



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**



**YURI ROMMEL VIEIRA ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E PREVISÃO DOS RESÍDUOS  
DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA COMO  
ALTERNATIVA ENERGÉTICA**

**JOÃO PESSOA - PB**  
**2017**

**PPGER / MESTRADO ACADÊMICO / Nº 22**

**YURI ROMMEL VIEIRA ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E PREVISÃO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO  
URBANA DE JOÃO PESSOA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, área de concentração energias renováveis, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador  
Prof. Dr. Luiz Moreira Coelho Junior

**JOÃO PESSOA - PB  
2017**

A663a Araújo, Yuri Rommel Vieira.  
Avaliação ambiental e previsão dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa como alternativa energética / Yuri Rommel Vieira Araújo. - João Pessoa, 2017.  
123 f.: il. -

Orientador: Luiz Moreira Coelho Junior.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/ CEAR

1. Energias renováveis. 2. Arborização urbana.  
3. Planejamento florestal. 4. Ciclo de vida – avaliação.  
5. Biomassa. 6. Aproveitamento energético. I. Título.

UFPB/BC

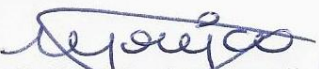
CDU: 620.91(043)

**YURI ROMMEL VIEIRA ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E PREVISÃO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO  
URBANA DE JOÃO PESSOA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, área de concentração em energias renováveis para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27/04/2017.

  
Prof. Dr.ª. Monica Carvalho

UFPB

  
Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

UFPB

  
Orientador(a)  
Prof. Dr. Luiz Moreira Coelho Junior

**JOÃO PESSOA - PB  
2017**

Dedico aos meus pais, Jaciara e Aristóteles (*in memoriam*) que sempre me incentivaram e priorizaram pelos meus estudos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida e por ter me orientado neste trabalho. Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e em Especial:

Aos meus pais, Jaciara e Aristóteles (*in memoriam*), além do meu padrasto João, pelos ensinamentos de vida, apoio e incentivo.

A minha esposa, amiga e companheira Zayne pelo incentivo, paciência e apoio para iniciar, continuar e finalizar o mestrado, pois sem você não teria concluído.

Ao professor Luiz Moreira Coelho Junior pelas orientações, apoio, dedicação, paciência e incentivo, sem os quais esta dissertação não teria sido realizada.

A professora Monica Carvalho pelas orientações e conhecimentos adquiridos durante a elaboração dos artigos e das aulas.

A Zayne, Thiago Melquíades e Monijany pela ajuda, assistência e elaboração dos artigos.

Aos amigos da Diretoria de Estudo e Pesquisas (DIEP) e demais amigos da Secretaria de Meio Ambiente de João Pessoa que me apoiaram, ajudaram e incentivaram.

*“Ninguém baterá tão forte em você quanto à vida. Porém não se trata de quão forte você pode bater, mas sim o quanto aguenta apanhar e seguir em frente. É assim que a vitória é conquistada.”*

*Rock Balboa*

*“A satisfação está no esforço, não na conquista. Esforço completo significa vitória completa. Temos de ser a transformação que queremos no mundo.”*

*Mahatma Gandhi*

*“Quando aceitamos nossos limites, conseguimos ir além deles. Uma pessoa que nunca cometeu um erro, nunca experimentou nada novo.”*

*Albert Einstein*

## RESUMO

A arborização urbana gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos de biomassa. Esta dissertação realizou a avaliação ambiental e a previsão dos resíduos provenientes da arborização urbana de João Pessoa como alternativa energética. Mais especificamente, os objetivos foram: i) diagnosticar e planejar a manutenção arborização urbana de João Pessoa; ii) avaliar os impactos ambientais e analisar diferentes cenários para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, com a perspectiva de inclusão no mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), e iii) analisar a previsão do volume dos resíduos provenientes da arborização urbana em João Pessoa. Para alcançar os objetivos, foi realizado o inventário da arborização urbana por meio de amostragem aleatória simples, desenvolveu-se uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com o método IPCC 2013 GWP 100a, e aplicaram-se modelos da Família ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Verificou-se que a arborização urbana encontra-se distribuída de forma irregular pelo município, destacando-se em abundância as espécies *F. benjamina*, *S. siamea* e *T. catappa* e com os maiores índices com problemas fitopatológicos, danos físicos e conflitos com equipamentos urbanos. A avaliação ambiental mostrou que o descarte atual utilizado (aterro sanitário) é o mais impactante para o ambiente; o melhor cenário foi geração de energia elétrica, incluindo a possibilidade de ser utilizado como créditos de carbono. A aplicação do modelo ARIMA (0,1,4) forneceu melhor previsão para os 12 períodos do volume dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa.

**Palavras-Chave:** biomassa, planejamento florestal, avaliação de ciclo de vida, aproveitamento energético.



## ABSTRACT

Urban forest generates a significant amount of biomass solid waste. This dissertation carried out the environmental evaluation and the prediction of the residues coming from the urban forest of João Pessoa as an energetic alternative. More specifically, the objectives were: i) to diagnose and plan the maintenance of urban forest in Joao Pessoa; ii) to evaluate the environmental impacts and to analyze different scenarios for urban forest residues in João Pessoa, with a view to inclusion in the clean development mechanism (CDM), and iii) to analyze the forecast of the volume of residues coming from urban forest in João Pessoa. In catch up to achieve the objectives, the inventory of urban afforestation was carried out by means of simple random sampling, a Life Cycle Assessment (LCA) was developed with the IPCC 2013 GWP 100a method, and models of the ARIMA Family (Autoregressive Integrated Moving Average). It was verified that the urban forest is distributed irregularly by the municipality, being outstanding in abundance the species *F. benjamina*, *S. siamea* and *T. catappa* and with the highest indexes with phytopathological problems, physical damage and conflicts with equipment Urban. The environmental assessment showed that the current disposal (landfill) is the most impactful for the environment; The best scenario was the generation of electricity, including the possibility of being used as carbon credits. The application of the ARIMA model (0,1,4) provided a better prediction for the 12 periods of the volume of residues of the urban forest of João Pessoa.

**Keywords:** biomass, forest planning, life cycle assessment, energy use.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	15
1.1.1	Objetivo geral.....	15
1.1.2	Objetivos específicos .....	15
1.2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
1.2.1	Arborização urbana .....	16
1.2.2	Resíduos sólidos.....	19
1.2.3	Biomassa para fins energéticos .....	23
1.2.4	Avaliação de Ciclo de Vida.....	25
1.2.5	Séries Temporais.....	28
<b>2</b>	<b>ARTIGO 1 – DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA URBANA DE JOÃO PESSOA .....</b>	<b>31</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	33
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
2.2.1	Objeto de estudo.....	35
2.2.2	Inventário arbóreo e análise dos dados .....	35
2.2.3	Plano de melhorias da arborização urbana de João Pessoa.....	38
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39
2.3.1	Levantamento florístico .....	39
2.3.2	Plano de melhorias da arborização urbana de João Pessoa.....	47
2.4	CONCLUSÕES .....	49
2.5	REFERÊNCIAS.....	50
<b>3</b>	<b>ARTIGO 2 - PEGADA DE CARBONO PARA QUATRO CENÁRIOS DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA .....</b>	<b>55</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	57
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	59
3.2.1	Objeto de estudos .....	59
3.2.2	Avaliação de Ciclo de Vida.....	59
3.2.3	Análise dos impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema.....	61
3.2.4	Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação.....	62

3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
3.4	CONCLUSÕES .....	68
3.5	REFERÊNCIAS .....	68
<b>4</b>	<b>ARTIGO 3 – GERAÇÃO DE ELETRICIDADE COMO ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO LIMPO PARA OS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA.....</b>	<b>72</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	74
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	76
4.2.1	Objeto de estudos .....	76
4.2.2	Avaliação de Ciclo de Vida.....	76
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	80
4.3.1	João Pessoa e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).....	84
4.4	CONCLUSÕES .....	88
4.5	REFERÊNCIAS .....	88
<b>5</b>	<b>ARTIGO 4 - ANÁLISE TEMPORAL DO VOLUME DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA .....</b>	<b>93</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	95
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	96
5.2.1	Objeto de estudo.....	96
5.2.2	Análise das séries temporais .....	96
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	99
5.4	CONCLUSÕES .....	105
5.5	REFERÊNCIAS .....	105
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>108</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A arborização urbana pode ser definida como toda a vegetação que compõe a paisagem urbana, sendo dividida em áreas verdes (parques, bosques, praças e jardins) e arborização de vias públicas (COPEL, 2009).

A arborização urbana proporciona diversos benefícios para a sociedade. Mediante os serviços ambientais que ela proporciona, contribui na formação de um ambiente físico saudável e confortável, tais como: regulação e purificação do ar, do solo e da água; amenização do calor e estabilização climática; fornece abrigo e alimento à fauna; embelezamento; diminuição da poluição sonora; circulação de nutrientes; proteção do solo contra erosão; redução dos níveis de estresses humanos; sombra e lazer às ruas e avenidas da cidade; dentre outros (MELO; SEVERO, 2010; VALE et al., 2011).

Para que a vegetação urbana se mantenha em bom estado de conservação é necessária à realização de ações preventivas e corretivas periódicas (PIVETA; SILVA FILHO, 2002). Entre as ações estão à realização de irrigação nos períodos de pouca pluviosidade, ações de combate a pragas e doenças provocadas por insetos e patógenos, e a realização da manutenção e substituição de árvores que apresentem conflitos com equipamentos públicos ou perigo à população (ARACRUZ, 2013). A realização de poda urbana tem como objetivo a condução do desenvolvimento da parte superior das árvores (copa), remoção de galhos secos e doentes, gerando resíduos sólidos (SÃO PAULO, 2015).

Os resíduos sólidos urbanos englobam os resíduos domiciliares e de limpeza urbana (varrição, capina e resíduos da arborização urbana). Em 2014 foram gerados aproximadamente 79 milhões de t de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil, um aumento de 2,9% em comparação ao ano anterior. (ABRELPE, 2015). Na Paraíba, em 2014, em média foram gerados 3.504 toneladas (t) de RSU por dia. Abaixo de Pernambuco, 8.830 t/dia, e acima do Rio Grande do Norte, 3.009 t/dia (ABRELPE, 2015).

Em 2013, João Pessoa gerou 263 mil t de resíduos sólidos urbanos, considerado apenas os resíduos domiciliares e de serviço de limpeza urbana (EMLUR, 2014a). Em 2012, 9,2 mil árvores foram podadas ou substituídas nos 64 bairros e geraram 26.243,80 t de resíduo de biomassa, resultando em custos elevados para manutenção da arborização do município (JOÃO PESSOA, 2012).

Em cidades de poucos recursos financeiros e com outras prioridades emergenciais, os resíduos da arborização urbana (biomassa) podem ser uma alternativa de renda para boa parte dos municípios brasileiros (BARATTA JUNIOR; MAGALHÃES, 2010).

Uma ferramenta disponível para verificação da redução dos custos com a realização da manutenção da arborização urbana é a análise da geração periódica dos resíduos de biomassa. Mediante a realização de previsões da geração de tais resíduos, é possível verificar sua influência nos custos operacionais, no planejamento e no uso dos recursos públicos.

A utilização das séries temporais gera informações sobre o comportamento passado e são úteis para o futuro provável. Mediante um modelo, os movimentos passados são descritos para prever os movimentos futuros (FISCHER, 1982).

A previsão da geração dos resíduos da arborização urbana é uma parte importante da análise econômica e no planejamento de ações, onde, há cinco abordagens para a previsão econômica: método de suavização exponencial; modelo de regressão uniequacionais; modelo de regressão equação simultânea; processo autorregressivo integrado de média móvel (ARIMA) e modelos de vetores autorregressivos (VAR) (GUJARATI; PORTER, 2008).

Inicialmente, para obter um custo econômico da manutenção da arborização urbana de um município, a exemplo de João Pessoa, é necessário saber a sua fração com relação à geração total de resíduo. Em 2014, 5,98% dos RSU de João Pessoa correspondeu a biomassa da manutenção da arborização urbana. Em Belo Horizonte (MG), os resíduos da arborização corresponderam a 9,37% dos resíduos sólidos enviados às unidades de processamento. Em Igaracy (PB), 7,10% dos resíduos sólidos urbanos são constituídos de biomassa da arborização urbana. No município de Goiana (PE), 1,41 % dos RSU enviados as unidades de processamento, tiveram como fonte geradora o serviço de manutenção da arborização urbana. Em Jaboatão dos Guararapes (PE), 1,48 % dos resíduos sólidos urbanos tiveram como fonte geradora a manutenção da arborização urbana (SNSA, 2016).

Com relação aos custos efetivos do descarte dos resíduos da arborização urbana, no Estado de São Paulo, a destinação do material no aterro privado custou em média R\$ 68,00 por tonelada (MEIRA, 2010). Na cidade de João Pessoa/PB, os custos são mais altos em comparação a média estadual de São Paulo, correspondendo a R\$ 200,00 por tonelada, incluindo o transporte, combustível, mão-de-obra, deposição no aterro sanitário e demais custos operacionais (EMLUR, 2016).

Em um estudo realizado em 70 municípios no Estado de São Paulo, constatou-se que não há regulamentação municipal sobre a gestão dos resíduos da manutenção e remoção de árvores da arborização urbana. Ficou evidente que as cidades não possuem diretrizes e responsabilidades estabelecidas para o serviço de arborização e poda (CAMILO et al., 2008).

Com relação à gestão inadequada dos resíduos da arborização urbana, uma má destinação gera impactos imediatos no ambiente e na saúde, além de contribuir (por meio das emissões atmosféricas) para mudanças climáticas. Esta contribuição ocorre durante a etapa de decomposição. Onde a formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos, e na geração de gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano (CH<sub>4</sub>), além de apresentar potencial de contaminar solo e água, superficiais e subterrâneos (GOLVEIA, 2012). Podendo ser quantificado mediante a realização de uma Análise do Ciclo de Vida (ACV).

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) vem crescendo de importância na mensuração dos impactos ambientais de atividades e processos, já que é oriunda da consciência de que as melhorias em um determinado processo podem induzir efeitos secundários ao longo do ciclo de vida, que afetam de forma positiva e/ou negativa o desempenho ambiental dos bens e serviços (CARVALHO et al., 2015; FREIRE et al., 2015; PIRES et al., 2002).

A dissertação foi desenvolvida da seguinte forma: A primeira parte correspondeu à revisão bibliográfica no que refere à arborização urbana (definição e benefícios da arborização urbana; inventário arbóreo; planejamento e arborização, e; custos da manutenção da arborização), resíduos sólidos (definição de resíduos sólidos, e; Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e suas aplicações no município); biomassa para fins energéticos (definição de biomassa e tecnologia de aproveitamento para uso energético), e Avaliação do ciclo de vida (ACV) (aplicação, importância e benefícios).

A segunda parte correspondeu a quatro artigos. O primeiro realizou um diagnóstico e planejamento da manutenção arborização urbana de João Pessoa. Mediante avaliação quali-quantitativa dos indivíduos arbóreos que compõem a arborização.

O segundo artigo analisou a pegada de carbono associada a quatro cenários (aterro sanitário, aterro sanitário com aproveitamento de metano, reutilização e incineração) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa/PB. Avaliando, dentre as opções analisadas, o mais impactante e o mais adequado ambientalmente.

O terceiro artigo avaliou os impactos ambientais de três cenários (geração de eletricidade, geração de calor e descarte no aterro sanitário) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, como estratégia de inclusão no mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

O quarto e último artigo realizou uma análise temporal do volume lenhoso proveniente da arborização urbana de João Pessoa – PB, utilizando o modelo da família ARIMA.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Realizar uma avaliação ambiental e previsão dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa como alternativa energética.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Diagnosticar e planejar a manutenção arborização urbana de João Pessoa;
- b) Avaliar os impactos ambientais e analisar quatro cenários (aterro sanitário, aterro sanitário com aproveitamento de metano, reutilização e incineração) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa;
- c) Avaliar os impactos ambientais e analisar três cenários (geração de eletricidade, geração de calor e descarte em aterro sanitário) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, com a perspectiva de inclusão no mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL);
- d) Analisar a previsão do volume dos resíduos provenientes da arborização urbana em João Pessoa.

## **1.2 REFERENCIAL TEÓRICO**

No referencial teórico foram abordados quatro temas para o desenvolvimento na dissertação: a arborização urbana, os resíduos sólidos, a biomassa para fins energéticos e avaliação do ciclo de vida que foram descritos a seguir:

### 1.2.1 Arborização urbana

A tradição Egípcia de criar áreas verdes e áreas com vegetação, dentro de conglomerados humanos, foi difundida pelas antigas civilizações asiáticas e europeias, a exemplo dos persas, romanos, gregos, imperadores orientais, entre outros (LOBODA, 2005). Sendo esta uma das primeiras ações, que as antigas civilizações tiveram para se manter em contato com a natureza, à medida que os vilarejos viravam cidades maiores e mais populosas. E ao mesmo tempo, iniciando as primeiras ações e atividades, que resultariam na prática da arborização urbana.

No Brasil, a cultura de arborizar as cidades é considerada uma atividade recente, em comparação com as cidades de países europeus, com início á aproximadamente 120 anos (DANTAS; SOUZA, 2004). É compreensível que a cultura de arborizar as cidades no Brasil seja considerada recente, pois herdamos dos europeus esse hábito e esta tradição, durante a colonização portuguesa e espanhola na América latina.

A arborização urbana remete a um padrão de distribuição de árvores em um território urbano, constituindo uma floresta (ROSSETTI et al., 2010). Definido como os elementos vegetais arbóreos que uma cidade apresenta, ou ainda, um conjunto de vegetação arbórea ou cultivada que uma cidade apresenta, em áreas particulares e públicas (SANTOS et al., 2008; SANCHOTENE, 1994).

A implantação de florestas urbanas deve ser realizada de maneira técnica, sendo idealizadas, planejadas e/ou assistidas pelo poder público, onde proporcionando melhores condições de desenvolvimento e conservação das árvores (RECIFE, 2013).

O poder público disponibiliza de recurso técnico e financeiro, para planejar e implantar uma arborização de maneira técnica e segura, evitando prejuízos e danos futuros à população e a estrutura da cidade. Quando implantado seguindo as normas técnicas, aumentam as chances de a vegetação contribuir de maneira positiva, a dinâmica da cidade.

A vegetação urbana contribui à formação de um ambiente físico saudável e confortável, mediante serviços ambientais, a exemplo da: regulação e purificação do ar, do solo e da água; amenização do calor e estabilização climática; fornece abrigo e alimento à fauna; proteção do solo contra erosão, e; redução dos níveis de estresses humanos; dentre outros (VALE *et al.*, 2011; MELO; SEVERO, 2010).

Para otimizar os benefícios que a arborização urbana proporciona a sociedade, são



necessários o conhecimento das características e do patrimônio vegetal. Subsidiando o poder público de informações para a realização de ações corretivas e planejamento de atividades futuras.

O conhecimento do patrimônio vegetal em área urbana se faz por meio de um inventário arbóreo. Consiste em coletar de informações sobre os espécimes existentes e os locais onde estão situados, a fim de avaliar as condições e características estruturais. Também, o inventario identifica árvores com necessidades de intervenções e auxilia na avaliação do custo de arborização (CEMIG, 2011).

O pioneirismo nos inventários arbóreos urbanos realizados no Brasil foram Biondi (1985) e Milano (1987), ambos com o objetivo de caracterizar a composição arbórea dos municípios de Recife/PE e Curitiba/PR, respectivamente.

O estudo de Biondi (1985) analisou as técnicas utilizadas na arborização e determinou, entre as espécies utilizadas, as mais adequadas. O autor destacou que a arborização urbana precisava ser aprimorada, a partir de um melhor planejamento, por meio de uma avaliação e análise da arborização urbana, de modo a obter um adequado embasamento para planejamento.

Milano (1987) avaliou as necessidades de tratamento e manejo de árvores de ruas, como espaço dependente do planejamento urbano. Concluiu que foi possível minimizar os custos de manutenção bem como a melhor qualidade da arborização por meio de seleção de espécies, quanto à forma, tamanho e espaço disponível, melhor qualidade das mudas e das técnicas de manutenção.

O inventário arbóreo trata-se de uma ferramenta importante para a gestão da arborização urbana de qualquer cidade, por obter informações norteadoras para ações de gerenciamento. A identificação de locais com potencial de receber uma arborização, assim como a situação das mesmas, o que influencia e corrobora para a realização de ações que visem a sua manutenção e uma melhor gestão do dinheiro público.

A falta de planejamento durante a fase de implantação de arborização urbana pode resultar em impactos significativos na estrutura da cidade, a exemplo: rompimento de fios de alta-tensão; entupimentos de rede de esgoto e calhas; e rachaduras em calçadas, entre outros (NUNES et al., 2013). Resultando na necessidade de realização da manutenção da arborização ou remoção (ou substituição) das árvores, gerando uma quantidade significativa de resíduos (BARROS, 2013).

Para efeitos comparativos, no município de Irati (PR), 32,36% das árvores

necessitavam do referido trato cultural, devido a conflitos com equipamentos urbanos (SCHALLENBERGER et al., 2010). Na cidade de Quirinópolis (GO), 56,60 % das árvores que compõem a arborização do Bairro Promissão, e 50% do Bairro Pedro Cardoso necessitava de poda leve ou pesada (BATISTEL et al., 2009).

A realização da manutenção e remoção de árvores da arborização urbana tem custos, sendo arcadas pelo município ou pela concessionária de energia. Na cidade de Curitiba (PR), o custo total da manutenção da arborização realizada pelo município foi de R\$ 34,31/árvore de pequeno porte e de R\$ 183,50/árvore de grande porte, com ciclos de 12 em 12 anos. Para a concessionária de energia, os custos variam entre R\$ 29,73 e R\$ 108,32/árvore, dependendo do porte, com ciclo de cinco anos (LEAL et al., 2008).

Nas cidades de Santa Mônica e Modesto, Califórnia (EUA), o custo de poda de árvore varia de acordo com a periodicidade (ciclo da poda), US\$ 90,00, de um a três anos, e US\$ 69,00, com ciclos de três a quatro anos (McPHERSON; SIMPSON, 2002).

O custo total da remoção (parte aérea e toco) de árvores na cidade de Curitiba variou entre R\$ 94,31 e R\$ 243,50, dependendo do porte da árvore, e a remoção do toco, foi considerado como custo médio, R\$ 60,00 (LEAL et al., 2008). Nas cidades de Modesto e Santa Monica, Califórnia (EUA), os custos médios para remoção total da árvore variaram de US\$ 264,00 e US\$ 396,00, respectivamente (McPHERSON; SIMPSN, 2002).

Grande parte das manutenções da arborização urbana é realizada pelos municípios, mesmo sendo necessárias a sua realização para evitar problemas a terceiros, pode consumir um recurso financeiro significativo para municípios pequenos. Estes custos poderiam ser reduzidos, e em alguns casos anulados a sua realização, quando implantados em locais adequados, de acordo com as características fenotípicas do vegetal e da estrutura que circunda o local onde a árvore será plantada.

Na arborização urbana, o plantio de árvores nas calçadas deve conciliar dois objetivos: diversidade de espécies e uniformidade de composição, visando à qualidade ambiental dos planos da arborização, a qualidade prática do manejo e ambientes hostis (BOBROWSKI; BIONDI, 2012).

Os ambientes hostis representam um grande impasse para o desenvolvimento vegetal em áreas urbanas, destacando: poluição atmosférica; contaminação de solo; falta de espaço suficiente; e injúrias mecânicas feitas pelo homem. Além de interferências de pavimentação inadequada, estrangulamento dos canteiros e conflitos de raízes com rede de

gás, água e outras tubulações de concessionárias de serviços públicos (ROSSETTI; PELLEGRINO; TAVARES, 2010).

Estas diversidades existentes nas áreas urbanas indicam a necessidade da atuação do poder público, na implantação e conhecimento do patrimônio arbóreo. Pois possíveis ações para favorecer o desenvolvimento e implantação da arborização urbana, devem ser idealizadas como política pública, objetivando proporcionar melhores condições para o crescimento das árvores.

### **1.2.2 Resíduos sólidos**

Os resíduos sólidos (RS) são uma questão delicada para grande parte dos municípios, por serem gerados diariamente e em grande volume. São vários os municípios brasileiros que não possuem um sistema adequado de gerenciamento de seus resíduos, dispondo-os de forma irregular e impactante a sociedade (FIGUEIREDO, 2012). Há necessidade de criação de instrumentos legais e viabilidade técnica para a realização do seu descarte de maneira adequada e sem causar impactos ambientais.

Em 2010, o Brasil criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2012 (BRASIL, 2010a), regulamentado pelo Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010b) que dispõe sobre os princípios, objetivos e diretrizes relacionados à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos.

O Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010b), além de regulamentar a PNRS, também criou o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos (CIPNRS). Este Comitê tem como finalidade apoiar a estruturação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais (BRASIL, 2010b).

O CIPNRS é constituído por representantes do Ministério do Meio Ambiente (que o coordena); Casa Civil da Presidência da República; Ministério das Cidades; Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome; Ministério da Saúde; Ministério de Minas e Energia; Ministério da Fazenda; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério da Ciência e Tecnologia; e Secretaria da Relação Institucional da Presidência da República (BRASIL, 2010b).

A criação legal destes regulamentos foi um passo importante para incentivar o

desenvolvimento de ações que visem solucionar os conflitos entre os municípios e resíduos sólidos. Com relação à criação do comitê interministerial, pela PNRS, o mesmo proporcionou a ampliação das discussões sobre os RS, pois englobar vários setores de atuação do governo, porém deixou de fora os representantes da sociedade civil e estudiosos da área.

Na literatura há varias definições para resíduos sólidos, onde se destaca duas pelo detalhamento, aplicação legal e técnica. A descrita pela PNRS (BRASIL, 2010a), que define os resíduos sólidos como:

*“Art. 3º ...:*

*(...)*

*XVI - resíduos sólidos: 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, 2010a).*

E segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, resíduos sólidos são (ABNT, 2004):

*“Resíduos sólidos; resíduos nos estados sólidos e semisólidos, que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Fica incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”*  
(ABNT, 2004)

Ambas definições se convergem para o fato de que os resíduos sólidos são materiais resultantes das atividades humanas, incluindo as ações no processo produtivo de produtos e serviços, duráveis ou não. Por definição da PNRS, os gases contidos em recipientes também são considerados resíduos sólidos.

Outra ação que destacou na PNRS foi a elaboração dos planos estaduais e municipais de resíduos sólidos. De maneira geral, os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos têm a vigência por um prazo indeterminado, abrangendo todo o território e horizonte de atuação de 20 anos, com atualizações quadrienais, contemplando no mínimo:

*“Art. 17. ...*

*I - diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;*

*II - proposição de cenários;*

*III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;*

*IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;*

*V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;*

*VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;*

*VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso de recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade estadual, quando destinados às ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;*

*VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;*

*IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;*

*X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos, respeitadas as disposições estabelecidas em âmbito nacional;*

*XI - previsão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológico-econômico e o zoneamento costeiro, de:*

*a) zonas favoráveis para a localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos ou de disposição final de rejeitos;*

*b) áreas degradadas em razão de disposição inadequada de resíduos sólidos ou rejeitos a serem objeto de recuperação ambiental;*

*XII - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito estadual, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.” (BRASIL, 2010a).*

Na Paraíba, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) aborda a questão da erradicação dos lixões e disposição dos rejeitos em aterros sanitários; recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos; aproveitamento energético dos gases gerados em aterros sanitários e lixões em recuperações (PARAIBA, 2014).

Para os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), o PERS prevê a implantação e abrangência da coleta seletiva nos municípios, catadores organizados em associações e cooperativas, tratamento das frações orgânicas dos RSU implantados e em funcionamento, e a triagem e beneficiamentos dos resíduos recicláveis. O PERS indica diretriz de redução dos resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários, integração das cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis e incentivar a prática da reutilização e reciclagem de resíduos sólidos (PARAÍBA, 2014).

Entre as estratégias de gestão do serviço público para limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, está o apoio à elaboração, implantação e revisão dos Planos de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Municipais e Intermunicipais (PARAÍBA, 2014).

O disciplinamento a nível estadual da gestão dos resíduos sólidos propiciou que os municípios tenham uma orientação sobre possíveis ações de gerenciamento e destinação

adequada, principalmente, os pequenos, conforme a legislação exige e tecnicamente aceitável.

O PNRS prevê para os municípios o desenvolvimento do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), sendo de responsabilidade do município a elaboração e implantação. O PMGIRS, do município de João Pessoa foi instituído no ano de 2014, sendo composto por dois volumes, um apresentando o diagnóstico e o outro, o prognóstico (EMLUR, 2014a).

O prognóstico do PMGIRS corresponde às diretrizes, estratégias, metas, programas e projetos. Entre as diretrizes gerais estão a não geração e redução de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), reutilização e reciclagem, e tratamento dos RSU com tecnologia ambiental adequada e economicamente viável, entre outras (EMLUR, 2014b).

Estas diretrizes seguem as orientações do plano nacional e estadual, porém adaptada para as especificidades locais. A adaptação dos planos nacionais e estaduais para as características locais, evita erros na realização do plano e programas de gerenciamento dos resíduos, assim como a execução de serviços desnecessários ou inadequado.

Entre os objetivos do PMGIRS, pode-se destacar: estímulo ao desenvolvimento de ações que repensem o consumo e a geração de RSU; a prática de logística reversa no estabelecimento comercial e embalagem vazia de agrotóxico; incentivar a gestão do Resíduo da Construção Civil (RCC); exigir a elaboração e implantação do plano de gerenciamento de resíduos de saúde (EMLUR, 2014b).

Para alcançar os objetivos do PMGIRS, são previstas a realizações de ações, a exemplo dos fomentos de estudos e pesquisas de alternativas tecnológicas para tratamento de RSU, beneficiamento dos resíduos da arborização urbana, e implantar novas unidades de triagem (EMLUR, 2014b).

Após a implantação e alcance dos objetivos estabelecido no plano, espera-se melhoria da limpeza do município, eliminação dos bota-foras, proporcionar uma destinação adequada dos resíduos da construção, contribui com a conservação dos recursos hídricos no âmbito municipal, entre outros (EMLUR, 2014b).

O gerenciamento dos resíduos sólidos a nível municipal é de fundamental importância para proporcionar o descarte adequado dos mesmos, diretamente na fonte geradora. A conscientização e sensibilização da população é uma ferramenta prevista em todas as esferas governamentais, sendo esta o início da mudança do comportamento e da atitude na maior fonte geradora de RS.

### 1.2.3 Biomassa para fins energéticos

A biomassa pode ser definida como massa orgânica, produzida por unidade de área, sendo expressa em peso de matéria seca, peso de matéria úmida ou peso de carbono. A biomassa pode ser constituída por uma infinidade de materiais e para diversas utilidades (SOARES et al., 2011).

A biomassa energética pode ser definida como um recurso renovável oriundo de material orgânico, de origem animal ou vegetal, capaz de produzir energia (BRACMORT, 2015; SANTOS, 2012). Sua utilização vem desde o início da civilização, permitindo ao homem primitivo uma evolução nos hábitos de vida, mediante produção de luz e calor (PRETO; MORTOZA, 2010).

A biomassa energética trata-se de uma das fontes de energias renováveis mais utilizada pelo mundo, devido a sua acessibilidade e disponibilidade (BRAND et al., 2014; MACEDO, et al., 2014). Se destaca o uso *in natura* (lenha), carvão vegetal ou no aproveitamento de resíduos da atividade florestal (resíduos da manutenção da arborização, galhos e folhas) ou industrial (costaneira, resíduos de serrarias e laminados, briquetes) (VIEIRA et al., 2014; MOREIRA, 2011; COUTO et al., 2004).

A biomassa florestal com fins energética apresenta a maior possibilidade de uso, em termo de natureza, origem, tecnologia de conversão e produtos energéticos, com grande tecnologia para os processos de conversão, incluindo combustão direta, briquete e péletes (SAWIN, et al., 2012; BRASIL, 2007), sendo uma alternativa para a diversificação da matriz energética.

Devido seu potencial como fonte energética e de conversão, a biomassa tem uma participação significativa na matriz energética mundial e nacional. Isto foi resultado de novas pesquisas, investimento em inovação tecnológica de conversão da biomassa em energia e otimização dos sistemas energéticos já existentes.

Em 2014, a biomassa correspondeu a 10% da oferta de energia primária mundial, a maior parte consumida foi para cozinhar e aquecer. Em 2012, 1,5% (correspondendo a 370 TWh) da eletricidade mundial constituiu desta fonte energética (IEA, 2014). No Brasil, 23,8% da oferta interna de energia foram gerados da biomassa, onde 15,7% provenientes do bagaço da cana de açúcar e 8,1% da lenha e carvão vegetal (EPE, 2015).

Em algumas regiões do planeta, o uso da biomassa sob a forma de calor é maior que eletricidade, devido a tecnologia, equipamento e recurso financeiro inicial necessário

para tal conversão. A transformação da madeira em outros produtos é uma alternativa viável, quando tem a necessidade de obter um produto com capacidade de liberar grande quantidade de energia.

O briquete é uma das tecnologias para aumentar o poder energético mediante a transformação da biomassa. É resultado da compactação de resíduos lignocelulósicos por uma prensa mecânica com pressão, com o uso ou não de temperatura, com auxílio ou não de aglutinantes (DIAS, 2012; ROSÁRIO, 2011; SANTOS et al., 2011). Tendo como principal característica, a alta quantidade de energia liberada durante a sua queima, em comparação a outros produtos *in natura*.

Para que se tenha um melhor aproveitamento energético, tanto do briquete, quanto da lenha *in natura*, são necessários estudos das propriedades energéticas, sendo o poder calorífico a propriedade mais importante (ELOY, 2015; BRAND, 2010).

O poder calorífico pode ser definido como a quantidade de calor ou energia térmica liberada, durante a queima total de uma determinada quantidade de combustível, usualmente expresso em kcal por kg de combustível (SILVA, 2012a; CINTRA, 2009; JARA, 1989).

O poder calorífico é um parâmetro importante para analisar a viabilidade e auxilia na tomada de decisão sobre o uso da biomassa como energia, e qual o processo de conversão a ser utilizado. Dentre os processos de conversão, o de gaseificação chama a atenção de estudiosos, tratando-se de uma técnica que requer equipamentos mais específicos e gera como produto final um gás.

O processo de gaseificação dos resíduos da biomassa envolve 4 etapas: A secagem, a pirólise (desvolatilização ou decomposição térmica), a combustão ou reação do material oxigênio, e por último, a gaseificação (RUMÃO, 2013).

Este processo de aproveitamento energético da biomassa ocorre mediante o aproveitamento da energia “quimicamente armazenada” convertida em calor, por meio da combustão, configurando uma conversão termoquímica. Podendo incluir também nesta via termoquímica o processo de queima direta e pirólise (BRASIL, 2007). Outras vias de aproveitamento energético são a conversão bioquímica que incluem a digestão anaeróbica e a fermentação, destilação e hidrólise, e a conversão físico-química que trata da compressão e extração de óleos (BRASIL, 2007).

A escolha da tecnologia de conversão da biomassa em energia deve levar em consideração a finalidade, analisando qual o produto final que se deseja obter. Devido à



versatilidade com relação ao produto final, a biomassa tem o seu espaço na matriz energética, mesmo com o aumento de outras fontes de combustível. A contínua pesquisa em busca de otimizar a energia gerada pela biomassa pode ser um caminho para aumentar o seu uso e diversificar a matriz energética nacional.

#### **1.2.4 Avaliação de Ciclo de Vida**

A avaliação de ciclo de vida (ACV) surgiu com o aumento da conscientização da população, sobre a necessidade de proteção ambiental. Trata-se de uma metodologia muito aplicada para realizar uma avaliação ambiental na cadeia produtiva industrial (bens) e de prestação de serviço, não só na fabricação, mas também, com foco onde os impactos são realmente significativos. Sendo amplamente utilizado por diversos especialistas, principalmente na área científica e de engenharia de todo o mundo (ABNT, 2014; CAVALETT, 2008).

O desenvolvimento desta ferramenta provocou uma mudança no relacionamento entre consumidores e produtores (serviços ou indústrias). Possibilitando que a população tenha outra ferramenta, além do valor a ser pago pelo produto ou serviço, para auxiliar na seleção do produto a ser adquirido, e repensar qual será a sua destinação final.

A ACV vem crescendo de importância na mensuração dos impactos ambientais de atividades e processos, já que é oriunda da consciência de que as melhorias em um determinado processo podem induzir efeitos secundários ao longo do ciclo de vida. Que afeta de forma positiva e/ou negativa o desempenho ambiental dos bens e serviços (CARVALHO et al., 2015; FREIRE et al., 2015; PIRES et al., 2002). Entende-se por ciclo de vida as etapas necessárias para que um produto ou serviço seja desenvolvido ou concebido, cumpra sua respectiva função e chegue à etapa de descarte, reciclagem ou reutilização.

O ACV é realizado com o auxílio de softwares, como o Simapro<sup>®</sup> e Gabi<sup>®</sup>. Estes possuem várias vantagens de utilização, dentre eles: facilidade e praticidade de utilização; rapidez na obtenção dos resultados devido à diminuição do tempo na avaliação; padronização nos bancos de dados utilizados; padronização da forma de apresentação dos resultados e simplificações assumidas além da facilidade na comparação dos resultados obtidos com a literatura (CAVALETT, 2008).

No entanto, esses *softwares* têm algumas limitações, sendo uma delas o banco de dados no sistema americano e europeu, onde em algumas situações, são bastante diferentes da realidade do Brasil. Além disso, devido à necessidade de padronizar o uso de recursos, em alguns casos, o *software* faz simplificações excessivas, tornando impossível de descrever os sistemas apropriados e algumas características interessantes de serem explicitadas são perdidas (CAVALETT, 2008).

A utilização destes *softwares* facilita e torna possível a obtenção de resultados mais precisos das emissões em cada etapa de produção e serviço. Corroborando na elaboração do diagnóstico de emissões dos gases do efeito estufa (GEE), contribuindo diretamente com a elaboração de ações e plano que visem à otimização da produção e redução do lançamento dos GEE.

Mesmo com algumas limitações no uso dos softwares, a ACV é uma ferramenta importante por possibilitar o tratamento e busca, de maneira clara e objetiva, de soluções para o gerenciamento de recursos naturais, otimização do sistema de produção, definição de parâmetros para rotulagem ambiental, entre outros (GATTI, 2002).

Há uma gama de aplicações da ACV na área privada, ONG's e setor público. Na esfera pública, a sua utilização apresenta potencial de gerar subsídios para a geração de políticas públicas de caráter ambiental (SILVA, 2012 b). Em alguns países europeus, mediante a ACV, foram desenvolvidos Políticas Integradas ao Produto (PIP), visando o incentivo de um consumo mais verde, taxando produtos mais poluentes e criação de rotulagem ambiental nas empresas (HAUSCHILD; POTTING, 2005).

Esta aplicação em países europeus comprova a sua eficiência e viabilidade para o poder público, auxiliando na criação de políticas públicas ambientais mais adequadas para a realidade de cada país. Mesmo se tratando, em algumas vezes, de um sistema complexo e com um custo elevado, é possível a sua adequação, aplicação e utilização nos municípios brasileiros, se ajustando com as peculiaridades locais.

Com relação às questões dos custos e complexidade na ACV, os mesmos podem ser tratados com o desenvolvimento de banco de dados sobre a cadeia produtiva dos mais diversos bens de consumo. Tratando-se de banco de dados de materiais diversos (cerâmicos, metálicos, compostos, etc.), energia (elétrica, térmica, entre outros), transporte (rodoviário, aéreo, marítimo, etc.) e resíduos (emissões gasosas, efluentes líquidos e resíduos sólidos), contribuindo na redução de custos e na abreviação da realização da ACV. (SILVA, 2012 b).

Os tratamentos existentes na ACV, na atualidade, são tão amplos que possibilitam realizar ações em diversos setores produtivos e de serviço, desde a indústria da transformação à mineração. O setor florestal trata-se de um segmento industrial que utiliza diretamente os recursos naturais, sendo de extrema importância manter o equilíbrio entre a geração do produto e os resíduos finais gerados.

De acordo com a literatura de ACV na área florestal, há demonstração de aplicabilidade em amplitude e diversidade, com os trabalhos de Brugnara (2001), Mastella (2002); Silva (2012 B); Haaren et al.(2010); Morris et al. (2011); Zhang (2012); CANADA (2014); Reichert e Mendes (2014);

Brugnara (2001) analisou o consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub> na cadeia produtiva de três sistemas de suprimento de madeira para uso em construções residenciais: (1) madeira proveniente de floresta nativa manejada; (2) madeira proveniente de floresta nativa explorada sem manejo e (3) madeira proveniente de plantações de eucalipto. O resultado apresentou potencial de servir como ferramenta para a tomada de decisão de escolha, por parte dos consumidores deste produto. Tendo a opção de escolher entre as possíveis origens das madeiras, qual o produto a ser escolhido, levando em consideração a menor ou maior emissão de carbono.

Mastella (2002) comparou os processos produtivos de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural. Silva (2012) realizou a ACV da produção de um painel MDP (*medium density particle board*, partícula de média densidade), feito de partículas de madeira e adesivo sintético. Haaren et al. (2010) compararam os impactos ambientais de compostagem de resíduos de quintal com a destinação em aterro sanitário.

O trabalho de Morris et al.(2011) revisaram vários cenários de descarte final para resíduos da arborização urbana (*leaf and tree waste*) do município de Red Deer (Canadá), concluindo que o aterro com recuperação de gás para energia era preferível, ao invés da incineração com produção de eletricidade (considerando-se as mudanças climáticas, carcinógenos humanos e toxicidade ao ecossistema).

Na comparação entre o descarte para a produção de compostagem e produção de biogás em aterro, Zhang (2012) verificou que a produção de biogás pode ser competitiva em termos de emissões de CO<sub>2</sub>-eq, em relação à compostagem, se a purificação do biogás puder ser melhorada ao reduzir-se o consumo de eletricidade necessário.

O estudo de *The Leaf and Yard Waste Diversion Technical Committee* (CANADA, 2014) indicou que existem melhores opções para os resíduos da arborização urbana do que

o aterro sanitário (compostagem, por exemplo), principalmente por razões econômicas. Incluindo a não utilização de espaço (uso da terra), e por razões ambientais (diminuição das emissões de GEE).

A exemplo dos estudos apresentados, pode haver opções melhores de descarte dos resíduos de biomassa da manutenção da arborização urbana de João Pessoa. Levando em consideração que os mesmos relataram outros exemplos de descarte, além do aterro sanitário, mais benéfico ambientalmente. Vale destacar que as outras opções de descarte, podem ser ainda mais viáveis economicamente, além de ambiental, apresentando potencial para ser aplicado como política pública na cidade.

Reichert e Mendes (2014) estudaram a ACV e apoiam seu uso nas tomadas de decisão em gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos, considerando as metas de redução de disposição de resíduos orgânicos em aterro estabelecidas pelo PNRS: 60% para a região Sul até 2031.

Sendo assim, a aplicação da ACV para subsidiar a toma de decisões do poder municipal e para o gerenciamento das emissões de GEE de produtos e serviços, se mostrou viável tecnicamente em estudos semelhantes ao realizado nesta pesquisa, tratando-se de uma ferramenta indispensável e a ser levado em consideração antes das decisões.

### **1.2.5 Séries Temporais**

Uma série temporal, ou série história, é definida como uma sequência de dados obtidos em um determinado intervalo regular de tempo. A princípio, com a série temporal, se deseja modelar o fenômeno objeto de estudo, descrever o comportamento da série, fazer estimativa e avaliar quais fatores influenciam o seu comportamento. Com aplicação em diversas áreas: sistema de seguro, indústrias, economia, medicina, epidemiologia, comunicação, confiabilidade, fenômenos metodológicos, setor florestal, entre outros (ANDRADE, 2013; LATORRE; CARDOSO, 2001).

A análise de uma série temporal contempla a preocupação em derivar conhecimento sobre a movimentação recente e passado, para prever resultados e reconhecer fatores que interessam sobre o objeto de estudo. A realização de previsões é uma ferramenta útil que possibilita ações mais eficientes e um melhor planejamento, subsidiando às tomadas de decisões (ANTUNES; CARDOSO, 2015).

É ampla a aplicabilidade das séries temporais, abrangendo diversos segmentos da

cadeia produtiva. Porém, há vários modelos de análise de séries temporais, sendo necessário selecionar o modelo mais ajustado, conforme o objeto de estudo e objetivo. Quando se analisa uma série temporal onde não há tendência e sazonalidade, podem ser utilizados modelos auto-regressivo (AR) ou que incorpore médias móveis (ARIMA). E quando existe tendência, utilizar-se os modelos auto-regressivo integrados de média móvel (ARIMA), e o modelo SARIMA, para incorporar a sazonalidade (LATORRE, CARDOSO, 2001).

A modelagem das séries temporais pelo método ARIMA é bem difundida e utilizada na análise de séries não-estacionárias, sendo ele proposta por Box e Jenkins (1970). Tratando-se de uma extensão dos modelos lineares paramétricos ARMA (AGUIRRE, 2007; CAMPOS, 2008).

Algumas áreas utilizam as séries temporais para realizar estudos específicos e analisar o desempenho, compreendendo comportamentos futuros ou tendências. Na área da saúde, Amâncio e Nascimento (2012) utilizaram as séries temporais para estimar o risco para as internações de crianças por asma, após exposição a poluentes, em São José dos Campos (SP).

Na área agropecuária, Bressan (2004) analisou a aplicabilidade de modelos de séries temporais como ferramenta de decisão de compra e venda de contratos futuros na BM&F, no setor. Os resultados indicaram o potencial da utilização dos modelos de previsões MDL e ARIMA como ferramenta de decisão em negociações em contrato para datas próximas de vencimento.

No setor florestal, Floriano et al. (2006) utilizaram séries temporais para desenvolver equações de crescimento de alturas, que se adapte melhor aos dados populacionais e critério de seleção dos indivíduos, em uma população de *Pinus elliottii*.

A série temporal do preço da borracha natural foram estudados por Coelho Junior et al. (2009), onde analisaram o comportamento dos preços no mercado internacional, do período de janeiro de 1982 a dezembro de 2006. Entre as conclusões, o modelo que melhor se ajustou a série estudada foi AR (1) para um GARCH (1,1). E por Soares et al (2008) elaboraram um modelo para estimar o preço do mercado nacional, entre janeiro de 1999 e setembro de 2008. O modelo ARIMA (2,1,1) foi o modelo mais adequado para realizar as previsões do preço da borracha no Brasil.

Coelho Junior et al (2006) analisaram as séries longitudinais dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais, concluindo o modelo SARIMA (2,0,1)(0,1,1)

proporcionou o melhor ajuste e de forma parcimoniosa. Soares et al (2010) elaboraram um modelo para prever o preço da madeira em pé de *Eucalyptus spp.* em Itapeva (SP) e Bauru (SP). Onde o modelo ARIMA (0,1,4) e ARIMA (2,1,2,) foram os modelos mais adequados para a previsão nas duas cidades, respectivamente.

Almeida et al (2009) estudaram um modelo para previsão aos preços pagos às exportações do compensado paranaense, onde a análise gráfica e estatísticas indicaram o modelo ARIMA (1,1,3) como o que melhor se ajusta à série do preço de compensado.

## 2 ARTIGO 1 – DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA URBANA DE JOÃO PESSOA

### RESUMO

Este estudo diagnosticou e planejou uma estratégia da arborização urbana de João Pessoa. Para o diagnóstico foi realizado o Inventário da arborização urbana por meio de amostragem aleatória simples, utilizando ruas e avenidas como unidades amostrais. Desta amostragem analisou a densidade metro linear (DML), o índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e a equabilidade, pela equação de Pielou. Os principais resultados encontrados foram: identificou 101 espécies distribuídas em 32 famílias; A Fabaceae a mais representativa e a Moraceae com o maior número de indivíduos; das espécies identificadas 57,43% são exóticas e 42,57% nativas, sendo 78,72% dos indivíduos exóticas (2.420 exemplares) e 21,28% são nativas (654 exemplares); O *Ficus benjamina* L., com 34,29%, foi a espécie mais abundante do total amostrado; dos indivíduos que apresentaram problemas, 76,57% tem conflitos com equipamentos públicos 23,25% com insetos, 7,23 % por patógenos, e 27,94% com danos físicos; a DML médio de 37,66 indivíduos/km de passeio; o  $H'$  foi de 2,96 nats/ind e equabilidade foi de 0,37. A floresta urbana encontra-se distribuída de forma irregular pelo município, portanto, há que se formular plano de manejo da arborização urbana com um programa de monitoramento da arborização, com foco nos indivíduos com problemas fitopatológicos, danos físicos e em conflitos com equipamentos urbanos, mediante cadastramento da arborização nos diferentes setores/bairros da cidade.

Palavras-chave: Inventario arbóreo, plano de manejo, arborização urbana

## **ARTICLE 1 – DIAGNOSIS AND PLANNING OF URBAN FOREST ROAD OF JOÃO PESSOA**

### **ABSTRACT**

This study diagnosed and planned a strategy of urban forest in Joao Pessoa. For the diagnosis, the urban forest inventory was performed by means of simple random sampling, using streets and avenues as sample units. From this sample, the linear density (DML), the Shannon-Weaver diversity index ( $H'$ ) and the equability were analyzed by the Pielou equation. The main results were: identified 101 species distributed in 32 families; The most representative Fabaceae and the Moraceae with the largest number of individuals; Of the species identified were 57.43% exotic and 42.57% native, 78.72% of the exotic individuals (2,420 specimens) and 21.28% are native (654 specimens); *Ficus benjamina* L., with 34.29%, was the most abundant species of the total sampled; Of the individuals who presented problems, 76.57% had conflicts with public facilities, 23.25% with insects, 7.23% with pathogens, and 27.94% with physical damages; The average DML of 37.66 individuals / km of walking;  $H'$  was 2.96 nats/ind and equability was 0.37. The urban forest is distributed irregularly by the municipality, therefore, it is necessary to formulate urban pruning management plan with a monitoring program of the afforestation, focusing on individuals with phytopathological problems, physical damage and conflicts with urban equipment, Through registration of afforestation in the different sectors / districts of the city.

Keywords: Forest inventory, management plan, urban forest



## 2.1 INTRODUÇÃO

Os centros urbanos são locais de convívio de grande parte da população. Estes constantemente são modernizados e, ou, alterado, resultando em um desequilíbrio entre o homem e a vegetação (ANGELIS et al., 2007). Uma das ferramentas para manter o contato com a natureza é a arborização de ruas e avenidas, que no Brasil pode ser considerada como uma atividade recente, quando comparada aos países europeus (DANTAS; SOUZA, 2004).

Arborização urbana nos remete a um padrão de distribuição de árvores em um território urbano, em vias públicas e demais áreas livres de edificação. O sucesso da arborização depende de um correto e criterioso planejamento, devendo levar em consideração os fatores que influem na seleção de espécies, na produção de mudas e na implantação da mesma (BOBROWSKI; BIONDI, 2012).

O mau planejamento da arborização durante a fase de implantação de um projeto pode resultar em impactos significativos na estrutura urbana. Por exemplo, o rompimento de fios da rede elétrica consistindo em interrupções no fornecimento de energia elétrica, entupimentos de rede de esgoto e calhas, rachaduras em calçadas, entre outras (NUNES et al., 2013).

Para corrigir uma arborização desestruturada e desordenada são necessárias a realização de poda ou remoção (ou substituição) de galhos e árvores (BARROS, 2013). A poda é a eliminação de ramos, galhos, inflorescência ou folhagens com vista à compatibilização com o espaço físico existente ou para promover o desenvolvimento adequado da planta, podendo ser de formação, condução, limpeza, correção, adequação, levantamento e emergência (RECIFE, 2013; SÃO PAULO, 2015).

No município de Irati (PR), 32,36 % das árvores necessitavam de trato cultural devido a conflitos urbanos (SCHALLENBERGER et al., 2010). Na cidade de Quirinópolis (GO), 56,60 % arborização do Bairro Promissão e 50 % do Bairro Pedro Cardoso necessitavam de poda leve ou pesada (BATISTEL, 2009). No município de João Pessoa/PB, em 2012, a prefeitura realizou 9,2 mil podas de árvores e a substituição de 400, mediante a implantação do programa Poda Programada (JOÃO PESSOA, 2012).

O desenvolvimento de programas de monitoramento e de manutenção é importante para o planejamento da arborização urbana. Silva Filho et al. (2002) mostraram que na cidade de Jaboticabal (SP) é viável a criação de banco de dados para cadastro, avaliação e

manejo de árvores para auxiliar nas ações corretivas e de condução da arborização. Outra forma é mediante o sistema de informações geográfica, indicando a localização, histórico de manutenção, conflitos com equipamentos públicos, rede elétrica e de água, esgoto, entre outros (OLIVEIRA FILHO; SILVA, 2010).

Um plano de manejo florestal começa-se por um inventário arbóreo. Que corresponde a um diagnóstico da situação da arborização mediante a coleta de informações sobre pontos para o plantio, identificação de manutenção, de reparos ou remoção, entre outras (BENATTI et al., 2012; CEMIG, 2011). O inventário pode ser realizado mediante três metodologias: inventário parcial (praça, bairro); inventário completo (censo arbóreo de parques, ruas ou de áreas verdes); e inventário amostral (BOBROWSKI, 2010).

O inventário amostral pode seguir a amostragem aleatória simples ou casual, sistemática e aleatória restringida. Dentre os métodos amostrais, a amostragem aleatória se faz por sorteio de unidades amostrais (parcelas retangulares ou quadrangulares, quadra, bloco ou ruas) aleatoriamente ou intervalos definidos. Este modelo permite obter o valor médio das variáveis analisadas e estimar a precisão destas médias (ROSSETTI, et al., 2010). Sendo este método de amostragem um meio relativamente fácil para se conhecer a estrutura de florestas urbanas e para estimar os valores dos serviços ambientais, onde a precisão e o custo da estimativa dependem do tamanho da população e das unidades amostrais (NOWAK et al., 2008).

Periotto et al. (2016), inventariou a arborização urbana da cidade Medianeira/PR por meio da amostragem aleatória a fim de selecionar as unidades amostrais do objeto de estudo. Na cidade de Huambo/Angola, a amostragem ocorreu nas principais ruas da cidade e determinou a suficiência amostral pela curva de riqueza de espécies (QUISSINDO et al., 2016). Em Boa Vista - RR, a análise da arborização urbana foi mediante a realização censitária (censo) das ruas do município (LIMA NETO et al. 2016). Para o inventário no bairro Vila Yolanda, município de Foz de Iguaçu/PR, foi de maneira aleatória, oito ruas do bairro para coletar os dados de todas as árvores existentes na via (TOSCAN et al., 2010).

O município de João Pessoa ainda não se tem um inventário da arborização urbana e seu planejamento sistemático de conservação arbórea. Levando em consideração a importância de informações da vegetação urbana, este estudo diagnosticou e planejou a manutenção da arborização urbana de João Pessoa.

## **2.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.2.1 Objeto de estudo**

O estudo foi realizado no município de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, localizado na Zona da Mata Paraibana. O município apresenta população de 801.718 habitantes em 2016, e uma área de 211,475 km<sup>2</sup> de territorial, resultando em uma densidade demográfica de 3.421,28 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2016).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o município encontra-se inserido no clima 3dth, correspondente ao regime mediterrâneo ou nordestino subseco, na faixa climática do tipo AS', clima quente e úmido (Tropical chuvoso - classe A). Nos meses de maio e julho ocorrem as precipitações máximas, com média de 1.896 mm/ano. As temperaturas diárias máximas e mínimas variam de 30 a 21 °C, e a umidade relativa variam entre 73% e 82% (SOUZA et al., 2016).

A cidade apresenta o relevo com baixas altitudes em relação ao nível do mar e com resquícios de Mata Atlântica, cerrado e tabuleiro, formando fragmentos pela cidade, principalmente nos vales dos rios (SANTOS; SANTOS, 2013).

### **2.2.2 Inventário arbóreo e análise dos dados**

#### **2.2.2.1 Setorização da área de estudo**

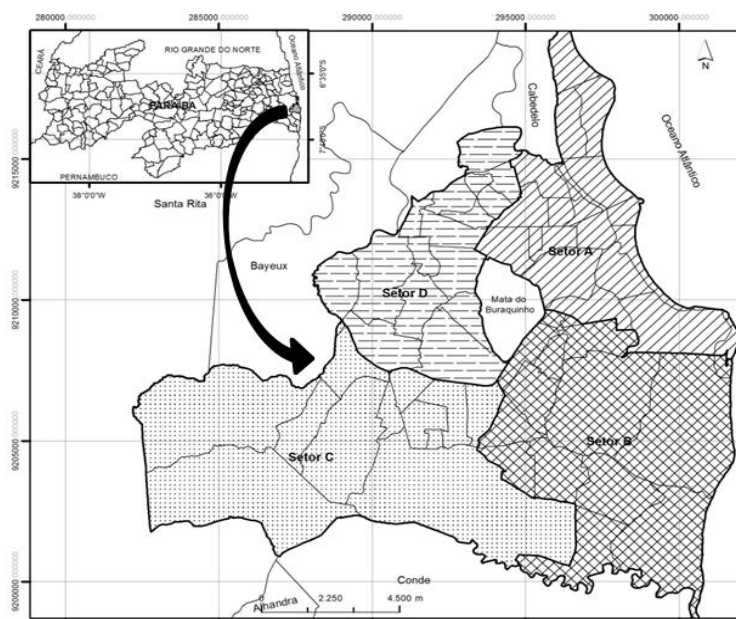
Para o inventário arbóreo da cidade de João Pessoa/PB, utilizou o método de amostragem aleatória simples, com o uso das ruas e avenidas como unidades amostrais. Para a realização do trabalho de campo e coleta de dados, o perímetro urbano foi dividido em 4 setores, conforme a Figura 2.1. O período de coleta dos dados foi entre os meses de julho a novembro/2015.

Para cada setor, foram identificados os bairros, quantitativo de ruas, nomenclatura e extensão linear de cada rua, com o auxílio da ficha cadastral da Secretaria de Planejamento Municipal (JOÃO PESSOA, 2015). Não foram consideradas áreas verdes, praças, parques e jardins particulares.

O setor A: Aeroclube, Altiplano Cabo Branco, Bairro dos Estados, Bairros dos Ipês, Bancários, Bessa, Brisamar, Cabo Branco, Castelo Branco, Jardim Oceania, João

Agripino, Manaíra, Miramar, Pedro Gondim, Ponta do Sol, São José, Tambaú, Tambauzinho e Torre.

O setor B: Água Fria, Anatólia, Barra de Gramame, Cidade dos Colibris, Costa do Sol, Cuiá, Jardim Cidade Universitária, Jardim São Paulo, José Américo, Mangabeira, Muçumagro, Paratibe, Penha, Planalto da Boa Esperança e Valentiva.



**Figura 2.1.** Delimitação dos setores para o Inventário Arbóreo da Cidade de João Pessoa/PB.

Fonte: Adaptado do *Google Earth*®.

O setor C: bairros das Indústrias, Costa e Silva, Distrito Industrial, Ernani Sátiro, Ernesto Geisel, Funcionários, Gramame, Grotão, Jardim Veneza, Mumbaba e Mussuré.

O setor D: Alto do Céu, Alto do Mateus, Centro, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Ilha do Bispo, Jaguaribe, Mandacarú, Oitizeiro, Padre Zé, Rogér, Tambiá, Treze de Maio, Trincheiras, Varadouro e Varjão.

#### **2.2.2.2 Seleção das unidades amostrais, Estimativas do número ótimo de unidade amostral e Densidade Metro Linear (DML)**

A seleção das ruas foi realizada por meio de uma amostragem sistemática. Para cada setor as ruas foram ordenadas em ordem alfabética. Foi realizado um sorteio aleatório entre as 10 primeiras ruas e sistematicamente de 10 em 10.

Foi realizado um inventário arbóreo piloto em 20 ruas para se obter a suficiência amostral. Para obter o número de ruas utilizou Biondi (1985). A partir do inventário piloto chegou a 241 ruas a ser inventariadas (3,86% do total).

A densidade metro linear (DML) da arborização urbana foi calculada dividindo o número total de indivíduos registrados no intervalo de amostragem pela extensão total do passeio público amostrado.

O índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) verificou a diversidade populacional, obtido pela expressão:

$$H' = \frac{1}{N} \ln \left( \sum_{i=1}^S n_i \ln \left( \frac{N}{n_i} \right) \right)$$

Onde:

$H'$  = índice de Shannon-Weaver;

$n_i$  = Número de Indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie;

$N$  = número total de indivíduos amostrados;

$S$  = número total de espécies amostradas;

$\ln$  = logaritmo de base neperiano.

A equação de Pielou foi obtida pela expressão:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Em que,

$H_{\max} = \ln(S)$ ;

$S$  = número total de espécies amostradas;

$J$  = Equabilidade de Pielou;

$H'$  = índice de diversidade de Shannon-Weaver.

### 2.2.2.3 Coleta e análise dos dados de campo

Nas ruas selecionadas foi realizado o censo arbóreo, dos indivíduos que apresentaram circunferência a altura do peito (CAP)  $\geq 15$  cm, das calçadas e canteiros centrais, excluindo praças, parques e áreas verdes, CAP a 1,30 m do solo, e altura total do

indivíduo (HT). Em campo foi coletado o nome comum das plantas, para posterior identificação do nome científico,

A identificação botânica das espécies foi realizada mediante as características vegetativas e reprodutivas (ritidoma, folhas, flores e/ou frutos). Para os indivíduos arbóreos não identificados *in loco*, foram coletadas amostras de estrutura férteis, quando possível, para ser identificado por um especialista ou para identificação por comparação de amostras já identificadas, depositadas no Herbário Lauro Pires Xavier, da Universidade Federal da Paraíba.

Para a classificação das famílias botânicas seguiu-se o *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG IV) (APG, 2016). Os nomes científicos das espécies e família foram conferidos na Lista das Espécies da Flora do Brasil (REFLORA, 2017) e na base de dados de plantas tropicais do *Missouri Botanical Garden* (TROPICOS, 2016).

As espécies, também, foram classificadas de acordo com a fitogeografia do Brasil (espécie nativa e exótica). Como referências foram Lorenzi et al. (2003), Lorenzi et al. (2010) e a Lista das Espécies da Flora do Brasil (REFLORA, 2017).

Também foram observados os aspectos fitossanitários, quanto à presença ou ausência de pragas por insetos (cupins, formigas cortadeiras, lagartas, besouros, percevejos, pulgão, ácaros, entre outros) e presença ou ausência de doença patogênica (Microrganismo). Danos físicos no tronco (defeitos e danos físicos, descascamento e anelamento, objeto do tronco e cortes no tronco que não seja da manutenção), e conflitos com equipamentos públicos (rede elétrica e telefônica, tubulação de esgoto, abastecimento de água, e levantamento ou quebra de calçadas e linha d'água).

### **2.2.3 Plano de melhorias da arborização urbana de João Pessoa**

Elaborou-se um programa de ações corretivas e preventivas da arborização urbana e de gerenciamento dos resíduos da manutenção da arborização urbana. O resultado do inventário arbóreo mostrou as necessidades das ações e potenciais riscos no meio urbano. Considerou-se o percentual de indivíduos de cada espécie, das 30 mais representativas, para identificar as que apresentam mais adaptabilidade e resistência a patógeno na cidade.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 2.3.1 Levantamento florístico

O inventário arbóreo nas 241 ruas amostradas contabilizou 3.074 indivíduos, pertencentes a 32 famílias, distribuídas em 101 espécies, onde 8 espécies foram identificadas a nível de gênero. Do total encontrado, 195 são palmeiras (6,34% da população amostrada) e 2.879 arbóreos (93,66% da população amostrada), apresentados na Tabela 2.1.

O número de espécie encontrado em uma cidade varia, de acordo com fatores antrópicos, culturais e geográficos dos municípios. Os fatores climáticos influenciam diretamente na escolha das espécies utilizadas nas vias de acesso. Onde nem sempre a espécie escolhida para plantar de forma voluntária, pela população nas calçadas das residências com o objetivo de proteger da insolação, trata-se de uma espécie adequada para tal finalidade. A riqueza florística urbana encontrada em João Pessoa é mediana, quando comparada a outras cidades estudadas no Brasil. No sul do país, Lindenmaier; Souza (2014) encontraram 101 espécies em Cachoeira do Sul/RS e Salvi et al. (2011) catalogaram 61 espécies em Porto Alegre/RS. No sudeste, a arborização viária de Sorocaba/SP foi composta por 203 espécies (CARDOSO-LEITE et al., 2014), enquanto em Jaú/SP foram encontradas 75 espécies na arborização urbana (SOUZA et al., 2004).

Em João Pessoa, de acordo com o inventário arbóreo, a família das Fabaceae foi a mais representativa, com 25 espécies (24,75 %). Seguida pela Bignoniaceae com 11 espécies (10,89 %) e Arecaceae 10 (9,90 %). Somadas, essas famílias correspondem cerca de 50 % das espécies identificadas no estudo. Contudo, a predominância das Fabaceae na arborização urbana não é exclusiva de João Pessoa por que segundo Hueck (1972), a Fabaceae é a família mais rica e abundante da América do Sul. Em outras cidades brasileiras estudadas mostram tal comprovação: Em Timon/MA, Moraes e Machado (2013) encontraram 23 espécies (26,74%) da arborização. O mesmo foi encontrado em Itapuranga/GO, com 11 espécies existentes (20%) (FARIA et al., 2014).

A família Moraceae foi a mais abundante, com 1.072 indivíduos (34,87 %), e deve reduzir esta população em até 30 %. Pois, Santamour Junior (1990) recomenda que não exceda mais de 30% de indivíduos da mesma família para prevenção de pragas e doenças.

**Tabela 2.1.** Levantamento botânico do inventário urbano de João Pessoa classificado por família botânica, espécie, nome comum, densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR%), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR%) e fitogeografia (E, espécie exótica, e N, espécie nativa).

Família/Espécie	Nome Comum	DA	DR (%)	FA	FR (%)	Fitogeo
<b>ANACARDIACEAE</b>		<b>180</b>	<b>5,86</b>			
<i>Anacardium occidentale</i> L.	cajeiro	20	0,65	18	7,47	N
<i>Mangifera indica</i> L.	mangueira	75	2,44	28	1,62	E
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	aroeira-da-praia	79	2,57	53	1,99	N
<i>Spondias mombin</i> L.	cajazeira	3	0,10	3	0,24	N
<i>Spondias purpurea</i> L.	seriguela	1	0,03	1	0,41	E
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	umbu	2	0,07	1	0,41	N
<b>ANNONACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Annona squamosa</i> L.	pinheira	1	0,03	1	0,41	E
<b>APOCYNACEAE</b>		<b>11</b>	<b>0,36</b>			
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	leiteira	3	0,10	3	0,24	N
<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	buque-de-noiva	5	0,16	1	0,45	E
<i>Plumeria rubra</i> L.	jasmin-manga	2	0,07	2	0,83	E
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) K. Schum	chapeu-de-napoleão	1	0,03	1	0,41	E
<b>ARAUCARIACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Araucaria columnaris</i> (Forest.) Hook.	pinheiro-de-natal	1	0,03	1	0,41	E
<b>ARECACEAE</b>		<b>195</b>	<b>6,34</b>			
<i>Acrocomia intumescens</i> Drude	palm. macaíba	46	1,50	2	0,83	N
<i>Caryota</i> sp.	palm. rabo-de-peixe	2	0,07	1	0,41	E
<i>Cocos nucifera</i> L.	coqueiro	42	1,37	16	6,64	E
<i>Dypsis decaryi</i> (Jum.) Beentje & J. Dransf.	palm. triangular	32	1,04	9	3,73	E
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & Dransf.	palm. areca-bambu	8	0,26	2	0,83	E
<i>Pritchardia</i> sp.	palm. leque	11	0,33	3	1,24	E
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	palm. imperial	17	0,55	6	2,49	E
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	palm. jerivá	1	0,03	1	0,41	N
<i>Veitchia merrillii</i> (Becc) H. E. Moore.	palm. mexicana	36	1,17	14	5,81	E
<b>BIGNONIACEAE</b>		<b>362</b>	<b>11,78</b>			
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	ipê-de-jardim	7	0,23	4	1,66	E
<i>Crescentia cujete</i> L.	cabaça	2	0,07	2	0,83	E
<i>Handroanthus chysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo	21	0,68	16	6,64	N
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo	13	0,42	5	2,07	N
<i>Handroanthus</i> sp.	ipê/ipê-do-serrado	120	3,90	82	34,02	N
<i>Jacaranda</i> sp.	jacarandá mimoso	2	0,07	1	0,41	E
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	tulipa-africana	2	0,07	1	0,41	E
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	craibeira	107	3,48	6	2,49	N
<i>Tabebuia elliptica</i> (DC.) Sandwith	ipê-branco	2	0,07	2	0,83	N
<i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl.	ipê-de-El-salvador	85	2,77	11	4,56	E
<i>Tabebuia rosealba</i> (Ridl.) Sandwith	perobinha	1	0,03	1	0,41	N
<b>CANNABACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	periquiteira	1	0,03	1	0,41	N
<b>CAPPARACEAE</b>		<b>6</b>	<b>0,20</b>			
<i>Crateva trapia</i> L.	trapiá	6	0,20	5	2,07	N
<b>CARICACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Carica papaya</i> L.	mamoeiro	1	0,03	1	0,41	E
<b>CASUARINAEAE</b>		<b>28</b>	<b>0,91</b>			
<i>Casuarina</i> sp.	casuarina	28	0,91	7	2,90	E
<b>CHRYSOBALANACEAE</b>		<b>20</b>	<b>0,65</b>			
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	oitizeiro	20	0,65	13	5,39	N
<b>CLUSIACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Clusia</i> sp.	pororoca	1	0,03	1	0,41	N
<b>COMBRETACEAE</b>		<b>170</b>	<b>5,53</b>			
<i>Terminalia catappa</i> L.	castanhola	170	5,53	117	48,55	E
<b>CUPRESSACEAE</b>		<b>5</b>	<b>0,16</b>			
<i>Cupressus</i> spp.	cupressus	5	0,16	1	0,41	E

Continua...



Continua...

Família/Espécie	Nome Comum	DA	DR (%)	FA	FR (%)	Fitogeo
<b>FABACEAE</b>		<b>580</b>	<b>18,87</b>			
<i>Adenantha pavonina</i> L.	olho-de-pombo	40	1,30	31	12,86	E
<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth	carolina	16	0,52	10	4,15	E
<i>Anadenanthera cf. colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico	18	0,59	4	1,66	N
<i>Bauhinia forficata</i> Link	mororo	5	0,16	2	0,83	N
<i>Bauhinia monandra</i> Britt.	pata-de-vaca	10	0,33	6	2,49	E
<i>Bauhinia variegata</i> L.	pata-de-vaca	1	0,03	1	0,41	E
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	sucupira-preta	1	0,03	1	0,41	N
<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam) E. Gagnin, H. C. Lima & G. P. Lewis	pau-brasil	43	1,40	32	13,28	N
<i>Poincianella pluviosa</i> (Benth.) L.P. Queiroz	sibipiruna	9	0,29	9	3,73	N
<i>Caesalpinia pulcherrina</i> (L.) Sw.	flamboyant-mirim	2	0,07	1	0,41	E
<i>Cassia fistula</i> L.	cassia-chuva-de-ouro	20	0,65	20	8,30	E
<i>Cassia grandis</i> L. f.	cassia-rosa	8	0,26	8	3,32	N
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	sombreiro	20	0,65	18	7,47	N
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	flamboyant	22	0,72	20	8,30	E
<i>Erythrina indica</i> Lam. Var. <i>picta</i> Hort.	brasileirinho	25	0,81	6	2,49	E
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	1	0,03	1	0,41	N
<i>Inga blanchetiana</i> Benth.	ingá	1	0,03	1	0,41	N
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	leucena	12	0,39	4	1,66	E
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	pau-ferro	3	0,10	2	0,83	N
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	mata-fome	15	0,49	10	4,15	E
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	algaroba	17	0,55	13	5,39	E
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & R.C. Barneby	cassia-ferruginea	281	9,14	159	65,98	E
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	cassia-do-nordeste	2	0,07	1	0,41	N
<i>Stryphnodendron</i> sp.	favinha	2	0,07	1	0,41	N
<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarineira	6	0,20	5	2,07	E
<b>LAURACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Persea americana</i> Mill.	abacate	1	0,03	1	0,41	E
<b>LECYTHIDACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	embiriba	1	0,03	1	0,41	N
<b>LYTHRACEAE</b>		<b>2</b>	<b>0,07</b>			
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	resedá	1	0,03	1	0,41	E
<i>Punica granatum</i> L.	romã	1	0,03	1	0,41	E
<b>MALPIGHIACEAE</b>		<b>2</b>	<b>0,07</b>			
<i>Byrsonima</i> sp.	murici	1	0,03	1	0,41	N
<i>Malpighia emarginata</i> Sessé & Moc. Ex DC..	acerola	1	0,03	1	0,41	E
<b>MALVACEAE</b>		<b>107</b>	<b>3,48</b>			
<i>Eriotheca macrophylla</i> (K.Schum.) A. Robyns	munguba	1	0,03	1	0,41	N
<i>Talipariti pernambucense</i> (Arruda) Bovini	algodão-da-praia	46	1,50	36	14,94	N
<i>Ceiba</i> sp.	paineira	1	0,03	1	0,41	N
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba	1	0,03	1	0,41	N
<i>Talipari titiliaceum</i> (L.) Fryxell	algodão-da-praia	19	0,62	12	4,98	E
<i>Luehea ochrophylla</i> Mart.	açoita-cavalo	3	0,10	1	0,41	N
<i>Pachira aquática</i> Aubl.	castanheira-do-maranhão	27	0,88	9	3,73	N
<i>Sterculia</i> sp.	chichá	9	0,29	2	0,83	E
<b>MELIACEAE</b>		<b>142</b>	<b>4,62</b>			
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	nim	142	4,62	103	42,74	E
<b>MORACEAE</b>		<b>1072</b>	<b>34,87</b>			
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	jaqueira	3	0,10	3	1,24	E
<i>Ficus benjamina</i> L.	figus	1054	34,29	196	81,33	E
<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem	figus elastica	1	0,03	1	0,41	E
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth	gameleira	12	0,39	12	4,98	E
<i>Morus nigra</i> L.	amora	2	0,07	1	0,41	E
<b>MORINGACEAE</b>		<b>3</b>	<b>0,10</b>			
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	moringa	3	0,10	2	0,83	E
<b>MYRTACEAE</b>		<b>101</b>	<b>3,29</b>			
<i>Eucalyptus</i> sp.	eucalipto	3	0,10	1	0,41	E
<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	7	0,23	6	2,49	E
<i>Psidium guineense</i> Sw.	araçá	1	0,03	1	0,41	N
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	oliveira	29	0,94	13	5,39	E
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	jambeiro	61	1,98	17	7,05	E

Continua...

Continua...

Família/Espécie	Nome Comum	DA	DR (%)	FA	FR (%)	Fitogeo
<b>OXALIDACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Averrhoa carambola</i> L.	carambola	1	0,03	1	0,41	E
<b>PINACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Pinus</i> sp.	pinus	1	0,03	1	0,41	E
<b>POLYGONACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Triplaris americana</i> L.	pau-formiga	1	0,03	1	0,41	N
<b>RHAMNACEAE</b>		<b>2</b>	<b>0,07</b>			
<i>Ziziphus</i> sp.	juazeiro	2	0,07	1	0,41	N
<b>RUBIACEAE</b>		<b>2</b>	<b>0,07</b>			
<i>Genipa americana</i> L.	genipapo	2	0,07	2	0,83	N
<b>SAPINDACEAE</b>		<b>72</b>	<b>2,34</b>			
<i>Filicium decipiens</i> (Wt. & Arn.) Thwaites	felícia	72	2,34	38	15,77	E
<b>SAPOTACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen	sapotizeiro	1	0,03	1	0,41	N
<b>VERBENACEAE</b>		<b>1</b>	<b>0,03</b>			
<i>Tectona grandis</i> L. f.	teca	1	0,03	1	0,41	E
<b>Total Geral</b>		<b>3074</b>	<b>100,00</b>			

Das espécies identificadas 59 (57,43%) são exóticas, e 42 (42,57%) nativas neste estudo. Sendo, 78,72% dos indivíduos são exóticos (2.420 exemplares) e 21,28% são nativos (654 exemplares). Lindenmaier e Souza (2014) mostram que, em Cachoeira do Sul/RS, 56,4% são espécies exóticas que corresponde a 61,7% dos indivíduos; e 43,6% de espécies nativas, com 38,3% dos indivíduos da arborização viária. No levantamento realizado por Miranda et al. (2015) identificaram em Godoy Moreira/PR que 76% eram exóticas e 24% espécies nativas. Na cidade de Patos/PB, 71,4% são espécies exóticas e 28,6% são nativas (LUCENA et al., 2015). O domínio das espécies exóticas na arborização urbana é motivado, principalmente, pela utilização de espécies conhecidas e estudadas em ambientes urbanos, versus a falta de informação das espécies nativas em se desenvolver nas cidades.

Segundo o levantamento bibliográfico realizado, foram poucos os municípios brasileiros que apresentam fitogeografia diferente do encontrado em João Pessoa, a exemplo de Altonia/PR com 67% nativas e 33% exóticas (MAIORANI et al., 2012); e Nova Esperança/PR, 68% nativas e 32% exóticas (ALBERTIN et al., 2011).

O *Ficus benjamina* foi à espécie que apresentou a maior abundância na arborização da cidade, correspondendo a 34,29% dos indivíduos inventariado. Sendo a única espécie fora das recomendações técnicas descritas por Grey e Deneke (1978) e Biondi e Althaus (2005), em que aconselham que uma espécie não deva ultrapassar da faixa entre 10% a 15% do total de indivíduos da população.

A abundância desta espécie também foi constatada no bairro de Santiago, cidade de Ji-Paraná/RO, onde 39,90% dos indivíduos eram da espécie citada, e nos municípios de

Altamira/PA e Araçoiaba da Serra/SP (PARRY et al., 2012; SILVA et al., 2014; SANTOS JUNIOR; COSTA, 2014).

Outras espécies se destacaram na arborização devido a sua abundância, *Senna siamea*, *Terminalia catappa* e *Azadirachta indica*, com 9,14% (281 exemplares), 5,53% (170 exemplares), 4,62% (142 exemplares). As quatro espécies mais abundantes correspondem a 53,58% dos indivíduos que compõem a arborização.

A densidade metro linear (DML) média encontrada na cidade foi de 37,66 árv./km de passeio público. Este valor ficou abaixo dos valores encontrado no Bairro de Santiago, na cidade de Ji-Paraná/RO, de 120 árv./km (SANTOS JUNIOR; COSTAS, 2014). No bairro Petrópolis, na cidade de Natal/RN, apresentou 70 ind./km (SANTOS *et al.*, 2012) e da cidade de Cachoeira do Sul/RS, 53,15 árv./km (LINDENAMAIER; SOUZA, 2014).

Porém, ficou acima dos valores encontrado nos bairros Riacho Novo e Bairro Centro, 35 e 26 árv./km, respectivamente, ambas localizadas na cidade de Nova Iguaçu/RJ (ROCHA et al., 2004). O mesmo aconteceu nas cidades Registro/SP, com 37 ind./km (FERRAZ, 2012) e Senador Guimard/AC, com 6,2 árv./km (MARANHO et al., 2012).

Estes valores tratam-se de um índice utilizado para mensurar a densidade de árvores nas vias de passeios urbanos, onde, de acordo com (LINDENAMAIER; SOUZA, 2014), não há um número considerado ideal ou recomendável para este índice. No entanto, segundo Paiva (2009), a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) reconhece como um número ideal de árvores por km de calçada, pelo menos 100 indivíduos. Na comparação com outras localidades, pode-se afirmar que na cidade de João Pessoa apresenta uma densidade mediana e ainda muito abaixo do número considerado ideal pela SBAU.

Na população analisada, foram identificados 475 indivíduos com problemas fitossanitários causados por insetos a exemplo de cupins, cochonilhas, formigas cortadeiras ou percevejos, correspondendo a 15,45% da população. 19,39% dos exemplares apresentaram problemas aparentes provocados por fungos ou outro microrganismo nas folhas, troncos e colo de árvore. Em 71,50% (2.198 exemplares) da população encontravam-se isentas de inseto e microrganismo e 28,50% com algum tipo de patógeno. Na área central da cidade de São Joaquim/SC, 78% dos indivíduos observados apresentaram algum tipo de ataque de praga e doenças (SOUZA et al., 2014), valor acima do encontrado em João Pessoa/PB.

O *F. benjamina* foi à espécie que apresentou o maior número de indivíduos com problemas fitopatológicos, 13,66% da população da espécie apresentaram problemas provocados por insetos, 15,65% com problemas provocados por microorganismo.

As espécies *S. siamea* e *T. pentaphylla* aparecem em seguida em número de indivíduos com problemas provocados por insetos, 44 (15,66%) e 43 (50,59%) exemplares, e as espécies *Handroanthus* spp., e *S. siamea*, aparecem em seguida em número de indivíduos com problemas com microorganismo, com 53 (44,17%) e 48 (17,08%) indivíduos, respectivamente.

Com relação aos conflitos com equipamentos urbanos, 1.789 indivíduos (58,10% da população) apresentaram problemas, destacando os conflitos com rede elétrica, levantamento ou quebra de calçadas, linha d'água, e rede de esgoto. No que concerne aos danos físicos, 27,94% da população apresentaram problemas em alguma estrutura, sendo os mais comuns, objetos cravados nos troncos e impactos mecânicos, correspondendo a 859 exemplares. Cerca de 36,10% (1.110 indivíduos) da população não apresentavam nenhum destes problemas.

No bairro Santiago, município de Ji-Paraná/RO, 30% da população apresentavam conflitos com cabos aéreos de telecomunicações e de energia elétrica (SANTOS JUNIOR; COSTA, 2014). Na cidade de Nova Iguaçu/RJ, 35% das árvores apresentaram conflitos com a infraestrutura aérea (ROCHA *et al.*, 2004). Na área central do município de São Joaquim/SC, 41% dos exemplares que compõem a arborização urbana apresentaram algum tipo de injúria provocada por vandalismo (SOUZA *et al.*, 2014). Nascimento *et al.* (2014) constatou que no Bairro Central da cidade de Resende/RJ, 55% da população apresentavam sinais de injúrias ou agressões mecânicas.

Os indivíduos que apresentaram maiores conflitos urbanos ou danos físicos foram das espécies *F. benjamina*, *S. siamea* e *T. catappa* com 628, 213 e 114 exemplares, respectivamente, em conflitos com equipamentos urbanos, e 244, 73 e 61 indivíduos com danos físicos, respectivamente.

O estudo indicou ainda que 3,51% da população apresentam problemas provocados por insetos e microorganismo, equipamentos urbanos e danos físicos, correspondendo a 108 indivíduos, e 842 não apresentaram nenhum problema nocivo, correspondendo a 27,39% da população.

A espécie *F. benjamina* foi a que apresentou o maior número de indivíduos em conflito com a infraestrutura da cidade. Comprovando que se trata de uma espécie não

adaptada para arborização de calçadas e canteiros centrais. Nas cidades de Cafeara/PR e Tuparendi/RS, e no bairro de Ferrarópolis, município de Garça/SP, a espécie em questão também é responsável por grande parte dos conflitos com redes aéreas e danos em calçadas (LOCASTRO et al., 2014; NUNES et al., 2013; MOTTER; MULLER, 2012).

Alguns autores relatam que o *F. benjamina* trata-se de uma espécie não adequada para arborização de ruas e avenidas, devido ao sistema radicular agressivo e superficial, e a folhagem que pode provocar o entupimento de calhas, bueiros e boca de lobo. Incluindo as espécies do gênero *Ficus* sp., com fortes tendências de provocar problemas futuros (SARTORI; BALDERI, 2011; LORENZI et al., 2003; SANTOS; TEIXEIRA, 2001).

O índice de diversidade de Shannon  $H'$  encontrado na arborização da cidade, foi de 2,96 nats/ind., e a Equabilidade de Pielou  $J'$  foi de 0,37. Na comparação com outras cidades, pode-se considerar que o município apresentou um índice de diversidade mediano. Em Cachoeira do Sul/RS, o valor estimado do  $H'$  foi de 3,14 nats/ind. (LINDENMAIR; SOUZA, 2014), e em Colorado/RS, o índice de diversidade foi de 2,95 nats/ind. (RABER; REBELATO, 2010). Na cidade de Sorocaba/SP (CARDOSO-LEITE et al., 2014), o índice  $H'$  encontrado foi de 3,73 nats/ind., sendo considerado um índice alto para o padrão encontrado nos municípios brasileiros.

Os resultados por setor (Tabela 2.2) indicam que o setor A apresenta a menor densidade metro linear (DML), 32,50 árv./km, e o setor B apresentou a maior densidade linear, 46,80 árv./km. Os setores C e D apresentaram densidade metro linear de 43,20 e 36,20 árv./km, respectivamente. Indicando uma distribuição irregular da arborização urbana na cidade, com uma maior concentração em alguns bairros e escarço em outros.

Esta diferença entre os resultados podem ser justificadas pelo uso e ocupação do solo em cada setor, sendo influenciada diretamente pela densidade populacional em alguns bairros, infraestrutura urbana existente a exemplo de ruas calçadas e saneamento básico, e uso mais frequente como área comercial, industrial ou residencial.

Com relação aos aspectos fitossanitários, o setor D apresentou a maior densidade relativa de indivíduos com problemas provocados por insetos, e o setor C, a menor densidade relativa. O setor A apresentou o maior índice de indivíduos sobre o ataque aparente de microrganismo, e o setor D, o menor índice.

Os setores A e D apresentam os maiores valores relativos de indivíduos em conflitos com equipamentos urbanos, e o setor C, o menor índice. O setor A apresentou a maior taxa de indivíduos com danos físicos, e o setor D, apresentou o menor índice.

**Tabela 2.2.** Quantidade de indivíduos identificados com problemas na arborização da cidade de João Pessoa/PB por setor analisado.

Setores	N.I.	N.I. (%)	N.P.	N.P. (%)	N.C.	N.C. (%)	N.D.	N.D. (%)	Km Percorrido	DML
<b>A</b>	164	13,39	328	26,78	966	78,86	420	34,29	37,70	32,50
<b>B</b>	112	15,41	142	19,53	218	29,99	182	25,03	15,50	46,80
<b>C</b>	73	12,59	86	14,83	187	32,24	137	23,62	13,40	43,20
<b>D</b>	126	23,25	40	7,38	415	76,57	120	22,14	14,95	36,20
<b>Total</b>	475	15,45	596	19,39	1786	58,10	859	27,94	81,60	37,66

Onde: Número absoluto de indivíduos com insetos (N.I.) e relativo [N.I. (%)]; Número absoluto de indivíduos com patógenos (N.P.) e relativos [N.P. (%)]; Número absoluto de indivíduos em conflitos com equipamentos urbanos (N.C.) e relativos [N.C. (%)]; Número absoluto de indivíduos com danos físicos (N.D.) e relativos [N.D. (%)]; Km percorrido em cada setor (km); e Densidade metro linear encontrado em cada setor (DML).

Todos estes resultados em conjunto indicam que a arborização dos bairros localizados no setor A, necessitam de uma maior atenção do poder público municipal. Devido ao alto índice de indivíduos em conflito com equipamentos urbanos, danos físicos e patologia provocada por microrganismo. O grande perigo nesta região é o tombamento de árvores no período chuvoso e de ventos fortes, podendo provocar danos materiais e risco a vida da população.

Os indivíduos das espécies *F. benjamina*, *S. siamea*, *T. pentaphylla*, *Handroanthu* spp. e *T. catappa*, merecem atenção especial por ter apresentado as maiores densidade absoluta, indivíduos com problemas fitopatológicos, conflitos com equipamentos urbanos e danos físicos. Sendo realizadas ações de manutenções periódicas e substituição, em todas as regiões do município.

No município de Goiânia/GO, o Plano Diretor da Arborização Urbana, recomenda a remoção imediata de indivíduos das espécies *F. benjamina* e *T. catappa*, por terem sido implantados em solos compactados, com entulhos e resto de construção, geração de grande quantidade de resíduo, entre outros (GOIÂNIA, 2008).

A manutenção da arborização urbana resultará na geração de resíduos de biomassa em grande quantidade, gerando um aumento de custo para o município. Estudos demonstram a viabilidade do aproveitamento deste material para a geração de energia elétrica, composto orgânico, biogás, briquetes e combustível alternativo (ARAÚJO et al., 2013; CORTEZ, 2011; TORRÊS FILHO, 2005), sendo esta uma alternativa para evitar o aumento dos gastos público.

### 2.3.2 Plano de melhorias da arborização urbana de João Pessoa

Devido à heterogeneidade de distribuição das árvores da arborização urbana do município e com o objetivo de obter informações mais precisas, o recomendado seria a realização de censo arbóreo. Mesmo assim, foi possível identificar às espécies que apresentaram os maiores problemas nos equipamentos públicos, e fitossanitários, e as espécies que apresentam os menores problemas. A Tabela 2.3. apresenta a lista das 30 espécies, mais representativa em indivíduos, com problemas fitossanitários, danos físicos e conflitos com equipamentos urbanos. Esta lista nos fornece indicações de espécies mais adaptadas ao município, por apresentar menos problemas, e menos adaptadas, mais conflitos urbanos e problemas fitossanitários.

As 30 espécies mais representativas em número de indivíduos, correspondeu a 94% da amostra. Considerou-se o percentual de indivíduos de cada espécie para identificar as que apresentam mais adaptabilidade e resistência a patógeno na cidade.. A tabela demonstra que as espécies *A. intumescens*, *A. colubrina*, *Handroanthus* sp., *T. pentaphylla*, *A. lebbeck*., *P. aquática*, *T. aurea*, *A. pavonina*, *D. regia*, *C. fairchildiana*, *J. juliflora*, *P. dulce*, *E. indica*, *S. maloccense* e *S. terebinthifolia*, apresentaram os maiores percentuais de indivíduos com problemas patogênicos (microrganismo) e ataque por inseto. Indicando que são as espécies mais suscetíveis a ataque de microrganismo no município.

As espécies *R. oleraceae*, *M. indica*, *S. siamea*, *A. indica*, *P. juliflora*, *A. pavonina*, *L. tomentosa*, *F. decipiens*, *S. molaccense*, *T. catappa*, *P. dulce*, *E. indica*, *D. regia*, *F. bejamina*, *A. colubrina* e *D. regia*, apresentaram os maiores percentuais de indivíduos em conflito em equipamentos públicos e danos físicos. Este resultado pode ser em decorrendo da falta de adaptabilidade da espécie com o ambiente urbano ou falta de planejamento durante a implantação da arborização.

O censo poderá ser feito por partes, cobrindo de 20 a 25% as ruas da cidade, a cada ano, com isso, o estudo terminaria entre 4 e 5 anos. À medida que os resultados forem analisados, com a identificação e localização dos indivíduos com necessidade de ações (corretivas ou preventivas) ou substituição, a equipe de manutenção da arborização poderia ser acionada. Com a realização da manutenção da arborização após a realização do censo, aumentará o volume lenhosos nos 5 primeiros anos. Porém, haveria uma redução ao longo do tempo por não haver mais uma quantidade excessiva de indivíduos com necessidade de manutenção, influenciando na redução dos custos e na quantidade de poda e substituição.

**Tabela 2.3.** Lista das 30 espécies mais representativas com problemas fitossanitários, conflitos com equipamentos urbanos e danos físicos (Ind.).

Nome científico	Nome comum	N	N.I.	N.I.%	N.P.	N.P.%	N.C.	N.C.%	N.D.	N.D.%
<i>F. benjamina</i>	figueira	1054	144	13,7	165	15,7	628	59,58	244	23,15
<i>Handroanthus sp.</i>	ipê	120	25	20,8	53	44,2	69	57,5	50	41,67
<i>S. siamea</i>	cassia ferruginha	281	44	15,7	48	17,1	213	75,8	73	25,98
<i>A. intumescens</i>	palm. Macaíba	46	4	8,7	38	82,6	11	23,91	29	63,04
<i>T. aurea</i>	craibeira	107	5	4,67	37	34,6	15	14,02	60	56,07
<i>T. pentaphylla</i>	ipê-de-El-salvador	85	43	50,6	37	43,5	49	57,65	48	56,47
<i>T. catappa</i>	castanhola	170	27	15,9	30	17,6	114	67,06	61	35,88
<i>A. indica</i>	nim	142	12	8,45	18	12,7	103	72,54	31	21,83
<i>M. indica</i>	mangueira	75	13	17,3	15	20	58	77,33	22	29,33
<i>A. pavonina</i>	olho-de-pombo	40	7	17,5	12	30	28	70	18	45,00
<i>S. malaccense</i>	jambeiro	61	16	26,2	11	18	42	68,85	24	39,34
<i>F. decipiens</i>	felicia	72	11	15,3	10	13,9	50	69,44	11	15,28
<i>P. aquatica</i>	castanheira-do-maranhão	27	2	7,41	10	37	9	33,33	7	25,93
<i>A. colubrina</i>	angico	18	3	16,7	10	55,6	7	38,89	13	72,22
<i>S. terebinthifolia</i>	aroeira-da-praia	79	18	22,8	8	10,1	37	46,84	18	22,78
<i>E. indica</i>	brasileirinho	25	7	28	6	24	16	64	6	24,00
<i>D. regia</i>	flamboyant	22	5	22,7	6	27,3	14	63,64	15	68,18
<i>A. lebbek</i>	carolina	16	4	25	6	37,5	5	31,25	6	37,50
<i>V. merrillii</i>	palm. Mexicana	36	1	2,78	5	13,9	8	22,22	1	2,78
<i>S. jambolanum</i>	oliveira	29	4	13,8	5	17,2	9	31,03	2	6,90
<i>C. fairchildiana</i>	sombreiro	20	5	25	5	25	11	55	12	60,00
<i>C. equisetifolia</i>	flamboyant-mirim	28	1	3,57	4	14,3	16	57,14	8	28,57
<i>A. occidentale</i>	cajueiro	20	2	10	4	20	10	50	8	40,00
<i>T. tiliacium</i>	algodão-da-praia	19	3	15,8	4	21,1	11	57,89	2	10,53
<i>P. juliflora</i>	algaroba	17	8	47,1	4	23,5	12	70,59	5	29,41
<i>T. pernambucense</i>	algodão-da-praia	46	5	10,9	3	6,52	24	52,17	13	28,26
<i>P. echinata</i>	pau-brasil	43	1	2,33	3	6,98	17	39,53	6	13,95
<i>C. nucifera</i>	coqueiro	42	2	4,76	3	7,14	23	54,76	3	7,14
<i>C. fistula</i>	cássia-chuva-de-ouro	20	4	20	3	15	10	50	2	10,00
<i>H. chysotrichus</i>	ipê-amarelo	21	4	19	2	9,52	13	61,9	2	9,52
<i>P. dulce</i>	mata-fome	15	5	33,3	2	13,3	10	66,67	1	6,67
<i>L. tomentosa</i>	iotizeiro	20	3	15	1	5	14	70	13	65,00
<i>D. decaryi</i>	palm. Triangular	32	0	0	0	0	9	28,13	0	0,00
<i>R. oleracea</i>	palm. Imperial	17	0	0	0	0	14	82,35	0	0,00
<i>H. impetiginosus</i>	ipê-roxo	13	1	7,69	0	0	5	38,46	1	7,69

Onde: Número de indivíduos (N); Número absoluto de indivíduos com insetos (N.I.) e relativo [N.I. (%)]; Número absoluto de indivíduos com patógenos (N.P.) e relativos [N.P. (%)]; Número absoluto de indivíduos em conflitos com equipamentos urbanos (N.C.) e relativos [N.C. (%)], e; Número absoluto de indivíduos com danos físicos (N.D.) e relativos [N.D. (%)].



Com base nas constatações do estudo, como proposta de plano de manejo, recomenda-se as seguintes ações:

1. Substituição dos indivíduos das espécies menos adequadas pelas as espécies mais adaptadas, conforme listadas na Tabela 3.3.;
2. Realização do censo parcial a cada ano, 20 a 25%/ano, e implantação da manutenção dos indivíduos identificados com problemas, após a identificação;
3. Desenvolvimento de um programa de monitoramento da arborização, mediante o cadastramento dos indivíduos catalogados no censo arbóreo;
4. Desenvolvimento de um programa de conscientização ambiental da arborização urbana, com a indicação das espécies adaptadas para área urbana;
5. Programa de qualificação e capacitação de mão-de-obra para serviços de manutenção, seguindo as diretrizes descritas na ABNT NBR 16246-1:2013;
6. Parceria entre setor público-privado para a implantação de projetos de arborização e manutenção, e;
7. Desenvolvimento de uma cooperativa que agregue valor aos resíduos da arborização urbana.

## 2.4 CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, conclui-se que:

A floresta urbana encontra-se distribuída de forma irregular pelo município, concentrada em alguns bairros e deficiente em outros;

Apresentou uma riqueza florística considerada mediana, em comparação com outras localidades, se destacando as espécies *F. benjamina*, *S. siamea* e *T. catappa* em abundância;

Índice de diversidade  $H'$ , considerado mediano, DML de 37,66 ind./km e as espécies *F. benjamina*, *S. siamea*, *T. pentaphylla* e *T. catappa* apresentaram os maiores índices com problemas fitopatológicos, danos físicos e conflitos com equipamentos urbanos;

O plano de manejo da arborização urbana proposto levou em consideração a funcionalidade ambiental da arborização, dinâmica da cidade e a sustentabilidade em área urbana. Devendo haver mais discursos (técnicas e econômicas) para a sua implantação e execução.

## 2.5 REFERÊNCIAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (A.P.G) IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, p. 1–20, 2016.
- ALBERTIN, R. M.; De ANGELIS F.; De ANGELIS NETO R.; De ANGELIS B. L. D. Diagnóstico Quali-quantitativo da Arborização Viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6 n. 3, p. 128-148, 2011.
- ANGELIS, B. L. D.; SAMPAIO, A. C. F.; TUDINI, O. G.; ASSUNÇÃO, M. G. T.; ANGELIS NETO, G. de. Avaliação das árvores de vias públicas da zona central de Maringá, estado do Paraná: estimativa de produção de resíduos e destinação final. **Acta. Sci. Agron**, v. 29, n. 1, 2007.
- ARAÚJO, V. C.; BEZERRA, E. S. P.; LIMA NETO, J. A.; ILARIANO, R. N. S.; VASCONCELO, Z. N. F.; VALE, M. B. Estudo do aproveitamento de podas de árvores para a produção de briquetes em dois municípios do Rio Grande do Norte. In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN. **Anais ...Currais Novos/RN, 0673-0679**, 2013.
- BARROS, V. C. C. **Briquetes produzidos com resíduos de poda urbana e embalagens cartonadas**. 2013. Monografia (Engenharia Florestal). Universidade de Viçosa, Viçosa, 2013.
- BATISTEL, L. M.; DIAS, M. A. B.; MARTINS, A. S.; RESENDE, I. S. M. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana nos Bairros Promissão e Pedro Cardoso, Quirinópolis, Goiás. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.4, n.3, 110-129, 2009.
- BENATTI, D. P. B.; TONELLO, K. C.; ADRIANO JUNIOR, F. C.; SILVA, J. M. S.; OLIVEIRA, I. R.; ROLIM, E. N.; FERRAZ, D. L. Inventário arbóreo-urbano no município de Salto de Pirapora, SP. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p.887-894, 2012.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Caracterização do padrão de Plantio adotado na arborização de ruas de Curitiba, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.3, 2012.
- BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010**. Curitiba, 2010. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- BIONDI, D. **Diagnóstico da arborização de ruas da cidade do Recife**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 1985.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 177p.
- CARDOSO-LEITE, E.; FARIA, L. C.; CAPELO, F. F. M.; TONELO, K. C.; CASTELLO, A. C. D.; Composição florística da arborização urbana de Sorocaba/SP, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, 2014.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011.
- CORTEZ, C. L. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de**

- árvores para a geração de energia:** estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. Tese (Doutorado em Ciência). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C.. Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 4, n. 2, 2004.
- FARIA, R. F.; SOUSA, V. R.; MIRANDA, S. C. Arborização urbana da cidade de Itapuranga, Goiás. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 2, 2014.
- FERRAZ, M. C. Inventário das Árvores das urbanas da cidade de Registro-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 2, 2012.
- GOIÂNIA. Prefeitura Municipal de Goiânia. **Plano Diretor da Arborização Urbana de Goiânia**. Goiânia, 2008. Disponível em: <[http://www.goiania.go.gov.br/download/amma/relatorio\\_Plano\\_Diretor.pdf](http://www.goiania.go.gov.br/download/amma/relatorio_Plano_Diretor.pdf)>. Acesso em: 05 de jan. 2017.
- GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York: John Wiley, 1978.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul:** Ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Universidade de Brasília; Polígono, 465p, 1972.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo populacional municipal:** João Pessoa. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250750>>. Acesso em: 05 de abr. 2017.
- JOÃO PESSOA. Secretaria Municipal de Planejamento. **Ficha Cadastral das ruas urbanas de João Pessoa/PB**. 2015. Entregue Pessoalmente.
- JOÃO PESSOA. Secretaria Municipal de Comunicação. **Prefeitura supera meta e realiza 9,2 mil podas de árvores em 2012**. SECOM, 2012. Disponível em: <[www.joaopessoa.pb.gov.br](http://www.joaopessoa.pb.gov.br)>. Acesso em: 05 de jan 2017.
- LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; LEAL, L.; SILVA, F. L. R.; PINHEIRO, F. A. P. Análise da composição florística de Boa Vista-RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 58-72.
- LINDENMAIER, D. S.; SANTOS, N. O. Arborização Urbana das praças de Cachoeira do Sul-RS-Brasil: Fitogeografia, Diversidade e Índice de Áreas Verdes. **Pesquisas Botânicas** Nº 59, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2008.
- LINDENMAIER, D. S.; SOUZA, B. S. P.; Arborização viária de Cachoeira do Sul/RS: Diversidade, Fitogeografia e Conflitos com a Infraestrutura Urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, 2014.
- LOCASTRO, J. K.; RASBOLD, G. G.; PERREIRA, J. S. R.; SOARES, B.; CAXAMBÚ, M. G. Censo da arborização urbana do município de Cafeara, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 3, 2014.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B.; **Árvores exóticas no BRASIL:** Madeiras, ornamentais e aromática. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.
- LORENZI, H.; NOBLICK, L. R.; KAHN, F. K.; FERREIRA, E.; **Flora Brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeira)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010.

- LUCENA, J. N.; SOUTO, P. C.; CAMAÑO, J. D. Z.; SOUTO, J. S.; SOUTO, L. S. Arborização em canteiros centrais na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, 2015.
- MAIORANI, E.; WESOLOWSKI, J.B.; MELISINAS, V.A.P.dos S.; FABRIN, T.C.; GASQUES, L.S. Levantamento da Arborização Urbana do município de Altônia-PR. **Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa-PR, v.18, n. 2, p. 101-108, 2012.
- MARANHO, A. S; PAULA, S. R. P.; LIMA, E.; PAIVA, A. V.; ALVES, A. P.; NASCIMENTO, D. O. Levantamento Censitário da arborização urbana viária de Senador Guimard, Acre. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 3, 2012.
- MIRANDA, Y. C.; MACHADO, M. S.; SAILVA, L. S.; ESTEVAM, R.; MARTINS NETO, F. F.; CAXAMBU, M. G. Análise quali-quantitativa da arborização de ruas do município de Godoy Moreira – PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 10, n. 1, 2015.
- MORAIS, L. A.; MACHADO, R. R. B. Arborização urbana do município de Timon/MA: inventário, diversidade e diagnóstico quali-quantitativo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**,v. 9, n. 4, 2014.
- MOTTER, N.; MÜLLER, N. G. Diagnóstico da arborização urbana no município de Tuparendi-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.4, 2012.
- NASCIMENTO, M. S.; RODRIGUES, E. R.; SOUZA, C. A.; FARIAS, M. J. B.; PEDERASSI, J.; LIMA, M. S. C. Análise quali-quantitativa da arborização das áreas públicas do Bairro Centro de Resende, RJ. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.
- NOWAK, D. J.; WALTON, J. T.; STEVENS, J. C.; CRANE, D. E.; HOEHN, R. E. Effect of plot and sample size on timing and precision of Urban Forest Assessments. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 34, n. 06, p. 386-390, 2008.
- NUNES, R. L.; MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, J. P.; MELO, A. G. C. Levantamento Qualiquantitativo da arborização urbana do Bairro Ferrarópolis na Cidade de Graça-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.8, n.1, 2013.
- OLIVEIRA FILHO, P. C.; SILVA, S. V. K. Um sistema de informação para suporte espacial e de decisão à gestão da arborização urbana no município de Guarapuava, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 3, p. 82-96, 2010.
- PAIVA, A. V. Aspectos da arborização urbana do Centro de Cosmópolis – SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 4, n. 4, p. 17-31, 2009.
- PARRY, M. M.; SILVA, M. M.; SENA, I. S.; OLIVEIRA, P. M. Composição florística da arborização da cidade de Altamira, Pará. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 1, 2012.
- PERIOTTO, F; MESTRINER, M. M.; HELMANN, A. C.; SANTOS, T. O.; BORTOLOTTI, S. L. Análise da arborização urbana no município de Medianeira, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 2, 59-74, 2016.
- QUISSINDO, I. A. B.; OCONOR, E. F.; LUNA, D. P. Avaliação da vegetação arbórea nas principais ruas da cidade de Huambo-Angola. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 43-57, 2016.

- RABER, A.P.; REBELATO, G.S. Arborização viária do município de Colorado, RS - BRASIL: análise quali-quantitativa. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.1, 2010.
- RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Manual de arborização**: orientação e procedimentos técnicos para a implantação da cidade do Recife. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) Recife: [s.n.], 2013.
- REFLORA. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2017. Acesso em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do>> . Acesso em: 10 de fev. 2017.
- ROCHA, A. T.; SANTOS, P. S.; NETO, S. N. O. Arborização de vias publica em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos Bairros Rancho Novo e Centro. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 599-607, 2004.
- ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, 2010.
- SANTAMOUR JÚNIOR, F.S. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. **Anais...** In: METRIACONFERENCE, 7., 1990, Lisle. Proceedings. Lisle: p.57-66. 1990.
- SANTOS, T. O. B.; LISBOA, C. M. C. A.; CARVALHO, F. G. Análise da arborização viária do bairro de Petrópolis, Natal, RN: Uma abordagem para diagnóstico e planejamento da flora urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 4, 2012.
- SANTOS, N. R. Z; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de Vias Públicas: Ambiente X Vegetação**, Porto Alegre: Editora Pallotti, 2001.
- SANTOS, J. S.; SANTOS, G.D. Estudo microclimático em Pontos Representativos da malha urbana da cidade de João Pessoa\PB: Uma avaliação do campo térmico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1430-1448, 2013.
- SANTOS JUNIOR, A.; COSTA, L. M.; Espécies empregadas na arborização urbana do Bairro Santiago, Ji-Paraná/RO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, 2014.
- SARTORI, R. A.; BALDERI, A. P. Inventário da arborização urbana do município de Socorro-SP e proposta de um índice de danos à infra-estrutura das cidades. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6, n.4, 2011.
- SALVI, L.T.; HARDT, L.P.A.; ROVEDDER, C.E.; FONTANA, C.S. Arborização ao longo de ruas –Túneis Verdes - em Porto Alegre, RS, Brasil: avaliação quantitativa e qualitativa. **Revista Árvore**, v.35, n.2, p.233-243. 2011.
- SÃO PAULO (Capital). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. São Paulo, 2015. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/publicacoes\\_svma/index.php?p=188452](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=188452)>. Acesso em: 07 de jan 2017.
- SCHALLENBERGER, L. S.; ARAÚJO, A. J; ARAÚJO, M. N.; DAINER, L. J.; MACHADO, G. O. Avaliação da condição das árvores urbanas nos principais parques e

praças do município de Irati/PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.2, 105-123, 2010.

SILVA, T. G.; LEITA, E. C.; TONELLO, K. C. Inventário da Arborização urbana no Município de Araçoiaba da Serra, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAODO, A. S. Banco de dados relacionado para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

SOUZA, A. M.; NACHTERGAELE, M.F.; CARBONI, M. Inventário Florestal da arborização do município de Jaú/SP. Jaú: Instituto Pró-Terra & Secretaria do Meio Ambiente – SEMEIA. **Relatório técnico**, 2004.

SOUZA, P. F.; BOURSCHEID, C. B.; POMPEO, P. N.; STANG, M. B.; MANFROI, J.; RODRIGUES, M. D. S.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P. Inventário e Recomendações para a arborização do Centro da Cidade de São Joaquim, SC. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.

SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa-PB. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.

TÔRRES FILHO, A. **Viabilidade Técnica e Ambiental da utilização de resíduos de madeira para produção de um combustível alternativo**. 2007, 61 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

TROPICOS. **Missouri Botanical Garden**. 2016. Disponível em: <<http://tropicos.org>>. Acesso em: 05 de mar. 2017.

TOSCAN, M. A. G.; RICKLI, H. C.; BARTINICK, D. SANTOS, D. S.; ROSSA, D. Inventário e análise da arborização do bairro Vila Yolanda, do Município de Foz do Iguaçu-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 3, p. 165-184, 2010.

### **3 ARTIGO 2 - PEGADA DE CARBONO PARA QUATRO CENÁRIOS DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA**

#### **RESUMO**

O descarte inadequado de resíduos da arborização urbana provoca impactos ambientais significativos durante a sua decomposição. Este estudo teve como objetivo quantificar os impactos ambientais e analisar quatro cenários para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa. Foi por meio do IPCC 2013 GWP 100a utilizado na avaliação de ciclo de vida que quantificou os impactos ambientais os cenários de destinação do resíduo da manutenção da arborização urbana. Os tratamentos de fim de vida (cenários de descarte final) foram: aterro sanitário sem e com coleta de metano, incineração municipal simples e reutilização da madeira. Os resultados indicam que: a simples deposição no aterro sanitário geraram 3.690 t CO<sub>2</sub>-eq (136,34 kg de CO<sub>2</sub>/t coletado), causando o maior impacto; o aterro sanitário com coleta de metano libera 3.070 t CO<sub>2</sub>-eq (113,43 kg de CO<sub>2</sub>/t coletado); para a incineração municipal, resultado indicou emissões de 1.930 t CO<sub>2</sub>-eq (71,31 kg de CO<sub>2</sub>/t); e, a reutilização é o processo com menor impacto ambiental, emissão de 753 t CO<sub>2</sub>-eq (27,82 kg de CO<sub>2</sub>/t recolhido). As melhores opções de descarte, menores emissões dos gases de efeito estufa, foram à reutilização do resíduo da arborização urbana, apresentando o menor saldo de impacto ambiental, e o cenário de incineração. O estudo demonstrou que a reutilização da biomassa, além de ser ambientalmente viável, apresenta potencial de contribuir para a qualidade ambiental da cidade, incluindo a possibilidade de ser utilizado como créditos de carbono.

Palavras chave: Biomassa, avaliação de ciclo de vida, gases de efeito estufa

## **ARTICLE 2 – CARBON FOOTPRINT FOR FOUR SCENARIOS OF URBAN FOREST WASTE OF JOÃO PESSOA**

### **ABSTRACT**

Inadequate disposal of residues from urban forest causes significant environmental impacts during its decomposition. This study aimed to quantify the environmental impacts and analyze four scenarios for the residues of the urban forest. It was through the IPCC 2013 GWP 100a used in the life cycle assessment (LCA) that quantified the environmental impacts the urban pruning destination scenarios. The end-of-life treatments (final disposal scenarios) were: landfill with and without methane collection, simple municipal incineration and reuse of wood. The results indicate that: simple deposition in the landfill generated 3,690 t CO<sub>2</sub>-eq (136.34 kg of CO<sub>2</sub> / t collected), causing the greatest impact; the landfill with methane collection releases 3,070 t CO<sub>2</sub>-eq (113.43 kg of CO<sub>2</sub> / t collected); for municipal incineration, results indicated emissions of 1,930 t CO<sub>2</sub>-eq (71,31 kg of CO<sub>2</sub> / t); and, reuse is the process with the lowest environmental impact, emission of 753 t CO<sub>2</sub>-eq (27.82 kg of CO<sub>2</sub> / t collected). The best disposal options, lower greenhouse gases emissions, were the reuse of the urban forest residue, presenting the lowest balance of environmental impact, and the incineration scenario. The study demonstrated that the reuse of biomass, besides being environmentally feasible, has the potential to contribute to the environmental quality of the city, including the possibility of being used as carbon credits.

Key words: biomass, life cycle assessment, greenhouse gases



### 3.1 INTRODUÇÃO

Os lixos das atividades domésticas e limpeza urbana são conhecidos tecnicamente como resíduos sólidos urbanos (RSU) (ABRELPE, 2015). A maioria dos municípios brasileiros apresenta dificuldade de gestão do RSU, devido a complexidade e abrangência em questão. Nem sempre a realização do manejo adequado dos resíduos da arborização urbana é prioridade nas agendas municipais (MEIRA, 2010).

A arborização urbana envolve qualquer forma de vegetação localizada nos espaços livres urbanos, sendo elementos construtivos da paisagem (SÃO PAULO, 2015). Para a manutenção destas áreas são necessárias ações periódicas como irrigação, adubações complementares, podas e substituições de indivíduos (COPEL, 2009).

A remoção de galhos, frutos, inflorescências ou folhagens tem como finalidade, promover a longevidade da árvore e garantir o serviço ambiental na área urbana. Os resíduos gerados desta atividade correspondem a uma parcela considerada dos RSU, sendo depositados em aterro sanitários e lixões e, em alguns casos são incinerados (BARATTA JUNIOR; MAGALHÃES, 2010; CEMIG, 2011; RECIFE, 2013).

Em 2014, os resíduos da arborização urbana do município de Goiana (PE) corresponderam a 1,41 % dos RSU enviados as unidades de processamento. Em Jaboatão dos Guararapes (PE), 1,48 % dos resíduos sólidos urbanos tiveram como fonte geradora arborização urbana (SNSA, 2016). O descarte dos resíduos da arborização, nos aterros sanitários ou outros locais de destinação, representa um elevado custo para os municípios brasileiros. Além de ser um desperdício de material com potencial energético para ser aproveitado na indústria ou doméstico (MARTINS, 2013).

Em 2010, o custo médio do descarte dos resíduos da arborização urbana nos aterros sanitários foi de R\$ 68,00/t, no Estado de São Paulo (MEIRA, 2010). Em João Pessoa (PB), este custo corresponde a R\$ 200,00/t para o aterro sanitário metropolitano de João Pessoa (EMLUR, 2016).

De 2008 a 2014, o município de João Pessoa (PB) gerou um total acumulado de  $127 \times 10^3$  t de resíduo da arborização urbana. Segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de João Pessoa, os resíduos da arborização urbana deverão ir para uma central de triagem, até 2022, competindo a EMLUR a destinação adequada (EMLUR, 2014).

O RSU apresenta potencial de causar impactos ambientais e danos a saúde quando descartado de maneira inadequada ou mal aproveitado, podendo contribuir para mudanças climáticas. O impacto ambiental ocorre durante a decomposição do RSU, com potencial de contaminar o solo e águas superficiais e subterrâneas, formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos, e geração dos gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano (CH<sub>4</sub>) (GOLVEIA, 2012). Estes impactos ambientais podem ser quantificados mediante o desenvolvimento da avaliação de ciclo de vida (ACV) do resíduo.

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia importante para medir os impactos ambientais de atividades e processos. Tendo como base que as melhorias em um determinado processo podem induzir efeitos secundários ao longo do ciclo de vida de forma positiva e/ou negativa, o desempenho ambiental dos bens e serviços (CARVALHO *et al.*, 2015; FREIRE *et al.*, 2015; PIRES *et al.*, 2002). O ciclo de vida pode ser definido como as etapas necessárias para que um produto ou serviço seja desenvolvido ou concebido, cumpra sua respectiva função e chegue à etapa de descarte, reciclagem ou reutilização.

A ACV trata-se de uma metodologia apropriada para avaliar os impactos ambientais desde a extração dos recursos naturais até a disposição final do produto, incluindo todas as etapas do sistema produtivo (GUINÉE, 2001; GUINÉE, 2002). Este método tem aplicação no desenvolvimento e melhoria do produto; definição de planejamentos estratégicos e políticas públicas; gestão de impactos ambientais de produtos e serviços e marketing ecológico responsável (ACV BRASIL, 2016; CARVALHO *et al.*, 2015; FREIRE *et al.*, 2015).

De acordo com literatura científica de ACV na área florestal, há demonstração da aplicabilidade da ACV em sua amplitude e diversidade, com os trabalhos de Brugnara (2001), Mastella (2002); Silva (2012); Haaren et al.(2010); Morris et al. (2011); Zhang (2012); CANADA (2014); Reichert e Mendes (2014); VALINHOS (2011).

Observa-se que não foram encontrados trabalhos brasileiros relacionados à emissões de efeito estufa, de acordo com a utilização e destinação do resíduos da arborização urbana. Logo, como as ações antrópicas das últimas décadas e os impactos ambientais têm alterado de maneira significativa, o clima e dinâmica ecossistêmica na Terra. É necessário manter a qualidade ambiental e melhor uso dos recursos disponíveis frente às alternativas energéticas. Portanto, este estudo quantificou os impactos ambientais

e analisou quatro cenários (aterro sanitário, aterro sanitário com aproveitamento de metano, reutilização e incineração) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa.

## **3.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.2.1 Objeto de estudos**

As informações sobre massa dos resíduos da arborização urbana foram disponibilizadas pela Divisão de Informações Gerenciais da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR).

### **3.2.2 Avaliação de Ciclo de Vida**

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) está estruturada e normatizada pela Organização Internacional para Normalização (ISO), por meio das ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). A ISO 14040 (2006) mostra que ACV é uma técnica que colabora na análise e interpretação de impactos ambientais por meio do levantamento e compilação de entradas (insumos), etapas de produção, consumo e saídas de um sistema de produto durante todo o seu ciclo de vida. No Brasil, a ACV é regida pelas normas ABNT NBR 14040 e 14044 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

A ACV é constituída por quatro fases principais que se inter-relacionam, a seguir (KLÖPPFER, 2012): Definição do objetivo e do âmbito da análise; Inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema; Análise dos impactos ambientais atrelados às entradas e saídas do sistema; Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação. Explicação completa sobre ACV encontra-se em Guinée (2001) e Guinée (2002).

#### **3.2.2.1 Definição do objetivo e do âmbito da análise**

Os resíduos da arborização urbana são coletados pela EMLUR em dias úteis e, em casos excepcionais e emergenciais, nos fins de semana. Estes resíduos são recolhidos por equipes específicas, sem misturar com outros dejetos, e destinados ao aterro metropolitano

de João Pessoa. No aterro, são pesados e encaminhados para descarte nas células de resíduos.

A etapa do transporte dos resíduos é a distância percorrida pelo caminhão entre a cidade e o aterro sanitário. Estas informações foram obtidas mediante a utilização de mapa digital no *Google Earth* considerando o percurso entre centro da cidade (partida) e o aterro sanitário (chegada). O circuito percorrido pela equipe de coleta foi registrado pelos motoristas em termos de quilômetros percorridos (km).

### **3.2.2.2 Inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema**

Há vários softwares disponíveis atualmente que possuem bases de dados para processos e avaliação de impactos realizando análises e comparações dos complexos ciclos de vida de produtos (GALDIANO, 2006). O SimaPro 8.2.0.0 (SIMAPRO, 2016) é um software altamente especializada para desenvolvimento de ACV, que possui milhares de processos e uma série de métodos de avaliação de impactos ambientais de produtos e serviços. As estruturas básicas para análise dos impactos ambientais são: a caracterização, a avaliação de danos, a normalização, a ponderação e a adição dos danos ambientais (SIMAPRO, 2016). A base de dados utilizada foi a Ecoinvent já que possui dados para milhares de produtos e processos (ECOINVENT, 2015), além de ser a mais aplicada em estudos acadêmicos.

Devido às preocupações atuais sobre as mudanças climáticas, selecionou-se o potencial de aquecimento global (GWP - *Global Warming Potential*) como medida de impacto ambiental, expresso em quilogramas de dióxido de carbono-equivalente (kg CO<sub>2</sub>-eq), caracterizando assim, a pegada de carbono. O principal organismo para avaliar as mudanças climáticas é o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC - em português: Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). O IPCC foi criado em 1988, pelo Programa das Nações Unidas e a Organização Meteorológica Mundial, para fornecer uma visão científica das alterações do clima e possíveis repercussões ambientais (IPCC, 2015).

No SimaPro, o método utilizado foi o IPCC 2013 GWP 100a (SIMAPRO, 2016). O GWP de uma substância qualquer é a relação entre a contribuição para absorção do calor de radiação resultante da descarga instantânea de 1 kg de um gás de efeito estufa e igual

emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) integrado ao longo do tempo (neste caso, 100 anos) (FERREIRA, 2004; IPCC, 2013).

### 3.2.2.2.1 Processos utilizados para ACV

#### a) Resíduo de arborização urbana

O resíduo da arborização urbana modelado foi à combinação de cinco processos, para expressar a variedade de árvores. Os seguintes processos foram utilizados (ECOINVENT, 2015):

- *Bark chips, wet, measured as dry mass {GLO}*;
- *Cleft timber, measured as dry mass {GLO}*;
- *Residual hardwood, wet {GLO}*;
- *Residual softwood, wet {GLO}*;
- *Wood chips and particles, willow {GLO}*.

#### b) Transporte

A etapa de transporte foi dividida em dois momentos. O primeiro corresponde ao percurso que o veículo faz durante o recolhimento dos resíduos dentro do perímetro urbano, em média de 35 km/dia percorrido entre os locais de coleta. O segundo condiz com o percurso realizado pelos caminhões da cidade até o aterro sanitário, média de 25 km até o local de descarte.

Para os dois momentos utilizou o processo de transporte *Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | AllocDef, S* (ECOINVENT, 2015).

### 3.2.3 Análise dos impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema

Os tratamentos de fim de vida (cenários de descarte final) selecionados compreenderam a quatro opções para os resíduos da arborização urbana do município de João Pessoa: aterro sanitário sem e com coleta de metano, incineração municipal simples e reutilização da madeira.

Para modelar o aterro sanitário, considerou-se que a madeira depositada se decompõe lentamente e forma metano e dióxido de carbono durante os primeiros 150 anos. Aproximadamente, 20% não se decompõem e permanecerão no aterro como material

estável. A destinação do resíduo no aterro sanitário, sem a coleta de metano, é o descarte aplicado, atualmente, pelo poder público municipal.

Alguns aterros são equipados com um sistema de coleta de metano, como segunda opção de descarte final, onde o metano formado é coletado e utilizado como combustível. Também se poderia considerar que o metano é simplesmente queimado, já que é muito melhor emitir CO<sub>2</sub> do que metano. Porém aqui considerou-se que o metano foi utilizado como combustível, evitando as emissões necessárias para a produção de gás natural. Considerou-se que, para cada 1 kg de madeira depositada em aterro com coleta de metano, 0,007 kg de gás natural não precisa ser produzido. As emissões ao ar incluem o metano não aproveitado (0,002 kg) e as emissões totais de CO<sub>2</sub> (0,5 kg), seguindo o procedimento descrito por PRé Consultants (2014).

A incineração municipal inclui as emissões oriundas da incineração e material de consumo para tratamento do gás de combustão. A incineradora em si também está incluída no processo e se considera que as cinzas da madeira são depositadas em aterro sanitário.

A reutilização da madeira considerou que o resíduo da arborização é triturado e vendido, evitando que nova madeira seja produzida neste formato. Este cenário atende ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de João Pessoa de reaproveitamento do material da arborização urbana.

#### **3.2.4 Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação**

A interpretação dos resultados ocorreu mediante a quantificação da pegada de carbono (kg CO<sub>2</sub>-eq), em tonelada (t) para o ano de 2008, para cada um dos cenários propostos.

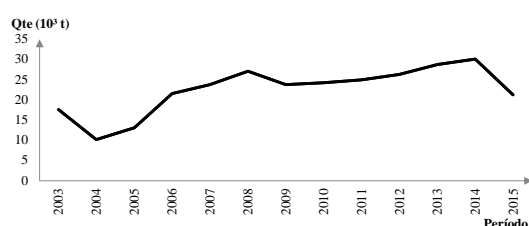
As pegadas de carbono foram contabilizadas ao longo de 13 anos (2003 – 2015), para todos os cenários. Também, foi analisada a pegada de carbono por tonelada de resíduo recolhido em cada cenário proposto, para facilitar comparação com a literatura científica existente.

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O Brasil é signatário de vários acordos sobre mudanças climáticas, porém não possui compromisso obrigatório para redução das emissões de CO<sub>2</sub>. O município de João

Pessoa tem planos de se tornar uma Cidade Sustentável, mediante o Plano de ação João Pessoa Sustentável (JOÃO PESSOA, 2014). O interessante é expor tais alternativas disponíveis e de uso, qual apresenta maior ou impacto a fim de subsidiar o poder público na tomadas de decisão e orientação de políticas.

A Figura 3.1 apresenta Evolução da geração de resíduos da manutenção da arborização urbana ( $10^3$  t) em João Pessoa, no período 2003 – 2015. A quantidade de resíduo total gerado anualmente variou nos 13 anos, dependendo da demanda e do planejamento urbano.

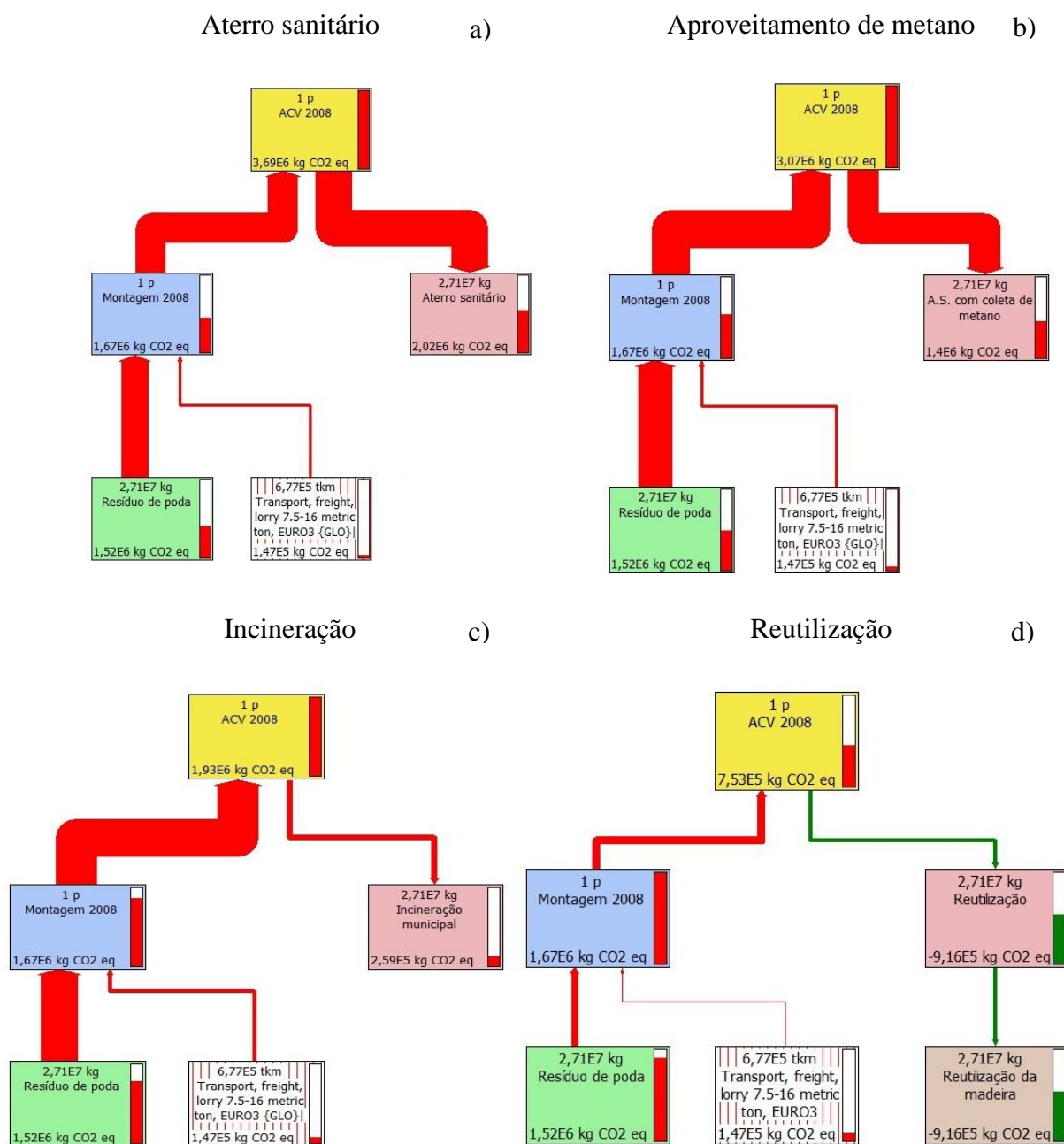


**Figura 3.1.** Evolução da geração de resíduos da manutenção da arborização urbana ( $10^3$  t) em João Pessoa, no período 2003 – 2015.

Os dados históricos de coleta de resíduos da arborização indicam um crescimento de coleta ao longo do tempo. Podendo ser um indicativo de eficiência na gestão do mesmo. A menor coleta de resíduo foi realizada no ano de 2004, 10.139 t, e o ano de 2014 apresentou a maior coleta, 30.023,87 t.

A Figura 3.2 apresenta os resultados dos processos de ACV dos quatro cenários (Aterro sanitário, aproveitamento de metano, incineração e reutilização) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, no ano de 2008 (27.065,04 t de resíduos coletados).

A Figura 3.2.a) representa o cenário da destinação dos resíduos da arborização urbana no aterro sanitário. As emissões dos resíduos da arborização simplesmente depositadas no aterro sanitário geraram 3.690 t CO<sub>2</sub>-eq, causando o maior impacto ao meio ambiente dentre as opções verificadas. Os resultados também indicam que o processo de deposição no aterro, excluindo o processo de transporte, emite 1.870 t CO<sub>2</sub>-eq.



**Figura 3.2.** Quantificação quatro cenários da ACV dos resíduos da manutenção da arborização urbana da cidade de João Pessoa.

A Figura 3.2.b) corresponde ao cenário do aterro sanitário com coleta de metano, onde constatou-se que o referido processo libera 3.070 t CO<sub>2</sub>-eq, demonstrando uma redução em relação ao cenário de aterro sanitário simples. O processo de coleta de metano no aterro evitou a geração de 620 t CO<sub>2</sub>-eq, havendo uma redução da emissão dos GEE em relação ao processo anterior.



A Figura 3.2.c) representa o cenário de incineração municipal, onde o resultado indicou emissões de 1.930 t CO<sub>2</sub>-eq. O processo de incineração do resíduo da arborização (sem aproveitamento de calor nem eletricidade) gerou 259 t de GEE.

A Figura 3.2.d) representa o cenário de reutilização, sendo o processo com menor impacto ambiental, emissão de 753 t CO<sub>2</sub>-eq. O processo de reutilização foi negativo, deixando de emitir 916 t CO<sub>2</sub>-eq.

Nota-se que os processos de coleta e transporte dos resíduos da arborização são comuns para todos os cenários, emitindo a mesma quantidade de GEE, 1.670 t CO<sub>2</sub>-eq. Com relação aos processos mais específicos de cada cenário, há uma mudança das emissões de GEE, começando com saldo negativo e finalizando com saldo positivo, comportamento causado pela externalidade. No cenário mais impactante, a emissão foi de 3.690 t CO<sub>2</sub>-eq, reduzindo gradativamente, e finalizando com a não emissão de 753 t CO<sub>2</sub>-eq (positivo).

O cenário de maior emissão GEE foi o simples descarte em aterro sanitário, utilizado atualmente pelo poder público municipal. O cenário de reutilização dos resíduos se mostrou como a melhor opção, por evitar produzir briquetes "virgens" ao reutilizar resíduo de arborização.

O resultado da emissão de CO<sub>2</sub>-eq por tonelada de resíduos da arborização urbana, demonstrou que o cenário do aterro sanitário emite 136,34 kg de CO<sub>2</sub>/t coletado. Para os cenários de coleta de metano e incineração municipal, o estudo constatou a emissão de 113,43 e 71,31 kg de CO<sub>2</sub>/t, respectivamente. O cenário de reutilização apresentou o menor impacto ambiental, 27,82 kg de CO<sub>2</sub>/t recolhido.

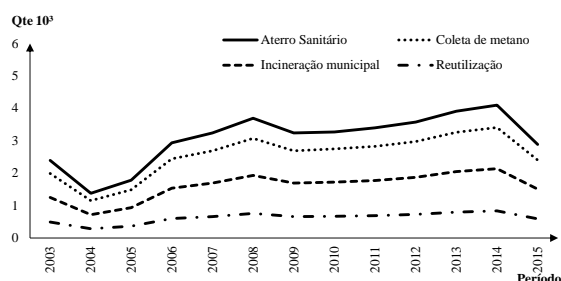
A Figura 3.3 apresenta o comportamento da pegada de carbono (10<sup>3</sup> t CO<sub>2</sub>-eq) dos cenários de destinação dos resíduos da arborização urbana em João Pessoa, no período em 2003 e 2015. O cenário atual (aterro sanitário simples) empregado pelo poder público municipal teve um lançamento acumulado de 39.802 t CO<sub>2</sub>-eq em um período de 13 anos. Esses gases são produzidos durante o processo de decomposição do resíduo por microorganismos decompositores.

Observa-se que o poder público de João Pessoa utiliza a forma de destinação do resíduo da arborização mais poluente (com maior pegada de carbono) e menos nobre, carecendo de uma maior atenção do governo municipal para um melhor aproveitamento deste material. Nota-se que à medida que se dá uma melhor destinação nos resíduos da arborização urbana, diminui as emissões de GEE.

Para os cenários de coleta de metano, os GEE emitidos ao longo do período foram de 33.134 t, resultado menor que o sistema atual, e maior que o emitido pelo processo de incineração municipal, 20.830 t CO<sub>2</sub>-eq.

Se toda a biomassa gerada pela manutenção da arborização urbana de João Pessoa fosse reutilizada na forma de briquetes, entre 2003 e 2015, as emissões evitadas seriam 8.126 t CO<sub>2</sub>-eq.

A reutilização da madeira se tornou mais vantajosa, em termos de impacto ambiental, que o descarte no aterro sanitário metropolitano (cenário atual), com uma diferença acumulada de 31.676 t CO<sub>2</sub>-eq ao longo de 13 anos.



**Figura 3.3.** Evolução do comportamento da Pegada de carbono ( $10^3$  t CO<sub>2</sub>-eq) para os quatro cenários de destinação dos resíduos da manutenção da arborização urbana para João Pessoa/PB, no período de 2003 a 2015.

Mesmo o município em uma situação relativamente confortável no que concerne a qualidade do ar, as tendências de crescimento econômico e de consumo, põe em alerta os efeitos dos GEE na cidade. O inventário de emissão de GEE, realizado em 2010, concluiu que no respectivo ano foram emitidos 1.198.034 t CO<sub>2</sub>-eq, com aumento de 43,70% para 2012, gerando 1.721.681 t CO<sub>2</sub>-eq (JOÃO PESSOA, 2014).

O descarte dos resíduos da arborização urbana utilizado pelo poder municipal (aterro sanitário) emitiu 3.274 t CO<sub>2</sub>-eq e 3.578t CO<sub>2</sub>-eq, nos anos de 2010 e 2012, respectivamente. No ano de 2010, os GEE emitidos no descarte da arborização urbana

corresponderam a 0,27% do total lançado na cidade, e no ano de 2012, corresponderam a 0,21% da emissão total. Para o cenário de reutilização (melhor cenário estudado), a emissão corresponderia a 0,06% dos gases emitidos na cidade em 2010, e 0,04% dos gases liberados em 2012 no município.

Com estas comparações, percebe-se que os GEE gerados pelos resíduos da arborização urbana no aterro correspondem a um percentual pequeno em relação ao total emitido nos respectivos anos, porém poderia ser ainda menor, se a biomassa fosse destinada para a reutilização. Mesmo assim, pelo fato desses gases serem acumulativo ao longo do tempo, sua emissão contribui para alterar o microclima da cidade, onde a mudança do descarte utilizado pelo município representa uma redução na emissão dos GEE.

O Plano de Ação João Pessoa Sustentável, apresenta entre as estratégias e ações para o controle dos GEE, o uso da biomassa na matriz energética e a promoção da reciclagem de resíduos. Sendo uma forte aliada para o cumprimento das metas proposto pelo poder municipal, o aproveitamento dos resíduos da manutenção da arborização urbana (JOÃO PESSOA, 2014).

Em 2001, a exploração de madeiras na floresta Amazônica, no modelo tradicional, liberava na atmosfera cerca de 147.790 t CO<sub>2</sub>/ano. Em um modelo exploratório, utilizando técnicas adequadas e de mitigação dos impactos ambientais, foram liberadas 34.228 t CO<sub>2</sub>/ano, para toda a cadeia produtiva (BRUGNARA, 2001).

Quando se compara os resultados encontrados por Brugnara (2001) e os obtidos neste estudo, em 2014, as emissões causadas pelo descarte utilizado pelo poder município (aterro sanitário) correspondem ao mesmo impacto emitido pela exploração de 163,91 ha de vegetação nativa para fins madeireiros, no modelo tradicional. O cenário encontrado no estudo em 2014, reutilização dos resíduos da arborização, corresponde à exploração de 65,79 ha de floresta Amazônica no modelo tradicional.

Sendo assim, os impactos gerados pela reutilização dos resíduos correspondem à exploração de áreas menores de vegetação nativa da floresta Amazônica, quando comparados com a destinação atual (aterro sanitário), utilizada pelo poder público.

A conclusão de Morris et al. (2011) no Canadá é oposta a encontrada no município de João Pessoa, onde a recuperação do gás e a incineração foram os cenários que causaram os maiores emissões de GEE. Corroborando os resultados aqui obtidos, (Mendes *et al.* 2004 *apud* CABRAL, 2010) afirmam que o uso de aterros possui maior impacto ambiental

que a incineração, já que contribui de maneira considerável para o aquecimento global (emissão de metano). Mesmo quando os aterros sanitários possuem sistema de coleta e queima de biogás, aproximadamente 60% é perdido para o meio ambiente (DASKALOPOULOS *et al.* 1998 *apud* CABRAL, 2010) e o que pode ser coletado, possui poder calorífico inferior ao gás natural (HAMER, 2003 *apud* CABRAL, 2010).

Uma das soluções para a minimização dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente é mediante a realização do manejo adequado dos resíduos (LEVIS; BARLAZ, 2013). A gestão dos resíduos da manutenção da arborização urbana tem sido objeto de atenção por apresentar materiais recicláveis, com potencial de aproveitamento energético e por contribuir para a sustentabilidade ambiental.

### 3.4 CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, concluiu-se que:

O atual sistema de descarte utilizado pelo órgão municipal (aterro sanitário) é mais impactante para o ambiente, entre os cenários estudados. Com emissão de 136,34 kg de CO<sub>2</sub>-eq/t de resíduo, tendo a maior pegada de carbono do estudo;

As melhores opções de descarte, menores emissões de GEE, foram à reutilização do resíduo da arborização, apresentando o menor saldo de impacto ambiental, e o cenário de incineração;

A destinação proposta pelo Plano Municipal de Resíduos Sólidos (reutilização) é uma alternativa ambientalmente ideal e menos nociva, a ser implantada em curto prazo;

O estudo demonstrou que a reutilização da biomassa, além de ser ambientalmente viável, apresenta potencial de contribuir para a qualidade ambiental da cidade, incluindo a possibilidade de ser utilizado como créditos de carbono.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 14044: 2009 Versão Corrigida: 2014**. 2014a. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de jan. 2017.
- \_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO 14040: 2009 Versão Corrigida: 2014**. 2014b. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de jan. 2017.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZAS PÚBLICAS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2014. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 13 de nov. 2017.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA BRASIL – ACV BRASIL. **Avaliação do Ciclo de vida**. Disponível em: <<http://acvbrasil.com.br/avaliacao-do-ciclo-de-vida/>>. Acesso em: 18 de fev. 2017.

BARATTA JUNIOR, A. P.; MAGALHÃES, L. M. S. Aproveitamento de resíduos da poda de árvores da cidade do Rio de Janeiro para compostagem. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n.1, 2010.

BRUGNARA, G. A. **Florestas, madeiras e habitações**: análise energética e ambiental da produção e uso de madeira como uma contribuição ao desafio da valoração da Floresta Amazônica. 2001. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2001.

CABRAL, E. **Considerações sobre Resíduos Sólidos**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Material de aula. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao\\_de\\_Residuos\\_Solidos\\_PGTGA/CONSIDERACOES\\_SOBRE\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao_de_Residuos_Solidos_PGTGA/CONSIDERACOES_SOBRE_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf)>. Acesso em: 21 de fev. 2017.

CANADA. Information Center Government of Alberta. **Recommendations for Reducing Leaf and Yard in Alberta**. Alberta Environment and Sustainable Resource Development, 2014. Disponível em: <<http://aep.alberta.ca/waste/documents/ReducingLeafYardWaste-Feb2014.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

CARVALHO, M.; FREIRE, R. S.; MAGNO, A. H. **Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint**: new practices for organizations. In: Global Conference on Global Warming, 2015, Atenas, Grécia. Proceedings of the global conference on global warming, 2015.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: MG, p. 112, 2011. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual\\_Arborizacao\\_Cemig\\_Biodiversitas.pdf](http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual_Arborizacao_Cemig_Biodiversitas.pdf)>. Acesso em: 10 de jan. 2017.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Arborização de vias públicas**. Curitiba: PR, 2009. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/guia\\_arb/copel\\_e\\_a\\_arborizacao\\_de\\_vias\\_publicas.html](http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/copel_e_a_arborizacao_de_vias_publicas.html)>. Acesso em: 15 de fev. 2017.

ECOINVENT CENTRE. **What we do**. Zurique, 2015. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/about/about.html>>. Acesso em: 16 de dez. 2016.

EMLUR. Autarquia Especial Municipal de limpeza urbana de João Pessoa. **Informações sobre poda anual e custos**. João Pessoa. 2016.

EMLUR. Autarquia Especial Municipal de limpeza urbana de João Pessoa. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos–PMGIRS**: Diagnóstico e Planejamento dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. João Pessoa. v. 2, 2014. Disponível em:<

<http://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/dadospublicos/?p=111>>. Acesso em: 13 de jan. 2017.

FERREIRA, J. V. R. **Análise do Ciclo de Vida dos Produtos**. Viseu: Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FREIRE, R. S.; CARVALHO, M.; CARMONA, C. U. M.; MAGNO, A. H. **Perspectives on the implementation of climate change public policies in Brazil**. In: Global Conference on Global Warming, 2015, Atenas, Grécia. Proceedings of the global conference on global warming, 2015.

GALDIANO, G. P. **Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset produzido no Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GOLVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503:1510, 2012.

GUINÉE, J. B. (ed) **Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO Standards**; LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2001.

GUINÉE, J. B. **Hand book on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards**. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

HAAREN, R. van; THEMELIS, N. J.; BARLAZ, M. LCA comparison of windrow composting of yard wastes with use as alternative daily cover (ADC). **Waste Management**, v. 30, f. 2649–2656, 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **¿Qué es el IPCC?**. Ginebra: Secretariat of the WMO, 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 01 de jan. 2017.

\_\_\_\_\_. **History**. Ginebra: Secretariat of the WMO, 2015. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml](http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml)>. Acesso em: 01 de fev. 2017.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Plano de ação João Pessoa Sustentável 2014**. João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 03 de abr. 2017.

KLÖPPFER, W. **The critical review life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: origin, purpose and practical performance**. The International Journal Of Life Cycle Assessment, Heidelberg, p. 1-7. 2012.

LEVIS, J. W.; BARLAZ, M. A. **Composting Process Model Documentation**; Project Report, North Carolina State University: Raleigh, NC. 2013 Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/~jwlevis/Composting.pdf>> Acesso em 11 de fev. 2017.

MARTINS, C. H. O aproveitamento de madeira das podas da arborização viária de Maringá/PR. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 257 - 267, 2013.

MASTELLA, D. V. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. 125 f., 2002. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MEIRA, A. M. **Gestão de Resíduos da arborização urbana**. 2010. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MORRIS, J.; MATTHEWS, H. S.; MORAWSKI, C. **Review of LCAs on Organics Management Methods & Development of an Environmental Hierarchy**. Information Center Alberta Environment. Alberta, 2011. Disponível em: <<http://environment.gov.ab.ca/info/library/8350.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

PIRES, A.C; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. **Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

PRÉ. SimaPro Tutorial. [s.l.]: [s.n.], 2014.

SÃO PAULO (Capital). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. São Paulo, 2015. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/publicacoes\\_svma/index.php?p=188452](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=188452)>. Acesso em: 07 de jan 2017.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos-2014**. Parte 2-Tabela de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016

SILVA, D. A. L. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.

SIMAPRO. **SimaPro Data base 8: Manual Methods Library**. California, 2016. Disponível em: <<https://www.pre-sustainability.com/simapro-database-and-methods-library>>. Acesso em: 04 de abr. 2017.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Manual de arborização: orientação e manutenção da arborização urbana da cidade do Recife**. Ed. Recife: [S.N.]. 2013. Disponível em: <[www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Manual\\_Arborizacao.pdf](http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Manual_Arborizacao.pdf)>. Acesso em: 13 de abr. 2017.

REICHERT, G. A.; MENDES, C. A. B. Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentabilidade de resíduos sólidos urbanos. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 19, n. 13, 2014.

VALINHOS. Prefeitura Municipal de Valinhos. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Valinhos-SP**. Valinhos, 2011. Disponível em: <[http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS\\_-\\_Verso\\_Preliminar\\_2.pdf](http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS_-_Verso_Preliminar_2.pdf)>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

ZHANG, S. **What is the Highest and Best Use of Organic Solid Waste: Production of Composto r Production of Energy?**. Greenest City Scholar, 2012. Disponível em: <<https://sustain.ubc.ca/sites/sustain.ubc.ca/files/Zero%20Waste%20-%20Siduo%20Zhang%20-%20Compost%20vs%20%20Energy%20Production.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

#### **4 ARTIGO 3 – GERAÇÃO DE ELETRICIDADE COMO ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO LIMPO PARA OS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA**

##### **RESUMO**

Este artigo avaliou os impactos ambientais de três cenários (aterro sanitário, geração de eletricidade e geração de calor) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, com perspectiva de desenvolvimento limpo. Foi por meio do IPCC 2013 GWP 100a utilizado na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) que quantificou os impactos ambientais os cenários de destinação da manutenção da arborização urbana. A partir das análises realizadas, as principais conclusões foram que: O descarte atual utilizado pelo órgão municipal (aterro sanitário) é o que mais impacta o meio ambiente, com emissões de 136,34 kg de CO<sub>2</sub>-eq/t; a geração de energia elétrica apresentou externalidade positiva e se mostrou mais viável ambientalmente que a geração de calor; a implantação de um projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo no aterro sanitário, para o aproveitamento dos resíduos da arborização urbana, é uma estratégia para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

**Palavras-chave:** impacto ambiental, gases de efeito estufa, energias renováveis.



### **ARTICLE 3 – GENERATION OF ELECTRICITY AS A CLEAN DEVELOPMENT STRATEGY FOR THE URBAN FOREST WASTE OF JOÃO PESSOA**

#### **ABSTRACT**

This article evaluated the environmental impacts of three scenarios (landfill, electricity generation and heat generation) for the urban forest waste of João Pessoa, with a clean development perspective. It was through the IPCC 2013 GWP 100a used in the Life Cycle Assessment (LCA) that quantified the environmental impacts the urban forest waste destination scenarios. Based on the analyzes carried out, the main conclusions were that: The current disposal used by the municipal body (landfill) is the one that most impacts the environment, with emissions of 136.34 kg of CO<sub>2</sub>-eq / t; The generation of electric energy presented positive externality and proved to be more environmentally viable than the generation of heat; The implementation of a clean development mechanism project in the landfill for the use of waste from urban afforestation is a strategy for the management of urban solid waste.

**Key words:** Environmental impact, greenhouse gases, renewable energy

## 4.1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são originários das atividades domésticas e limpeza urbana (ABRELPE, 2015). Devido à complexidade e abrangência da gestão de RSU, há dificuldades na maioria dos municípios brasileiros. Apesar de todos os esforços, nem sempre o manejo adequado dos resíduos da arborização urbana é prioridade nas agendas municipais (MEIRA, 2010).

A arborização urbana é dividida em áreas verdes (parques, bosques, praças e jardins) e arborização de ruas (vias públicas). A manutenção nestas áreas é necessária e inclui irrigação, adubações complementares, tratamentos preventivos, podas e substituições de indivíduos (COPEL, 2009).

A poda urbana provém da remoção de galhos, frutos, inflorescência ou folhagens com a finalidade de promover a longevidade da árvore. Os resíduos de arborização representam uma porção significativa dos resíduos urbanos, que estão depositados em aterro sanitários e lixões, e em alguns casos são incinerados (BARATTA JUNIOR; MAGALHÃES, 2010; CEMIG, 2011; RECIFE, 2013).

A destinação dos resíduos da arborização resulta em um elevado custo para os municípios brasileiros. Isto significa um desperdício de recursos, já que o resíduo de arborização possui potencial energético em diversos setores industriais (MARTINS, 2013). Em 2014, no município de Belo Horizonte (MG), os resíduos da arborização urbana corresponderam a 9,37% dos resíduos sólidos enviados às unidades de processamento. Em Igaracy (PB), 7,10% dos resíduos sólidos urbanos são constituídos de biomassa da arborização urbana (SNSA, 2016). Em 2010, no Estado de São Paulo, a destinação dos resíduos da arborização urbana em um aterro privado custou em média R\$ 68,00/t (MEIRA, 2010). Em João Pessoa (PB) os custos são em média de R\$ 200,00/t, incluindo transporte, combustível, mão-de-obra, deposição no aterro sanitário e demais custos operacionais (EMLUR, 2016).

Camilo et al. (2008) estudaram 70 municípios no Estado de São Paulo e constataram que não há regulamentação municipal sobre a gestão dos resíduos da manutenção e remoção de árvores da arborização urbana. Ficou evidente que as cidades não possuem diretrizes e responsabilidades para o serviço de arborização e poda (CAMILO et al, 2008).

No município de João Pessoa (PB), entre 2008 e 2014, o total acumulado dos

resíduos da arborização foi de  $127 \times 10^3$  t. De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, até 2022 os resíduos da arborização deverão ir a uma central de triagem para reutilização. O material com potencial energético será transformado em briquetes e o não-energético será destinado a compostagem, sendo de competência da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR) promover a implantação de unidades de beneficiamento pelo setor privado (EMLUR, 2014).

O descarte inadequado dos RSU gera impactos imediatos no ambiente e na saúde, além de contribuir (por meio das emissões atmosféricas) para mudanças climáticas. O maior impacto ocorre durante a etapa de decomposição, com potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, formação de gases tóxicos, asfíxiantes e explosivos, e geração de gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ) (GOLVEIA, 2012). Estes impactos ambientais podem ser quantificados mediante o desenvolvimento da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) do resíduo.

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) vem crescendo de importância na mensuração dos impactos ambientais de atividades e processos, já que é oriunda da consciência de que as melhorias em um determinado processo podem induzir efeitos secundários ao longo do ciclo de vida, que afetam de forma positiva e/ou negativa o desempenho ambiental dos bens e serviços (CARVALHO et al., 2015; FREIRE et al., 2015; PIRES et al., 2002). Entende-se por ciclo de vida como as etapas necessárias para que um produto ou serviço seja desenvolvido ou concebido, cumpra sua respectiva função e chegue à etapa de descarte, reciclagem ou reutilização.

A ACV é uma metodologia capaz, portanto, de avaliar os impactos ambientais desde a extração dos recursos naturais até a disposição final do produto (GUINÉE, 2001; GUINÉE, 2002). A ACV pode ser utilizada, por exemplo, para: desenvolvimento e melhoria do produto; definição de planejamentos estratégicos e políticas públicas; gestão de impactos ambientais de produtos e serviços e marketing ecológico responsável (ACV BRASIL, 2015; CARVALHO et al., 2015; FREIRE et al., 2015).

A aplicabilidade da ACV é ampla e diversificada, e o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos no Município de Valinhos (SP) menciona que deve-se, cada vez mais, estimular a pesquisa permanente de caracterização e ACV dos produtos para subsidiar a Gestão Integrada, focando atenção também nas políticas de gestão de resíduos sólidos, com responsabilidade compartilhada entre sociedade, setor produtivo e poder público (VALINHO, 2011).

Após exaustiva e detalhada revisão sistemática, não foram encontrados trabalhos brasileiros relacionados ao manejo dos resíduos da arborização urbana e suas possibilidades de inclusão em Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este artigo avaliou os impactos ambientais e analisou três cenários (geração de eletricidade, geração de calor e descarte em aterro sanitário) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, com a perspectiva de inclusão no mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

## **4.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.2.1 Objeto de estudos**

As informações sobre a massa de resíduo da arborização urbana foram disponibilizadas pela Divisão de Informações Gerenciais da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR).

### **4.2.2 Avaliação de Ciclo de Vida**

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) está estruturada e normatizada pela Organização Internacional para Normalização (ISO), por meio das ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). A ISO 14040 (2006) mostra que ACV é uma técnica que colabora na análise e interpretação de impactos ambientais por meio do levantamento e compilação de entradas (insumos), etapas de produção, consumo e saídas de um sistema de produto durante todo o seu ciclo de vida. No Brasil, a ACV é regida pelas normas ABNT NBR 14040 e 14044 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

A ACV é constituída por quatro fases principais que se inter-relacionam, a seguir (KLÖPFFER, 2012): Definição do objetivo e do âmbito da análise; Inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema; Análise dos impactos ambientais atrelados às entradas e saídas do sistema; Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação. Uma explanação completa sobre ACV encontra-se em Guinée (2001) e Guinée (2002).

#### 4.2.2.1 Definição do objetivo e do âmbito da análise

Os resíduos da arborização urbana de João Pessoa/PB são coletados pela EMLUR em dias úteis e, em casos excepcionais e emergenciais, nos fins de semana. Estes resíduos são recolhidos por equipes específicas, sem misturar com outros dejetos, e destinados ao Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. No aterro, são pesados e encaminhados para descarte nas células de resíduos.

A etapa do transporte dos resíduos é a distância percorrida pelo caminhão entre a cidade e o aterro sanitário. Estas informações foram obtidas mediante a utilização de mapa digital no *Google Earth* considerando o percurso entre centro da cidade (partida) e o aterro sanitário (chegada). O circuito percorrido pela equipe de coleta do resíduo da manutenção da arborização urbana foi registrado pelos motoristas em termos de quilômetros percorridos (km).

#### 4.2.2.2 Inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema

Há vários softwares disponíveis atualmente, que possuem bases de dados para processos e avaliação de impactos realizando análises e comparações dos complexos ciclos de vida de produtos (GALDIANO, 2006). O SimaPro (SIMAPRO, 2015) é um software altamente especializado para desenvolvimento de ACV, que possui milhares de processos e uma série de métodos de avaliação de impactos ambientais de produtos e serviços. As estruturas básicas para análise dos impactos ambientais são: a caracterização, a avaliação de danos, a normalização, a ponderação e a adição dos danos ambientais (SIMAPRO, 2015). A base de dados utilizada foi a *Ecoinvent*, dentro da versão 8.2.0.0 do Simapro, que possui dados para milhares de produtos e processos (ECOINVENT, 2015), além de ser a mais aplicada em estudos acadêmicos.

Devido às preocupações atuais sobre as mudanças climáticas, selecionou-se o potencial de aquecimento global (GWP - *Global Warming Potential*) como medida de impacto ambiental, expresso em quilogramas de dióxido de carbono-equivalente (kg CO<sub>2</sub>-eq), caracterizando assim, a pegada de carbono. O principal organismo para avaliar as mudanças climáticas é o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC - em português: Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). O IPCC foi criado em

1988, pelo Programa das Nações Unidas e a Organização Meteorológica Mundial, para fornecer uma visão científica das alterações do clima e possíveis repercussões ambientais (IPCC, 2015).

No SimaPro, o método utilizado foi o IPCC 2013 GWP 100a (SIMAPRO, 2015). O GWP de uma substância qualquer é a relação entre a contribuição para absorção do calor de radiação resultante da descarga instantânea de 1 kg de um gás de efeito estufa e igual emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) integrado ao longo do tempo (neste caso, 100 anos) (FERREIRA, 2004; IPCC, 2013).

#### 4.2.2.2.1 Processos utilizados para ACV

Os processos utilizados para ACV foram o resíduo da arborização urbana e o transporte, descritos a seguir:

##### a) Resíduo da arborização urbana

O resíduo modelado foi à combinação de cinco processos, para expressar a variedade de árvores. Os seguintes processos foram utilizados (ECOINVENT, 2015):

- *Bark chips, wet, measured as dry mass {GLO}*;
- *Cleft timber, measured as dry mass {GLO}*;
- *Residual hardwood, wet {GLO}*;
- *Residual softwood, wet {GLO}*;
- *Wood chips and particles, willow {GLO}*.

##### b) Transporte

A etapa de transporte foi dividida em dois momentos. O primeiro corresponde ao percurso que o veículo faz durante o recolhimento dos resíduos dentro do perímetro urbano, em média de 35 km/dia percorrido entre os locais de coleta. O segundo condiz com o percurso realizado pelos caminhões da cidade até o aterro sanitário, média de 25 km até o local de descarte.

Para os dois momentos utilizou o processo de transporte *Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | AllocDef, S* (ECOINVENT, 2015).

#### 4.2.2.3 Análise dos impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema

Os tratamentos de fim de vida (cenários de descarte final) selecionados compreenderam três opções para os resíduos da arborização urbana do município de João Pessoa: descarte no aterro sanitário (sem aproveitamento de metano, situação atual), aproveitamento para geração de eletricidade e aproveitamento para geração de calor.

A madeira depositada no aterro sanitário se decompõe lentamente e forma metano e dióxido de carbono durante os primeiros 150 anos. Aproximadamente, 20% não se decompõem e permanecerão no aterro como material estável. A destinação do resíduo da arborização urbana no aterro sanitário, sem a coleta de metano, é o descarte aplicado atualmente pelo poder público municipal. O inventário para este cenário inclui o próprio aterro, mas também o tratamento do lixiviado<sup>1</sup> nos primeiros 100 anos. A decomposição de resíduos após 100 anos não gera emissões atmosféricas, porque a esta altura a fase de produção de metano já terminou e nenhum *gás de aterro*<sup>2</sup> é produzido.

A incineração com aproveitamento de eletricidade considera a construção da incineradora em si, deposição das cinzas em aterro e todas as emissões e tratamentos consequentes para incineração dos resíduos da arborização. Para eletricidade considerou-se 1,74 MJ/kg de resíduo (PCI = 13,99 MJ/kg resíduo da arborização).

A incineração dos resíduos da arborização com aproveitamento de calor considera a construção da incineradora, deposição das cinzas em aterro, e todas as emissões e tratamentos consequentes para incineração. Considerou-se 3,49MJ/kg para calor (PCI = 13,99 MJ/kg resíduo da arborização urbana). Neste caso considerou-se que, para cada kg de resíduo da arborização incinerado, evita-se o consumo de 3,49MJ de calor oriundo de biomassa vegetal.

#### 4.2.2.4 Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação

A interpretação dos resultados ocorreu mediante a quantificação da pegada de carbono (kg CO<sub>2</sub>-eq) em tonelada (t) para o ano de 2008, para cada um dos cenários propostos. Outro resultado analisado foi pegada de carbono por tonelada de resíduo

---

<sup>1</sup>efluentes líquidos gerados como resultado da percolação de água de chuva através dos resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários, bem como da umidade natural desses resíduos. Também conhecido como chorume.

<sup>2</sup>do inglês *landfill gas (LFG)*. Em português os termos "gás de aterro" e "biogás" são utilizados para referenciar o gás produzido pela decomposição dos resíduos sólidos em aterros.

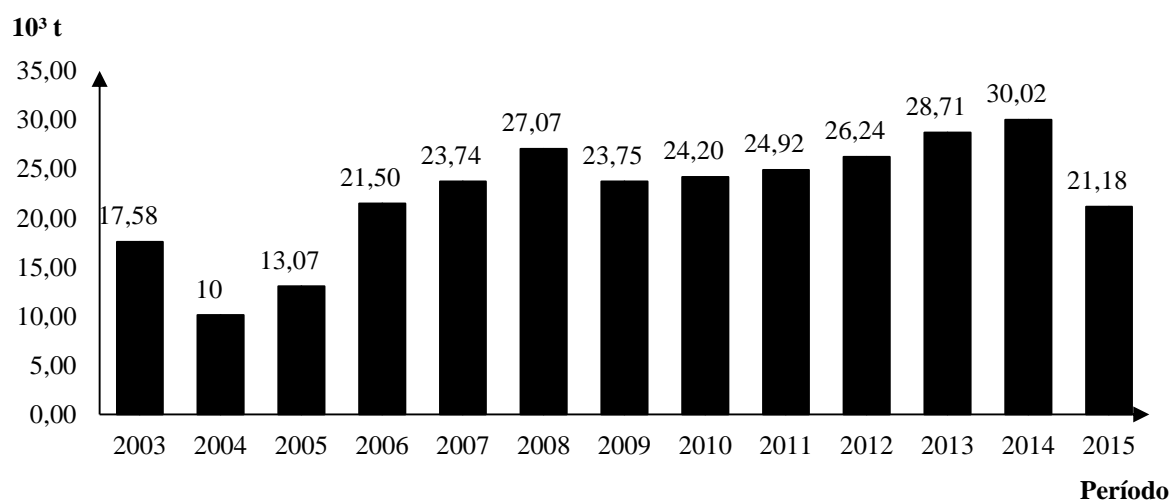
recolhido em cada cenário proposto, para facilitar comparação com a literatura científica existente.

As pegadas de carbono foram contabilizadas ao longo de 13 anos (2003 – 2015), para todos os cenários.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de evitar a grande quantidade de poluição e minimizar o efeito estufa antropogênico na Terra, surge a busca por manter a qualidade ambiental frente à necessidade de encontrar alternativas energéticas. Aqui se estudaram três possibilidades para a utilização e/ou descarte dos resíduos da arborização, para posterior verificação do potencial de mitigação das mudanças ambientais. Ainda que o Brasil não possua compromisso obrigatório para redução das emissões de GEE, é interessante comprovar quais alternativas teriam maior impacto neste sentido.

A Figura 4.1 mostra a massa (t) de resíduo da arborização urbana recolhido pela EMLUR em João Pessoa, e levado ao Aterro Sanitário Metropolitano do período entre 2003 e 2015. Observa um aumento da geração de resíduo da arborização urbana nos últimos 13 anos. Este crescimento pode ser resultado do aumento da eficiência do governo municipal em gerenciar tal resíduo ou a busca por, parte da população, em dar um destino mais eficiente e ambientalmente correto ao mesmo.



**Figura 4.1.** Evolução da massa de resíduos da arborização urbana recebidos no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, no período de 2003 à 2015.



Com a especificação do quantitativo de resíduo da arborização urbana em cada cenário proposto anteriormente, a Tabela 4.1 mostra os resultados da implementação da ACV no software SimaPro (2015) com método IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013), para os resíduos do ano 2008, em João Pessoa.

**Tabela 4.1.** Pegada de carbono associada a três cenários de descarte para resíduos da arborização em João Pessoa/PB, para o ano 2008.

Resíduos da arborização urbana coletados em 2008	Pegada de carbono		
	Aterro sanitário	Incineração com aproveitamento de eletricidade	Incineração com aproveitamento de calor
27.065,04 t	3.690 t CO <sub>2</sub> -eq	-4.360 t CO <sub>2</sub> -eq	1.432 t CO <sub>2</sub> -eq

- **Aterro sanitário:** O resíduo da arborização simplesmente depositado no aterro sanitário gerou uma elevada pegada de carbono, com maior impacto ao meio ambiente dentre as opções verificadas, com a geração de 3.690 t CO<sub>2</sub>-eq. Os resíduos da arborização e seu respectivo transporte corresponderam a 1.670 t CO<sub>2</sub>-eq (aproximadamente 52% do valor final total), e a decomposição não controlada em aterro contribuiu com 2.020 t CO<sub>2</sub>-eq.

- **Aproveitamento para geração de eletricidade:** Este cenário foi um passo além da simples incineração, evitando o consumo de eletricidade da rede elétrica. Apresentou o melhor resultado entre os cenários estudados, com emissões de -4.360t CO<sub>2</sub>-eq. Os resíduos da arborização e seu respectivo transporte corresponderam a 1.670 t CO<sub>2</sub>-eq, e a geração de eletricidade evitou a emissão de 6.030 t CO<sub>2</sub>-eq. Estas emissões negativas finais indicam uma possibilidade de mitigação de mudanças climáticas, assim como de incorporação em Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

- **Aproveitamento para geração de calor:** Este calor pode ser vendido a indústrias ou condomínios, ou até utilizado em processos internos do aterro, evitando o consumo de combustíveis em caldeiras para este fim. Este processo emitiu 1.432 t CO<sub>2</sub>-eq. Os resíduos da arborização e seu respectivo transporte corresponderam a 1.670 t CO<sub>2</sub>-eq, e o aproveitamento do calor da incineração evitou que 9450 MJ de calor fossem gerados por meio da incineração de biomassa vegetal, evitando a emissão de 238 t CO<sub>2</sub>-eq.

Observou-se que a coleta e transporte dos resíduos da arborização são processos em comum para todos os cenários de descarte. O cenário que apresentou a maior emissão t CO<sub>2</sub>-eq foi o descarte em aterro sanitário, ação hoje empregada pelo poder público

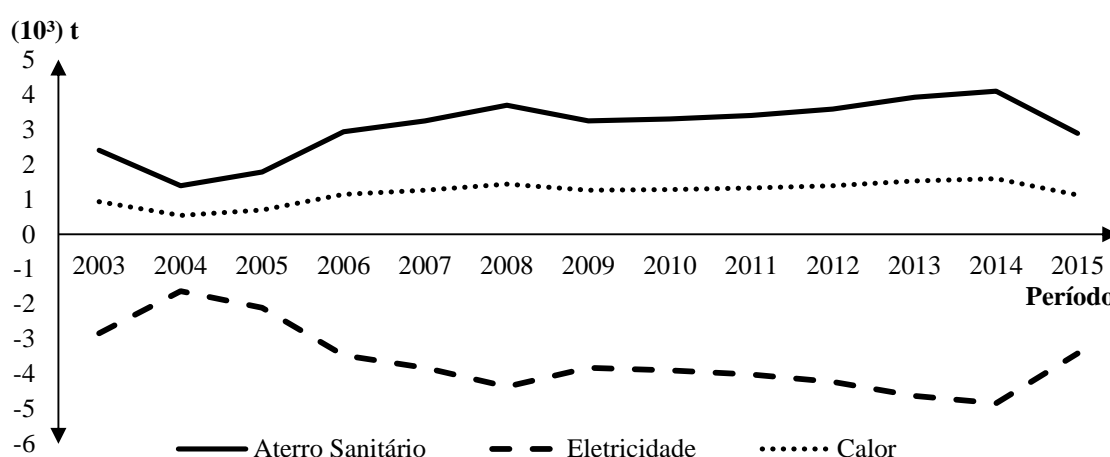
municipal. A utilização do material para a geração de eletricidade mostrou-se como a melhor opção para os resíduos, onde os resultados indicam um saldo negativo, ou seja, deixa-se de emitir uma quantidade importante de GEE na região, minimizando impactos ambientais atmosféricos. A Tabela 4.2 mostra a pegada de carbono por tonelada de resíduo da arborização processado.

**Tabela 4.2.** Pegada de carbono por tonelada (kg de CO<sub>2</sub>.eq/t) de resíduo da arborização urbana da cidade de João Pessoa/PB, para cada cenário estudado.

Processo	Emissão (kg de CO <sub>2</sub> .eq/t resíduo coletado)
Aterro Sanitário	136,338
Geração de Eletricidade	-161,093
Geração de Calor	52,909

Considerando que, atualmente, o poder público municipal descarta os resíduos da arborização urbana no aterro metropolitano de João Pessoa, o melhor cenário estudado, para o ano de 2008, foi a geração de eletricidade. Pegadas de carbono foram calculadas para esses dois cenários no período 2003 - 2015.

A Figura 4.2 mostra as pegadas de carbono para os cenários de descarte, entre os anos de 2003 e 2015, do cenário atual empregado pelo poder público municipal (aterro sanitário simples) teve um lançamento acumulado de 39.826 t CO<sub>2</sub>-eq em um período de 13 anos. Esses gases são produzidos durante o processo de decomposição do resíduo por micro-organismos decompositores.



**Figura 4.2.** Pegada de carbono para os cenários de descarte de resíduos da arborização urbana no aterro sanitário, aproveitamento para geração de eletricidade e calor, a partir dos resíduos, no período 2003-2015, para João Pessoa/PB.

Quando se compara o cenário atual utilizado com o melhor cenário, percebe-se que o poder público utiliza atualmente a forma mais danosa ao meio ambiente. Se toda a biomassa gerada pela arborização urbana de João Pessoa, entre 2003 e 2015, fosse empregada para a geração de eletricidade, evitaria a emissão de 47.058 t CO<sub>2</sub>-eq na cidade.

Cortez (2011) mencionou que existem poucos relatos de utilização de resíduos da arborização em grande escala (seja para fins energéticos ou não), e lista o reaproveitamento como lenha, e produção de carvão vegetal, como forma de descarte. O trabalho de Morris, Matthews e Morawski (2011) revisou vários cenários de descarte final para resíduos da arborização (*leaf and tree waste*) do município de RedDeer (Canadá), concluindo que o aterro com recuperação de gás para energia era preferível, ao invés da incineração com produção de eletricidade (considerando-se as mudanças climáticas, carcinógenos humanos e toxicidade ao ecossistema).

Ainda com relação aos impactos ambientais do aproveitamento dos gases nos aterros sanitários, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2015) destaca que existem variações nos sistemas de coleta de metano presentes em aterros sanitários. E que diferentes tecnologias estão disponíveis comercialmente para produção de eletricidade a partir de resíduos, o que podem alterar significativamente os resultados das análises realizadas.

O estudo de *The Leaf and Yard Waste Diversion Technical Committee* (CANADA, 2014) indica que existem melhores opções para os resíduos da arborização urbana do que o aterro sanitário (compostagem, por exemplo), principalmente por razões econômicas. Incluindo a não utilização de espaço (uso da terra), e por razões ambientais (diminuição das emissões de GEE).

Em relação ao aproveitamento para geração de energia elétrica, Cortez (2011) estudou o potencial de utilização dos resíduos da arborização urbana para a geração de energia elétrica. Desenvolvendo análises técnicas, econômicas e ambientais para ciclo a vapor e digestão anaeróbia, concluiu que uma pequena central termelétrica era mais viável para aproveitamento deste material.

Na mesma linha do estudo, Levis e Barlaz (2013) concluíram que o manejo adequado dos resíduos (em geral) é essencial para a minimização dos riscos à saúde humana e ao ambiente. Os resíduos da arborização urbana contêm quantidades significativas de materiais recuperáveis, podendo ser utilizados para produção de energia,

fazendo com que o gerenciamento de resíduos seja um alvo visível e de alto impacto para a melhoria da sustentabilidade ambiental.

No caso específico dos Estados Unidos, estratégias de mitigação que afetem o mix elétrico, o preço da energia, e as emissões de GEE podem realmente mudar as direções do gerenciamento atual de resíduos (LEVIS; BARLAZ, 2013). Obviamente, os sistemas de gerenciamento de resíduos da arborização urbana devem possuir flexibilidade de adaptação para diferentes composições, políticas públicas (que ainda não são realidade no Brasil), e sistemas nacionais de produção de eletricidade, para que sejam benéficos também economicamente.

#### **4.3.1 João Pessoa e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**

João Pessoa/PB encontra-se em uma situação relativamente confortável em relação à qualidade do ar, mas as tendências de crescimento econômico podem trazer preocupações. No inventário de emissão de GEE, realizado em 2010 pela prefeitura municipal de João Pessoa, constatou-se emissões de 1.198.034 t CO<sub>2</sub>-eq, com aumento de 43,70% para 2012, gerando 1.721.681 t CO<sub>2</sub>-eq (JOÃO PESSOA, 2014). Para os anos de 2010 e 2012, o atual cenário (aterro sanitário) dos resíduos da arborização foi responsável por 3.520 t CO<sub>2</sub>-eq e 3.810 t CO<sub>2</sub>-eq, respectivamente. No ano de 2010, os GEE emitidos corresponderam a 0,29% dos GEE totais lançados na cidade, e no ano de 2012, corresponderam a 0,22% da emissão total da cidade.

Observa-se que a emissão dos GEE gerados pelos resíduos da arborização no aterro corresponde a um percentual pequeno em relação ao montante total liberado nestes anos; porém, GEE são cumulativos ao longo do tempo, de impacto global, e altos níveis de concentração podem causar danos ao microambiente existente na cidade.

De acordo com o Plano de Ação João Pessoa Sustentável (JOÃO PESSOA, 2014), citam-se como estratégias e ações para o controle dos GEE a promoção do uso de biomassa na matriz energética e promoção de reciclagem dos resíduos. Os resíduos da arborização urbana são um forte aliado para o cumprimento desta ação (JOÃO PESSOA, 2014).

O MDL pode ser definido como as atividades de um projeto integrante de um empreendimento que tenha por objetivo a redução de emissão de GEE. Devendo estar exclusivamente relacionada a determinados gases e aos setores/fontes de atividades responsáveis pela maior parte das emissões (DUARTE, 2006).

O MDL foi estabelecido no Protocolo de Kyoto, sendo um dos mecanismos de inovação, que inclui também Implementação Conjunta (CJ) e Comércio de Emissão (CER). Foi uma iniciativa proposta pelo governo brasileiro durante as discussões das Conferências das Partes. A proposta consiste na premissa de que cada tonelada de CO<sub>2</sub> não emitida ou retirada da atmosfera por um país poderá ser negociada no mercado mundial, criando um atrativo para a redução das emissões globais (SOUZA; RIBEIRO, 2009).

A contribuição dos projetos de MDL nos aterros sanitários no Brasil abrange a área econômica, ambiental e social, indo além da redução das emissões de GEE, sendo uma ferramenta para a melhoria dos serviços de RSU. Influenciando diretamente na sustentabilidade ambiental local, desenvolvimento das condições de trabalho e da geração líquida de empregos, além da captação e desenvolvimento tecnológico e integração regional (PAVAN; PARENTE, 2006; CRUZ; PAULINO, 2010).

O Brasil se destaca pelo potencial gerador de crédito de carbono no setor de aplicação de aterros sanitários, incluindo o aterro sanitário metropolitano de João Pessoa, sendo uma oportunidade promissora para promover o desenvolvimento municipal, por meio de apoio a uma gestão mais apropriada dos resíduos sólidos urbanos (CRUZ; PAULINO, 2010).

Na área econômica, tais projetos contribuem para o aquecimento da econômica local, uma vez que vários campos da sociedade são afetados pelos setores de manutenção, assistência técnica e de serviço. Vale destacar que os recursos advindos das vendas dos créditos de carbono podem ser divididos entre o empreendedor e o município (PAVAN; PARENTE, 2006).

O mercado de certificado de emissão de carbono pode ser uma importante fonte de recursos e incentivo para que o poder público invista nas atividades relativas ao gerenciamento de resíduos, sem comprometer a qualidade ambiental do entorno (PAVAN; PARENTE, 2006; DUARTE, 2006). Vale salientar que o último leilão da venda de certificados de emissão de gases na bolsa de valores de São Paulo, em 2012, foi negociado por € 3,30/ tCO<sub>2</sub> (BM&FBOVESTA, 2012).

Considerando os valores referentes ao ano de 2012, se o aterro metropolitano de João Pessoa tivesse um MDL implantado, com a venda de certificado de emissão de carbono do aproveitamento para a geração de eletricidade, só com os resíduos da arborização urbana, o poder público poderia ter acrescido ao cofre municipal € 13.951,38.

Em reais, resultaria em valor aproximado de R\$ 36.413,09. Utilizando referências os valores do último pregão da bolsa de valores de São Paulo e da cotação da época.

Para um município carente de fontes financeiras como João Pessoa, a implantação de um sistema de MDL é um caminho para captar recursos, e reduzir a dependência da união e do estado.

Na área ambiental, entre os benefícios do biogás do aterro, se destaca a quantidade de emissão de GEE evitadas, ficando em torno de 80% menor, onde o metano (representa 60% dos gases emitidos nos aterros é um gás que apresenta um potencial de aquecimento global de 23 maior que o CO<sub>2</sub>) corresponde a grande parte dos gases. O que pode significar mais geração de créditos negociáveis quando comparado a projetos que envolvam somente a redução CO<sub>2</sub> (PAVAN; PARENTE, 2006).

O uso do biogás mostra-se como uma ferramenta viável para o MDL, uma vez que sua aplicação com fins energéticos pode ocorrer imediatamente, devido a tecnologia ambientalmente atrativa. Visto que a conversão em energia possibilita a recuperação do capital e incrementa a viabilidade da planta (DUARTE, 2006).

De acordo com Rovere et al.(2006), algumas iniciativas de recuperação de biogás de aterro sanitário, em andamento no país, podem gerar redução certificada de emissões (RCEs) de 2,3 milhões de t CO<sub>2</sub> evitado/ano. Com receita potencial de 11,4 milhões de US\$/ano, podendo ser multiplicado por 5 com iniciativas tecnicamente viável no curto e médio prazo.

Isto indica que o potencial de geração de crédito de carbono é bastante promissor, constituindo-se numa oportunidade de promover a sustentabilidade social e ambiental, através do apoio a uma gestão mais adequada dos resíduos sólidos urbanos (ROVERE et al., 2006).

Com relação ao cenário menos impactante deste estudo (produção de eletricidade), vale ressaltar que os projetos de aproveitamento de resíduos sólidos para geração de eletricidade, muitas vezes só consideram a redução da emissão de metano através da captura e queima de gás. Grande parte dos aterros sanitários do país (incluindo a situação do aterro sanitário de João Pessoa), raramente o metano do lixo é recuperado e queimado, e sendo assim somente a captura e distribuição já é configurado como projeto MDL (ROVERE et al. 2006).

Nos projetos de eficiência energética, no uso de eletricidade e de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis para injeção na rede, o conteúdo de carbono

evitado é que determinará a quantidade de redução de certificados emitidos (RCEs) e a receita com a venda de créditos de carbono propiciada pelo projeto (ROVERE et al., 2006).

O primeiro projeto com implantação do sistema de MDL no Brasil foi o Nova Gerar, no município de Nova Iguaçu/RJ, em 2001. O investimento inicial consistiu em implantar um sistema de coleta de gás e uma usina geradora de eletricidade modular (com um potencial de capacidade esperada de 12 MW após alguns anos de operação), para capturar o metano do aterro e utiliza-lo na geração de eletricidade para abastecer a rede elétrica (SOUZA; RIBEIRO, 2009).

De acordo com os cálculos, o projeto evitará a emissão de 14,07 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 21 anos, com a captura e a combustão de metano do gás do aterro para gerar eletricidade. Outros benefícios foram à mitigação de impactos ambientais e a geração de benefícios sociais, como a melhoria de vida dos catadores e geração de emprego (SOUZA; RIBEIRO, 2009).

Em outro projeto, projeto Vega Bahia, está previsto para evitar a emissão de 14,5 milhões de t CO<sub>2</sub> no período 2003/2019. Apresentando um valor médio anual de 0,653 milhões tCO<sub>2</sub>/ano (ROVERE et al., 2006).

O município de São Paulo, a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), recebe 50% das RCE da empresa concessionária que implantou o MDL para captação de gás nos aterros Bandeiras e São João, além de um pagamento da taxa mensal pelo uso da área e exploração do biogás. Compondo o Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (FEMA), sendo constatado um grande aumento no orçamento, devido o recebimento dos RCEs. Passando de R\$ 32.720.500, em 2007, para R\$ 57.366.663,00 em 2008 (CRUZ; PAULINO, 2010).

Tais recursos foram destinados a financiar plano, programas e projetos na área de usos racional e sustentabilidade de recursos naturais, controle, fiscalização, defesa e recuperação do meio ambiente e educação ambiental. Sendo aplicados no Parque Linear Perus, Parque Linear Bamburrall, implantação de ciclovias, Hospital veterinário no Parque Anhamquera, projeto de educação ambiental, coleta seletiva, apoio a centrais de triagem e projeto de recuperação da ferrovia Perus-Pirapora, entre outros (CRUZ; PAULINO, 2010).

No ano de 2007, a prefeitura de São Paulo arrecadou R\$ 34 milhões com a venda de 808.450 RCEs para o banco belgo-holandês Fortis, do projeto MDL do aterro sanitário Bandeirantes. Entre os anos de 2008 e 2009, a prefeitura recebeu o equivalente a R\$ 71

milhões, correspondente a 50% da venda de 1.521.450 RCEs. Só em 2008, o município arrecadou R€ 13,689 milhões de euro (R\$ 37,2 milhões de reais) com a venda. RCEs para a empresa suíça Mercuria Energy Trading, que tem como clientes refinarias de petróleo europeias (RIZZI, 2011).

Assim como ocorreu no município de São Paulo, a implantação de um projeto de MDL no aterro metropolitano de João Pessoa trará benefícios financeiros com a venda dos RCEs. Se for bem direcionando e gerido, tais recursos devem ser usados em pró da sociedade, com ações na área ambiental, melhoria da qualidade de vida da população e inclusão social.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, conclui-se que:

O descarte atual utilizado pelo órgão municipal (aterro sanitário) é a menos amigável para o ambiente, entre os cenários estudados. Houve a maior pegada de carbono por tonelada de resíduos da arborização urbana, ou seja, emissões de 136,34 kg de CO<sub>2</sub>-eq/t;

O melhor cenário estudado foi para o aproveitamento do resíduo da arborização para a geração de energia elétrica, apresentando um saldo negativo de impacto ambiental, e mesmo o cenário para a geração de calor, se mostrou mais viável ambientalmente que o sistema empregado.

A produção de eletricidade é ambientalmente viável e contribuindo para a sustentabilidade da cidade e ser utilizados como créditos de carbono;

A implantação de um projeto de MDL no aterro sanitário, para o aproveitamento dos resíduos da arborização urbana, é uma das estratégias para o gerenciamento dos RSU, com expectativa de promover grandes benefícios ambientais, sociais e econômicos, assim como aconteceu nos municípios que apresentam tais projetos.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 14044**: 2009. Versão Corrigida: 2014. 2014a. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de jan. 2017.



- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 14040:2009**. Versão Corrigida: 2014. 2014b. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de jan. 2017.
- ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZAS PÚBLICAS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2014**. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 13 de abr. 2017.
- AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA BRASIL – ACV BRASIL. **Avaliação do Ciclo de vida**. Disponível em: <<http://acvbrasil.com.br/avaliacao-do-ciclo-de-vida/>>. Acesso em: 05 de jan. 2017..
- BARATTA JUNIOR, A. P.; MAGALHÃES, L. M. S. Aproveitamento de resíduos da poda de árvores da cidade do Rio de Janeiro para compostagem. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n.1, 2010.
- BM&FBOVESTA. **Leilões de crédito de carbono**. São Paulo. 2012. Disponível em: <http://www2.bmfbovespa.com.br/Consulta-Leiloes/leiloes-de-credito-de-carbono-login.aspx?idioma=pt-br>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- CAMILO, D. R.; ESPADA, A. L. V.; MARTINS, J. R.F. **Caracterização dos sistemas de gestão dos Resíduos de Poda e Remoção da Arborização Urbana nos Municípios do Estado de São Paulo**. Piracicaba. 2008. Relatório de estágio supervisionado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quairoz”, Universidade de São Paulo, 2008.
- CANADA. Information Center Government of Alberta. **Recommendations for Reducing Leaf and Yard in Alberta**. Alberta Environment and Sustainable Resource Development, 2014. Disponível em: <<http://aep.alberta.ca/waste/documents/ReducingLeafYardWaste-Feb2014.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.
- CARVALHO, M.; FREIRE, R. S.; MAGNO, A. H. **Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint: new practices for organizations**. In: Global Conference on Global Warming, 2015, Atenas, Grécia. Proceedings of the global conference on global warming, 2015.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: MG, p. 112, 2011. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual\\_Arborizacao\\_Cemig\\_Biodiversitas.pdf](http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual_Arborizacao_Cemig_Biodiversitas.pdf)>. Acesso em: 10 de abr. 2017.
- COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Arborização de vias públicas**. Curitiba: PR, 2009. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/guia\\_arb/copel\\_e\\_a\\_arborizacao\\_de\\_vias\\_publicas.html](http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/copel_e_a_arborizacao_de_vias_publicas.html)>. Acesso em: 10 de jan. 2017..
- CORTEZ, C. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia**: estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. Tese (Doutor em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.
- CRUZ, S. R. S.; PAULINO, S. R.; Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) em aterros sanitários e a gestão de resíduos sólidos na cidade de São Paulo. In: V Encontro Nacional da Anppas, 2010, Florianópolis. **Anais ...**, V Encontro Nacional da

Anppas, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT3-7-389-20100903200350.pdf>>. Acesso em: 25 de abr. 2017.

DUARTE, A. C. **Projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil**: alternativa para o desenvolvimento sustentável. 125 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de recursos hídricos e ambiental). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em: <[http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/127-Adriana\\_Carneiro\\_Duarte.pdf](http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/127-Adriana_Carneiro_Duarte.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2017.

ECOINVENT CENTRE. **What we do**. Zurique, 2015. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/about/about.html>>. Acesso em: 16 de jan. 2017.

EMLUR. AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DE JOÃO PESSOA. **Informações sobre poda anual e custos**. João Pessoa. 2016.

EMLUR. AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DE JOÃO PESSOA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos–PMGIRS**: Diagnostico e Planejamento dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. João Pessoa. v. 2, 2014. Disponível em:<<http://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/dadospublicos/?p=111>>. Acesso em: 13 de jan. 2017.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Food Wast**. 2015. Disponível em: <[http://www3.epa.gov/epawaste/conservation/tools/warm/pdfs/Food\\_Waste.pdf](http://www3.epa.gov/epawaste/conservation/tools/warm/pdfs/Food_Waste.pdf)>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

FERREIRA, J. V. R. **Análise do Ciclo de Vida dos Produtos**. Viseu: Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FREIRE, R. S.; CARVALHO, M.; CARMONA, C. U. M.; MAGNO, A. H. **Perspectives on the implementation of climate change public policies in Brazil**. In: Global Conference on Global Warming, 2015, Atenas, Grécia. Proceedings of the global conference on global warming, 2015.

GALDIANO, G. P. **Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset produzido no Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GOLVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503:1510, 2012.

GUINÉE JB. (ed) **Life Cycle Assessment: An operation al guide to the ISO Standards; LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide**. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2001.

GUINÉE JB. **Handbook on life cycle assessment: operation al guide to the ISO standards**. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **¿ Qué es el IPCC?**. Genebra: Secretariat of the WMO, 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 05 de jan. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **History**. Genebra: Secretariat of the WMO, 2015. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml](http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml)>. Acesso em: 01 de abr. 2017.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Plano de ação João Pessoa Sustentável 2014**. João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 03 de jan. 2017.

KLÖPFER, W. **The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: origin, purpose and practical performance**. The International Journal Of Life Cycle Assessment, Heidelberg, p. 1-7. 2012.

LEVIS, J. W.; BARLAZ, M. A. **Composting Process Model Documentation**; Project Report, North Carolina State University: Raleigh, NC. 2013. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/~jwlevis/Composting.pdf>>. Acesso em 11 de fev. 2017.

MARTINS, C. H. O aproveitamento de madeira das podas da arborização viária de Maringá/PR. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 257 - 267, 2013.

MEIRA, A. M. **Gestão de Resíduos da arborização urbana**. 2010. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MORRIS, J.; MATTHEWS, H. S.; MORAWSKI, C. **Review of LCAs on Organics Management Methods & Development of an Environmental Hierarchy**. Information Center Alberta Environment. Alberta, 2011. Disponível em: <<http://environment.gov.ab.ca/info/library/8350.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

PAVAN, M. C. O.; PARENTE, V. Projetos de MDL em aterro sanitários do Brasil: análise política, socioeconômico e ambiental. In: XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este. **Anais ... XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 2006. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/parente\\_pavan.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/parente_pavan.pdf)> Acesso em: 23 de abr. 2017.

PIRES, A.C; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. **Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

RIZZI, C. A. **A questão da participação da comunidade do Distrito de Perus (São Paulo/Brasil), no projeto MDL Aterro Bandeirantes, Confins** [Enlignre], 2011. Disponível em:

<<https://confins.revues.org/6870?lang=pthttp://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/97/122>>. Acesso em: 25 de abr. 2017.

SOUZA, G. D.; RIBEIRO, W. C. Nova Gerar: experiência pioneira do Brasil no MDL. **Cronos**, v. 10, n. 2, p. 15-34, 2009.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos-2014**. Parte 2-Tabela de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016

SIMAPRO. **SimaProDatabase8**: Manual Methods Library. California, 2015. Disponível em: <<https://www.pre-sustainability.com/simapro-database-and-methods-library>>. Acesso em: 04 de abr. 2017.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Manual de arborização: orientação e manutenção da arborização urbana da cidade do Recife**. Ed. Recife: [S.N.]. 2013. Disponível em: <[www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Manual\\_Arborizacao.pdf](http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Manual_Arborizacao.pdf)>. Acesso em: 13 de abr. 2017.

ROVERE, E. L. La; COSTA, C. V.; DUBEUX, C. B. S. **Aterro Sanitário no Brasil e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL):** Oportunidade de promoção de desenvolvimento socio-ambiental. Web-Resol, Rio Bonito, 2006. Disponível em: <<http://www.web-resol.org/textos/28-La%20Rovere%20E.pdf>> Acesso em: 22 de abr. 2017.

VALINHOS. Prefeitura Municipal de Valinhos. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Valinhos-SP.** Valinhos, 2011. Disponível em: <[http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS\\_-\\_Verso\\_Preliminar\\_2.pdf](http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS_-_Verso_Preliminar_2.pdf)>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

## 5 ARTIGO 4 - ANÁLISE TEMPORAL DO VOLUME DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA

### RESUMO

A arborização urbana necessita de ações de manejo para garantir a sustentabilidade na cidade. A geração dos resíduos da arborização urbana é recorrente à necessidade da manutenção ao longo do tempo. Este estudo analisou a série temporal do volume lenhoso proveniente da arborização urbana na cidade de João Pessoa/PB, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2014, a fim de caracterizar o volume dos resíduos da arborização urbana e ajustar um modelo de previsão. Os modelos estudados foram os da Família ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Os principais resultados obtidos foram: Os modelos da família ARIMA apresentaram resultados satisfatórios para a previsão; o modelo ARIMA (0,1,4) foi o que forneceu a melhor previsão para o ano de 2014; este estudo fornece uma melhor compreensão a respeito do comportamento volume dos resíduos da arborização urbana em João Pessoa e, que auxilia na orientação de políticas públicas municipal.

**Palavras-chaves:** economia florestal, biomassa, ARIMA.

**ARTICLE 1 – TIMES SERIES ANALYSIS OF THE VOLUME OF WASTE FROM  
THE URBAN FOREST IN JOÃO PESSOA**

**ABSTRACT**

The urban forest requires management actions to ensure sustainability in the city. The generation of construction waste is recurrent to the maintenance of urbanization over time. This study analyzed the time series of the volume of waste from the urban forest in João Pessoa, from January 2008 to December 2014 in order to characterize the volume of waste of the urban forest and adjust a forecast model. The models were of the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Family. The main results were: the ARIMA family models showed satisfactory results for the prediction; the ARIMA (0,1,4) was what provided the best forecast for the year 2014; This study provides a better understanding about the volume behavior of residues of urban forest of Joao Pessoa and which assists the orientation of municipal public policies.

Keywords: forest economy, biomass, ARIMA.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A arborização urbana necessita de ações de manejo para garantir a sustentabilidade na cidade. Este manejo resulta na geração de uma quantidade significativa de resíduos de biomassa, que é classificado como um resíduo sólido urbano (RSU) (BRASIL, 2007, 2010; RECIFE, 2013).

Em 2014, no Brasil foram gerados 78,6 milhões de toneladas (t) de resíduos sólidos urbanos (RSU), contabilizado os residenciais e de limpeza urbana (varrição, capina e poda urbana). A Paraíba gerou, em 2014, 1,278 milhões t de RSU, apresentando uma média de 3.504 t/dia (ABRELPE, 2015).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento Ambiental (SNISA), nos municípios de Belo Horizonte (MG), Goiana (PE), Jaboatão dos Guararapes (PE), e Igaracy (PB), os resíduos da arborização urbana corresponderam a 9,37%, 1,41%, 1,48% e 7,10%, respectivamente, dos RSU destinados às unidades de processamento, em 2014 (SNSA, 2016).

No município de João Pessoa, em 2013, foram gerados 415,96 mil t de RSU, contabilizando os resíduos domiciliares, entulhos e de limpeza urbana. Deste total, 28,71 mil t foram da manutenção da arborização urbana e substituição de árvores, correspondendo a 6,9 % do RSU (EMLUR, 2016).

A geração dos resíduos da arborização urbana é recorrente durante o ano, devido à necessidade de manutenção da vegetação, onde esta periodicidade ao longo do tempo é classificada como uma série temporal. Série temporal é definida como um conjunto de observações de uma variável, disposta sequencialmente no tempo (ANDRADE, 2013).

A análise de séries temporais possibilita inferir sobre o comportamento passado e gerar informações do comportamento futuro provável, mediante construção de modelos que predizem os futuros movimentos (FISCHER, 1982).

A utilização de modelo de previsão de séries temporais é uma das possíveis alternativas no processo de tomada de decisão, que envolvam atividades que necessitam de planejamento, avaliação política e redução de incerteza. Tendo várias aplicabilidades, com diferentes recursos e campo de conhecimento, a exemplo da área administrativa, economia, setor florestal, na área de saúde, entre outros (ANTUNES; CARDOSO, 2015; BRESSAN, 2004).

No setor florestal, há diversas aplicações de análise de séries temporais. Em destaque os estudos: Floriano et al.(2006) para desenvolver equações de crescimento de alturas, em uma população de *Pinus elliottii*; Coelho Junior et al. (2006) previsão do preços do metro de carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais; Soares et al. (2010), elaboraram um modelo para prever o preço da madeira em pé de *Eucalyptus spp.*, em Itapeva (SP) e Bauru (SP); Coelho Junior et al.(2009) com previsão de preços borracha natural no mercado internacional; Soares et al. (2008) com previsão de preços borracha natural no mercado nacional, e; Almeida et al. (2009) com previsão do preço pago às exportações do compensado paranaense, onde a análise gráfica e estatísticas indicaram o modelo ARIMA (1,1,3) como o que melhor se ajusta à série do preço de compensado.

Contudo, não há trabalhos que mostre a previsão do volume de biomassa da manutenção da arborização urbana, que é de suma importância para tomada de decisão do planejamento da arborização urbana. Este estudo analisou a previsão do volume lenhoso proveniente da arborização urbana na cidade de João Pessoa/PB.

## 5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.2.1 Objeto de estudo

Para o estudo usou-se a série histórica proveniente dos resíduos da manutenção da arborização urbana em toneladas (t) de João Pessoa, recolhidos mensalmente pela Autarquia de Limpeza Urbana (EMLUR). O período analisado foi de janeiro de 2008 a dezembro 2014, que contém 84 informações. Para ajuste do modelo, consideraram-se os dados do período de janeiro de 2008 a dezembro de 2013. E para validação do modelo de previsão, reservou-se o período de janeiro a dezembro de 2014.

### 5.2.2 Análise das séries temporais

Uma série temporal  $\{X_t, t = 1, 2, \dots, n\}$  é definida como um conjunto de observações de uma variável dispostas sequencialmente no tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006). Os modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), introduzidos por Box e Jenkins (1976), baseiam-se na ideia de que uma série temporal não-estacionária, do tipo homogêneo, pode ser modelada a partir de “d” diferenciações e da inclusão de um



componente auto-regressivo “p” e de um componente médio móvel “q”. Sendo  $Y_t$  um processo que pode ser descrito através de uma modelagem *ARIMA* ( $p, d, q$ ) da seguinte forma:

$$\phi_p(B)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\hat{g}_t$$

$$\text{onde, } Z_t = \begin{cases} Y_t, & \text{se o processo é estacionário, quando } d = 0 \\ 1 - B^{-d} Y_t, & \text{se o processo não é estacionário, quando } d \geq 1 \end{cases}$$

A ponderação da diferenciação de  $Y_t$  corresponde a um modelo *ARIMA* ( $p, d, q$ ) com:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Y_t = \theta_0 + \theta_q(B)\hat{g}_t$$

em que,  $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$  é o operador auto-regressivo de ordem  $p$  [*AR*  $p$ ],  $\theta_0 = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$  é o intercepto ou a constante,  $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$  é o operador de média móvel de ordem  $q$  [*MA*  $q$ ] e é um processo de ruído branco (*white noise*). Se a constante  $\theta_0$  for diferente de zero, a série integrada proporcionará uma tendência determinística, ou seja, a série apresenta uma tendência crescente ou decrescente, que é independente dos distúrbios aleatórios (PINDYCK; RUBENFIELD, 1991).

Para verificação da estacionariedade do modelo foi realizado a análise visual e a decomposição da série temporal. Para a comprovação da estacionariedade da série foram utilizados os testes Dickey-Fuller Aumentado (ADF), desenvolvido por Dickey e Fuller (1981), o teste Phillips-Perron (PP); desenvolvido por Phillips e Perron (1988) e o teste Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS); desenvolvido por Kwiatkowski e outros (1992). Esses testes confirmam se a série  $Y_t$  possui ou não raiz unitária, com isso, podendo ser comprovada ou não a sua estacionariedade.

A identificação do modelo consiste em determinar sua ordem com base no "princípio de parcimônia". Esta etapa é a fase mais crítica do uso do modelo e consiste em

determinar os tipos do modelo gerador da série, que são denominados:

$y_t$	AR	Qual a ordem do modelo, ou seja, quais os valores de	(p)
	MA		(q)
	ARMA		(p,q)
	ARIMA		(p,d,q)
	SARIMA		(p,d,q) x (P,D,Q)s
	⋮		

Para auxiliar nesta etapa de identificação, foram utilizadas a análise no domínio do tempo (BOX e JENKINS, 1976), sendo esse o enfoque fundamental para a análise de séries temporais.

Após a identificação e escolha do modelo apropriado, foram estimados os parâmetros do processo AR, e os parâmetros do processo MA. As estimativas dos parâmetros foram feitas pela distribuição gaussiana pelo método da Máxima Verossimilhança, para todas as possíveis combinações, para satisfazer às condições de invertibilidade e unicidade dos parâmetros.

Em seguida, para verificar se o modelo proposto é ruído branco, foram realizados diagnósticos por meio das análises dos resíduos padronizados, resíduos da função de Autocorrelação (ACF), resíduos da Função de Autocorrelação Parcial (PACF), do portmanteau test de Box e Pierce (1970), sendo,-

$$Q_k = n \sum_{1}^k c_k^2$$

em que  $n = n^\circ$  de observações;  $k = n^\circ$  de “lags”; e  $c_k =$  Autocorrelação dos resíduos. O modelo é aceito se  $Q \leq \chi^2_{\lambda, k - N}$ , em que  $\chi^2$  é o qui-quadrado,  $\lambda$  é o nível de significância (com um intervalo de confiança de 95%),  $k$  a ordem de defasagem e  $N$  o número de parâmetros.

Outra maneira de verificar o modelo é por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC),  $AIC = -2 \ln(L) + 2(p + q)$  onde  $L =$  máxima verossimilhança;  $p$  e  $q =$  parâmetros do modelo, a fim de se obter o mínimo valor de AIC (AKAIKE, 1977).

Após o término do processo iterativo de identificação, estimativa e checagem do modelo, se o mesmo proporcionar uma estimativa da série que se ajusta satisfatoriamente aos dados da realidade, então se pode utilizá-lo para prever valores da variável.

Os processos de previsão, que usam modelos de séries temporais, são procedimentos que visam a estender a valores futuros o modelo descrito e ajustado aos valores presente e passado da variável. Portanto, a previsão permite determinar o valor esperado de uma observação futura.

Foi verificado o Erro Quadrático Médio (EQM) das previsões obtidas, permitindo a comparação dos valores previstos e observados da série ajustada, possibilitando a escolha do modelo que apresentar o menor EQM (MORETTIN; TOLOI, 2006).

$$EQM = \frac{\sum (y_t - y_t^e)^2}{n}$$

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5.1 apresenta a evolução e o comportamento da série da massa de resíduos da arborização urbana de João Pessoa (MRAU-JP) e da série logaritmizada [Ln(MPA-JP)], no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2013, expressos em 1.000 t. A logaritmização neperiana foi necessária para a estabilização da variância, preservando as propriedades dos dados da série. A MRAU-JP possui média estimada em 2.151, mediana de 2.115, valor mínimo de 1.256 e valor máximo de 2.772.

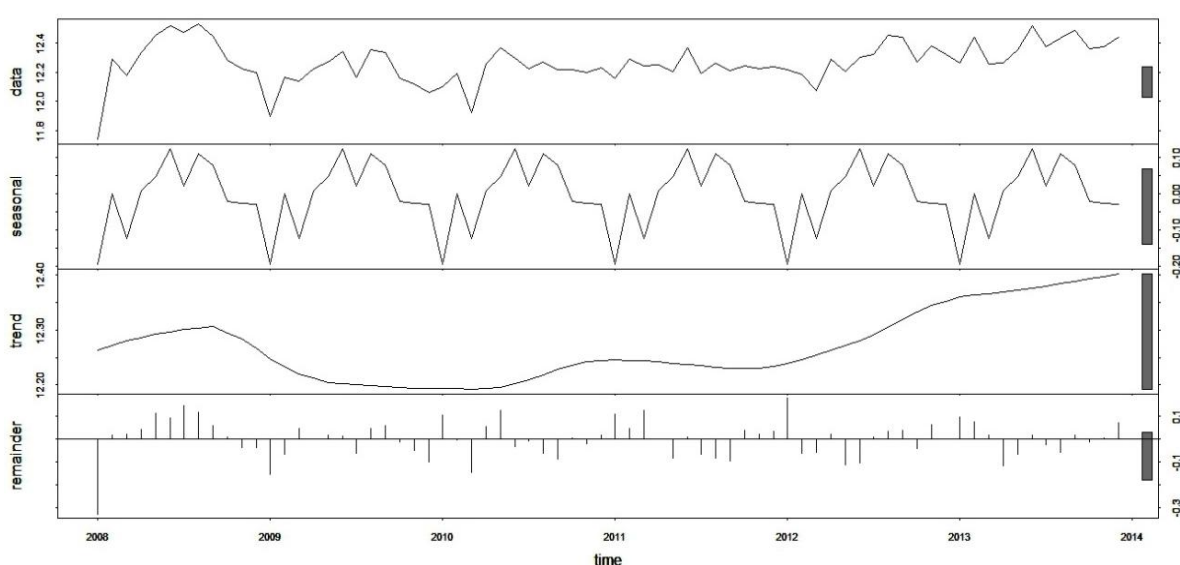


**Figura 5.1.** Comportamento da Série de Massa de Resíduos da Arborização Urbana de João Pessoa, original e logarítmica de 2008 a 2013 em 1.000 (t).

Pode-se observar tendência de crescimento da MRAU-JP ao longo do tempo, o que fornece indícios de ser não estacionária. Outro comportamento observado é o aumento da massa recolhida nos período de abril a julho, em comparação aos demais meses do ano. Este comportamento é devido ao período de maior índice pluviométrico na cidade, onde ocorrem maiores danos às árvores, com quebra de galhos e queda de árvores.

Vale destacar também que quando se analisa a massa de biomassa gerada anualmente, deve-se levar em consideração a demanda proveniente, principalmente, da população pelo serviço, mediante solicitação ao órgão competente pela autorização e execução da manutenção e supressão. Ressalta-se também que a política de gestão dos resíduos deste material, implantado pelo poder público, também influencia a massa gerada anualmente, a exemplo da contratação ou demissão de mão-de-obra, mudança de gestor administrativo, revisão e alteração de contratos com empresas prestadoras de serviço, entre outros.

A Figura 5.2 apresenta a decomposição dos dados, tendência, sazonalidade e resíduos da  $\text{Ln}(\text{MRAU-JP})$ , no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2013. Verificou-se por meio da decomposição da série a evidencia da presença dos componentes de tendência e sazonalidade, que devem ser inferida no modelo. Seguido pelo comportamento dos resíduos. As maiores características são expostas pelo tamanho das barras cinza, quanto menor, indica a predominância do componente, quanto maior, menor a predominância do componente da decomposição da MRAU-JP.



**Figura 5.2.** Decomposição dos dados, tendência, sazonalidade e resíduos da série da massa de resíduo da arborização urbana de João Pessoa logaritimizada, no período de jan/2008 a

dez/2013.

Apenas com a verificação visual e da decomposição da série não pode afirmar se a série [Ln(MRAU-JP)] é estacionária ou não. Assim, para uma constatação mais formal, utilizou-se os testes *Dickey-Fuller* Aumentado (ADF), o teste *Phillips-Perron* (PP) e o teste *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin* (KPSS), para verificação da presença de raiz unitária, apresentados na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1.** Testes de raiz unitária para a série de resíduos da arborização urbana de João Pessoa logaritimizada [Ln(MRAU-JP)] e sua primeira diferença {1ª Dif [Ln(MRAU-JP)]}.

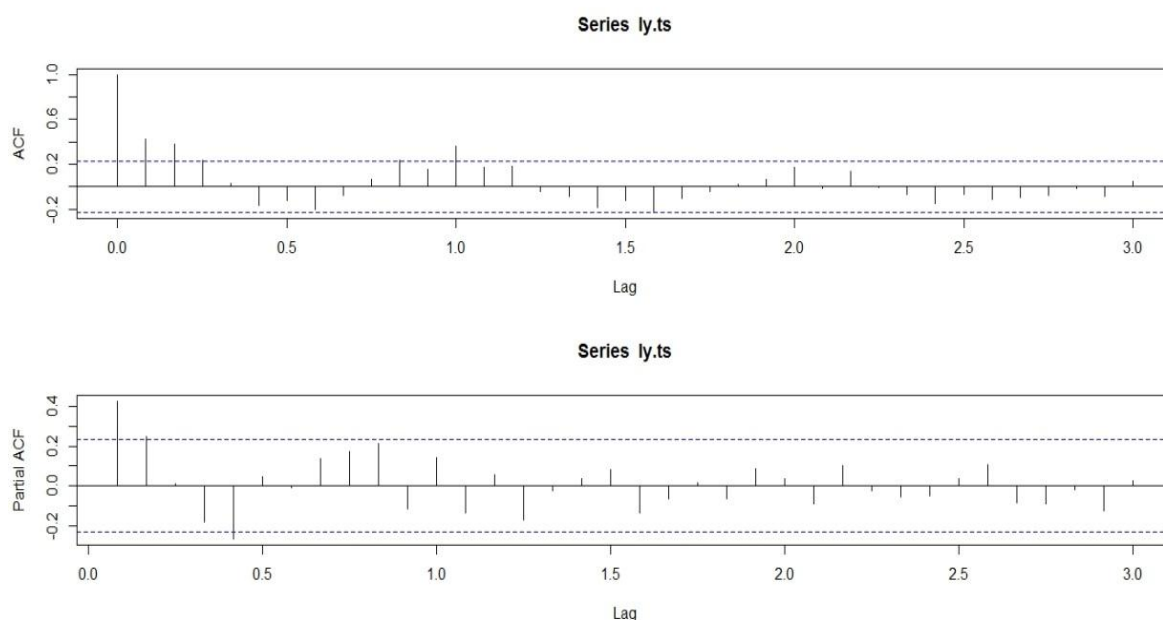
Testes	[Ln(MRAU-JP)]				1ª Dif [Ln(MRAU-JP)]			
	1%	5%	10%	t	1%	5%	10%	t
<b>ADF</b>	4,04	-3,45	-3,15	-3,41	-4,04	-3,45	-3,15	-8,08
<b>KPSS Test</b>	0,73	0,46	0,34	0,40	0,73	0,46	0,34	0,09
<b>Phillips-Perron</b>	-4,09	-3,47	-3,16	-6,29	-4,09	-3,47	-3,16	-13,98

O teste ADF mostra a presença da estacionariedade quando há rejeição hipótese nula ( $H_0$ ), ou seja, quando a série tem presença de raiz unitária. E para a hipótese alternativa ( $H_1$ ) é a constatação da estacionariedade da série, não incorrendo na região de raiz unitária. O teste ADF mostra que se  $|\alpha| < |t|$ , aceita-se  $H_0$ . Desta forma, o Ln (MRAU-JP) ao nível de significância de 5% aceita  $H_0$ , pois há presença de raiz unitária, ou seja, é não estacionária, sendo necessário transformar pela 1ª diferença para torná-la estacionária.

Aplicando o teste ADF à 1ª diferença da série 1ª Dif [Ln(MRAU-JP)], observou-se que para os níveis de significâncias estudados, o valor de t foi maior do que qualquer um dos valores críticos, logo, pode-se afirmar que não tem raiz unitária, desta forma, afirmando que a 1ª Dif [Ln(MRAU-JP)] é estacionária. Já o teste KPSS afirma que a hipótese nula é a não existência de raiz unitária, desta forma, a [Ln(MRAU-JP)], apresentou t = 0,40, sendo maior que o valor crítico de 10% do teste. Isso evidencia a rejeição da hipótese nula, mostrando que a [Ln(MRAU-JP)] é não estacionária. Para a 1ª Dif [Ln(MRAU-JP)] o t = 0,09, menor do que qualquer um dos valores críticos, caracterizando uma possível estacionariedade da série em primeira diferença. O teste PP da 1ª Dif [Ln(MRAU-JP)] comprova a estacionariedade, demonstrando um t = -13,98, bem acima ao t = -6,29 da MRAU-JP em nível (tabela 2.1).

A Figura 5.3 demonstra a identificação da ordem modelo por meio das Funções de

Autocorrelação (ACF) e Autocorrelação Parcial (PACF) da Ln(MRAU-JP). Observa-se que o gráfico ACF decai rapidamente após o lag4, o que indica que a série não pode ser estacionária e não apresenta comportamento sazonal ao longo do tempo. Isso significa a necessidade da primeira ordem de diferenciação para a série ser estacionária. Considerando que não se verifica um corte após o lag1, isso sugere um MA (0). Já o gráfico de PACF apenas os lag1 e 2 são significativos, o que indica um termo autoregressivo de ordem AR (2). Com isso, identificou-se o modelo ARIMA (2,1,0). No entanto, de acordo com Meyler (1998) a interpretação dos gráficos de Autocorrelação (ACF) e Autocorrelação Parcial (PACF) pode ser difícil e a identificação dos modelos por meio da metodologia Box-Jenkins envolve certa subjetividade na identificação dos modelos.



**Figura 5.3.** Autocorrelação e autocorrelação parcial da Ln(MRAU-JP) em nível.

No entanto, após a identificação do modelo ARIMA (2,1,0), delimitou-se a ordem de no máximo 5 defasagens para os processos autoregressivos [AR (p = 5)] e de 5 defasagens para os processos de médias móveis [MA (q = 5)]. Foi constituído um espaço amostral de 33 modelos ARIMA (p,d,q).

Dos 33 modelos, apenas 24 apresentaram ruído branco, verificado por meio do teste de Box-Pierce, onde  $Q \sim \chi^2_{p+q}$ . Já verificando os valores residuais graficamente pela função *tsdiag* (x) no R, dos 24 modelos apenas 12 foram detectados como ruído branco, sendo separados para realização das previsões. O modelo ARIMA (2,1,0) inicialmente

selecionado não atendeu os critérios adotados.

Dos 12 modelos separados após a verificação da presença de ruído branco, apenas quatro apresentaram valores significativos a um nível de significância de 80% e 95%. A Tabela 5.2 demonstra os resultados apresentados pelos modelos para o AIC e teste de Box-Pierce.

**Tabela 5.2.** Modelos selecionados para previsão das séries temporais da massa proveniente da arborização urbana de João Pessoa, no período de janeiro a dezembro de 2014.

ARIMA (p,d,q)	AIC	Test Box-Pierce	
		Q (m)	$\chi^2_\alpha$
(5,1,0)	-90,317	0,2247	40,979
(1,1,2)	-91,072	0,1802	44,687
(0,1,3)	-91,92	0,1462	46,05
(0,1,4)	-89,951	0,1048	46,938

Com essa análise, realizou-se a previsão dos modelos selecionados e observou-se, por meio do Erro Quadrado Médio de Previsão (EQMP), qual foi o mais adequado. A Tabela 5.3 mostra as previsões para o volume de biomassa da arborização em João Pessoa no período de janeiro a dezembro de 2014. Observou-se que o modelo ARIMA (0,1,4) foi que apresentou menor EQMP para ano de 2014, sendo o modelo escolhido. Sendo o modelo ARIMA (0,1,4) para 12 períodos escolhido foi:

$$Y_t = \frac{(+\theta_1 B + \theta_2 B^2 + \theta_3 B^3 + \theta_4 B^4) \hat{\alpha}_t}{(-B)}$$

$$Y_t = \frac{(-0,4750 + 0,2984 + 0,209 - 0,0265) \hat{\alpha}_t}{(-B)}$$

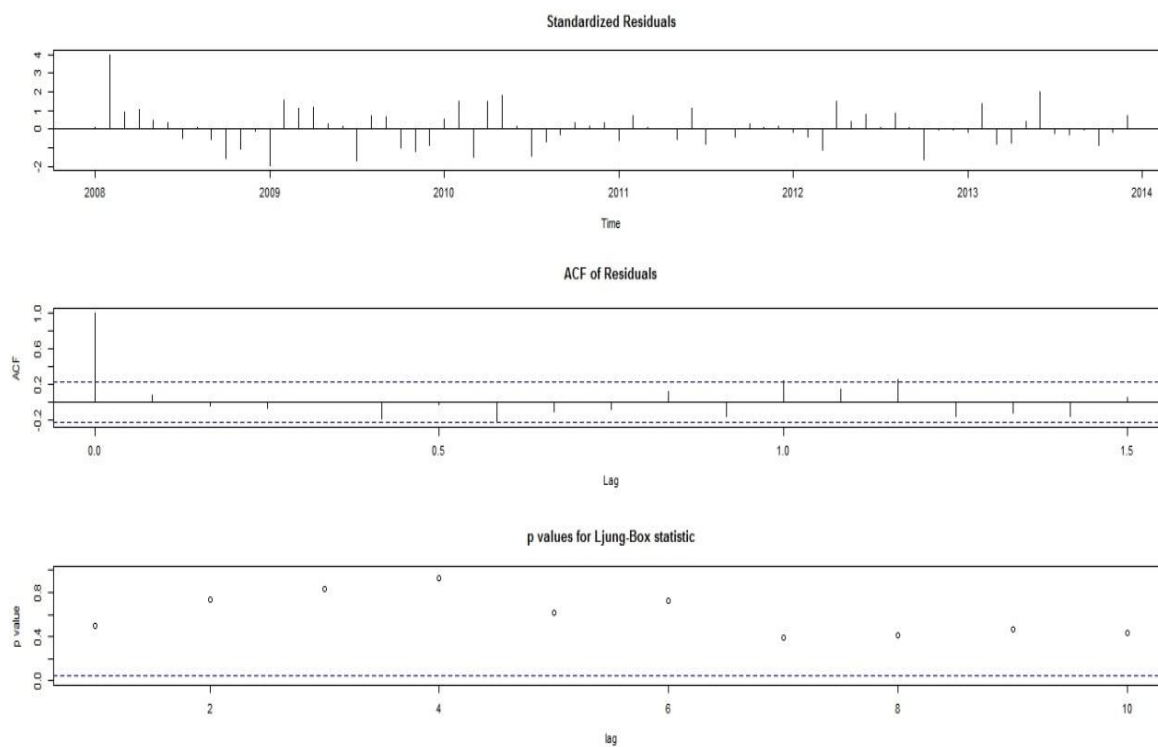
A Figura 5.4 apresenta os valores residuais do modelo ARIMA (0,1,4). Além do teste Box-Pierce, o correlograma sugere independência dos resíduos para diversas defasagens, onde os limites de controle do gráfico da FAC corroboram que o modelo escolhido mostrou-se adequado.

Optou-se em projetar valores para 12 meses para o ano de 2014. A Figura 5.5 demonstra o comportamento da previsão, considerando um intervalo de confiança de 80%

e 95%, além dos valores observados para o ano de 2014 em meses. O modelo apresentou previsões satisfatórias, com um EQMP de 3,10.

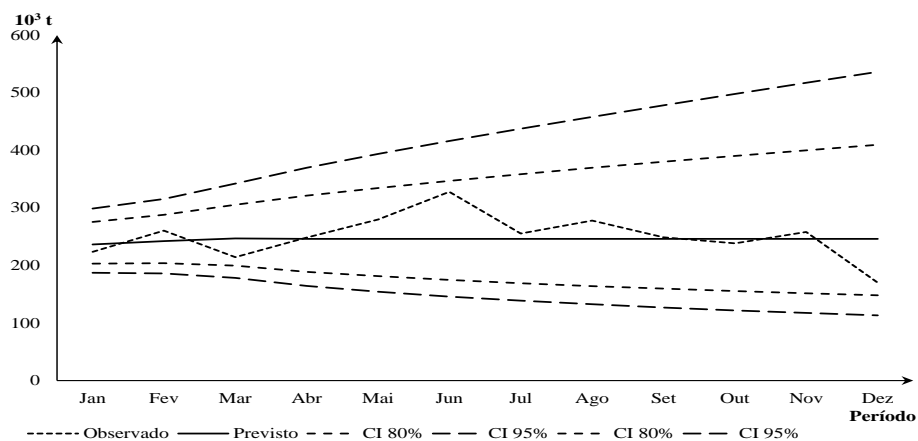
**Tabela 5.3.** Valores observados e previsões pelos modelos ARIMA (p,d,q) para 12 períodos de 2014 da massa de resíduos da arborização urbana em João Pessoa (1.000 t).

Período	Observado	(5,1,0)	(1,1,2)	(0,1,3)	(0,1,4)
jan/14	223,75	237,69	236,43	236,28	236,48
fev/14	260,28	240,41	242,44	241,37	242,22
mar/14	214,33	250,64	244,36	245,71	246,77
abr/14	248,32	243,00	244,97	245,71	246,21
mai/14	279,88	241,64	245,16	245,71	246,21
jun/14	327,76	248,53	245,22	245,71	246,21
jul/14	255,38	243,98	245,24	245,71	246,21
ago/14	277,62	242,50	245,24	245,71	246,21
set/14	248,62	246,35	245,24	245,71	246,21
out/14	238,39	244,63	245,24	245,71	246,21
nov/14	257,96	242,98	245,24	245,71	246,21
dez/14	170,09	245,53	245,24	245,71	246,21
<b>EQMP</b>		4,62	4,36	3,81	3,1
<b>Erro (%)</b>		-2,5	-2,4	-2,25	-2,03



**Figura 5.4** Resíduos do modelo ARIMA (0,1,4) da Ln(MRAU-JP).





**Figura 5.5** Previsão para o ano de 2014 de massa da manutenção de árvore em João Pessoa (1.000 t).

## 5.4 CONCLUSÕES

Para as condições desenvolvidas neste trabalho, conclui-se que:

Os modelos da família ARIMA apresentaram resultados satisfatórios para a previsão. O modelo ARIMA (2,1,0) identificado através da ACF e PACF não apresentou ajustes adequados, sendo necessário buscar novos modelos.

Para o espaço amostral dos 33 modelos escolhidos para 5 defasagens para os processos de médias móveis e 5 para o componente autorregressivo, o modelo ARIMA (0,1,4) foi o que forneceu a melhor previsão para os 12 períodos do volume de massa gerada na manutenção da arborização de árvores em João Pessoa, apresentado menor EQMP.

Este estudo fornece uma melhor compreensão a respeito do comportamento volume dos resíduos da arborização urbana em João Pessoa, visando auxiliar na orientação de políticas públicas municipal.

## 5.5 REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. On entropy maximization principle. In: KRISHAIAH, P. R. (Ed.). **Application of statistics**. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland, 1977. 27-41 p.

ALMEIDA, A. N.; SOUZA, V. S.; LOYOLA, C. E.; BITTENCOURT, M. V. L.; SILVA, J. C. G. L. Análise do preço externo do compensado paranaense através da metodologia de Box & Jenkins. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 81, p. 061-069, 2009.

ANDRADE, B. S. **Abordagem Estatística em Modelos para Séries Temporais de Contagem**. 2013, 146 f. Dissertação (Mestrado em Estatística), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudo epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, 24 (3), 565-576, 2015.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2014**. São Paulo: ABRELPE. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm)>. Acesso em: 01 mar. de 2017.

EMLUR - AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DE JOÃO PESSOA. **Informações sobre poda anual e custos**. João Pessoa. 2016.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais de saneamento básico e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm#art7](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm#art7)>. Acesso em: 18 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e da outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2017.

BRESSAN, A. A. Tomada de decisão em futuros agropecuários como modelos de previsão de séries temporais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 3, n. 1, 2004.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; CALEGARIO, N.; SILVA, M. L. Análise longitudinal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 429-438, 2006.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; SÁFADI, T.; CALEGÁRIO, N.; Análise do comportamento temporal dos preços da borracha no mercado internacional. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 3, 2009.

FISCHER, S. **Séries univariantes de tempo: metodologia de Box e Jenkins**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p. Disponível em: <[https://cdn.fee.tche.br/teses/digitalizacao/teses\\_4.pdf](https://cdn.fee.tche.br/teses/digitalizacao/teses_4.pdf)>. Acesso em: 01 de abr. 2017.

FLORIANO, E. P.; MULLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; Ajuste de modelos tradicionais para séries temporais de dados de altura de árvores. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, 2006.

MEYLER, A.; KENNY, G.; QUINN, T. **Forecasting Irish inflation using ARIMA models**. 1998. 46 p. Disponível em: <<http://www.centralbank.ie/publications/documents/3RT98.pdf>>. Acesso em 05 de abr. 2017.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. ver. e ampl. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.

PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric models and economic forecasts**. 3rd ed. New York: McGrawHill, 1991.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade –SMAS. **Manual de arborização: orientações e procedimentos técnicos básicos para a implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife**. Ed. Recife: [s.n.]. 2013.

SNSA - SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos-2014**. Parte 2 - Tabela de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016.

SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; LIMA, J. E.; CORDEIRO, S. A. Análise de previsão do preço da borracha natural no Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 285-294, 2008.

SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; REZENDE, J. L. P.; LIMA, J. E.; CARVALHO, K. H. A.; Elaboração de modelo de previsão de preço da madeira de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, v. 16, n. 1, p. 41-52, 2010.

VENABLE, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistic with S-PLUS**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1999. 501 p.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises realizadas nesta dissertação chegou as seguintes considerações finais:

Em geral, este estudo apresentou informações significativas para orientação na tomada de decisões de políticas públicas quanto ao gerenciamento dos resíduos da arborização urbana.

Apresentou por meio de amostragem um diagnóstico da situação atual da arborização viária urbana de João Pessoa e instruiu algumas formas de conduzir o planejamento arbóreo da cidade. Logo, são necessários estudos mais aprofundados e um sensu para um melhor planejamento da arborização urbana.

As duas análises dos impactos ambientais provocados pelo descarte dos resíduos da arborização urbana mostram que a forma atual é a mais prejudicial para o meio ambiente. Seja a primeira com ênfase na pegada de carbono em quatro cenários de destinação dos resíduos e a segunda com a estratégia de aproveitamento energética vista como instrumento do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). Portanto, esta análise traz à luz que a forma de destinação dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa deve ser repensada. Devem-se realizar estudos econômicos mostrando alternativas de aproveitamento energético dessa biomassa disponível.

E, mediante a realização da análise da série histórica da geração dos resíduos da manutenção da arborização urbana, apresentou um modelo para a geração deste resíduo.

Por fim, devem-se realizar ensaios em laboratório do poder calorífico das espécies componentes da arborização urbana de João Pessoa, para auxiliar na viabilidade do uso da biomassa para energia. Podendo ser testado com diferentes tecnologias e método de conversão: Uso *in natura*; em forma de briquete; pela técnica de gaseificação, e; pelo processo anaeróbico, etc.

## 7 REFERÊNCIAS

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZAS PÚBLICAS E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2014. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 13 de nov. 2016.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 14044**: 2009. Versão Corrigida: 2014. 2014 A. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de abr.. 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 10004: Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO 14040: 2009** Versão Corrigida: 2014. 2014b. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de abr.. 2017.

AGUIRRE, L. A.. **Introdução à identificação de sistemas**: técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais. UFMG, 2007. ISBN 85-7041-220-7. 3a Edição Revista e Ampliada. 2007.

AKAIKE, H. On entropy maximization principle. In: KRISHAIAH, P. R. (Ed.). **Application of statistics**. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland, 1977. 27-41 p.

ALBERTIN, R. M.; De ANGELIS F.; De ANGELIS NETO R.; De ANGELIS B. L. D. Diagnóstico Quali-quantitativo da Arborização Viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6 n. 3, p. 128-148, 2011.

ALMEIDA, A. N.; SOUZA, V. S.; LOYOLA, C. E.; BITTENCOURT, M. V. L.; SILVA, J. C. G. L. Análise do preço externo do compensado paranaense através da metodologia de Box & Jenkins. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 81, p. 061-069, 2009.

AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L. F. C. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. Ver. **Associação Médica Brasileira**, 58(3), 302-307 p, 2012.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA BRASIL – ACV BRASIL. **Avaliação do Ciclo de vida**. Disponível em: <<http://acvbrasil.com.br/avaliacao-do-ciclo-de-vida/>>. Acesso em 18 de abr. 2017.

ANDRADE, B. S. **Abordagem Estatística em Modelos para Séries Temporais de Contagem**. 2013, 146 f. Dissertação (Mestrado em Estatística), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

- ANGELIS, B. L. D.; SAMPAIO, A. C. F.; TUDINI, O. G.; ASSUNÇÃO, M. G. T.; ANGELIS NETO, G. de. Avaliação das árvores de vias públicas da zona central de Maringá, estado do Paraná: estimativa de produção de resíduos e destinação final. **Acta. Sci. Agron**, Maringá, v. 29, n. 1, 2007.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (A.P.G) IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, p. 1–20, 2016.
- ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Usos da análise de séries temporais em estudo epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, 24 (3), 565-576, 2015.
- ARACRUZ. Prefeitura de Aracruz. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Manual de recomendações técnicas para projetos de arborização urbana e procedimentos de poda**. Secretaria de Meio Ambiente (SEMAM). Aracruz: [s.n.], 2013.
- ARAÚJO, V. C.; BEZERRA, E. S. P.; LIMA NETO, J. A.; ILARIANO, R. N. S.; VASCONCELO, Z. N. F.; VALE, M. B. Estudo do aproveitamento de podas de árvores para a produção de briquetes em dois municípios do Rio Grande do Norte. In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN. **Anais ...Currais Novos/RN**, 0673-0679, 2013.
- BARATTA JUNIOR, A. P.; MAGALHÃES, L. M. S. Aproveitamento de resíduos da poda de árvores da cidade do Rio de Janeiro para compostagem. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n.1, 2010.
- BARROS, V. C. C. **Briquetes produzidos com resíduos de poda urbana e embalagens cartonadas**. 2013. Monografia (Engenharia Florestal). Universidade de Viçosa, Viçosa, 2013.
- BATISTEL, L. M.; DIAS, M. A. B.; MARTINS, A. S.; RESENDE, I. S. M. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana nos Bairros Promissão e Pedro Cardoso, Quirinópolis, Goiás. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.4, n.3, 110-129, 2009.
- BENATTI, D. P. B.; TONELLO, K. C.; ADRIANO JUNIOR, F. C.; SILVA, J. M. S.; OLIVEIRA, I. R.; ROLIM, E. N.; FERRAZ, D. L. Inventário arbóreo-urbano no município de Salto de Pirapora, SP. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p.887-894, 2012.
- BIONDI, D. **Diagnóstico da arborização de ruas da cidade do Recife**. 1985. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal). Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, 1985.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 177p.
- BM & FBOVESTA. **Leilões de crédito de carbono**. São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://www2.bmfbovespa.com.br/Consulta-Leiloes/leiloes-de-credito-de-carbono-login.aspx?idioma=pt-br>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010**. Curitiba, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Caracterização do padrão de plantio adotado na arborização de ruas de Curitiba, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.3, 2012.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976.

BRACMORT, K. **Biomass: Comparison of Definitions in Legislation**. Congressional Research Service. 2015. Disponível em: <<https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40529.pdf>> Acesso em: 09 de abr. 2017.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 131 p., 2010.

BRAND, M. A.; STAHELIN, T. S. F.; FERREIRA, J. C.; NEVES, M. D. Produção de biomassa para geração de energia em povoamento de pinus *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, 2014.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 3 de ago. 2010 A. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 01 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais de saneamento básico e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm#art7](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm#art7)>. Acesso em: 18 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030: Biomassa**. Ministério de Minas e Energia; Colaboração da Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, v. 12, 2007.

\_\_\_\_\_. Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 2010 B. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm)>. Acesso em: 01 fev. 2017.

BRESSAN, A. A. Tomada de decisão em futuros agropecuários como modelos de previsão de séries temporais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 3, n. 1, 2004.

BRUGNARA, G. A. **Florestas, madeiras e habitações: análise energética e ambiental da produção e uso de madeira como uma contribuição ao desafio da valoração da Floresta Amazônica**. 2001. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2001.

CABRAL, E. **Considerações sobre Resíduos Sólidos**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Material de aula. Disponível em:

<[http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao\\_de\\_Residuos\\_Solidos\\_PGTGA/CONSIDERACOES\\_SOBRE\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao_de_Residuos_Solidos_PGTGA/CONSIDERACOES_SOBRE_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf)>. Acesso em: 21 de fev. 2017.

CAMILO, D. R.; ESPADA, A. L. V.; MARTINS, J. R.F. **Caracterização dos sistemas de gestão dos Resíduos de Poda e Remoção da Arborização Urbana nos Municípios do Estado de São Paulo**. Piracicaba. 2008. Relatório de estágio supervisionado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2008.

CAMPOS, R. J. **Previsão de séries temporais coma aplicações a séries de consumos de energia elétrica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, f. 110, 2008.

CANADA. Information Center Government of Alberta. **Recommendations for Reducing Leaf and Yard in Alberta**. Alberta Environment and Sustainable Resource Development, 2014. Disponível em:<<http://aep.alberta.ca/waste/documents/ReducingLeafYardWaste-Feb2014.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

CARDOSO-LEITE, E.; FARIA, L. C.; CAPELO, F. F. M.; TONELO, K. C.; CASTELLO, A. C. D.; Composição florística da arborização urbana de Sorocaba/SP, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, 2014.

CARVALHO, M.; FREIRE, R. S.; MAGNO, A. H.. **Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint: new practices for organizations**. In: Global Conference on Global Warming, 2015. **Anais ...** Atenas, Grécia. proceedings of the global conference on global warming, 2015.

CAVALETT, O. **Análise do ciclo de vida da soja**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas – SP. 2008.

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 85 f., 2009.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; CALEGARIO, N.; SILVA, M. L. Análise longitudinal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 429-438, 2006.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; SÁFADI, T.; CALEGÁRIO, N.; Análise do comportamento temporal dos preços da borracha no mercado internacional. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 3, 2009.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: CEMIG/Fundação Biodiversitas, 2011. . Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual\\_Arborizacao\\_Cemig\\_Biodiversitas.pdf](http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual_Arborizacao_Cemig_Biodiversitas.pdf)>. Acesso em: 10 de abr. 2017.



COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Arborização de vias públicas**. Curitiba: PR, 2009. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/guia\\_arb/copel\\_e\\_a\\_arborizacao\\_de\\_vias\\_publicas.html](http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/copel_e_a_arborizacao_de_vias_publicas.html)>. Acesso em: 10 de jan. 2017.

CORTEZ, C. L. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores para a geração de energia**: estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. Tese (Doutorado em Ciência). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

COUTO, L. MULLER, M. D.; SILVA JÚNIOR, A. G.; CONDE, L. J. N. Produção de pellets de madeira – O caso da Bio-Energy no Espírito Santo. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, 2004.

CRUZ, S. R. S.; PAULINO, S. R.; Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) em aterros sanitários e a gestão de resíduos sólidos na cidade de São Paulo. In: V Encontro Nacional da Anppas, 2010, Florianópolis. **Anais ...**, V Encontro Nacional da Anppas, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT3-7-389-20100903200350.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2017.

DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, vol. 4, n. 2, 2004.

DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D.; **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Embrapa Agroenergia: Documento 13, Brasília, 2012.

DUARTE, A. C. **Projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil**: alternativa para o desenvolvimento sustentável. 125 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de recursos hídricos e ambiental). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em: <[http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/127-Adriana\\_Carneiro\\_Duarte.pdf](http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/127-Adriana_Carneiro_Duarte.pdf)>. Acesso em: 23 fev. 2017.

ECOINVENT CENTRE. **What we do**. Zurique, 2015. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/about/about.html>>. Acesso em: 16 de dez. 2015.

ELOY, E. **Produção e qualidade da biomassa de florestas energéticas no norte do Rio Grande do Sul**. 2015. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

EMLUR. AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DE JOÃO PESSOA. **Informações sobre poda anual e custos**. João Pessoa. 2016.

\_\_\_\_\_. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos–PMGIRS**: Diagnóstico e Planejamento dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. João Pessoa. v. 2, 2014 a. Disponível em: <<http://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/dadospublicos/?p=111>>. Acesso em: 13 de abr. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Prognóstico e Planejamento dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.** João Pessoa, v. 2, 2014 b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2015.** Rio de Janeiro:EPE, 2015. Disponível em:  
<[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 01 de jan. 2017.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Food Wast.** 2015. Disponível em:  
<[http://www3.epa.gov/epawaste/conservation/tools/warm/pdfs/Food\\_Waste.pdf](http://www3.epa.gov/epawaste/conservation/tools/warm/pdfs/Food_Waste.pdf)>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

FARIA, R. F.; SOUSA, V. R.; MIRANDA, S. do C. Arborização urbana da cidade de Itapuranga, Goiás. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 2, 2014.

FERRAZ, M. C. Inventário das Árvores das urbanas da cidade de Registro-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 2, 2012.

FERREIRA, J. V. R. **Análise do Ciclo de Vida dos Produtos.** Viseu: Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FIGUEIREDO, J. C. **Estimativa de produção de biogás e potencial energético dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais.** 2012, 139 f. Dissertação (Mestrado Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FISCHER, S. **Séries univariantes de tempo: metodologia de Box e Jenkins.** Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p. Disponível em:  
<[https://cdn.fee.tche.br/teses/digitalizacao/teses\\_4.pdf](https://cdn.fee.tche.br/teses/digitalizacao/teses_4.pdf)>. Acesso em: 01 de abr. 2017.

FLORIANO, E. P; MULLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; Ajuste de modelos tradicionais para séries temporais de dados de altura de árvores. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, 2006.

FREIRE, R. S; CARVALHO, M.; CARMONA, C. U. M.; MAGNO, A. H.. Perspectives on the implementation of climate change public policies in brazil. In: Global Conference on Global Warming, 2015. **Anais...** Atenas, Grécia. proceedings of the global conference on global warming, 2015.

GALDIANO, G. P. **Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset produzido no Brasil.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GATTI, J. B. **As 4 fases da ACV.** In: MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E.C.; VILHENA, A. Avaliação do ciclo de vida: princípios e aplicações. Campinas: CETEA/CEMPRE. 2002.

GOIÂNIA. Prefeitura Municipal de Goiânia. **Plano Diretor da Arborização Urbana de Goiânia.** Goiânia, 2008. Disponível em:

<[http://www.goiania.go.gov.br/download/amma/relatorio\\_Plano\\_Diretor.pdf](http://www.goiania.go.gov.br/download/amma/relatorio_Plano_Diretor.pdf)>. Acesso em: 05 de jan. 2017.

GOLVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503:1510, 2012.

GREY, G. W. e DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York: John Wiley, 1978.

GUINÉE JB. (ed) **Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO Standards; LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide**. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2001.

GUINÉE JB. **Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards**. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

GUJARATI, D. N; PORTER, D. C. **Economia Básica**. 5º ed. São Paulo: BOOKMAN,

HAAREN, R. V.; THEMELIS, N. J.; BARLAZ, M. LCA comparison of windrow composting of yard wastes with use as alternative daily cover (ADC). **Waste Management**, v. 30, f. 2649–2656, 2010.

HAUSCHILD, M. Z.; POTTING, J. Spatial differentiation in life cycle impact assessment – the EDP2003 methodology. Guidelines from the Danish environmental protection agency. **Environmental New**, nº80, Copenhagen, Dinamarca. 2005.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: Ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Universidade de Brasília; Polígono, 465p, 1972.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Heating Without Global Warming: Market Developments and Policy Considerations for Renewable Heat**. Paris, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo populacional municipal: João Pessoa**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250750>>. Acesso em: 31 de dez 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **¿ Qué es el IPCC?**. Genebra: Secretariat of the WMO, 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 01 de jan. 2017.

\_\_\_\_\_. **History**. Genebra: Secretariat of the WMO, 2015. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml](http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml)>. Acesso em: 01 de nov. 2017.

JARA, E. R. P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. São Paulo: **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, 1989.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Plano de ação João Pessoa Sustentável 2014**. João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 03 de jan 2017.

JOÃO PESSOA. Secretaria Municipal de Comunicação. **Prefeitura supera meta e realiza 9,2 mil podas de árvores em 2012**. João Pessoa, 2012. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/prefeitura-supera-meta-e-realiza-92-mil-podas-de-arvores-em-2012/>>. Acesso em: 01 de fev. 2017.

JOÃO PESSOA. Secretaria Municipal de Planejamento. **Ficha Cadastral das ruas urbanas de João Pessoa/PB**. 2014. Entregue Pessoalmente.

KLÖPPFER, W. **The critical review life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: origin, purpose and practical performance**. The International Journal Of Life Cycle Assessment, Heidelberg, p. 1-7. 2012.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R.A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Rev. Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, nº 3, 2001.

LEAL, L.; BIONDI, D.; ROCHADELLI, R. Custo de implantação e manutenção da arborização de ruas da cidade de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 557-565, 2008.

LEVIS, J. W.; BARLAZ, M. A. **Composting Process Model Documentation**; Project Report, North Carolina State University: Raleigh, NC. 2013. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/~jwlevis/Composting.pdf>>Acesso em 11 de fev. 2017.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; LEAL, L.; SILVA, F. L. R.; PINHEIRO, F. A. P. Análise da composição florística de Boa Vista-RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 58-72.

LINDENMAIER, D. S.; SANTOS, N. O. Arborização Urbana das praças de Cachoeira do Sul-RS-Brasil: Fitogeografia, Diversidade e Índice de Áreas Verdes. **Pesquisas Botânicas** Nº 59, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2008.

LINDENMAIER, D. S.; SOUZA, B. S. P.; Arborização viária de Cachoeira do Sul/RS: Diversidade, Fitogeografia e Conflitos com a Infraestrutura Urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, 2014.

LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava/PR, v.1, n.1, p.125-139, 2005.

LOCASTRO, J. K.; RASBOLD, G. G.; PERREIRA, J. S. R.; SOARES, B.; CAXAMBÚ, M. G. Censo da arborização urbana do município de Cafeara, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 3, 2014.

LORENZI, H.; NOBLICK, L. R.; KAHN, F. K.; FERREIRA, E.; **Flora Brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeira)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: Madeiras, ornamentais e aromática**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.

- LUCENA, J. N.; SOUTO, P. C.; CAMAÑO, J. D. Z.; SOUTO, J. S.; SOUTO, L. S. Arborização em canteiros centrais na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, 2015.
- MACEDO, L. A.; ROUSSET, P. L. A; VALE, A. T. do. Influência da composição da biomassa no rendimento condensável da torrefação de resíduos vegetais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n.80, 2014.
- MAIORANI, E.; WESOLOWSKI, J.B.; MELISINAS, V. A. P. S.; FABRIN, T.C.; GASQUES, L.S. Levantamento da Arborização Urbana do município de Altônia-PR. **Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa-PR, v.18, n. 2, p. 101-108, 2012.
- MARANHO, A. S; PAULA, S. R. P.; LIMA, E.; PAIVA, A. V.; ALVES, A. P.; NASCIMENTO, D. O. Levantamento Censitário da arborização urbana viária de Senador Guimard, Acre. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 3, 2012.
- MARTINS, C. H. O aproveitamento de madeira das podas da arborização viária de Maringa/PR. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 257 - 267, 2013.
- MASTELLA, D. V. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. 125 f., 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- McPHERSON, E. G.; SIMPSON, G. R. A comparison of municipal forest benefits and costs in Modesto and Santa Monica. **Urban Forestry and Urban Greening**, California, v.1, p.61-74, 2002.
- MEIRA, A. M. **Gestão de Resíduos da arborização urbana**. 2010. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- MELO, E. F. R. Q.; SEVERO, B. M. A. Avenida Brasil (Passo Fundo, Rio Grande do Sul): Diversidade da Vegetação e Qualidade Ambiental. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.3, 2010.
- MEYLER, A.; KENNY, G.; QUINN, T. **Forecasting Irish inflation using ARIMA models**. 1998. 46 p. Disponível em: <<http://www.centralbank.ie/publications/documents/3RT98.pdf>>. Acesso em 01 de abr. 2017.
- MILANO, M. S. O planejamento da arborização e as necessidades de manejo e tratamento culturais das árvores de ruas de Curitiba-PR. **Floresta**, v. 17, n. 1E2, 1987.
- MIRANDA, Y. C.; MACHADO, M. S.; SAILVA, L. S.; ESTEVAM, R.; MARTINS NETO, F. F.; CAXAMBU, M. G. Análise quali-quantitativa da arborização de ruas do município de Godoy Moreira – PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 10, n. 1, 2015.

MORAIS, L. A.; MACHADO, R. R. B. Arborização urbana do município de Timon/MA: inventário, diversidade e diagnóstico quali-quantitativo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.

MOREIRA, J. M. M. Á. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n 68, p. 363-372, 2011.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. ver. e ampl. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.

MORRIS, J.; MATTHEWS, H. S.; MORAWSKI, C. **Review of LCAs on Organics Management Methods & Development of an Environmental Hierarchy**. Information Center Alberta Environment. Alberta, 2011. Disponível em:<<http://environment.gov.ab.ca/info/library/8350.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

MOTTER, N.; MÜLLER, N. G. Diagnóstico da arborização urbana no município de Tuparendi-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.4, 2012.

NASCIMENTO, M. S.; RODRIGUES, E. R.; SOUZA, C. A.; FARIAS, M. J. B.; PEDERASSI, J.; LIMA, M. S. C. Análise quali-quantitativa da arborização das áreas públicas do Bairro Centro de Resende, RJ. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.

NOWAK, D. J.; WALTON, J. T.; STEVENS, J. C.; CRANE, D. E.; HOEHN, R. E. Effect of plot and sample size on timing and precision of Urban Forest Assessments. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 34, n. 06, p. 386-390, 2008.

NUNES, R. L.; MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, J. P.; MELO, A. G. C. Levantamento Qualiquantitativo da arborização urbana do Bairro Ferrarópolis na Cidade de Graça-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.8, n.1, 2013.

OLIVEIRA FILHO, P. C.; SILVA, S. V. K. Um sistema de informação para suporte espacial e de decisão à gestão da arborização urbana no município de Guarapuava, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 3, p. 82-96, 2010.

PAIVA, A. V. Aspectos da arborização urbana do Centro de Cosmópolis – SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 4, n. 4, p. 17-31, 2009.

PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. **Plano Estadual de Resíduos Sólido do Estado da Paraíba-Relatório Síntese**. João Pessoa, 2014. Disponível em: <[static.paraiba.pb.gov.br/2013/01/PLANO-ESTADUAL-VERSAO-PRELIMINAR.pdf](http://static.paraiba.pb.gov.br/2013/01/PLANO-ESTADUAL-VERSAO-PRELIMINAR.pdf)>. Acesso em: 01 de fev. 2017.

PARRY, M. M.; SILVA, M. M.; SENA, I. S.; OLIVEIRA, P. M. Composição florística da arborização da cidade de Altamira, Pará. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 1, 2012.

PAVAN, M. de C. O.; PARENTE, V. Projetos de MDL em aterro sanitários do Brasil: análise política, socioeconômico e ambiental. In: XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este. **Anais ... XXX Congresso**

Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. Disponível em:  
<[http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/parente\\_pavan.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/parente_pavan.pdf)>  
Acesso em: 23 de jan. 2017.

PERIOTTO, F; MESTRINER, M. M.; HELMANN, A. C.; SANTOS, T. O.;  
BORTOLOTTI, S. L. Análise da arborização urbana no município de Medianeira, Paraná.  
**Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 2, 59-74, 2016.

PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric models and economic forecasts**. 3rd ed. New York: McGrawHill, 1991.

PIRES, A.C; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. **Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

PIRES, A.C; RABELO, R. R; XAVIER, J. H. V. **Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico: Série Arborização Urbana, Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCAP, Jaboticabal, 74 f, 2002.

PRé. **SimaPro Tutorial**. [s.l.]: [s.n.], 2014.

PRETO, E. V.; MORTOZA, G. L. **Geração de energia elétrica utilizando biomassa**. Monografia (Engenharia Elétrica). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília-UNB, Brasília, 2010.

QUISSINDO, I. A. B.; OCONOR, E. F.; LUNA, D. P. Avaliação da vegetação arbórea nas principais ruas da cidade de Huambo-Angola. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 43-57, 2016.

RABER, A.P.; REBELATO, G.S. Arborização viária do município de Colorado, RS - BRASIL: análise quali-quantitativa. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.1, 2010.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Manual de arborização: orientação e procedimentos técnicos para a implantação da cidade do Recife**. Secretaria de Meio ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), Recife: [s.n.], 2013.

REFLORA. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2017. Acesso em:<<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do>> . Acesso em: 10 de fev. 2017.

REICHERT, G. A.; MENDES, C. A. B. Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentabilidade de resíduos sólidos urbanos. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 19, n. 13, 2014.

RIZZI, C. A. **A questão da participação da comunidade do Distrito de Perus (São Paulo/Brasil), no projeto MDL Aterro Bandeirantes, Confins** [Enlignre], 2011.

Disponível em:

<<https://confins.revues.org/6870?lang=pt><http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/97/122>>. Acesso em: 25 de jan. 2017.

ROCHA, A. T.; SANTOS, P. S.; NETO, S. N. O. Arborização de vias pública em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos Bairros Rancho Novo e Centro. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 599-607, 2004.

ROSÁRIO, L. M. **Briquetagem visando utilização de resíduos de uma serraria**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial de Madeira). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba – SP, v.5, n.1, p.1-24, 2010.

ROVERE, E. L. La; COSTA, C. VALLE; DUBEUX, C. B. S. **Aterro Sanitário no Brasil e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Oportunidade de promoção de desenvolvimento socio-ambiental**. Web-Resol, Rio Bonito, 2006. Disponível em: <<http://www.web-resol.org/textos/28-La%20Rovere%20E.pdf>> Acesso em: 22 de out 2016.

RUMÃO, A. S. **Geração de Potência e Energia Elétrica a partir da gaseificação de Rejeitos de Biomassa**. Universidade Federal e Paraíba. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, 130 p., 2013.

SALVI, L.T.; HARDT, L.P.A.; ROVEDDER, C.E.; FONTANA, C.S. Arborização ao longo de ruas –Túneis Verdes - em Porto Alegre, RS, Brasil: avaliação quantitativa e qualitativa. **Revista Árvore**, v.35, n.2, p.233-243. 2011.

SANCHOTENE, M. C.C. Desenvolvimento e perspectivas da arborização urbana no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994. São Luís – MA. **Anais...** São Luís, Sociedade Brasileira de Arborização Urbana; 1994.

SANTAMOUR JÚNIOR, F.S. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. **Anais...** In: METRIACONFERENCE, 7., 1990, Lisle. Proceedings. Lisle: p.57-66. 1990.

SANTOS JUNIOR, A.; COSTA, L. M.; Espécies empregadas na arborização urbana do Bairro Santiago, Ji-Paraná/RO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 1, 2014.

SANTOS, A. R.; BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D. Paisagem urbana alienígena. **Revista Ciência Hoje**, v. 41, n. 245, p. 68-70, 2008.

SANTOS, J. R. S.. **Estudo de biomassa torrada de resíduos florestais de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar para fins energéticos**. 2012. Dissertação (Mestrado em



Ciências, Programa: Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, p. 86, 2012.

SANTOS, J. S.; SANTOS, G.D. Estudo microclimático em Pontos Representativos da malha urbana da cidade de João Pessoa/PB: Uma avaliação do campo térmico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1430-1448, 2013.

SANTOS, N. R. Z; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de Vias Públicas: Ambiente X Vegetação**, Porto Alegre: Editora Pallotti, 2001.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, R. V. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, A. F. N. M.; MARINHO, I. V.; VILLAS BOAS, M. A.; Potencial de briquetagem de resíduos florestais da região do Seridó, no Rio Grande do Norte. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, 2011.

SANTOS, T. O. B.; LISBOA, C. M. C. A.; CARVALHO, F. G. Análise da arborização viária do bairro de Petrópolis, Natal, RN: Uma abordagem para diagnóstico e planejamento da flora urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 4, 2012.

SÃO PAULO (Capital). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. São Paulo, 2015. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/publicacoes\\_svma/index.php?p=188452](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=188452)>. Acesso em: 07 de jan 2017.

SARTORI, R. A.; BALDERI, A. P. Inventário da arborização urbana do município de Socorro-SP e proposta de um índice de danos à infra-estrutura das cidades. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6, n.4, 2011.

SAWIN, J. L.; BHATTACHARYA, S. C.; GALÀN, E. M.; McCRONE, A.; MOOMAW, W. R.; SONNTAG-O'BRIEN, V.; SVERRISSON, F.; CHAWLA, K.; MUSOLINO, E.; SKEEN, J.; MARTINOT, E. **Renewables 2012 Global Status Report**. Paris: REN 21, 2012. Disponível em:<<http://www.ren21.net/about-ren21/about-us/>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

SCHALLENBERGER, L. S.; ARAÚJO, A. J; ARAÚJO, M. N.; DAINER. L. J.; MACHADO, G. O. Avaliação da condição das árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati/PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.2, 105-123, 2010.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAODO, A. S. Banco de dados relacionado para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

SILVA, E. **Biomassa cultivada para produção de energia: estudo comparativo entre capim elefante e eucalipto com a incorporação da energia solar na secagem**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia de Energia). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, p. 85, 2012 a.

- SILVA, D. A. L. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais), Universidade de São Paulo, São Carlos, p. 207, 2012 b.
- SILVA, T. G.; LEITA, E. C.; TONELLO, K. C. Inventário da Arborização urbana no Município de Araçoiaba da Serra, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.
- SIMAPRO. **SimaPro Data base 8**: Manual Methods Library. California, 2016. Disponível em: <<https://www.pre-sustainability.com/simapro-database-and-methods-library>>. Acesso em: 04 de jan. 2017.
- SNSA - SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2014**. Parte 2 - Tabela de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016.
- SOARES, C. P. B.; NETO FRANCISCO, P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2011.
- SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; LIMA, J. E.; CORDEIRO, S. A. Análise de previsão do preço da borracha natural no Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 285-294, 2008.
- SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; REZENDE, J. L. P.; LIMA, J. E.; CARVALHO, K. H. A.; Elaboração de modelo de previsão de preço da madeira de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, v. 16, n. 1, p. 41-52, 2010.
- SOUZA, A.M.; NACHTERGAELE, M.F. e CARBONI, M. Inventário Florestal da arborização do município de Jaú/SP. Jaú: Instituto Pró-Terra & Secretaria do Meio Ambiente – SEMEIA. **Relatório técnico**, 2004.
- SOUZA, G. D.; RIBEIRO, W. C. Nova Gerar: experiência pioneira do Brasil no MDL. **Cronos**, v. 10, n. 2, p. 15-34, 2009.
- SOUZA, P. F. de; BOURSCHEID, C. B.; POMPÉO, P. N.; STANG, M. B.; MANFROI, J.; RODRIGUES, M. D. S.; SILVA, A. C. da; HIGUCHI, P. Inventário e Recomendações para a arborização do Centro da Cidade de São Joaquim, SC. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, 2014.
- SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa-PB. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.
- TÔRRES FILHO, A. **Viabilidade Técnica e Ambiental da utilização de resíduos de madeira para produção de um combustível alternativo**. 2007, 61 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- TOSCAN, M. A. G.; RICKLI, H. C.; BARTINICK, D. SANTOS, D. S.; ROSSA, D. Inventário e análise da arborização do bairro Vila Yolanda, do Município de Foz do

Iguaçu-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 3, p. 165-184, 2010.

TROPICOS. **Missouri Botanical Garden**. 2016. Disponível em: <<http://tropicos.org>>. Acesso em: 01/10/2016.

VALE, N. F. L.; SOUSA, G. S.; MATA, M. F.; BRAGA, P. E. T. Inventário Arbóreo do Parque da Cidade do Município de Sobral, Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6, n.4, 2011.

VALINHOS. Prefeitura Municipal de Valinhos. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Valinhos-SP**. Valinhos, 2011. Disponível em: <[http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS\\_-\\_Verso\\_Preliminar\\_2.pdf](http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS_-_Verso_Preliminar_2.pdf)>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

VENABLE, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistic with S-PLUS**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1999. 501 p.

VIEIRA, G. E. G.; NUNES, A. P.; TEIXEIRA, L. F.; COLÉN, A. G. N. Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. **Revista Liberato**, Nova Hamburgo, v. 15, n. 24, 2014.

ZHANG, S. **What is the Highest and Best Use of Organic Solid Waste: Production of Compost or Production of Energy?**. Greenest City Scholar, 2012. Disponível em: <<https://sustain.ubc.ca/sites/sustain.ubc.ca/files/Zero%20Waste%20%20-%20Solid%20Zhang%20-%20Compost%20vs%20%20Energy%20Production.pdf>>. Acesso em: 10 de fev. 2017.