

## Levantamento e potencial de plantio da arborização de calçadas em vias públicas da área urbana de Ponta Grossa, PR

### Survey and planting potential of sidewalk afforestation on public streets in the urban area of Ponta Grossa, PR, Brazil

### Estudío y potencial de plantación de la arborización en calzadas en vias públicas del área urbana de Ponta Grossa, PR, Brasil

Sandra Stocker Kremer Tadenuma

<https://orcid.org/0000-0003-1985-9133>

sandrakremert@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, PR*

Silvia Méri Carvalho

<https://orcid.org/0000-0002-3383-8032>

silviauepg@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, PR*

**Resumo:** A arborização viária proporciona uma série de benefícios sociais, ambientais e econômicos. Devido sua importância para a qualidade de vida urbana, o conhecimento do patrimônio arbóreo oferece subsídios para o poder público elaborar e aperfeiçoar planos de gestão voltados à arborização urbana. Este estudo teve como objetivo levantar a distribuição espacial e estimar o potencial de plantio da arborização de vias públicas da área urbana de Ponta Grossa, cidade média no sul do Brasil. Através de análise visual com o auxílio de imagem de alta resolução do sensor Plêiades, foi estimado o número de árvores por quilômetro de via, em parte apoiado por dados obtidos em campo. Foram levantadas 28.925 árvores e identificado um potencial para plantio de 64.122 árvores, portanto, um *déficit* de 35.197 árvores. Observou-se uma média de 22,52 arv./km, que se enquadra no nível de atenção 'muito alta'. Assim fornece-se subsídios para o desenvolvimento de um plano de arborização urbana que contemple a arborização viária.

**Palavras-chave:** Indicador arbóreo, Floresta urbana, Adensamento arbóreo.

**Abstract:** Urban afforestation provides a series of social, environmental, and economic benefits. Due to its importance for the quality of urban life, knowledge of the arboreal heritage offers subsidies for the public authorities to develop and improve management plans for urban afforestation. The goal was to survey the spatial distribution and estimate the potential for planting trees on streets in the urban area of Ponta Grossa, a medium-sized city in southern Brazil. Through visual analysis with the support of high-resolution images from the Pleiades sensor, as well as fieldwork in some places, it was estimated the number of trees per kilometer of road. It was observed 28,925

trees and the potential for planting 64,122 trees. Thus, there is a deficit of 35,197 trees. As it was obtained 22.52 trees/km on average, it arises a 'very high' level of attention. So, these data provide subsidies for the development of an urban forestation plan that contemplates street forestation.

**Keywords:** Arboreal indicator, Urban forest, Arboreal densification.

**Resumen:** La arborización de vías proporciona una serie de beneficios sociales, ambientales y económicos. Debido a su importancia para la calidad de vida urbana, el conocimiento del patrimonio arbóreo ofrece subsidios para que las autoridades públicas desarrollen y mejoren los planes de gestión enfocados a la forestación urbana. El objetivo de este estudio fue revelar la distribución espacial y estimar el potencial de plantación de la arborización de las vías públicas en el área urbana de Ponta Grossa, una ciudad mediana del sur de Brasil. Mediante un análisis visual con la ayuda de imágenes de alta resolución del sensor Pléiades, se estimó el número de árboles por kilómetro de vías, algunos de ellos apoyados por datos recogidos sobre el terreno. Fueran identificados 28.925 árboles y se identificó un potencial de plantación de 64.122 árboles, lo que supone un déficit de 35.197 árboles. Se observó un promedio de 22,52 arv./km, que se ajusta al nivel de atención "muy alto". Así, se subvenciona el desarrollo de un plan de arbolado urbano que incluya la arborización en vías públicas.

**Palabras clave:** Indicador arbóreo, Bosque urbano, Densidad de árboles.

## INTRODUÇÃO

A arborização urbana, em especial aquelas de vias públicas, proporciona uma série de benefícios sociais, ambientais e econômicos, sendo reconhecida como um serviço público (Sanhotene, 1994). Devido a sua importância para a qualidade de vida da sociedade, seu conhecimento oferece subsídios importantes para que o poder público elabore e aperfeiçoe planos voltados à arborização urbana.

Qualquer planejamento ou manejo deve partir do conhecimento do patrimônio arbóreo existente - identificação e quantidade de árvores, distribuição espacial, áreas potenciais para plantio, necessidades de manejo e até mesmo remoção de espécies que possam estar oferecendo algum tipo de risco à população ou ao patrimônio, particular ou público.

Cada município deve analisar se possui recursos humanos e materiais próprios para elaborar o *Plano de Arborização Urbana*. O estado do Paraná, por exemplo, por meio do Ministério Público, atualizou em 2018 o *Manual para elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana* (Ministério Público do Estado do Paraná [MPPR], 2018) que visa apresentar subsídios às prefeituras municipais do estado, quanto aos requisitos, tópicos e etapas a serem contemplados. Um dos elementos principais do Plano é o diagnóstico e o prognóstico da arborização urbana, que envolve preliminarmente levantamentos qualitativos e mapeamentos.

O inventário da arborização urbana pode ser realizado de diversas maneiras, com custos variados de acordo com a metodologia e recursos empregados. Uma opção que tem ganhado espaço é o uso das geotecnologias, desde levantamentos com sistemas que utilizam dispositivos móveis (celular, GPS de navegação), imagens de satélite (geralmente

de alta resolução), varredura laser terrestre (LIDAR), e uma opção mais recente, o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) (Barbosa, Gallis, Hiraga & Silva, 2018).

O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial possibilita observações mais detalhadas das árvores, seja pela técnica de interpretação visual ou pela classificação automática de imagens. A interpretação visual é amplamente utilizada, mas exige treinamento do usuário, sendo que as etapas da interpretação visual, determinação e interpretação dos objetos e fenômenos demandam o uso do raciocínio lógico e de elementos de análise bem definidos (Panizza & Fonseca, 2011).

Considerando as recomendações do Ministério Público do Paraná o objetivo dessa pesquisa foi levantar a distribuição espacial e estimar o potencial de plantio de árvores nas vias públicas de Ponta Grossa.

## **ESTRATÉGIAS PARA O INVENTÁRIO E MAPEAMENTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA**

Estudos relacionados ao verde urbano, como aqueles ligados à arborização urbana, têm ganhado espaço relevante, dada a sua relação direta e indireta com a melhoria na qualidade de vida das populações urbanas e uma compatibilidade com o desenvolvimento econômico voltado à conservação da natureza. Tais estudos podem compor o planejamento e manejo de ações que proporcionem a melhoria da relação de convivência das populações no ambiente urbano.

Para Lima Neto e Souza (2009) a arborização urbana compreende o conjunto de vegetação arbórea natural ou cultivada de uma cidade, em áreas particulares, praças, parques e vias públicas. A arborização de vias públicas, segundo Biondi (2008), é composta por árvores plantadas linearmente nas calçadas ao longo de ruas, avenidas, trevos e rotatórias.

Reconhecida como um serviço público, a arborização urbana, sobretudo aquela que acompanha as vias públicas - a arborização viária, conforme Sanchotene (1994), se implantada sem critérios pode ocasionar uma série de problemas, como confronto com fiação elétrica, calçadas, espécies inadequadas, entre outros. Considerando os problemas e benefícios da arborização urbana, cada município deve dispor de informações e mapeamentos referentes à arborização para subsidiar a análise e seleção de métodos e medidas a serem adotados para a conservação e manejo adequados.

Desse modo, o *Plano de Arborização Urbana* é considerado um instrumento estratégico na busca por uma melhoria na qualidade de vida (Grise, Araki & Biondi (2014), pois para Lima e Vieira (2009) a fragmentação da cobertura vegetal em áreas urbanas, e principalmente em vias públicas, tem uma relação direta com a expansão urbana crescente. Assim, municípios com áreas urbanas mais arborizadas vêm se destacando tanto nos aspectos econômicos, devido a uma maior valorização comercial dos imóveis, quanto pelos benefícios estéticos e ambientais proporcionadas pela arborização urbana (Carvalho, Lisboa, & Santos, 2012).

O conhecimento quali-quantitativo do patrimônio arbóreo urbano fornece dados e informações relevantes para a implantação de um manejo adequado da arborização urbana de modo que possam ser evitados conflitos e problemas.

Há uma estreita relação entre a necessidade da realização de inventários para o conhecimento do patrimônio arbóreo existente, para a elaboração de planos de manejo e a implantação de projetos em arborização urbana (Meneguetti, 2003). Segundo Milano (1984) é relevante considerar que a análise da arborização de ruas de uma cidade só é possível com conhecimento da situação real da população de árvores plantadas. É possível afirmar que um inventário não se limita apenas ao conhecimento do número e da distribuição das espécies, mas sim das condições em que se apresentam as espécies.

É crescente a pesquisa sobre o uso das geotecnologias como apoio e monitoramento ao desenvolvimento da arborização: em levantamentos com auxílio de GPS (Castro, Dias & Amanajás, 2016; Albertin, De Angelis, Silva, Angeoletto, Rêgo & Santil, 2014), mapeamento móvel (Barbosa et al., 2018), imagens de satélite (Mayer, Oliveira Filho & Bobrowski, 2015; Mendes, Petean, Polizel & Silva Filho, 2016), *Google Street View* (Alvez, Vacari, Abreu & Fantin-Cruz, 2014) e uso de veículo aéreo não tripulado-VANT (Pereira et al., 2019).

Segundo Grey e Deneke (1978) em um inventário de árvores de rua é desejável a obtenção de informações sobre o número total de árvores, composição por espécie, localização das árvores por tamanho e idade, classe de condição e necessidade de manejo, entre outras. Pivetta e Silva Filho (2002, p.28), ainda complementam essas informações "... perímetro, altura do primeiro galho ou bifurcação, diâmetro da copa, tipo de raiz (superficial ou profunda), condição geral da planta, existência de pragas ou doenças, distância da árvore ao meio fio e às construções e muros e espaçamento entre as árvores".

Para Grise, Araki e Biondi (2014), a análise da paisagem urbana combinada com o sensoriamento remoto de alta resolução espacial pode ser uma ferramenta na compreensão de padrões de arborização urbana. A utilização de Sensoriamento Remoto e SIGs, como apoio aos inventários de arborização urbana, possibilitam o planejamento e manejo por parte dos órgãos públicos, "bem como a avaliação da quantidade, distribuição e qualidade desta na cidade" (Grise, Araki & Biondi, 2014, p.3).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), vinculados às técnicas de geoprocessamento, são capazes de fornecer ferramentas para a realização de análises espaciais por meio de mapas temáticos, como os realizados por Garcia, Ribeiro, Raiol e Melo (2020), Pereira, Barbosa, Oliveira, Silva, Pompeu e Castro (2020), Silva, Cabello, Barbosa, Belinazi, Silva e Capelo (2020), Justino, Moraes, Nascimento e Souto (2018), Oliveira, Santos, Souza, Alves e Giongo (2017) e Silva, Leles, Giacomo e Mendonça (2016).

A criação de um banco de dados e elaboração de mapas que demonstrem a espacialização da arborização urbana através dos SIGs, como o *Portal Árvores de Campinas* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020) e o sistema *Um Alcorque Um Árbol* em Madri (2021), permitem uma análise crítica da distribuição espacial da arborização urbana. Permite identificar os espaços potenciais para a elaboração e implantação de novos projetos de arborização, bem como verificar os locais já arborizados que necessitam de atenção do poder público com relação ao manejo adequado e a sua conservação.

Para Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012) o sucesso dos trabalhos desenvolvidos com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no estudo da vegetação está relacionado ao grau de conhecimento tanto das características da vegetação quanto dos fundamentos das técnicas de sensoriamento remoto. Ardila et al. (2012) destacam que a detecção semiautomática de árvores usando sensoriamento remoto é uma tarefa desafiadora e Schiavo, Gaia, Anater, Corte e Sanqueta (2016) apontam como desafio as características específicas das zonas urbanas dificultarem a identificação semiautomática de árvores em imagens de satélite. Dentre esses fatores, citam:

- A resolução espacial das imagens é limitada em razão do tamanho da copa das árvores;
- As árvores coexistem com elementos urbanos como os edifícios, estradas e calçadas, o que resulta em um arranjo complexo da estrutura visualizada na imagem;
- Existe variação na característica estrutural da vegetação, como altura, forma e diâmetro da copa, cobertura do dossel, entre outros;
- Os padrões espaciais são irregulares de modo que, podem ser apresentadas árvores isoladas ou com copas entrelaçadas.

Sendo assim, o sucesso das pesquisas relacionadas à arborização urbana com a utilização de imagens de satélite depende da seleção das melhores imagens e tecnologias a serem aplicadas bem como um trabalho de campo aprofundado e detalhado. De acordo com Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich (2012, p.73):

A aplicação das técnicas de processamento digital de imagens no estudo da vegetação teve destaque no início dos anos 1970, seguindo até meados da década de 1980. Em seguida, continuou sendo intensa, incluindo o desenvolvimento de metodologias que serviram daquilo que foi denominado como “técnicas híbridas”, que incluem, de modo conjunto, a classificação digital e a interpretação visual.

Um mapeamento digital da arborização urbana, seja por classificação automática ou análise visual, complementa o diagnóstico quali-quantitativo por meio de um cadastro georreferenciado. Há dois caminhos que podem ser seguidos: o primeiro faz uso do mapeamento digital para fornecer inicialmente informações quantitativas e de localização, para em seguida ou quando possível, levantar em campo as informações qualitativas de cada indivíduo arbóreo; o segundo usa o caminho inverso e a partir de levantamento de campo, desde que com registro georreferenciado, com dados de GPS por exemplo, compõe um banco de dados e posterior mapeamento temático.

## METODOLOGIA

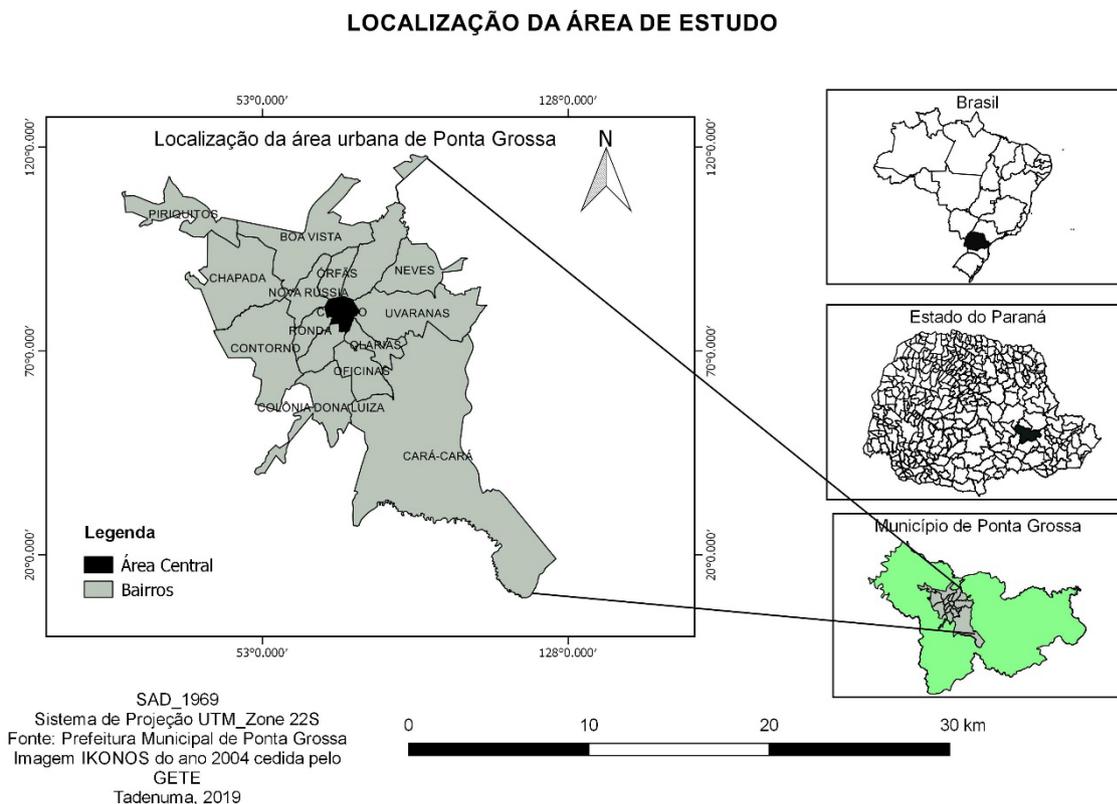
### Área de estudo

Este estudo foi realizado na área urbana do Município de Ponta Grossa (Fig. 1), localizada no segundo Planalto Paranaense, na região dos Campos Gerais, nas coordenadas

25°09' S e 50°16' O (Prefeitura Municipal de Ponta Grossa [PMPG], 2018). Com área de 2.054,732 Km<sup>2</sup>, a população total é 311.611 habitantes, sendo 97,97% residentes na área urbana (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2010), a qual abrange 151,18 km<sup>2</sup>, constituída pela área central e mais 15 bairros, cortados por cerca de 2.429 vias (PMPG, 2006).

Segundo Berto (2008) até meados da década de 1960, a população urbana de Ponta Grossa estava concentrada principalmente na área central em função da localização do comércio, das primeiras indústrias e da localização da linha férrea. Nascimento e Matias (2011) também se referem ao período de 1960 como marco da ocupação urbana de Ponta Grossa, restrita às áreas centrais e quatro eixos de ocupação ao longo de importantes avenidas como a Dom Pedro II, no bairro Nova Rússia, a Avenida Monteiro Lobato, no bairro Jardim Carvalho, avenida Carlos Cavalcanti, no bairro Uvaranas e avenida Visconde de Mauá, no bairro Oficinas.

Figura 1: Divisão da área urbana de Ponta Grossa, PR



Já na última década do século XX, Berto (2004), constatou o crescimento urbano menos acelerado. Nesse período a expansão urbana ocorreu nas direções noroeste, ao longo da Avenida Souza Naves devido à forte presença de pontos comerciais voltados a prestação de serviços no setor de transporte, o que caracteriza essa avenida. Também na direção leste no bairro Uvaranas, decorrente da criação do campus da Universidade Estadual de Ponta Grossa Ponta Grossa. Esses eixos de crescimento, ao longo das principais avenidas, vão

impactar na funcionalidade dos bairros e na composição das infraestruturas nas calçadas, inclusive a presença ou não de árvores.

O atual *Plano Diretor de Ponta Grossa* (PMPG, 2018), em seu Art. 14, estabelece a Hierarquia do Sistema Viário do município de Ponta Grossa, conforme critério funcional. O prognóstico de calçadas disponibiliza artigos contemplando diversas informações referentes às partes integrantes das calçadas, composição, acesso de veículos, acessibilidade entre outros. Porém, fica evidente a ausência de uma preocupação com o espaço para arborização no que se refere a largura mínima das calçadas, espécies e porte dos indivíduos arbóreos.

### Procedimentos adotados

Para o levantamento da arborização de vias públicas, da área urbana do município, foram utilizados dados produzidos pelo LAESA - Laboratório de Estudos Socioambientais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, a partir de imagem de satélite Plêiades do ano de 2013, com resolução espacial de 2m nas bandas multiespectrais, 50cm na banda pancromática e resolução radiométrica de 12 bits. A imagem Plêiades é uma imagem multiespectral, com 4 bandas de cores, sendo Vermelho, Verde, Azul e o Infravermelho próximo, o que possibilita o uso de uma composição colorida que facilita a visualização e interpretação da imagem (Silva & Martins, 2007). Empregou-se a composição verdadeira falsa cor, que evidencia a vegetação (Fig. 2). Nesta composição as bandas do espectro do vermelho foram abertas no canal R (red/vermelho), a banda do azul no canal B (blue/azul) e a banda do Infra Vermelho Próximo foi aberta no canal G (green/verde) (Meneses & Almeida, 2012).

Figura 2: Composição de bandas empregadas no estudo. A: verdadeira cor; B: verdadeira falsa cor.



O levantamento prévio foi elaborado com método de interpretação visual e cada ponto corresponde a uma árvore (Fig. 3). Foi adotado o critério de identificação visual, e quando necessário, consultado o *Google Street View*, para saber quando uma árvore estava dentro ou fora de uma propriedade privada, uma vez que o foco são apenas as árvores de

vias públicas. No processo de estruturação do modelo de dados em ambiente SIG foram importados da base cartográfica da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa os arquivos vetoriais de limite dos bairros, quadras e eixos das ruas.

Figura 3: Imagem Plêiades após classificação. Pontos verdes: árvores mapeadas; Linha cinza: vetor das ruas; Amarelo: quadras.



O banco de dados de cada bairro e área central de Ponta Grossa conta com imagens de satélite Plêiades, arquivos vetoriais dos limites dos bairros, das quadras, das vias públicas e da arborização para elaboração de mapas temáticos. Após o recorte e a composição foi feita a análise no *software* Quantum GIS versão 2.18.13 Las Palmas, livre e de domínio público, utilizando em conjunto os vetores das ruas, quadras e bairros e a imagem Plêiades para que cada árvore pudesse ser mapeada. Também foram elaboradas tabelas de atributos com dados sobre extensão das vias e o número de árvores por via.

A área central e os bairros Olarias, Estrela, Ronda, Nova Rússia, Jardim Carvalho, Órfãs e Boa Vista possuíam levantamentos de campo no LAESA; já os bairros Neves, Uvaranas, Colônia Dona Luiza, Oficinas, Piriquitos, Contorno, Chapada e Cará Cará tiveram apenas o levantamento por imagem de satélite.

Foi utilizada a metodologia descrita por Iwama (2014), que estabelece uma relação entre a quantidade de árvores por quilômetro de via, para que se possa analisar o grau de atenção para o manejo e manutenção das árvores de acordo com o seu grau de importância (Quadro 1).

Quadro 1: Indicador dos níveis de atenção

| Árvores/Km          | Nível de Atenção          |
|---------------------|---------------------------|
| >100 árvores/Km     | Baixa Atenção             |
| 60 a 100 árvores/Km | Média Atenção             |
| 40 a 60 árvores/Km  | Alta Atenção              |
| 10 a 40 árvores/Km  | Muito Alta Atenção        |
| < 10 árvores/Km     | Extremamente Alta Atenção |

Fonte: Iwama (2014).

A compatibilização de vias públicas arborizadas é possível desde que haja um planejamento visando a integração das árvores com os equipamentos e instalações urbanas. Para estabelecer números de referência para o potencial de arborização da área urbana de um município, é necessário considerar os afastamentos e recuos mínimos de todas as instalações urbanas. Conforme as recomendações propostas por Schuch (2006), é importante respeitar uma distância de no mínimo 5 metros de esquinas, 5 metros de postes de iluminação pública, 5 metros de placas de sinalização, 3 metros da entrada de garagens, 2 metros de bueiros e 12 metros dos semáforos.

Com base nessas recomendações e considerando uma quadra padrão com extensão de 100 m de extensão, para efeito de estimativa de cálculo neste estudo, e lotes residenciais com 12 m de testada como medida padrão (Lei 10.408/2010), seriam esperados em torno de 8 lotes por quadra. O resultado do número de lotes é multiplicado por três (espaço destinado em m para cada garagem), resultando na metragem média destinada às garagens na quadra, ou seja, 24m. A partir da subtração dos valores destinados às garagens (24m) e das distâncias dos equipamentos urbanos (17m), da extensão média total da quadra usada como exemplo (100m), resulta uma área útil total disponível para o plantio, ou seja, 59m. Por fim o valor da área útil é dividido por 10m lineares, distância considerada entre árvores (Araújo & Araújo, 2011) resultando na quantidade de árvores possíveis para determinada face de quadra, ou seja, 6 árvores.

## RESULTADOS

Foram levantadas 28.925 árvores presentes em aproximadamente 1.931 vias, o que representa 20,50% de vias arborizadas na cidade, bem abaixo dos 57,2% indicados seguindo a metodologia adotada no censo de 2010 (IBGE, 2010). Em relação ao número de árvores por quilômetro de via, Ponta Grossa apresenta uma média de 22,52 arv./km (Tadenuma, 2019).

Entre os bairros com menos de 1.000 árvores, está o bairro Neves, com 726, seguido por Olarias, com 831 árvores, e o centro, com 970 árvores (Tab. 2). Em relação à área central, o bairro Neves possui uma extensão territorial quase três vezes maior, quase o dobro de extensão de vias e menos da metade da relação arv./Km.

O bairro Contorno apresentou o maior número de árvores, 3.461, seguido pelo bairro Chapada com 3.101 árvores. Ambos, Contorno e Chapada, possuem área territorial

similar, de pouco mais de 9 Km<sup>2</sup> e estão distantes do centro. Também os bairros Órfãs e Estrela possuem áreas territoriais similares, com pouco mais de 3 Km<sup>2</sup> e total de árvores acima de 1.100.

Tabela 2: Distribuição de árvores por vias na área urbana de Ponta Grossa, PR

| BAIRRO             | Nº DE VIAS   | Nº ÁRVORES    | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | Extensão total das vias (Km) | Relação Arv/Km |
|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|------------------------------|----------------|
| **NEVES            | 216          | 726           | 6,47                    | 91,8                         | <b>7,9</b>     |
| *OLARIAS           | 68           | 831           | 3,53                    | 43,7                         | 19,3           |
| *CENTRO            | 85           | 970           | 2,39                    | 57,4                         | 16,8           |
| **COLONIA D. LUIZA | 143          | 1053          | 8,06                    | 80,5                         | 13,8           |
| *ÓRFÃS             | 67           | 1139          | 3,42                    | 55,1                         | 20,6           |
| **OFICINAS         | 127          | 1234          | 6,21                    | 87,7                         | <b>14,7</b>    |
| *ESTRELA           | 84           | 1264          | 3,81                    | 35,7                         | <b>35,4</b>    |
| **PIRIQUITOS       | 73           | 1392          | 8,4                     | 45,5                         | 30,5           |
| *JD CARVALHO       | 146          | 1624          | 6,80                    | 73,2                         | 22,1           |
| *RONDA             | 71           | 1712          | 3,09                    | <b>41,0</b>                  | <b>41,7</b>    |
| *NOVA RUSSIA       | 94           | 2160          | 4,65                    | 82,1                         | 26,3           |
| **CARÁ CARÁ        | 420          | 2465          | <b>44,44</b>            | 613,0                        | 4,0            |
| **UVARANAS         | 313          | 2893          | 15,11                   | 219,5                        | 13,1           |
| *BOA VISTA         | 128          | 2900          | 16,50                   | 77,1                         | <b>37,6</b>    |
| **CHAPADA          | 159          | 3101          | 9,12                    | 107,6                        | 28,8           |
| **CONTORNO         | 235          | 3461          | 9,18                    | 121,3                        | 28,5           |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2.429</b> | <b>28.925</b> | <b>151,18</b>           | <b>1.832,2</b>               | <b>316,1</b>   |

\*pesquisa de campo e levantamento com imagem de satélite

\*\* somente levantamento com imagem de satélite

Analisando o indicador (arv./km), quatro bairros se destacaram com os melhores índices: Ronda (41,7 arv./km), Boa Vista (37,6 arv./km), Estrela (35,4 arv./km) e PiriQUITOS (30,5 arv./km). Mesmo apresentando as melhores relações de árvore por quilômetro, esses bairros se enquadram dentro dos níveis de atenção alta, no caso do bairro Ronda e muito alta para os demais (Tab. 3).

Tabela 3. Número de vias por níveis de atenção por bairros em Ponta Grossa-PR

| BAIRRO              | NÍVEL DE ATENÇÃO |                  |                 |                          |                              |
|---------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------|
|                     | Baixa<br>Atenção | Média<br>Atenção | Alta<br>Atenção | Muito<br>Alta<br>Atenção | Extremamente<br>Alta Atenção |
| Neves               | 0                | 0                | 3               | 54                       | 159                          |
| Olarias             | 0                | 0                | 0               | 0                        | 68                           |
| Centro              | 0                | 0                | 0               | 0                        | 38                           |
| Colônia D.<br>Luiza | 0                | 0                | 0               | 0                        | 143                          |
| Órfãs               | 0                | 0                | 0               | 8                        | 59                           |
| Oficinas            | 1                | 1                | 0               | 0                        | 125                          |
| Estrela             | 0                | 0                | 0               | 0                        | 84                           |
| Piriqitos           | 3                | 9                | 16              | 33                       | 41                           |
| Jd Carvalho         | 1                | 3                | 19              | 89                       | 34                           |
| Ronda               | 0                | 0                | 0               | 2                        | 69                           |
| Nova Rússia         | 0                | 0                | 0               | 0                        | 94                           |
| Cará Cará           | 2                | 10               | 31              | 125                      | 253                          |
| Uvaranas            | 0                | 1                | 0               | 37                       | 275                          |
| Boa Vista           | 1                | 16               | 19              | 133                      | 59                           |
| Chapada             | 10               | 15               | 20              | 79                       | 84                           |
| Contorno            | 10               | 45               | 27              | 115                      | 38                           |
| <b>TOTAL</b>        | <b>28</b>        | <b>100</b>       | <b>135</b>      | <b>667</b>               | <b>1623</b>                  |

baixa atenção: >100 árvores/Km;

Média atenção: 60 a 100 árvores/Km;

Alta atenção: 40 a 60 árvores/Km;

Muito Alta atenção: 10 a 40 árvores/Km;

Extremamente Alta atenção: < 10 árvores/Km

O bairro Cará Cará ocupa quase um terço de toda área urbana, mas obteve o menor resultado, de apenas 4,0 arv./km, seguido pelo bairro Neves, com 7,9 arv./km. Tanto Cará Cará quanto Neves apresentaram resultados dentro do nível de atenção extremamente alta, ou seja, com menos de 10 arv./Km de via, assim como Colônia Dona Luiza, Olarias, Oficinas, Uvaranas e área central. Já o bairro Nova Rússia foi o que apresentou o melhor resultado, de 41,7 arv./km, porém ainda enquadrado no nível de atenção alta. Consequentemente os demais bairros apresentaram resultados dentro do nível de atenção alta.

Dessa forma, contata-se que todos os bairros apresentam resultados muito abaixo de uma situação menos crítica, ou seja, quando a via apresenta valor entre 60 a 100 arv./km (Iwama, 2014).

Entre os bairros que apresentaram uma situação crítica estão Oficinas, Uvaranas e a área central, que se destacam na função comercial, e o bairro Cará Cará, que inicialmente apresentava função industrial (PMPG, 2018), e mais recentemente também residencial, em função de diversos loteamentos e condomínios. Somente os bairros Neves, Colônia Dona Luiza e Olarias apresentam funções predominantemente residenciais, sendo que o bairro Neves se destaca pelos seus núcleos habitacionais.

O bairro Estrela caracteriza-se como um bairro residencial onde predominam residências de médio e alto padrão (Löwen Sahr, 2001). A maioria das famílias de maior poder aquisitivo que residiam na área central se deslocou para novas áreas residenciais concentradas desde os bairros Órfãs e Jardim Carvalho até o bairro Estrela (Nascimento & Matias, 2011).

Os bairros Chapada e Contorno, intensamente urbanizados, apresentam número de árvores por quilômetro de via similares, de 28 arv./km. O bairro Contorno apresenta grandes núcleos residenciais, com destaque para Santa Paula e Santa Teresinha, e o bairro Chapada é reconhecido pelas atividades comerciais voltadas para o mercado de transporte de cargas.

O Bairro Ronda, com o melhor resultado (41,7 arv./km), apresenta funções comerciais e administrativas (abriga a Prefeitura, Câmara Municipal, e outros órgãos estaduais e federais) concentradas ao longo da sua principal via, e residencial no restante.

De um modo geral, em relação ao número de vias em cada nível de atenção, apenas 28 vias se enquadraram no nível de baixa atenção, ou seja, apresentam uma relação alta de árvore por extensão de via; 100 vias no nível de média atenção e 135 vias no nível de alta atenção. Houve um predomínio de vias nos níveis de alta e extremamente alta atenção, sendo que 667 vias se enquadram como muito alta atenção e 1.670 estão entre as que apresentam um nível de atenção, extremamente alta. Esses resultados demonstram a situação bastante preocupante em relação a falta de arborização nas vias públicas de Ponta Grossa.

Dos 15 bairros mais a área central, apenas três possuem vias classificadas no nível de baixa atenção, ou seja, com mais de 100 árvores - os bairros Chapada e Contorno com 10 vias cada, e o bairro PiriQUITOS com três. Os bairros Uvaranas, Neves e Cará Cará apresentam o maior número de vias dentro do nível de atenção extremamente alta, ou seja, com menos de 10 árvores por quilômetro. Esses mesmos bairros também foram citados por apresentar baixa relação arv./km. A proximidade da área central não influenciou diretamente a maior ou menor densidade de arborização.

De 2.429 vias, apenas 23 apresentaram mais de 100 árvores por quilômetro de via, o que demonstra uma densidade de arborização extremamente baixa, necessitando de atenção por parte do poder público. Considerando o número de 1.832,200 metros de extensão de vias e o total de 171,202 metros que devem ser descontados levando em conta as recomendações de Schuch (2006), restam 1.660,998 metros. Aplicando a regra de três com o valor de 6 árvores para cada quadra, obtemos o valor potencial de 64.122 árvores (Tab. 4). Assim, excluindo-se as 28.925 árvores já levantadas percebe-se um *déficit* de 35.197 árvores na área urbana de Ponta Grossa.

Tabela 4: Potencial para plantio nas vias públicas de Ponta Grossa, PR

| Bairros            | Extensão total das vias (m) | Potencial para plantio | Número de árvores mapeadas |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|
| Neves              | 91,800                      | 3.213                  | 726                        |
| Olarias            | 43,700                      | 1.529                  | 831                        |
| Centro             | 57,400                      | 2.009                  | 970                        |
| Colônia Dona Luiza | 80,500                      | 2.817                  | 1.053                      |
| Órfãs              | 55,100                      | 1.928                  | 1.139                      |
| Oficinas           | 87,700                      | 3.069                  | 1.234                      |
| Estrela            | 35,700                      | 1.249                  | 1.264                      |
| Piriquitos         | 45,500                      | 1.592                  | 1.392                      |
| Jardim Carvalho    | 73,200                      | 2.562                  | 1.624                      |
| Ronda              | 41,000                      | 1.435                  | 1.712                      |
| Nova Rússia        | 82,100                      | 2.873                  | 2.160                      |
| Cará Cará          | 613,000                     | 21.455                 | 2.465                      |
| Uvaranas           | 219,500                     | 7.682                  | 2.893                      |
| Boa Vista          | 77,100                      | 2.698                  | 2.900                      |
| Chapada            | 107,600                     | 3.766                  | 3.101                      |
| Contorno           | 121,300                     | 4.245                  | 3.461                      |
| <b>Total</b>       | <b>1.832,200</b>            | <b>64.122</b>          | <b>28.925</b>              |

Porém, é importante considerar que nem todas as vias com baixa densidade de árvores apresentam potencial para o incremento de projetos de arborização. Além das recomendações de recuo a serem respeitados em cada quadra, deve ser considerado que na área urbana de Ponta Grossa, principalmente na área central, a largura de algumas calçadas é imprópria para o plantio de árvores. Portanto seria necessário, num segundo momento, refinar esses dados a partir da largura de calçadas e dos equipamentos urbanos presentes em cada via.

Para Gonçalves (2009), o plantio de árvores em vias públicas deveria ocorrer onde os passeios apresentem largura mínima de 2,40m. Com relação à largura das calçadas na área central de Ponta Grossa, segundo levantamento de Santos Eurich, Carneiro, Maliski, Gonçalves e Carvalho (2014), 25 vias são capazes de suportar árvores de grande porte, 25 vias podem suportar espécies de médio porte e 24 podem suportar apenas árvores de pequeno porte.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento realizado forneceu um diagnóstico da potencialidade para a arborização nas vias públicas da área urbana do município, oferecendo subsídios para um futuro Plano Municipal de Arborização Urbana, uma vez que existem informações detalhadas por bairro e para cada via.

Levando em conta que todos os bairros apresentaram o maior número de vias dentro dos níveis de atenção Extremamente Alta e o *déficit* estimado foi de 35.197 árvores, há subsídios para elaboração de um banco de dados e desenvolvimento de projetos para arborização e adequado manejo. Os dados necessitam ser refinados, sobretudo no que se referente à largura restritiva de calçadas.

Seria oportuna a realização de um mapeamento automático empregando as mesmas imagens para comparação dos resultados e obtenção do nível de confiabilidade.

## REFERÊNCIAS

- Albertin, R.M., De Angelis, B.L.D., Silva, F.F., Angeoletto, F.H.S., Rêgo, N. & Santil, F. (2014). Análise da arborização viária e infraestrutura urbana na Rua Joubert de Carvalho, Maringá /PR. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET*, 18(3), 1223-1236.
- Alvez, T.R.S., Vacari, T.C., Abreu, C.A.A., & Fantin-Cruz, I. (2014). Aplicação de Ferramentas de Geotecnologia para Quantificação Arbórea em Área Urbana. *E&S - Engineering and Science*, 2(1), 1-9.
- Araujo, M.N., & Araujo, A.J. (2011). *Arborização Urbana*. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar). Curitiba: CREA - PR.
- Ardila, J., Bijker, W., Topelkin, V., & Stein, A. (2012) Context-sensitive extraction of tree crown objects in urban areas using VHR satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, (15), 57-69.
- Barbosa, R.L., Gallis, R.B.A., Hiraga, A.K., & Silva, F. (2018). Quantificação e georreferenciamento semiautomático de árvores urbanas. *REVSBAU*, 13(4), 41-53.
- Berto, Z.V. (2004). *Mapeamento e Análise do Uso da Terra na Cidade de Ponta Grossa - PR*. Monografia de Bacharelado em Geografia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, Brasil. Não está disponível na web.
- Berto, Z.V. (2008). *Análise da qualidade ambiental urbana de Ponta Grossa (PR): Avaliação de Algumas Propostas Metodológicas*. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território. Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, Brasil. Recuperado de <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/503>
- Biondi, D. (2008). *Arborização Urbana: aplicação à educação ambiental nas escolas*. Curitiba: edição do autor.
- Carvalho, F.G., Lisboa, C.M.C.A., & Santos, T.O.B. (2012). Análise da arborização viária do bairro de Petrópolis, Natal, RN: uma abordagem para diagnóstico e planejamento da Flora Urbana. *REVSBAU*, 7(4), 90-106.
- Castro, H.S., Dias, T.C.A.C., & Amanajás, V.V.V. (2016). As geotecnologias como ferramenta para o diagnóstico da arborização urbana: o caso de Macapá, Amapá. *Revista RA'E'Ga*, 38, 146-168. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v38i0.42281>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2020). *Portal Árvores de Campinas*. Recuperado de [http://mapas.cnpem.br/arvores\\_campinas/](http://mapas.cnpem.br/arvores_campinas/).
- Garcia, A.A., Ribeiro, G.C.D., Raiol, L.L. & Melo, D.M. (2020). Diagnóstico quali-quantitativo da arborização das principais vias do município de Capanema, Pará. *REVSBAU*, 15(2), 56-74.
- Gonçalves, W. (2009). *Arborização Urbana: jardinagem e paisagismo*. Viçosa (MG): CPT.
- Grey, G., & Deneke, F. (1978). *Urban forestry*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons.
- Grise, M.M., Araki, H., & Biondi, D. (2014). O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial - GeoEye na identificação da arborização urbana. *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 16. Recuperado de <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.36.12/doc/p1243.pdf>

- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Cidades*. Recuperado de: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/ponta-grossa/panorama>
- Iwama, A.Y. (2014). Indicador de arborização urbana como apoio ao planejamento de cidades brasileiras. *REVSBAU*, 9(3),156-172.
- Justino, S.T.P., Morais, Y.Y.G.A., Nascimento, A.K., & Souto, P.C. (2018). Composição e georreferenciamento da arborização urbana no distrito de Santa Gertrudes, em Patos – PB. *REVSBAU*, 13(3), 24-35.
- Lei nº 10.408, de 03 de novembro de 2010. Fixa as normas para a aprovação e arruamentos, loteamentos e desmembramentos de terrenos no município de Ponta Grossa. Recuperado de: <https://planodiretor.pontagrossa.pr.gov.br/informacoes/>.
- Lima Neto, E., & Souza, R.M. (2009). Arborização urbana: gênese e relevância no planejamento territorial. In R.M. Souza. (Org.) *Território, Planejamento e Sustentabilidade: conceitos e práticas*. (pp. 55-68). São Cristóvão: Editora UFS.
- Lima, M.O & Vieira, V.C. B. (2009). Uso de geotecnologias para análises da cobertura vegetal urbana. *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Natal, RN, Brasil. 14. pp. 731-738. Recuperado de <http://mar.tecid.com.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.21.02/doc/731-738.pdf>
- Löwen Sahr, C. L. (2001). Dimensões de análise da verticalização: exemplos da cidade média de Ponta Grossa/PR. *Revista de História Regional*, 5(1), 9-36.
- Mayer, C. L.D., Oliveira Filho, P. C. & Bobrowski, R. (2015). Análise espacial de conflitos da arborização de vias públicas: caso Irati, Paraná. *Revista Floresta*, 45 (1), p 11-20.
- ¡MADRID! (2021). *Um alcorque um árbol*. Recuperado de [http://www-2.munimadrid.es/DGPVE\\_WUAUA/welcome.do](http://www-2.munimadrid.es/DGPVE_WUAUA/welcome.do)
- Mendes, F.H., Petean, F.C.S., Polizel, J. L., & Silva Filho, D.F. (2016). Avaliação da fragmentação da cobertura arbórea de Maringá/PR utilizando geotecnologias. *Scientia Plena*, 12(9), 1-9. doi: 10.14808/sci.plena.2016.090201.
- Meneguetti, G.I.P. (2003). *Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos*, SP. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil. Recuperado de <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-27112003-100603/pt-br.php>
- Meneses, P.R, & Almeida, T. (2012). *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. (v.1) Brasília: CNPq.
- Milano, M.S. (1984). *Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, PR, Brasil. Recuperado de <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40695>
- Ministério Público do Estado do Paraná (2018). *Manual para elaboração do plano municipal de arborização urbana*. 2.ed. Curitiba.
- Nascimento, E., & Matias, L. F. (2011). Expansão urbana e desigualdade socioespacial: uma análise da cidade de Ponta Grossa (PR). *RA'E'GA*, 23, 65-97.
- Oliveira, L.M., Santos, A.F., Souza, P. A., Alves, K.C.C.L.F., & Giongo, M. (2017). Diagnóstico da arborização nas calçadas de Gurupi, TO. *REVSBAU*, 12(1), 105-121.
- Panizza, A.C., & Fonseca, F.P. (2011). Técnicas de interpretação visual de imagens. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, 30, 30-43.
- Pereira, L.C., Balbino, M.V., Farias, N.S.N., Viana, L.S., Xavier, M.R.R., Correa, D.L., & Silva, T.M.L. (2019). Mapeamento e quantificação da cobertura vegetal em áreas periféricas na cidade de Paragominas – PA. *REVSBAU*, 14(1), p. 14-28.
- Pereira, G.A., Barbosa, A.C.M.C., Oliveira, A.F., Silva, E.M.G.C., Pompeu, P.V., & Castro, M.B. (2020). Arborização viária de Lavras – MG: florística e uso de espécies nativas. *REVSBAU*, 15(1),13-25.

- Pivetta, K.F.L , & Silva Filho, D.F. (2002). *Arborização urbana*. Boletim Acadêmico. (Série Arborização Urbana). Jaboticabal: UNESP/FCAV/FUNEP.
- Ponzoni, F.J., Shimabukuro,, Y.E., & Kuplich, T.M. (2012). *Sensoriamento Remoto da Vegetação*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Prefeitura Municipal de Ponta Grossa (2006). *Plano Diretor* (Coletânea da Legislação). Recuperado de <http://www.pg.pr.gov.br/planodiretor>
- Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. *Produtos do desenvolvimento do plano diretor e plano de mobilidade urbana municipal*. (2018). Recuperado de <https://planodiretor.pontagrossa.pr.gov.br/informacoes/>
- Sanhotene, M.C.C. (1994). Desenvolvimento e Perspectivas da Arborização Urbana no Brasil. *Anais do Congresso Brasileiro de Arborização Urbana*. São Luís, MA, Brasil.pp.15-25. Não está disponível na web.
- Santos Eurich, Z.R., Carneiro, D.C., Maliski, L.F., Gonçalves, N.G.T., & Carvalho, S.M. (2014). Análise da Arborização Urbana da Área Central de Ponta Grossa – PR. *Revista Perspectiva Geográfica*, 9 (10), 1-16.
- Schiavo, B.N.V., Gaia, D.N.P., Anater. J.N., Corte A.P.D. & Sanqueta C.R. (2016). Uso de Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial para Amostragem da Arborização Urbana no Município de Santa Maria – RS. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*,13(23),13-36.
- Schuch, M.I.S. (2006). *Arborização Urbana: uma contribuição à qualidade de vida com o uso das geotecnologias*. Dissertação de Mestrado em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9600>
- Silva, G.T.G., Cabello, N.B., Barbosa, P.H.G., Belinazi, L. de L., Silva, J.M.S., & Capelo, F.F.M. (2020). Composição florística da arborização urbana de Analândia/SP, Brasil. *REVSBAU*, 15(1), 1-12.
- Silva, K.A.R., Leles, P.S., Giacomio, R.G., & Mendonça, B.A.F. (2016). Diagnóstico e uso de geoprocessamento para manejo da arborização urbana do bairro centro da cidade do Rio de Janeiro – RJ. *REVSBAU*,11(4), 98-114.
- Silva, L.G., & Martins, A.K.E. (2007). Identificação da composição colorida de imagem CBERS-2 na dinâmica de ocupação territorial em sub-bacia hidrográfica. *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, SC, Brasil, 13. pp. 1141-1145. Recuperado de <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.23.02/doc/1141-1145.pdf>
- Tadenuma, S.S.K. (2019). *Espacialização da arborização de vias públicas por Densidade e Níveis de Atenção na área urbana de Ponta Grossa (PR)*. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território. Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, PR, Brasil. Recuperado de <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3037>

Data de submissão: 25/nov./2020

Data de aceite: 15/jul./2021