

## ***O aproveitamento de madeiras das podas da arborização viária de Maringá/PR***

### ***The usage of wood from the street afforestation pruning of Maringá/PR***

Carlos Humberto Martins

**Resumo** - A pesquisa tem o objetivo de elencar formas de aproveitamento das madeiras das podas da arborização viária da cidade de Maringá/PR. Foram identificadas as três espécies arbóreas mais frequentes: *Caesalpinia peitophoroides* (Sibipiruna), *Tabebuia avellanedae* (Ipê Roxo) e a *Tipuana tipu* (Tipuana) que correspondem a 56,21% do total. Propõe-se a investigação do aproveitamento da madeira para fabricação de pequenos objetos de madeira (POM), elementos estruturais para a construção civil, e para a obtenção de carvão vegetal. Constatou-se nas análises laboratoriais: o Ipê Roxo com alta densidade básica, com resistência mecânica para a produção de elementos estruturais e com elevado padrão de aproveitamento em carvão vegetal, a Sibipiruna na classe de densidade média pode ser utilizada em móveis e também em produção de carvão vegetal e a Tipuana como de densidade baixa ideal para fabricação de POM.

**Palavras-chave:** Aproveitamento, madeira de poda, caracterização da madeira.

**Abstract** - The research aims to elicit ways of using wood from the street afforestation pruning of Maringá/PR. Three most frequent species of trees were identified: *Caesalpinia peitophoroides* (Sibipiruna), *Tabebuia avellanedae* (Ipê Roxo) and *Tipuana tipu* (Tipuana) which represent 56.21% of the total. Investigation of the wood usage is proposed for the making of small wooden objects (SWO), structural elements for civil construction and obtainment of vegetable coal. It has been verified in laboratory analysis: high basic density for the Ipê Roxo, with mechanical resistance for the production of structural elements and with elevated standard of usage in vegetable coal, the Sibipiruna in the average density class can be used in furniture as well as in vegetable coal production and Tipuana, for being low density type, ideal in the making of SWO.

**Key words:** Usage, pruned wood, wood characterization.

## **INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento sustentável tem sido o alvo das cidades brasileiras, que passará por modificações em seu sistema de destinação de resíduos após a Política Nacional de Resíduos Sólidos regulamentada, que proíbe a partir de 2014 a disposição de resíduos em aterros, isto é, para aqueles que são passíveis de aproveitamento.

A alocação dos resíduos em aterros resulta em custos excedentes para os municípios, compromete grandes áreas para disposição, aumenta o risco de incêndio nestes aterros e terrenos baldios, propicia a deterioração da paisagem, a poluição do ar e da água.

E no que condiz a madeira de poda, tal procedimento conduz ao desperdício de materiais com potencial energético e de matéria-prima que poderia ser aplicada na fabricação de produtos sólidos de madeira (móveis, portas, guarnições, vigas, assoalhos e outros), pequenos objetos de madeira (brinquedos, cabo de ferramentas, decorativos em geral), geração de energia por meio da fabricação de carvão vegetal.

De acordo com dados da Secretária de Serviços Públicos do Município de Maringá, a cidade gera em

média 969 toneladas mensais de madeira de poda da arborização viária, dado referente ao período de novembro de 2010 a abril de 2011, isso considerando apenas as árvores inteiras que foram removidas e árvores que caíram em decorrência das chuvas e ventanias, sem contabilizar as podas de galhos que ocorrem diariamente no Município (LUZ, 2012).

Toda a madeira de poda e remoção da arborização viária é lançada na Pedreira do Município de Maringá, que possui áreas abertas, parte da madeira principalmente os galhos se deterioram nesse ambiente a céu aberto, e parte é leiloada, no entanto o volume que se acumula diariamente neste local geram empilhamentos de fustes e galhos, nessas condições as madeiras ficam em condições inapropriadas para o uso (LUZ, 2012).

As formas de aproveitamento de madeira provenientes das podas, passa pelo conhecimento tecnológico da madeira, partindo de suas características físico-químicas e mecânicas. Com isso sua caracterização é importante para decidir a melhor gestão de aproveitamento da madeira.

A caracterização da madeira consiste, em determinar suas propriedades através de ensaios

normalizados. Verificados a partir de amostras de madeira, fazendo ensaios densidade aparente e básica, umidade e resistência à compressão paralela às fibras (DIAS; LAHR, 2004).

Espécies com alta densidade básica são indicadas para a fabricação de componentes estruturais, como vigas fabricadas por meio das tecnologias existentes de aproveitamento (madeira laminada colada) para peças de pequenas dimensões, para a produção de energia, na forma de carvão ou lenhas (VALE; SARMENTO, 2005; MIOTTO; DIAS, 2009).

Outra solução é o aproveitamento da madeira na produção de pequenos objetos de madeira (POM) como: artigos domésticos, peças decorativas, brinquedos, objetos de uso pessoal, equipamentos esportivos, assim como objetos artesanais, proporcionando renda e diminuindo o desperdício dessa matéria-prima, a madeira (STERNARD, 2002).

Este estudo tem por objetivo elencar formas de aproveitamento das madeiras de podas e remoções da arborização viária do Município de Maringá/PR, com base na caracterização física dessas madeiras. Diante disso as madeiras foram investigadas para propor os usos na fabricação de pequenos objetos de madeira (POM), elementos estruturais na construção civil e na produção de carvão vegetal.

## O CASO DA ARBORIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ/PR

A cidade de Maringá, que está localizada no norte do Estado do Paraná, foi colonizada pela Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP) que era consorciada com a Paraná Plantation Limited, uma empresa inglesa que após a modificação da política brasileira foi vendida e passou a pertencer a um grupo de brasileiros, com a denominação de Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP) (REGO, 2001).

Maringá foi projetada pelo engenheiro Jorge Macedo de Vieira, a pedido da CMNP, responsável pela colonização do norte do Paraná. Como se sabe, não só o desenho da cidade de Maringá como outros projetos de Macedo Vieira demonstram influência dos princípios formais da cidade-jardim inglesa (STEINKE, 2007; REGO; MENEGUETTI, 2005).

Seguindo a prática projetual da Companhia, o engenheiro urbanista desenvolveu o projeto urbano a partir de um rigoroso levantamento planialtimétrico da área (ainda protegida por sua densa cobertura florestal), o que garantiu a qualidade da implantação e a individualidade da forma urbana (STEINKE, 2007; REGO; MENEGUETTI, 2005).

Sampaio e De Angelis (2008) identificaram na pesquisa de campo que realizada no Município de Maringá, 113 espécies vegetais de porte arbóreo e arbustivo plantadas, num total de 93.261 árvores verificadas pelas vias de Maringá da área do traçado

inicial que corresponde a 72,55% da área da malha urbana do município.

De acordo com Milano (1988), a arborização de Maringá possuía cerca de 60 espécies nas vias públicas. No entanto com os dados do trabalho de Sampaio e De Angelis (2008), tem-se um acréscimo de 53 espécies identificadas. As espécies de maior ocorrência continuam praticamente as mesmas verificadas por Milano (1988).

Foi realizado um levantamento da arborização da área mais antiga (plano piloto, que hoje são Zonas 1 a 10 e Zona 12) e uma análise dos dados identificaram 85 espécies de porte arbóreo, em 28.153 árvores cadastradas, sendo que 44,27% estão em condições gerais sofríveis (danos físicos, doenças e pragas) (SAMPAIO; DE ANGELIS, 2008).

De acordo com esse quadro do estudo da região delimitada por Sampaio e De Angelis (2008) no Município de Maringá, demonstra que as podas e remoções nessa região serão impreterivelmente de maior ocorrência. Gerando volumes de madeira de poda arborização urbana, onde o aterro é o provável destino.

Foram estudadas as três espécies (Sibipiruna, Tipuana e Ipê Roxo), responsáveis por cerca de 56,21% de presença na área mais antiga de Maringá

### Aplicações dos resíduos de poda

O resíduo de poda é um resíduo ligno-celulósico e pode ser aproveitado, utilizado como matéria prima em um processo dando origem a um produto novo. Por exemplo, pode ser transformado em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira. Pode ser também utilizado energeticamente na produção de calor, de vapor ou de eletricidade em grupos geradores, ou termelétricas (QUIRINO, 2004).

Outro aproveitamento desse resíduo é sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal. Pode ainda ser gaseificado, se transformado em um combustível gasoso ou utilizado como gás de síntese<sup>1</sup>.

#### *Principais formas de aproveitamento*

Neste item além de abordar as principais formas de aproveitamento (Quadro 1), são citadas as iniciativas de algumas organizações em utilizar a madeira de poda aliada à inclusão social.

---

<sup>1</sup> Produzida a partir de processos de gaseificação, ou seja, de combustão incompleta de combustíveis sólidos geralmente madeira e carvão, materiais ricos em carbono.

**Quadro 1 - Uso tradicional dos resíduos de madeira**

USO	RESÍDUO	DESCRIÇÃO
<b>ADUBO</b>	Serragem em geral e madeira sólida picada	Usada <i>in natura</i> ou após etapas de compostagem para proteção do solo e como adubo. Inclui a cama de galinha usada.
<b>CAMA DE GALINHA</b>	Serragem em geral	Serragem macia para contato com animais. Após o uso, a serragem suja com estrume pode ser usada como adubo.
<b>CARVÃO E COMBUSTÍVEIS</b>	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos	Processos industriais para produção de carvão, álcool, metanol e gás combustível.
<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos Briquetes de serragem	Usado como lenha em usinas termoeletricas para obtenção de energia elétrica. Há o problema da emissão de poluentes da atmosfera.
<b>ENERGIA TÉRMICA</b>	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos Briquetes de serragem prensada	Queima para obtenção de calor. Usado em forno de padarias, pizzarias, olarias e em caldeiras industriais. Há o problema da emissão de poluentes da atmosfera.
<b>EXTRAÇÃO DE ÓLEOS E RESINAS</b>	Serragem em geral	Extração industrial de óleos e resinas para uso como combustível, resinas plásticas, colas e essências.
<b>MADEIRA RECONSTITUÍDA</b>	Serragem em geral	Na fabricação de chapas de madeira reconstituída.

Fonte: QUIRINO, 2004

## MATERIAIS E METODOS

A pesquisa foi realizada na área do traçado inicial do Município de Maringá por se tratar da região mais antiga de Maringá e que segundo Sampaio e De Angelis (2008) estão em condições gerais sofríveis (danos físicos, doenças e pragas) para a arborização viária.

As amostras de madeira de poda foram coletadas, e de acordo com as programações disponíveis nos laboratórios da Universidade Estadual de Maringá (UEM) foram iniciadas as verificações das normas para a madeira verde amostragem e preparação para análise NBR 14660 (ABNT, 2004), densidade básica NBR 11941 (ABNT, 2003), densidade aparente de cavacos NBR 14984 (ABNT, 2003), classe de resistência da madeira, modelo simplificado da NBR 7190 (ABNT, 1997). Por fim, foram feitas as análises laboratoriais para verificar a indicação

correta da destinação final segundo cada propriedade físico-química e mecânica.

### *Definição da amostragem das espécies*

O ponto inicial da pesquisa foram os estudos já realizados por Sampaio e De Angelis (2008) sobre a arborização urbana no Município de Maringá, que, por meio de um inventário, quantificou o número de indivíduos arbóreos, identificou as espécies mais frequentes da arborização viária e estimou as necessidades de plantio para a mesma.

De acordo com Sampaio e De Angelis (2008), as 10 espécies mais frequentes (Tabela 1) somadas resultam em 74,76% da arborização de vias públicas de Maringá, o que mostra que apesar de ter boa variabilidade de espécies (113 espécies) a composição geral fica concentrada em poucas espécies.

**Tabela 1 - Frequência (F) em porcentagem das 10 principais espécies arbóreas encontradas em toda a população amostrada da pesquisa de Sampaio e De Angelis (2008)**

Nome Popular	Nome Científico	Total	F (%)
SIBIPIRUNA	<i>Caesalpinia peitophoroides</i> Benth.	36.570	39,21
IPÊ ROXO	<i>Tabebuia avellanae</i> Lorentz ex Griseb.	9.595	10,28
TIPUANA	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	6.263	6,72
OITI	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	3.257	3,49
FALSA MURTA	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	2.965	3,18
JACARANDÁ	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	2.680	2,87
LIGUSTRUM	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	2.596	2,78
ALECRIM	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	2.560	2,74
IPÊ AMARELO	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex A. DC.) Standl.	1.844	1,98
FLAMBOYANT	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	1.397	1,50
TOTAL		69.727	74,76

Fonte: Sampaio e De Angelis, 2008 (adaptado)

A partir dos dados desse inventário, foram selecionadas as três espécies de maior frequência no município para este estudo, *Caesalpinia peitophoroides* (Sibipiruna), *Tabebuia avellanae* (Ipê Roxo) e *Tipuana tipu* (Tipuana).

Dessa forma, as três espécies predominantes, representam **56,21% do total das espécies arbóreas mais frequentes de Maringá**, que geram ocorrências de podas e remoções proporcionais à sua frequência na cidade, e portanto mais resíduos de podas e remoções do que as outras espécies.

Foram coletados 10 exemplares de cada espécie: galhos a partir de 5 cm de diâmetro e fustes, totalizando 30 indivíduos amostrados, para as verificações laboratoriais com base na norma NBR 14660 (ABNT, 2004) de preparação de amostras para a verificação de

umidade, densidade básica NBR 11941 (ABNT, 2003), densidade aparente de cavacos NBR 14984 (ABNT, 2003) e também para a determinação da classe de resistência da madeira conforme o modelo simplificado da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) as madeiras foram cortadas para realizar as verificações de umidade, densidade básica, densidade aparente a 12% de umidade.

*Caracterização física da madeira de poda e remoção*

A caracterização da madeira visa a investigação dos usos da madeira para POM, elementos estruturais e fabricação de carvão vegetal, com isso foram realizados os ensaios de acordo com as possibilidades de aproveitamento (Quadro 2).

**Quadro 2 - Ensaios laboratoriais para caracterização física das podas**

FORMAS DE APROVEITAMENTO	VERIFICAÇÕES LABORATORIAIS	PARTES UTILIZADAS
1- Pequenos objetos de madeira: cabos de ferramentas, porta caneta, vasos, brinquedos e decorativos em geral.	ABNT NBR 14660:2004 (preparação dos cavacos); ABNT NBR 11941:2003 (densidade básica para cavacos); ABNT NBR 14984:2003 (densidade aparente de cavacos).	Galhos acima de 5 cm de espessura.
2 - Estrutura de madeira usada na construção civil: vigas, tábuas, decks, portas, batentes, rodapé, assoalho, taco, deck, e etc.	ABNT NBR 7190:1997 (Verificação da classe de resistência da madeira: determinação da umidade; da densidade básica, da densidade aparente à 12%, e compressão paralela às fibras).	Fustes e galhos
3 - Carvão vegetal	ABNT NBR 8112:1986 (Análise imediata: determinação do teor de cinza, carbono fixo, umidade e materiais voláteis).	Galhos acima de 5 cm

*Amostragem e preparação dos cavacos para análise NBR 14660 (ABNT, 2004)*

Para a etapa de amostragem da madeira, foi utilizada a norma NBR 14660 (ABNT, 2004). Dessa forma, as peças de madeira coletadas nas podas foram 10

peças de todas as espécies, e entre essas peças se contabilizam galhos e fustes.

Com isso foram feitos três lotes, um para cada espécie, contendo 60 peças de madeira cada lote, para a utilização nos ensaios de umidade, densidade básica NBR

11941 (ABNT, 2003) e densidade aparente NBR 14984 (ABNT, 2003), conforme segue a descrição:

A) Determinação da densidade básica NBR 11941 (NBR, 2003)

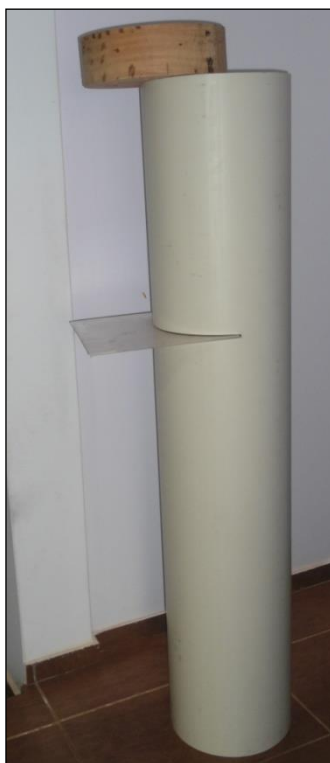
A determinação da densidade básica foi realizada conforme a ABNT NBR 11941:2003. Neste ensaio, os corpos de prova foram submersos em água até atingir o ponto máximo de saturação das fibras.

Após se obteve o peso úmido dos discos por meio de pesagem convencional, e o peso imerso, com o auxílio de uma balança hidrostática. Para os cálculos foi utilizada a massa em gramas, com as peças devidamente secas.

B) Determinação da densidade aparente de cavacos NBR 14984 (ABNT, 2003)

A determinação da densidade aparente foi desenvolvida conforme a NBR 14984 (ABNT, 2003), inicialmente sendo realizada a pesagem dos corpos de prova.

Neste experimento os cavacos foram colocados em um tubo de 1,5 m de altura por 0,29 m de diâmetro no qual as amostras de cavacos são deixadas cair em sua parte inferior, onde um flange fecha o canal de entrada dos cavacos (Figura 1).



**Figura 1 - Sistema de tubo, flange e disco para o ensaio de densidade aparente**

Ao retirar o flange, os cavacos caem na parte inferior do tubo. Em seguida, um disco de 0,285 m de diâmetro com a massa de 4,0 kg, é solto no interior do tubo sobre os cavacos, com a intenção de compactá-los.

Em seguida mediu-se a altura da coluna de cavacos formada, desde a base do tubo até a superfície inferior do disco. Então o disco foi removido e os cavacos pesados, e uma amostra de cavaco foi retirada para a determinação do teor de umidade.

Com três repetições realizadas no sistema montado com tubo, flange e disco, por espécie, de acordo com pedido da norma. A densidade aparente é calculada baseando-se na massa seca dos cavacos e respectivo volume aparente.

*Determinação da classe de resistência das madeiras NBR 7190 (ABNT, 1997)*

As espécies analisadas são pertencentes ao grupo das dicotiledôneas, com isso a distribuição das resistências de madeira em classes padronizando o uso será visto para a classe de dicotiledôneas de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997).

Na análise dos corpos-de-prova foram descartadas todas as peças que continham nós, imperfeições e também rachaduras que se apresentassem nas peças. Com isso foram realizados os seguintes experimentos:

A) Umidade NBR 7190 (ABNT, 1997)

Conforme o anexo B da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) seguiu-se a sequência de determinação do teor de umidade. O corpo-de-prova foi extraído com as seguintes

dimensões: 2,0 cm x 3,0 cm e comprimento de 5,0 cm ao longo das fibras.

**B) Densidade básica NBR 7190 (ABNT, 1997)**

Conforme o anexo B da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) a determinação da densidade básica, foi utilizado o critério de amostragem de lotes. O corpo-de-prova foi extraído com as seguintes dimensões: 2,0 cm x 3,0 cm e comprimento de 5,0 cm ao longo das fibras.

**C) Densidade aparente a 12% do teor de umidade NBR 7190 (ABNT, 1997)**

Conforme descreve a NBR 7190 (ABNT, 1997) a densidade aparente é a razão entre a massa e o volume de corpos-de-prova para um dado teor de umidade de 12%

Conforme apresentam Calil, Lahr e Dias, (2003), a porcentagem de umidade tem influência na densidade aparente. Assim a norma ABNT NBR 7190:1997 recomenda que seja feita uma correção desses valores para a umidade de 12%.

**D) Ensaio de compressão paralela às fibras NBR 7190 (ABNT, 1997)**

Segundo a ABNT NBR 7190:1997, a resistência à compressão paralela às fibras é dada pela máxima tensão de compressão atuante no corpo-de-prova.

Para tal ensaio utilizou-se os corpos-de-prova com as seguintes dimensões: 5,0 cm x 5,0 cm e comprimento de 15,0 cm ao longo das fibras de acordo com o anexo B da ABNT NBR 7190:1997.

Para a obtenção dos corpos-de-prova, foi utilizado o critério de amostragem de lotes, dessa amostra foram extraídos 15 corpos-de-prova.

*Carbonização*

Para o procedimento de carbonização, os galhos com diâmetro superior a 5 cm foram serrados, picados e transformados em cavacos com dimensões aproximadas de 4 x 4 x 5 cm, para se obter uma uniformidade maior das amostras carbonizadas. Após a secagem ao ar, os

cavacos foram homogeneizados, obtendo-se três amostras por espécie.

O carvão foi produzido em forno mufla, a 450 °C, por 210 minutos (VALE; SARMENTO; ALMEIDA, 2005; VALE, DIAS, SANTANA, 2010) no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental do Departamento de Engenharia Química da UEM.

Este carvão foi submetido à análise de verificação de qualidade que é proposta pela NBR 8112 (ABNT, 1986). Averigua-se as amostras de carvão que consiste na determinação dos teores de materiais voláteis, de carbono fixo, de cinzas e de umidade.

O teor de cinzas é o resíduo de óxidos minerais obtidos pela combustão completa do carvão. Para assegurar a combustão completa, o carvão permaneceu na mufla por um longo período (seis horas). O resíduo oxidado obtido foi calculado como teor de cinzas do carvão vegetal.

Tanto o carbono fixo, como o material volátil são obtidos quando se efetua o aquecimento do carvão vegetal, pois parte do carbono sai junto com os gases, como elemento formador das moléculas de CO, CO<sub>2</sub> e dos hidrocarbonetos. Essa fração é denominada de material volátil. Outra quantidade de carbono permanece relativamente intacta e, como não desaparece junto com a matéria volátil, recebe a denominação de carbono fixo (QUIRINO, 2004).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

**Aproveitamento para POM - Resultados da densidade básica NBR 11941 (ABNT, 2003) e densidade aparente dos cavacos NBR 14984 (ABNT, 2003) das madeiras de poda urbana**

Conforme os ensaios realizados de densidade básica e densidade aparente, foram obtidos os resultados por espécie (Tabela 2), de forma que as espécies se classificam como de baixa densidade básica (abaixo de 0,5 g/cm<sup>3</sup>), moderadamente duras (entre 0,5 g/cm<sup>3</sup> e 0,7 g/cm<sup>3</sup>) e duras (acima de 0,7 g/cm<sup>3</sup>) (VALE, SARMENTO, ALMEIDA, 2005). Sendo a espécie de densidade baixa a Tipuana, na faixa de moderadamente dura a Sibipiruna, e a de maior densidade, qualificando a madeira como dura o Ipê Roxo.

**Tabela 2 - Ensaio de densidade básica e densidade aparente**

Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )		Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Sibipiruna	0,701	0,722
Ipê roxo	0,910	0,796
Tipuana	0,467	0,633

Espécies com alta densidade básica (acima de 0,7 g/cm<sup>3</sup>) são indicadas para a fabricação de peças que necessitam de maior resistência (que serão comprovadas pelos ensaios da norma NBR 7190 (ABNT, 1997)), e para a produção de energia, na forma de carvão vegetal ou lenhas.

A densidade moderadamente dura é utilizada para fazer móveis como, por exemplo, o caso da Sibipiruna (moderadamente dura), espécies estas que se destacam em Maringá pela sua predominância. Para a fabricação POM como peças artesanais são indicadas as madeiras de baixa densidade, como a Tipuana (baixa densidade).

**Aproveitamento para estruturas de madeira na construção civil - ensaios de umidade, densidade básica, densidade aparente e compressão paralela às fibras NBR 7190 (ABNT, 1997)**

Conforme referência ao anexo B da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) foram obtidos os valores de umidade para os corpos-de-prova (Tabela 3).

**Tabela 3 - Teor de umidade feito de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) – (dicotiledônea)**

Teor de umidade da madeira – NBR 7190 (ABNT,1997)	
Sibipiruna	20,99 %
Ipê roxo	20,11 %
Tipuana	16,3 %

Esses valores foram utilizados para a correção da densidade aparente e da resistência à compressão paralela as fibras.

*Densidade básica*

Conforme referência ao anexo B da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) foram obtidos os valores da densidade básica para os corpos-de-prova (Tabela 4).

**Tabela 4 - Densidade básica de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) – (dicotiledônea)**

Densidade básica $\rho_{bas,m}$ – NBR 7190 (ABNT, 1997)	
Sibipiruna	0,64 (g/cm <sup>3</sup> )
Ipê roxo	0,71 (g/cm <sup>3</sup> )
Tipuana	0,45 (g/cm <sup>3</sup> )

*Densidade aparente*

Foram verificadas as densidades aparente das três espécies: Sibipiruna, Tipuana e Ipê Roxo, conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997).

Logsdon (1998), empregando espécies crescidas no Brasil, propôs uma equação para representar a influência da umidade na densidade aparente. Com isso obteve-se os valores de densidade aparente corrigidos para umidade a 12% (Tabela 5).

**Tabela 5 - Densidade aparente corrigida a umidade 12%**

Densidade aparente $\rho_{ap}$ corrigida a umidade 12% – NBR 7190 (ABNT, 1997)		
Espécies	Densidade aparente $\rho_{ap}$	Densidade aparente $\rho_{ap}$ corrigida a 12%
Sibipiruna	0,64 (g/cm <sup>3</sup> )	0,84 (g/cm <sup>3</sup> )
Ipê roxo	0,71 (g/cm <sup>3</sup> )	0,79 (g/cm <sup>3</sup> )
Tipuana	0,45 (g/cm <sup>3</sup> )	0,62 (g/cm <sup>3</sup> )

Ensaio de compressão paralela às fibras

umidade a 12% para a resistência à compressão paralela às fibras para os corpos-de-prova, das espécies Sibipiruna, Tipuana e Ipê Roxo (Tabela 6).

De acordo com o anexo B da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) foram obtidos os valores corrigidos a

**Tabela 6 - Relação de resistências obtidas com as madeiras dos corpos de prova NBR 7190 (ABNT, 1997)**

Relação de resistências NBR 7190 (ABNT, 1997)						
Espécies	Compressão paralela às fibras ( $f_{co,k}$ )	Tração paralela às fibras ( $f_{to,k}$ )	Compressão normal às fibras ( $f_{c90,k}$ )	Flexão das fibras tracionadas ( $f_{Tm,k}$ )	Cisalhamento paralelo às fibras ( $f_{vo,k}$ )	Embutimento normal às fibras ( $f_{e90,k}$ )
Sibipiruna	32,35 MPa	42,0 1 MPa	8,09 MPa	42,01 Mpa	3,88 MPa	8,09 MPa
Ipê roxo	43,38 MPa	56,3 4 MPa	6,73 MPa	56,34 Mpa	3,23 MPa	6,73 MPa
Tipuana	31,21 MPa	34,9 8 MPa	10,85 MPa	34,98 Mpa	5,21 MPa	10,85 MPa

Com os valores obtidos foi possível definir em qual classe de resistência das madeiras de poda da Sibipiruna, Tipuana, e Ipê Roxo (Tabela 7) se enquadram em relação

às classes de resistência para as dicotiledôneas (Tabela 8). Para esta classificação foi utilizada a norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

**Tabela 7 - Valores característicos das madeiras de poda (Sibipiruna, Tipuana e Ipê Roxo)**

Valores Característicos da madeira analisada (Umidade padrão de 12%)				
Espécies	$f_{co,k}$ (MPa)	$f_{vo,k}$ (MPa)	$\rho_{ba,s,m}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )
Sibipiruna	32,	3,8	63	710,3
	35	8	7,90	3
Tipuana	26,	3,2	45	622,0
	94	3	0,11	6
Ipê Roxo	43,	5,2	71	775,9
	38	1	0,24	5

**Tabela 8 - Classe de resistência das dicotiledôneas NBR 7190 (ABNT, 1997)**

Classes de resistência das dicotiledôneas (valores na condição U=12%)				
Classes	$f_{co,k}$ (MPa)	$f_{vo,k}$ (MPa)	$\rho_{ba,s,m}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )
C20	20	4	50 0	65 0
C30	30	5	65 0	80 0
C40	40	6	75 0	95 0
C 60	60	8	80 0	10 00



Verifica-se que a amostra estudada de madeira de poda da Sibipiruna enquadra-se na classe C30. A Tipuana se enquadra na classe C20 e a madeira de Ipê Roxo na classe C40. Dessa forma essas madeiras de poda da arborização viária enquadram-se em uma das classes de resistência de madeira da NBR 7190 (ABNT, 1997) para possível aplicação estrutural.

#### Carbonização dos resíduos de madeira da arborização viária

Para o preparo da carbonização das madeiras referentes às espécies Sibipiruna, Tipuana e Ipê roxo, foram utilizadas as madeiras com o diâmetro mínimo de 5 cm em diante, para maior aproveitamento dos resíduos na produção de lenha.

A utilização dos resíduos de poda para a produção de lenha e carvão se mostra com uma solução de fácil destinação, visto que o processo de carbonização é variado, segundo Quirino (2004) e pode ser feito de diferentes maneiras, e a madeira de poda pode ser usada em medidas diversas.

Ainda existe a relação da densidade para com o rendimento de carvão. É bem aceito o conceito de que madeira mais densa dá como resultado um carvão mais denso. Para um mesmo volume de madeira, normalmente fixo com a capacidade do forno, a obtenção de carvão

mais denso resulta num maior rendimento volumétrico de carbonização (VALE, DIAS, SANTANA, 2010).

No que se refere ao processo de carbonização dos resíduos de poda da arborização urbana das três espécies de maior frequência, do Município de Maringá, a segregação dos galhos por espécie e por diâmetro durante a realização da poda exigiria tempo e infraestrutura para essa operação no município. Principalmente com relação ao treinamento dos funcionários para o reconhecimento das espécies e um sistema operacional eficiente, com equipes de poda definidas, para a realização da separação e transporte dos resíduos para os diferentes usos.

Para se ter um comparativo, verificaram-se alguns critérios de análise do carvão, o que, de acordo com Brito e Barrichelo (1982), indica que **o carvão ideal deve apresentar um teor de cinzas menor que 5%, carbono fixo 70-80%, material volátil 25-35% e umidade inferior a 3%, sendo que as madeiras de maiores massas específicas apresentam maiores teores de carbono fixo.**

Tendo por base o conjunto de parâmetros, os resultados das análises demonstram que as espécies de Ipê e Sibipiruna atendem a todos eles e são apropriadas para a produção de carvão vegetal. A espécie Tipuana atende parte dos parâmetros analisados, apresentando um alto teor de cinza (Tabela 9).

Tabela 9 - Qualidade de carvão de três espécies da arborização urbana

Composição (%)					
Espécies	Teor de carvão	Umidade de	Mat. Voláteis	Cinzas	Carbono Fixo
Sibipiruna	33,89	2,72	26,40	3,82	69,80
Tipuana	23,40	23,10	23,10	2,70	71,20
Ipê Roxo	44,10	2,84	22,91	3,88	73,41

Comparando com dados obtidos por Vale, Sarmiento e Almeida (2005), em processo de carbonização para a madeira de fícus, em um levantamento sobre usos de madeira de poda para fins energéticos no Distrito Federal, os dados são compatíveis.

Este estudo da potencialidade dos resíduos de madeira de poda para a produção de carvão vegetal é importante, porque auxilia na tomada de decisão para o direcionamento dos resíduos de poda. Na perspectiva da valorização dos resíduos, os que não atenderem aos requisitos mínimos podem ser encaminhados para outros

tipos de usos, como a compostagem ou a confecção de pequenos objetos de madeira, artigos decorativos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de estudos concedida.

## CONCLUSÃO

A realidade dos resíduos de madeiras das podas urbanas nos municípios brasileiros tem sido a disposição em aterros, o depósito em lixões, ocasionando a exaustão das áreas dos aterros pela difícil compactação, contaminação do solo e dos lençóis freáticos e contribuindo para a produção de gás metano.

Por isso, o objetivo principal deste trabalho se foca nas três possíveis formas (POM, elementos estruturais de madeira e carvão vegetal) de aproveitamento da madeira de poda urbana do Município de Maringá.

A pesquisa é relevante para o Município já que Maringá é caracterizado como umas das cidades brasileiras mais arborizadas, e que, no entanto ainda não possui um sistema de gestão de aproveitamento da madeira de poda.

Para o aproveitamento da madeira de poda urbana, foi realizada a verificação das propriedades físicas da madeira, como a densidade básica e densidade aparente de cavacos e para o aproveitamento de POM, ainda foi aplicada a verificação da classe de resistência da madeira seguindo a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) para o aproveitamento na fabricação de peças de madeira utilizadas com importância estrutural na construção.

Na verificação das normas NBR 11941 (ABNT, 2003) e NBR 14984 (ABNT, 2003) constatou-se as espécies **com alta densidade básica (acima de 0,7 g/cm<sup>3</sup>)**, como o Ipê Roxo (*Tabebuia avellanedae*), oferecem resistência mecânica para a produção de elementos estruturais. Com essas madeiras podem ser fabricados: vigas, móveis, portas, guarnições, *decks*, pisos, assoalhos, e tantas outras inovações da área da construção civil, arquitetura, *design* e artes.

E as classes de **densidade média (entre 0,5 g/cm<sup>3</sup> e 0,7 g/cm<sup>3</sup>)**, como a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) podem ser utilizadas em móveis, e na fabricação de peças decorativas de madeira.

Já as de **densidade baixa (até 0,5 g/cm<sup>3</sup>)** como a Tipuana (*Tipuana tipu*), são mais facilmente manuseadas, podendo ser feitos porta-canetas, porta-cartões, porta-panels, pequenos vasos decorativos, porta-retratos, painéis pastilhados, entre outras criações.

Os resultados obtidos em laboratório constataram que a madeira da poda da arborização tem potencial elevado de aproveitamento dentro da norma de estruturas de madeira (ABNT NBR 7190:1997) onde as classes definidas da madeira são utilizadas nos projetos estruturais conforme as classes de resistência, com isso foi verificado que a espécie Ipê Roxo se classifica na classe C 40, a Sibipiruna na classe C 30 e a Tipuana na classe C 20.

A utilização das classes de resistência indica a especificação da espécie da madeira, pois para empregar essa madeira em um projeto estrutural desenvolvido, bastará a verificação das propriedades da classe de resistência de um lote de peças de madeira à classe de resistência especificada no projeto.

Para as averiguações de potencial de produção de carvão vegetal (NBR ABNT 8112:1986) com as madeiras de poda, ficou evidente por meio dos resultados que as espécies têm potencial para serem empregadas neste uso, destacando-se inicialmente o Ipê Roxo, e a Sibipiruna que atendem a todos os critérios da norma.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 14929**. Madeira – Determinação do teor de umidade de cavacos – Método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 11941**. Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 14984**: Determinação da densidade aparente. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 14660**: Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 8112**. Carvão vegetal – Análise imediata. São Paulo, 1986.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In : Seminários de Abastecimento energético industrial com recursos florestais, 1982. **Anais ...**São Paulo, p. 101-137.

CALIL Jr, C., LAHR, F. A. R., DIAS, A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**, Editora Manole: Barueri, SP, 2003.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 102-113, 2004. Disponível: <<http://www.ipef.br/publicações/scientia/nr65/cap10.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

LOGSDON, N. B. **Influência da umidade em propriedades da madeira**. 1998. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 1998.

LUZ, S. **Aproveitamento de madeiras de podas da arborização urbana: áreas do traçado inicial de Maringá/PR**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

- MEIRA, A. N. de. **Gestão de resíduos de arborização**. 2010. 179 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- MILANO, M. S. **Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: exemplo de Maringá –PR**. 1988 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.
- MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. **Revista Tecnológica**, n. esp., p. 35-45, 2009. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/viewArticle/8714>. Acesso: 11. mar. 2011.
- NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. : caracterização e perspectiva**. 2000. 171 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e de descartes ligno-celulósicos. **Biomassa e Energia**, v1, n 2, p 173-182. 2004.. Disponível em: <[www.funtec.org.br/arquivos/aproveitamento.pdf](http://www.funtec.org.br/arquivos/aproveitamento.pdf)>. Acesso em: 25. jun.2010.
- REGO, R. L. O desenvolvimento de Maringá e a idéia de Cidade Jardim. **Acta Scientiarum**, v. 23, n.6, p. 1569-77, 2001.
- REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S. The construction of the urban form: The design of new cities in Brazil as part of an agriculture development business. In: Internacional Seminar on Urban form. **Proceedings...**Londres, 2005.
- SAMPAIO, A. C. F.; DE ANGELIS, B. L. D. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 1, p. 37-57, 2008.
- STEINKE, R. **Ruas curvas versus ruas retas: a trajetória do urbanista Jorge de Macedo Vieira**. Maringá: Eduem, 2007.
- STERNADT, G. H. **Pequenos objetos de madeira – POM, compostagem de serragem de madeira**. Brasília (DF): Ibama-Laboratório de Produtos Florestais, 2002, 29p.
- VALE, A. T.; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A.N. Caracterização e uso de madeiras de galhos de arvores provenientes da arborização de Brasília, DF. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 411-420, 2005.