193–207. DOI:<https://doi.org/10.5902/1980509825820>.

ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito Ambiental*. 14ª ed. São Paulo. Ed. Atlas, 2012.

ARANDA, Bruno Font, SILVA FILHO, Demostenes Ferreira da, CAMARGO NETO, Lauro de. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA CERTIFICAÇÃO PÚBLICA DE ARBORIZAÇÃO URBANA - ESTUDO DE CASO. *REVSBAU*, Curitiba – PR, v.17, n.1, p. 37 - 55, 2022;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos Sólidos. Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16246-1. Florestas urbanas - Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 1: Poda. Rio de Janeiro, 2013.

BACELAR, W. J. L., Parry, M. M., Herrera, R. C., França, I. F. de ., & Parry, S. M.. (2020). Diagnóstico qualiquantitativo da arborização urbana da cidade de Monte Alegre, Pará, Brasil. *Ciência Florestal*, 30(4), 1019–1031. <https://doi.org/10.5902/1980509838182>

BARATTA JUNIOR, Alamir Punaro. Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas. Seropédica: UFRRJ, 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007;

BARROSO, Luis Roberto (organizador). *A nova interpretação constitucional: ponderação, direitos fundamentais e relações privadas*. 2ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Renovar, 2006.

BARROSO, Luis Roberto. *O direito constitucional e a efetividade de suas normas*. 8ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Renovar, 2006. p.75.

BATTESTIN, C.; Ghiggi, G. O Princípio Responsabilidade de Hans Jonas: um princípio ético para os novos tempos. *Thaumazein*, Ano III, número 06, Santa Maria (Outubro de 2010), pp. 69-85.
Disponível em:
<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/thaumazein/article/view/164/pdf>. Acesso em 15/10/2023.

BECK, D. (2023). The EESSGG proposition for stakeholder-oriented urban management performance: a theoretical perspective. *J. Environ. Manag. & Sust.*, 12(1), 1-27, e23099. <https://doi.org/10.5585/geas.v12i1.23099>

BEDKER, Peter J, O'BRIEN, Joseph G. and MIELKE, Manfred M. HOW TO PRUNE TREES. USDA Forest Service. 1995. Disponível em: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fsbdev7_016046.pdf. Pág. 1. Acesso em 08.01.2023;

BETIOLI, Antonio Bento. Introdução ao direito: lições de propedêutica jurídica tridimensional. 10ª ed. Atual. São Paulo. Ed. Saraiva, 2008.

BOBBIO, Norberto, 1909. A era dos direitos. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. 1ª ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2004.

BONAVIDES, Paulo. A constituição aberta. 2ª ed. São Paulo. Malheiros Editores, 1996.

BRAGA, R. M., Souza, M. M. de ., Braga, F. de A., & Venturin, N.. (2020). Post-pruning growth of some afforestation species in the metropolitan region of Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil. Revista Árvore, 44, e4411. <https://doi.org/10.1590/1806-908820200000011>;

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1981.

BRASIL. Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1999.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2009.

BRASIL. Lei Federal nº 14.119, de 13 de Janeiro de 2021. Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2021.

BRASIL. Projeto de Lei Federal nº 3.113/2023, de 16 de Junho de 2023, que institui a Política Nacional de Arborização Urbana, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana, e dá outras providências. DF: Diário Oficial da União, 2023.

BRASIL. Projeto de Lei Federal nº 4.309/2021, de 06 de Dezembro de 2021, que institui a Política Nacional de Arborização Urbana, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana, e dá outras providências. DF: Diário Oficial da União, 2021.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. RE 253.885, rel. min. Ellen Gracie, j. 4-6-2002, 1ª T, *DJ* de 21-6-2002.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. ADI 4.029, rel. min. Luiz Fux, j. 8-3-2012, P, *DJE* de 27-6-2012.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. ADI 4.529, rel. min. Rosa Weber, j. 22-11-2022, P, *DJE* de 1º-12-2022.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações de Saneamento Básico (SINIS). Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf. Acesso em 14/10/2023.

BRESSANE, A., Bagatini, J. A., Biagolini, C. H., Roveda, J. A. F., Roveda, S. R. M. M., Fengler, F. H., & Longo, R. M.. (2018). NEURO-FUZZY MODELING: A PROMISING ALTERNATIVE FOR RISK ANALYSIS IN URBAN AFFORESTATION MANAGEMENT. *Revista Árvore*, 42(1), e420106. <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000100006>

CANOTILHO, José Joaquim Gomes e LEITE, José Rubens Morato. *Direito constitucional ambiental brasileiro*. 5ª ed. São Paulo. Ed. Saraiva, 2012.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. *Direito constitucional e teoria da constituição*. 7ª ed. Coimbra. Ed. Almedina, 2000.

CARDOSO JR, José Celso; CASTRO, Paulo R. Furtado de; MOTTA, Diana Meirelles da. *A Constituição brasileira de 1988 revisitada : recuperação histórica e desafios atuais das políticas públicas nas áreas regional, urbana e ambiental / organizadores – Brasília : Ipea, 2009. v.2 (201 p.)*.

CARDOSO, K. M., Paula, A. de ., Santos, J. S. dos ., & Santos, M. L. P. dos .. (2017). USO DE ESPÉCIES DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO BIOMONITORAMENTO DE POLUIÇÃO AMBIENTAL. *Ciência Florestal*, 27(2), 535–547. <https://doi.org/10.5902/1980509827734>

CASTRO, D. C., Alesso, C. A., Iaconis, A., Cerino, M. C., & Buyatti, M.. (2019). FACTORS INFLUENCING STREET TREE HAZARD CONDITION IN RAFAELA, ARGENTINA. *Revista Árvore*, 43(4), e430410. <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000400010>;

CICLUS AMBIENTAL. 2023. Disponível em: https://ciclusambiental.com.br/wp-content/uploads/2023/05/Relatorio-do-auditor-e-DF-Ciclus-Ambiental-1-ITR-Mar-2023_signed.pdf. Acesso em 06/11/2023.

CHEVITARESE, L.: “Schopenhauer e a Ética Ambiental”. In: CARVALHO, R; COSTA, G.; MOTA, T. (Orgs.): *Nietzsche – Schopenhauer: Ecologia Cinza, Natureza Agônica*. Fortaleza: Ed.UECE, 2013.

Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. *Manual de arborização*. Belo Horizonte: CEMIG/ Fundação Biodiversitas; 2011. 112 p.

CORADA, Karina, WOODWARD, Huw, ALARAJ, Hiba, COLLINS, C. Matilda, NAZELLE, Audrey de. A systematic review of the leaf traits considered to contribute to removal of airborne particulate matter pollution in urban areas, *Environmental Pollution*, Volume 269, 2021, 116104, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116104>;

COSTA, E., & Ferezin, N. B. (2021). ESG (Environmental, Social and Corporate Governance) e a comunicação: o tripé da sustentabilidade aplicado às organizações globalizadas. *Revista Alterjor*, 24(2), 79-95. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-1507.v24i2p79-95>

COUTO, Luiz Carlos; Scárdua, Fernando Paiva; Cordeiro, Sidney Araujo; Rodrigues, Cássia Conceição. Taninos vegetais ou polifenóis [recurso eletrônico] 1. ed. Diamantina: UFVJM, 2021. 73 p.

DIAS JÚNIOR, A. F., Arthuso, H., Lana, A. Q., Andrade, C. R., Brito, J. O., & Bortoletto Júnior, G. (2021). Adição de madeira de Eucalyptus sp a resíduos de madeira urbana como estratégia de aproveitamento energético. *Scientia Forestalis*, 49(129), e3230. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.05>

DU Tiantian, Sun Xiangyang, Li Suyan, Zhou Wei, Zheng Yi, Fan Zhihui. Effects of landscaping waste mulching on soil fertility of urban green space[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2021, 43(10): 110-117. doi: 10.12171/j.1000-1522.20200402

ESTEVO, César A., NAGY-REIS, Mariana Baldy, SILVA, Wesley Rodrigues, Urban parks can maintain minimal resilience for Neotropical bird communities, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 27, 2017, Pages 84-89, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.013>.

FAO. <https://www.fao.org/3/C0024PT/c0024pt.pdf>. Acesso em 06/05/2023.

FELDMANN, Fabio e ARAUJO, Suely Mara Vaz Guimarães de. Integração da Política Nacional de Resíduos Sólidos com a Política Nacional de Educação Ambiental. In: JARDIM, Arnaldo *et al*, Organizadores (org.) Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos [organizadores]. Barueri, SP: Manole, 2012. Coleção Ambiental. Pags. 561 a 572.

FELIPPE, B. M., Bolzan, M. R., Eugenio, F. C., & Bobrowski, R.. (2022). Análises diretivas para o processo de gestão da arborização de calçadas em São Pedro do Sul, RS. *Ciência Florestal*, 32(4), 2035–2056. <https://doi.org/10.5902/1980509866158>

FÉR, Miroslav, Nikodem, Antonín, Trejbalová, Sára, Klement, Aleš, Pavlů, Lenka e Kodešová, Radka. "Como vários materiais de cobertura morta podem afetar as propriedades hidrofísicas do solo" *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol.70, no.3, 2022, pp.269-275. <https://doi.org/10.2478/johh-2022-0016>

FERNÁNDEZ Filgueira, Cristina & Vega, José. (2021). Is wood strand mulching a good alternative to helimulching to mitigate the risk of soil erosion and favour the recovery of vegetation in NW Spain?. *Landscape and Ecological Engineering*. 17. 10.1007/s11355-020-00439-2.

FERREIRA, Aurelio Buarque de Holanda. Dicionário da Língua Portuguesa. 2ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Nova Fronteira, 1989.

FIORINESCHI, L., Rotini, F., Rossi, G. and Conti, L. (2021) “Innovative process and technology for the production of wood mulch”, *Journal of Agricultural Engineering*, 52(1). doi: 10.4081/jae.2021.1111.

FREITAS, Gilberto Passos e SOUZA, Luciano Pereira. Aspectos da responsabilidade penal ambiental da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: JARDIM, Arnaldo *et al*, Organizadores (org.) Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos [organizadores]. Barueri, SP: Manole, 2012. Coleção Ambiental. Pags 181 a 207

FREITAS, Luiz Fernando Calil de. Direitos fundamentais: limites e restrições. 1ª ed. Porto Alegre. Livraria do Advogado Editora, 2007.

FREITAS, Vladimir Passos de. A Constituição Federal e a Efetividade de Suas Normas. 3ª ed. São Paulo. Ed. Revista dos Tribunais, 2005.

GONÇALVES, F. G., Lelis, R. C. C., Oliveira, J. T. da S., Garcia, R. A., & Brito, E. O. (2017). *CHAPAS AGLOMERADAS CONFECCIONADAS COM UREIA-FORMALDEÍDO SOB ADIÇÃO DE TANINO EM PÓ*. *Ciência Florestal*, 27(4), 1349–1363. <https://doi.org/10.5902/1980509830216>

GSCHWANTNER, T., Schadauer, K., Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., di Cosmo, L., Robert, N., Englert Duursma, D. & Lawrence, M. 2009. Common tree definitions for national forest inventories in Europe. *Silva Fennica* 43(2): 303–321

GUEVARA, Arnold Joseph, DIB, Victoria Catherine. Princípios ESG, desafios e oportunidades. *RISUS - Revista de Inovação e Sustentabilidade* volume 13, número 4 - 2022 ISSN: 2179-3565. <http://dx.doi.org/10.23925/2179-3565.2022v13i4> p 18-31.

GUMBREWICZ, Rebecca & Calderwood, Lily (2022) *Comparison of Wood Mulch Particle Sizes for Wild Blueberry Management in a Changing Climate*, *International Journal of Fruit Science*, 22:1, 551-567, DOI: 10.1080/15538362.2022.2070577

HENSCHKE, Monika and Politycka, Barbara. "Application of wood chips for soil mulching in the cultivation of ornamental grasses" *Folia Horticulturae*, vol.28, no.2, 2016, pp.187-194. <https://doi.org/10.1515/fhort-2016-0022>

HUPFFER, H. M., & Engelmann, W. (2017). O princípio responsabilidade de H. Jonas como contraponto ao avanço (ir)responsável das nanotecnologias. *Revista Direito E Práxis*, 8(4), 2658–2687. <https://doi.org/10.1590/2179-8966/2017/26193>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rdp/a/4p3dP6VX6Qx8xsjJTD9sxmd/#>. Acesso em 15/10/2023.

IMBERNON, R. A. L., & Vasconcelos, C. (2020). Pagamento por Serviços Ambientais (PSA): o papel do conhecimento geocientífico no protagonismo social. *Terrae Didactica*, 16, 1-13, e020025;

INKOTTE, Jonas; Martins, Rosana Carvalho Cristo; Scardua, Fernando Paiva; Pereira, Reginaldo Sérgio. *Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma*

revisão sistemática. Ci. Fl., Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 988-1003, abr./jun. 2019ISSN 1980-5098DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827982>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Consulta em 01/07/2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). População em Áreas de Risco no Brasil – 2010. IBGE, 2018. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/21538-populacao-em-areas-de-risco-no-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 14/10/2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2022/Populacao_e_domicilios_Primeiros_resultados/POP2022_Municipios_Primeiros_Resultados.pdf. Consulta em 01/07/2023.

JONAS, Hans. O princípio responsabilidade: Ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução do original alemão: Marijane Lisboa, Luiz Carlos Montez. Rio de Janeiro. Contraponto. Editora PUC-Rio. 2006.

KARGAR, M., Jutras, P., Clark, O.G. *et al.* Macro-nutrient availability in surface soil of urban tree pits influenced by land use, soil age, and soil organic matter content. *Urban Ecosyst* 18, 921–936 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11252-015-0439-7>

KELLER, Alfred Josef 2016. Michaelis dicionário escolar alemão. Editora melhoramentos.

KIRSTEN D.Hannam, Gerry H.Neilsen, Thomas A.Forge, DeniseNeilsen, IstvanLosso, Melanie D.Jones, CraigNichol, and Mesfin M.Fentabil. 2016. Irrigation practices, nutrient applications, and mulches affect soil nutrient dynamics in a young Merlot (*Vitis vinifera* L.) vineyard. *Canadian Journal of Soil Science*. 96(1): 23-36. <https://doi.org/10.1139/cjss-2014-0118>

KLIMEK, A.; Rolbiecki, S.; Rolbiecki, R.; Gackowski, G.; Stachowski, P.; Jagosz, B. The Use of Wood Chips for Revitalization of Degraded Forest Soil on Young Scots Pine Plantation. *Forests* 2020, 11, 683. <https://doi.org/10.3390/f11060683>

KUDRJAWZEW, Vladimir. Planos de Gerenciamento. In: JARDIM, Arnaldo *et al*, Organizadores (org.) Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos [organizadores]. Barueri, SP: Manole, 2012. Coleção Ambiental. Pags. 437/454.

LEAL, L., Biondi, D., & Batista, A. C. (2014). INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS URBANAS NA VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA DA ÁREA INTRAURBANA DE CURITIBA – PR. *Ciência Florestal*, 24(4), 807–820. <https://doi.org/10.5902/1980509816579>

LECLERCQ-DRANSART, Julie; Demuynck, Sylvain; Douay, Francis, Grumiaux, Fabien; Pernin, Céline, Leprêtre, Alain. Comparison of the interest of four types of organic mulches to reclaim degraded areas: a field study based on their relative attractiveness for soil macrofauna, *Ecological Engineering*, Volume 158, 2020, 106066, ISSN 0925-8574, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106066>.

LINHARES, F. A.; Melo, P. J; Marcílio, N. R. Estudo da produção de carvão ativado a partir do resíduo de casca da acácia negra com e sem ativação química. *SCIENTIA CUM INDUSTRIA (SCI. CUM IND.)*, V.4, N. 2, 74—79 , 2016;

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental Brasileiro*. 21^a ed. São Paulo: Malheiros Editores.

MALAKLHOVA, Yu V *et al* 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 720 012116;

MARCHIONI, M., Raimondi, A., Silva, J. C. de A. da, Yazaki, L. F. O. de L., Velasco, G. D. N., Brazolin, S., Silva Filho, C. A. da, & Becciu, G. (2022). Soluções Baseadas na Natureza como instrumento de melhoria da arborização urbana, auxiliando na construção de cidades sensíveis à água e resilientes às mudanças climáticas. *Revista LABVERDE*, 12(1), 12-44. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2022.189209>

MARQUES, Claudia Lima *et al.*, *Comentários ao Código de Defesa do Consumidor*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2021. pp. 54-55.

MEIRA, Ana Maria de. *Gestão de Resíduos de Arborização Urbana*. 2010. Piracicaba. São Paulo. USP. Esalq. Tese. 178 p.

MENDES, F.H. Estimativa da quantidade de árvores urbanas a partir de modelo estatístico e criação do Índice Mendes de Arborização Urbana. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 16, n. 1, p. 81-93, 2021.

MENDES, F. H., Romero, H., Lopes, A. M. S., Franco, M. de A. R., & Silva Filho, D. F. da. (2021). Valoração monetária da arborização urbana baseada na magnitude da copa em Piracicaba/Brasil. *Revista LABVERDE*, 11(1), 150-170. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.188889>

MESFIN M. FENTABIL, Craig F. Nichol, Melanie D. Jones, Gerry H. Neilsen, Denise Neilsen, Kirsten D. Hannam, Effect of drip irrigation frequency, nitrogen rate and mulching on nitrous oxide emissions in a semi-arid climate: An assessment across two years in an apple orchard, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 235, 2016, Pages 242-252, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.033>.

MILARÉ, Édis. *Direito do Ambiente*. São Paulo. 10^a ed. Revista dos Tribunais, 2015.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

MORAES, Alexandre de. *Direito Constitucional*. 17. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MORAES, Guilherme Peña de. *Curso de Direito Constitucional*. 1^a ed. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2008.

MOURA JUNIOR, Flavio Paixão de. Claudio Pereira de Souza Neto e Daniel Sarmiento (coord). *O direito constitucional ambiental: A constituição como via da ecologização do*

direito. In A constitucionalização do direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas. 1ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Lumen Juris, 2007.

NADER, Paulo. Introdução ao estudo do direito. Ed. Forense. Rio de Janeiro, 2006;

NATI, Carla, Boschiero, Martina, Picchi, Gianni, Mastrolonardo, Giovanni, Kelderer, Markus, Zerbe, Stefan, Energy performance of a new biomass harvester for recovery of orchard wood wastes as alternative to mulching, Renewable Energy, Volume 124, 2018, Pages 121-128, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.030>.

NI X, Song W, Zhang H, Yang X, Wang L (2016) *Effects of Mulching on Soil Properties and Growth of Tea Olive (Osmanthus fragrans)*. PLoS ONE 11(8): e0158228. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158228>;

NOVAIS, Jorge Reis. Os Princípios Constitucionais Estruturantes da República Portuguesa. Ed. Coimbra. Coimbra. 2004. p. 51 a 54.

ODUM, Eugene P. Fundamentos de Ecologia. 6ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 2001;

OLIVEIRA, Adna Caroline Vale; SILVA, Aline de Souza, MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. Economia circular: conceitos e contribuições na gestão de resíduos urbanos. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE - Ano XXI – V. 3 - N. 44 - Dezembro de 2019 - Salvador, BA – p. 273 – 289.

ONU. <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbanaat%C3%A92050#:~:text=Relat%C3%B3rio%20Mundial%20das%20Cidades%202022,de%20pessoas%20anualmente%20at%C3%A9%202050>. Acesso em 06/05/2023.

ORTEGA, I. Miralles, R. Soria, et al., Short-term effects of post-fire soil mulching with wheat straw and wood chips on the enzymatic activities in a Mediterranean pine forest, *Science of the Total Environment* (2022), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159489>

PANDEY, S. Wood waste utilization and associated product development from under-utilized low-quality wood and its prospects in Nepal. *SN Appl. Sci.* **4**, 168 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05061-5>

PIPPI, Luis Guilherme Aita, TRINDADE, Larissa Carvalho. O papel da vegetação arbórea e das florestas nas áreas urbanas. PAISAGEM E AMBIENTE: ENSAIOS - N. 31 - SÃO PAULO - P. 81 - 96 – 2013

PORTO, Pedro Rui da Fontoura. Direitos fundamentais sociais: considerações acerca da legitimidade política e processual do Ministério Público e do sistema de justiça para sua tutela. 1ª ed. Porto Alegre. Livraria do Advogado Editora, 2006.

QU B, Liu Y, Sun X, Li S, Wang X, Xiong K, et al. (2019) Effect of various mulches on soil physico—Chemical properties and tree growth (*Sophora japonica*) in urban tree pits. PLoS ONE 14 (2): e0210777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210777>

REID, Walter V. *et al.* Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

REIS, José Carlos Vasconcelos dos. As normas constitucionais programáticas e o controle do Estado. 1ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Renovar, 2003.

RENDON, D., Hamby, K.A., Arsenault-Benoit, A.L., Taylor, C.M., Evans, R.K., Roubos, C.R., Sial, A.A., Rogers, M., Petran, A., Van Timmeren, S., Fanning, P., Isaacs, R. and Walton, V. (2020), Mulching as a cultural control strategy for *Drosophila suzukii* in blueberry. Pest. Manag. Sci., 76: 55-66. <https://doi.org/10.1002/ps.5512>

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto-Lei nº 102, de 15 de Maio de 1975. Autoriza a transformação da Companhia Estadual de Limpeza Urbana – CELURB – em Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB.

RIO DE JANEIRO (Município). Estatuto Social da Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB). Disponível em: https://comlurb.prefeitura.rio/wp-content/uploads/sites/74/2023/08/LEGIS_DCO-Estatuto-Social-da-Comlurb.pdf. Acesso em 17/10/2023.

RIO DE JANEIRO (Município). Decreto nº 28.981, de 31 de Janeiro de 2008. Dispõe pela conservação, manutenção e reformas de todos os canteiros, praças e parques na forma que menciona.

RIO DE JANEIRO (Município). 2018. Disponível em: <https://prefeitura.rio/comlurb/garis-artesaos-da-comlurb-transformam-troncos-de-arvores-em-arte/> Acesso em 14/02/2024.

RIO DE JANEIRO (Município). 2021. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Pag 39.

RIO DE JANEIRO (Município). Portaria nº 136 da Fundação Parques e Jardins, (FPJ) de 17 de Julho de 2018 e Secretaria de Meio Ambiente (SMAC) do Município do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7573144/4219409/PORTARIAFPJn136de2018.pdf>. Acesso em 08.01.2023.

RIO DE JANEIRO (Município). 2022. Disponível em: <https://prefeitura.rio/comlurb/prefeitura-assina-parceria-com-cidade-alema-de-colonia-para-projeto-de-seguranca-alimentar-no-ecoparque-do-caju/>. Acesso em 23.08.2023.

RIO DE JANEIRO (Município). 1989. Lei nº 1.419, de 11 de julho de 1989. Institui a Fundação Parques e Jardins do Município do Rio de Janeiro.

RIO DE JANEIRO (Município). 2007. Decreto nº 27.878, de 27 de abril de 2007. Altera estrutura organizacional da Fundação Parques e Jardins

ROBICHAUD, Peter R., Joseph W. Wagenbrenner, Sarah A. Lewis, Louise E. Ashmun, Robert E. Brown, Peter M. Wohlgemuth, Post-fire mulching for runoff and erosion mitigation Part II: Effectiveness in reducing runoff and sediment yields from small catchments,

CATENA, Volume 105, 2013, Pages 93-111, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.11.016>.

ROBICHAUD, Peter R., Sarah A. Lewis, Joseph W. Wagenbrenner, Louise E. Ashmun, Robert E. Brown, Post-fire mulching for runoff and erosion mitigation: Part I: Effectiveness at reducing hillslope erosion rates, CATENA, Volume 105, 2013, Pages 75-92, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.11.015>.

RODRIGUES, J. I. de M., Amaral, L. F. F. do, Martins, W. B. R., Santos Junior, H. B. dos, Amorim, L. S. V.-B., & Rangel-Vasconcelos, L. G. T. (2021). Aporte e estoque de serapilheira no Brasil: uma análise bibliométrica da produção científica de 2008 a 2019. *Scientia Plena*, 17(6). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.067301>

S FOKIN *et al* 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 723 042025

SAJID, M., AHMAD, S., JASKANI, M. J., & YASIN, M.. (2018). Optimum Weed Control Method Increases the Yield of Kinnow by Improving the Physical Properties of Soil. *Planta Daninha*, 36, e018168903. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100084>

SANTOS, Maria Inês Corrêa de Paula, FURQUIM, Gabriel de Assis, BERNARDI, Lucas Kröhling, SAITO, Atny Miho, THIERSCH, Cláudio Roberto. Tecnologias utilizadas no estudo da influência das florestas urbanas: uma revisão sistemática de literatura. *REVSBAU*, Curitiba – PR, v.16, n.2, p. 38-53, 2021.

SÃO PAULO (Município). Manual Técnico de Poda de árvores. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/MPODA.pdf>. Acesso em 08.01.2023.

SARLET, Ingo Wolfgang. A eficácia dos direitos fundamentais. 7ª ed. Porto Alegre. Livraria do Advogado Ed., 2007.

SARLET, Ingo Wolfgang. Direito constitucional ambiental. 4ª edição. São Paulo. Editora Revista dos Tribunais, 2014.

SARLET, Ingo Wolfgang. Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na constituição federal de 1988. 6ª ed. Porto Alegre. Livraria do Advogado Ed., 2008.

SECCO, Orlando de Almeida. Introdução ao estudo do direito. 11ª ed. Ed. Lumen Juris. Rio de Janeiro, 2009;

SILVA, F. C. N. S. e . (2023). Sustentabilidade empresarial e ESG: uma distinção imperativa. *Revista De Gestão E Secretariado*, 14(1), 247–258. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1510>

SILVA, E. M. F. da, Bender, F., Monaco, M. L. da S. de, Smith, A. K., Silva, P., Buckeridge, M. S., Elbl, P. M., & Locosselli, G. M. (2019). Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. *Estudos Avançados*, 33(97), 81-101. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.005>

SILVA, P. L., & Bessa, S. A. L. (2022). GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO AÇO/MG. IX Sustentável, 8(5), 147–161. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n5.147-161>.

SILVA, José Afonso da. Aplicabilidade das Normas Constitucionais. 3.ed. São Paulo: Malheiros, 1988

SILVA, José Afonso da. Direito Urbanístico Brasileiro. 5ª ed. São Paulo. Ed. Malheiros, 2008.

SOLGI, Ahmad & Reza, Naghdi & Zenner, Eric & Hemmati, Vahid & Behjou, Farshad & Ali, Masumian. (2021). *Evaluating the Effectiveness of Mulching for Reducing Soil Erosion in Cut Slope and Fill Slope of Forest Roads in Hyrcanian Forests*. Croatian journal of forest engineering. 42. 259-268. 10.5552/crojfe.2021.756.

SONG, Xiao Ping, TAN, Puay Yok, EDWARDS, Peter, RICHARDS, Daniel, The economic benefits and costs of trees in urban forest stewardship: A systematic review, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 29, 2018, Pages 162-170, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.017>.

SOUSA Birnfeld, Carlos André; REZENDE Russo, Marília. Os serviços ambientais na legislação federal e sua compatibilidade com a ordem constitucional brasileira. Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo. ISSN: 25259698| Brasília | v. 3 | n. 1 | p. 18-39 | Jan/Jun. 2017.

SOUSA, K. I. R., Reis, M. V., Castro, R. R., & Araújo, E. F. de M. (2022, Edição Especial, Novembro). Arborização urbana e segurança pública: um estudo bibliométrico por meio da Teoria do Enfoque Meta Analítico consolidado. Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS, 11, 1-21, e22965. <https://doi.org/10.5585/geas.v11i2.22965>

SOUZA, Caroline Almeida, VELASCO, Giuliana Del Nero. Resíduo de poda de árvores urbanas [livro eletrônico] : como reaproveitar? / organização. -- 1. ed. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : USP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo -, 2022. -- (IPT publicação 3046) PDF. Disponível em: <https://conteudo.ipt.br/como-reaproveitar-residuo-de-poda>. Acesso em 20/03/2023.

SOUZA NETO, Claudio Pereira. Luis Roberto Barroso (org). Fundamentação e Normatividade dos direitos fundamentais: Uma reconstrução teórica à luz do princípio democrático. In A nova interpretação constitucional: ponderação, direitos fundamentais e relações privadas. 2ª ed. Revista e atualizada. Rio de Janeiro. Ed. Renovar, 2006.

SPEAK, Andrew, ESCOBEDO, Francisco J., RUSSO, Alessio, ZERBE, Stefan, Total urban tree carbon storage and waste management emissions estimated using a combination of LiDAR, field measurements and an end-of-life wood approach, Journal of Cleaner Production, Volume 256, 2020, 120420, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120420>.

SRIDHARA, M. R. 2022. Effect of Different Mulching Materials on Soil Moisture and Plant Growth. Vigyan Varta 3(4): 91-94

VIEIRA, Oscar Vilhena. A constituição e sua reserva de justiça. 1ª ed. São Paulo. Ed. Malheiros, 1999. p. 185.

VIVIAN, M. A.; GROSSKOPF, Evelyn J.; NUNES, G. C.; ITAKO, A. T.; MODES, K. S. Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 19, n. 1, p. 35-47, 2020. DOI: 10.5965/223811711912020035. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/14720>. Acesso em: 6 maio. 2023.

WIECHETECK, M. (2009). Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos (Sumário Executivo). Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf. Acesso em 08.01.2023.

ZHOU, W., Sun, X., Li, S. *et al.* Effects of organic mulching on soil aggregate stability and aggregate binding agents in an urban forest in Beijing, China. *J. For. Res.* 33, 1083–1094 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01402-z>