

ÍNDICE DE COBERTURA ARBÓREA E METODOLOGIA PARA INVENTÁRIO QUALIQUANTITATIVO POR AMOSTRAGEM DA ARBORIZAÇÃO DE PORTO ALEGRE, RS

Arq. América Alfonsin de Azevedo, Biol. Bibiana Cassol, Arq. Verônica Riffel

Parte I: contextualização e justificativa

Inicialmente, a área geográfica onde a cidade foi construída possuía fisionomia própria, com sua fauna e flora características, de acordo com a região geográfica e condições edafo-climáticas. A paisagem natural da cidade foi aos poucos sendo transformada por reflexo de aspectos culturais, sociais, econômicos e políticos que atuaram e atuam na expansão urbana. No entanto, a dinâmica do desenvolvimento urbano introduz alterações no padrão de uso e ocupação do solo, que modificam a qualidade do ambiente, tanto natural quanto construído, e o resultado está expresso nas enchentes, ilhas de calor, poluição sonora, do ar e das águas, diminuição da biodiversidade da fauna e da flora e doenças.

Nas últimas décadas tem-se evidenciado que a floresta urbana é essencial para a resiliência das cidades, para a qualidade de vida e saúde de seus cidadãos e dos ecossistemas de fragmentos remanescentes e urbanos. A floresta urbana é representada pela vegetação arbórea e arbustiva distribuída nas áreas privadas e públicas da cidade: nos lotes e jardins, praças e parques, calçadas e canteiros centrais, morros, áreas de preservação e nas unidades de conservação. É praticamente inviável quantificar o número absoluto de árvores e arbustos existentes na floresta urbana do município. No entanto, conhecer a arborização e quantificá-la, através do uso de metodologias para a medição da cobertura arbórea e para o inventariamento dos indivíduos, subsidiam o planejamento para um desenvolvimento sustentável da cidade, para a mitigação das intervenções antrópicas e por uma equidade verde. São diversos os benefícios advindos da arborização para a sustentabilidade do sistema urbano, como adaptação às mudanças climáticas e serviços ecossistêmicos.

Há uma relação exponencial crescente dos benefícios da arborização para as cidades quanto maior o porte da árvore e quanto maior a área foliar ou cobertura da copa (Rosen, 2016). A proporção de área coberta pela copa – tipicamente expresso pelo percentual de cobertura de copa – serve como uma medida simples da extensão da floresta urbana e da magnitude dos serviços que ela fornece. Atualmente, as cidades buscam conhecer e ampliar seus índices de área de cobertura de copa. Não há uma definição do índice ideal de cobertura arbórea a ser alcançado. O importante é estabelecer metas de cobertura de copa baseadas no entendimento do estado atual da floresta urbana objeto de estudo e o desejo para o estado futuro. Ou seja, ao se determinar metas específicas para a cidade, devem ser consideradas as especificidades de cada região e com base em seu potencial real e ideal.

Uma proposta que tem sido difundida e bem aceita é a regra 3:30:300 (Konijnendijk, 2022), que se baseia na importância de poder ver árvores a partir da própria casa, viver entre árvores e espaços verdes e ter fácil acesso a espaços verdes públicos para recreação. O uso da regra fornece metas baseadas em evidências e fáceis de lembrar, que

vinculam árvores urbanas e espaços verdes a benefícios climáticos e de saúde. A regra estabelece limites de pelo menos 3 árvores bem estabelecidas à vista em cada casa, escola e local de trabalho, não menos que 30% de cobertura de copa arbórea em cada bairro; e não mais de 300 m do espaço verde público mais próximo de cada residência.

Em se tratando de índice de copa, o aumento da área de cobertura arbórea atua diretamente na diminuição da temperatura (sombra e evapotranspiração), absorção dos raios solares, adsorção de poluentes, sequestro de carbono, redução da intensidade de ruídos, redução do escoamento de águas pluviais e aumento da permeabilidade da água no solo, economia de energia, redução dos túneis de vento, preservação de pavimentos/asfalto. Portanto, um maior índice de cobertura de copa não apenas gera economia para o município, como também minimiza as desigualdades socioespaciais, considerando critérios de justiça ambiental.

Com os dados produzidos será possível fazer comparativos com resultados anteriores e dar diretrizes para o planejamento e as ações de incremento da floresta urbana, objetivando-se maior cobertura arbórea e mais qualidade da arborização do município.

Quanto ao inventariamento, na década de 1990, Porto Alegre teve diagnóstico da situação da arborização do sistema viário, tendo sido realizado censo da região central e inventário por amostragem, no restante do município, com posterior análise quali-quantitativa (Porto Alegre, 2000). Em 2018 foi estimada a cobertura arbórea das vias públicas do município com o uso de imagem aerofotográfica, no entanto a metodologia não foi disponibilizada. Em 2023, com a contratação de plataforma de aplicativo para cadastramento georreferenciado da arborização foi possível iniciar novo inventário quali-quantitativo. Neste mesmo ano, foi realizada a determinação da área de cobertura de copa do município como um todo e sistema viário do município, por aplicação de metodologia sobre imagens de satélite.

Parte II: metodologias aplicadas

2.1) Para obtenção do índice de cobertura arbórea da cidade:

O índice de cobertura arbórea foi obtido a partir de uma imagem de satélite de alta resolução, com as seguintes especificações: satélite CBERS04A, câmera imageadora WPM (resolução 8m, 2m para banda pancromática) nas bandas RED, GREEN, BLUE, NEAR INFRARED E PANCHROMATIC - utilizou-se a imagem mais recente disponível na ocasião, do dia 04/07/2023, às 13h50min, com cobertura de nuvens 0%. A imagem foi obtida gratuitamente no catálogo de imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

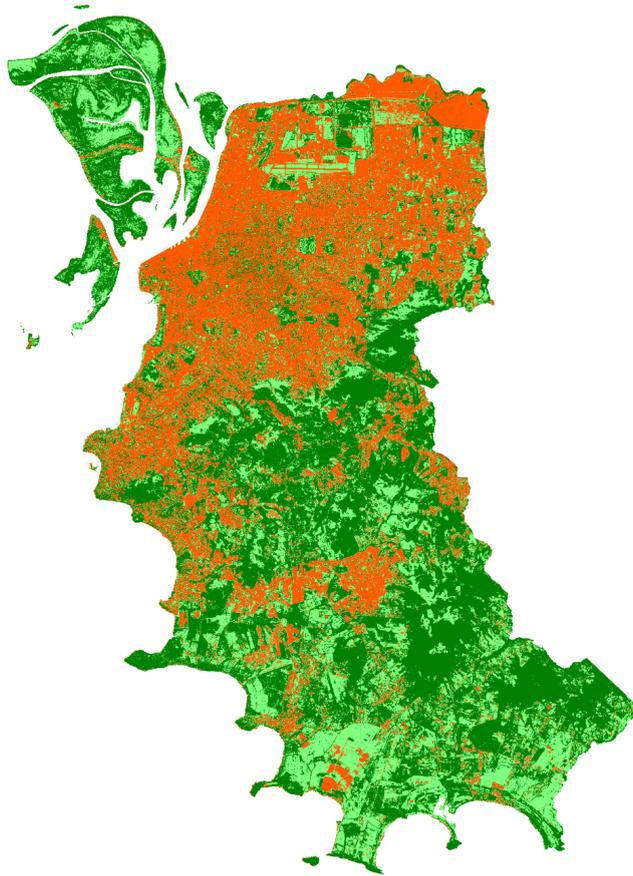
No software QGIS, as 5 bandas da imagem foram reprojatadas para o sistema de referência e coordenadas EPSG 31982 SIRGAS 2000/UTM zona 22S. Posteriormente, dentro do ambiente do mesmo software, utilizou-se a ferramenta Mosaico com as bandas 1, 2, 3 e 4 para obtenção de uma composição colorida. Para os fins almejados, utilizou-se renderização multibanda colorida 3-4-2, que dá maior visibilidade à vegetação, possibilitando melhor diferenciação entre copas de árvores e relvados.

Finalmente, ainda dentro do software QGIS, realizou-se o processo de Fusão da composição colorida obtida no passo anterior com a banda 0 (pancromática), para geração de uma imagem com melhor resolução espacial (2m). De posse da imagem fusionada, utilizou-se o recurso “recortar raster pela camada de máscara” com o shapefile dos limites do município de Porto Alegre como camada máscara - este recorte foi o raster final utilizado para obtenção do índice de cobertura arbórea.



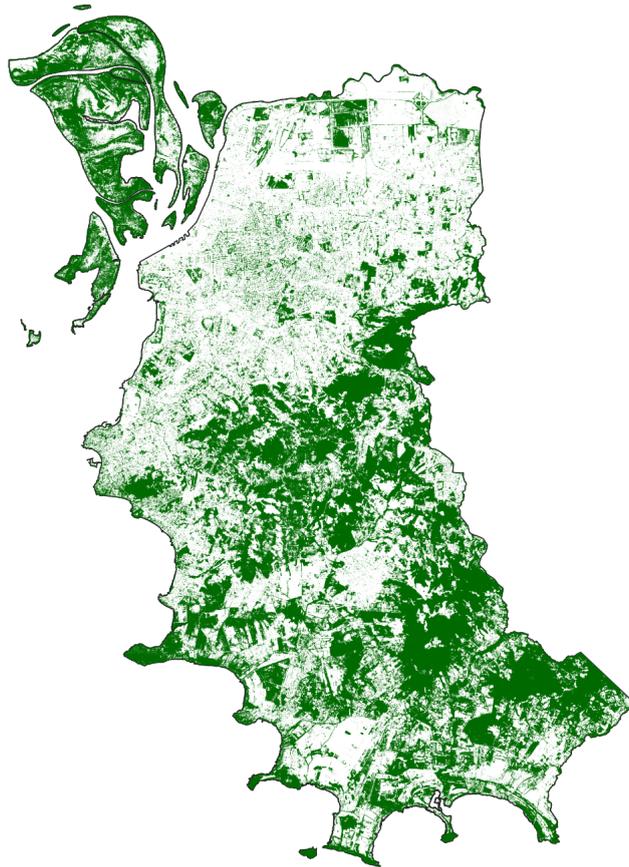
Imagem de satélite da cidade de Porto Alegre em composição colorida 3-4-2. Fonte: INPE. Modificada por Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

O raster supracitado foi importado para o software Multispec, onde foi desenvolvida a classificação supervisionada do mesmo: para isso, definiu-se 3 classes (árvores, relvado, outros) e criou-se polígonos de amostras de cada uma delas ao longo de toda a imagem, para uma amostragem o mais diversa possível. No total, cada classe contou com cerca de 15 amostras. As referências de acurácia de todas as classes foram maiores que 80%, e o Kappa Statistic encontrado foi de 95,5%. A classificação supervisionada gerou um raster com 3 cores, uma para cada classe.



Classificação supervisionada de imagem de satélite da cidade de Porto Alegre, categorias: copas de árvores, relvado, outros. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

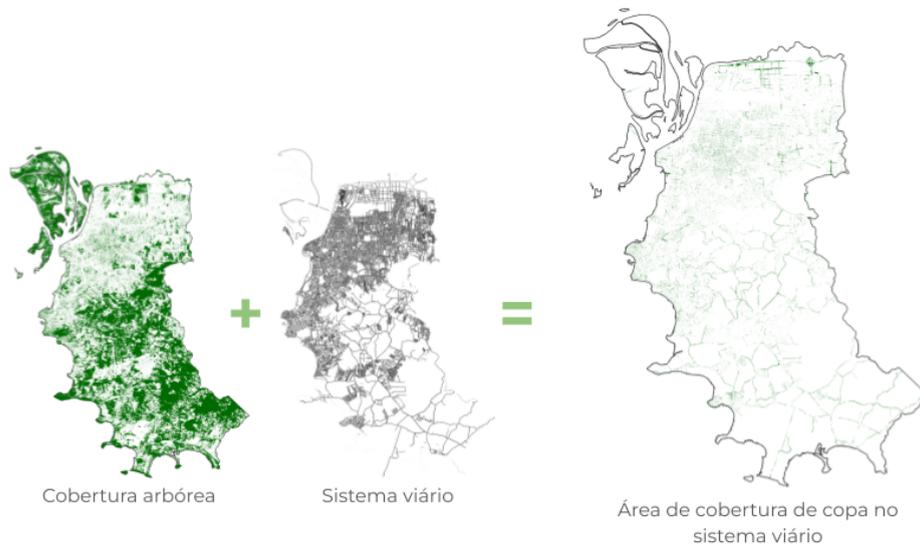
De volta ao software QGIS, converteu-se o raster da classificação supervisionada para vetor, por meio do processo de poligonização. Com o shapefile da classificação, foi possível isolar e dissolver a classe de copas de árvores, e assim obter o shapefile da mancha de cobertura de copa da cidade de Porto Alegre. A área deste shapefile é de 204,16km², enquanto a área total do município é de 470,04km². **Desta forma, conclui-se que Porto Alegre apresenta 43,04% de sua área total coberta por vegetação arbórea.**



Mancha de cobertura arbórea na cidade de Porto Alegre. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

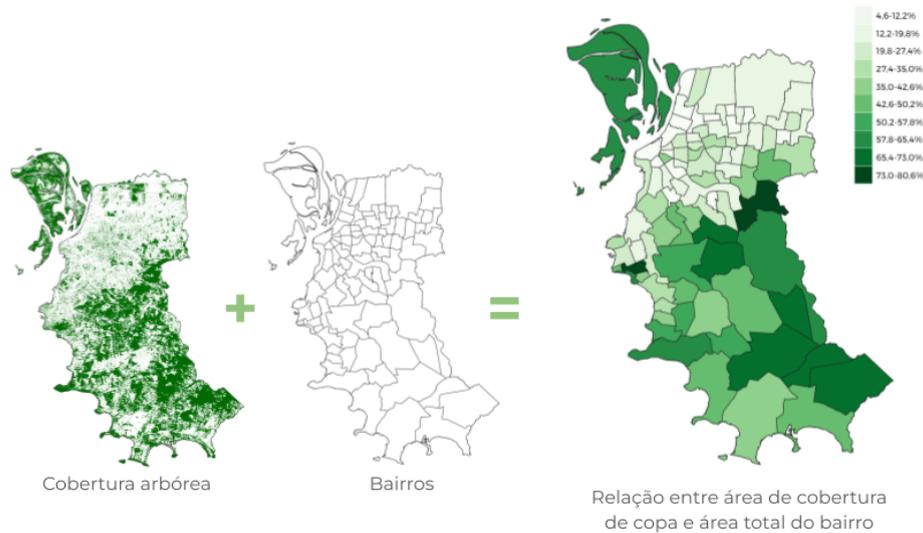
As demais etapas da extração de dados dependiam de shapefiles específicos para serem desenvolvidas. Todos os shapefiles citados posteriormente neste texto foram obtidos no site da prefeitura de Porto Alegre na aba “Mapas digitais da SMAMUS”, com exceção do shapefile do sistema viário, que foi obtido a partir do geoprocessamento “Diferença” entre o shapefile de quarteirões (que considera apenas os lotes, então não inclui as calçadas) e o shapefile dos limites do município de Porto Alegre, ambos disponíveis neste mesmo site. Salienta-se que o shapefile dos quarteirões não estava 100% atualizado, pois a cidade se altera em velocidade maior do que a produção de mapas.

De posse do shapefile das macrozonas de Porto Alegre, com a exclusão das feições das macrozonas Cidade Rururbana e Parque Estadual Delta do Jacuí, foi possível obter a mancha da **área mais intensamente urbanizada da cidade - a partir disso, extraiu-se a percentagem de cobertura arbórea nesta região: 28,68%**, 14,36% menos do que a percentagem de cobertura arbórea da cidade como um todo, que inclui as regiões de ocupação rarefeita e rural. Com o shapefile do sistema viário, através do geoprocessamento “Intersecção” deste com o shapefile da cobertura arbórea, extraiu-se **a área de cobertura de copa no sistema viário em relação à área do próprio sistema viário de Porto Alegre: 22,07%**.



Análise da área de cobertura de copa no sistema viário em relação à área do próprio sistema viário de Porto Alegre. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

Em um segundo momento, de posse do shapefile dos bairros de Porto Alegre, através do geoprocessamento “Intersecção” destes com o shapefile de cobertura de copa, foi possível extrair a percentagem de cobertura arbórea por regiões delimitadas. Exemplo: o bairro Cavalhada apresenta 25,29% de sua área total (áreas privadas + área do sistema viário) coberta por vegetação arbórea.



Análise da área de cobertura de copa total por bairros. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

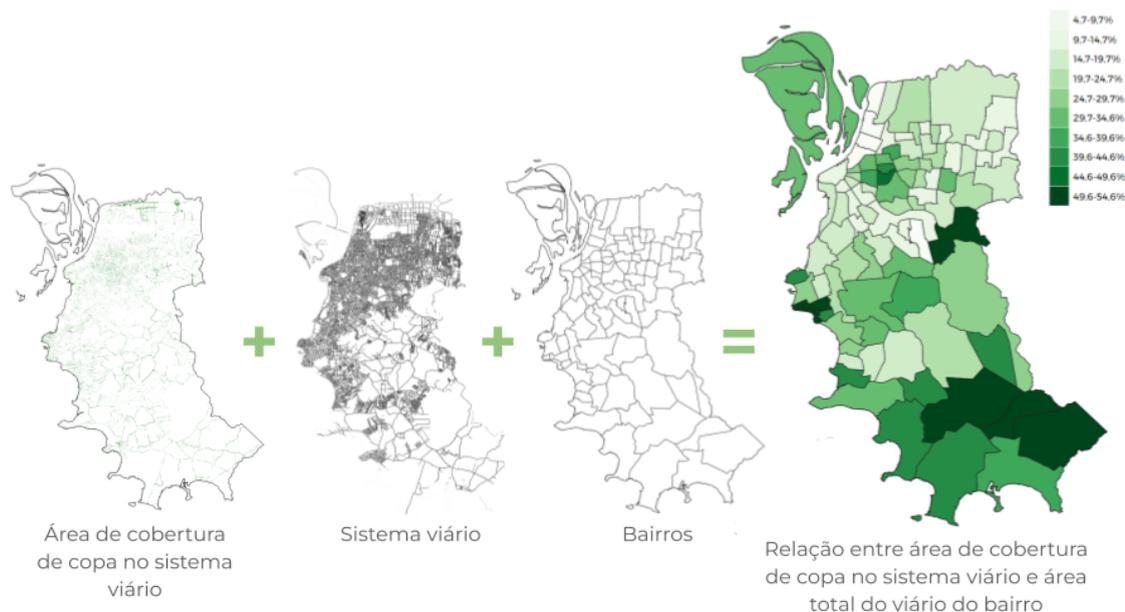
BAIRRO	%
SÉTIMO CÉU	80.636
AGRONOMIA	76.895
PITINGA	71.213
LAGEADO	69.055
BELÉM VELHO	68.218
SÃO CAETANO	67.062
EXTREMA	66.861
CASCATA	65.761
PEDRA REDONDA	62.862
ARQUIPÉLAGO	61.983
PONTA GROSSA	59.035
LOMBA DO PINHEIRO	57.871
SERRARIA	52.355
VILA NOVA	51.7
ABERTA DOS MORROS	51.276
CHAPÉU DO SOL	50.748
VILA CONCEIÇÃO	49.052
RESTINGA	48.089
TERESÓPOLIS	47.85
LAMI	47.158
CAMPO NOVO	44.903
BELÉM NOVO	44.571
MORRO SANTANA	43.368
HÍPICA	41.844
BOA VISTA DO SUL	40.679
NONOAI	39.666
FARROUPILHA	37.868
GUARUJÁ	37.527
JARDIM ISABEL	36.927
GLÓRIA	36.628
JARDIM CARVALHO	35.16

BAIRRO	%
JARDIM SABARÁ	34.652
ESPÍRITO SANTO	34.214
VILA ASSUNÇÃO	31.668
BELA VISTA	29.746
IPANEMA	29.665
JARDIM BOTÂNICO	29.611
MÁRIO QUINTANA	28.547
SANTA TEREZA	28.039
BOA VISTA	27.994
JARDIM DO SALSO	26.628
JARDIM EUROPA	26.408
CEL APARÍCIO BORGES	26.013
CAVALHADA	25.293
TRISTEZA	25.108
VILA SÃO JOSÉ	24.451
PRAIA DE BELAS	24.194
HIGIENÓPOLIS	24.186
PETRÓPOLIS	23.166
HUMAITÁ	22.987
MOINHOS DE VENTO	22.023
MONTERRAT	22.002
RIO BRANCO	21.712
PARQUE SANTA FÉ	21.707
TRÊS FIGUEIRAS	21.296
PASSO DAS PEDRAS	19.985
AUXILIADORA	19.132
SANTO ANTÔNIO	18.79
CRISTAL	18.312
ANCHIETA	18.256
CAMAQUÃ	17.514
SARANDI	16.858

BAIRRO	%
SANTA CECÍLIA	16.575
CHÁCARA DAS PEDRAS	16.419
SANTA ROSA DE LIMA	15.317
COSTA E SILVA	14.787
PARTENON	14.676
BOM JESUS	14.515
RUBEM BERTA	14.405
VILA IPIRANGA	14.192
JARDIM ITU	14.002
JARDIM LINDÓIA	13.813
VILA JARDIM	13.214
INDEPENDÊNCIA	13.186
MENINO DEUS	12.722
AZENHA	12.503
PASSO DA AREIA	12.448
JARDIM SÃO PEDRO	12.296
JARDIM LEOPOLDINA	12.195
CRISTO REDENTOR	11.148
MEDIANEIRA	10.944
SÃO SEBASTIÃO	10.499
JARDIM FLORESTA	10.495
BOM FIM	9.982
CIDADE BAIXA	9.475
VILA JOÃO PESSOA	9.366
FARRAPOS	9.089
SANTANA	9.036
SÃO JOÃO	8.915
CENTRO HISTÓRICO	8.893
SANTA MARIA GORETTI	7.624
FLORESTA	5.894
SÃO GERALDO	4.867
NAVEGANTES	4.596

Análise da área de cobertura de copa total por bairros. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

Ainda, por meio do geoprocessamento “Intersecção” entre o shapefile do sistema viário e o shapefile dos bairros, e posterior “Intersecção” com o shapefile de cobertura de copa, foi possível **quantificar a cobertura arbórea por regiões delimitadas especificamente no sistema viário**. Exemplo: o bairro Cavahada apresenta 21,46% da área do seu sistema viário coberta por vegetação arbórea.



Relação entre área de cobertura de copa no sistema viário e área total do sistema viário do bairro. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

BAIRRO	%	BAIRRO	%	BAIRRO	%
SÉTIMO CEU	54.598	BOA VISTA	27.42	CRISTAL	17.24
EXTREMA	53.593	ESPÍRITO SANTO	26.803	MÁRIO QUINTANA	17.17
PEDRA REDONDA	53.582	INDEPENDÊNCIA	25.916	JARDIM CARVALHO	16.971
ACRONOMIA	52.734	TRÊS FIGUEIRAS	25.478	GUARUJÁ	16.648
SÃO CAETANO	51.034	IPANEMA	25.352	HUMAITÁ	15.933
VILA CONCEIÇÃO	49.834	TERESÓPOLIS	24.711	GLÓRIA	15.839
LAGEADO	49.697	NONOAI	23.737	SANTA TEREZA	15.493
BELA VISTA	48.796	CHÁCARA DAS PEDRAS	23.6	PASSO DAS PEDRAS	15.123
PITINGA	44.606	RESTINGA	23.081	SANTANA	14.553
SERRARIA	44.136	MORRO SANTANA	22.967	VILA JARDIM	13.972
CHAPÉU DO SOL	43.661	JARDIM EUROPA	22.273	JARDIM ITU	13.56
BOA VISTA DO SUL	43.024	ANCHIETA	22.194	BOM JESUS	13.261
MONTSERRAT	42.276	JARDIM SÃO PEDRO	21.929	SÃO SEBASTIÃO	13.177
VILA ASSUNÇÃO	41.051	CAVALHADA	21.46	SÃO JOÃO	13.139
BELÉM NOVO	40.878	BOM FIM	21.272	AZENHA	12.888
JARDIM ISABEL	40.335	JARDIM BOTÂNICO	21.031	COSTA E SILVA	12.528
BELÉM VELHO	38.841	JARDIM DO SALSO	20.628	JARDIM FLORESTA	12.518
LAMI	38.486	VILA IPIRANGA	20.267	RUBEM BERTA	12.435
HIGIENÓPOLIS	37.089	JARDIM LINDÓIA	19.97	CIDADE BAIXA	12.192
RIO BRANCO	36.087	ABERTA DOS MORROS	19.629	SANTA MARIA GORETTI	12.056
CASCATA	33.634	SANTA CECÍLIA	19.519	CEL APARÍCIO BORGES	11.623
MOINHOS DE VENTO	33.507	MENINO DEUS	19.062	VILA JOÃO PESSOA	11.58
PETRÓPOLIS	32.613	FARROUPILHA	19.042	CENTRO HISTÓRICO	11.109
PONTA GROSSA	32.509	SANTO ANTÔNIO	18.744	PARTENON	10.433
AUXILIADORA	32.149	PARQUE SANTA FÉ	18.577	JARDIM LEOPOLDINA	10.407
JARDIM SABARÁ	31.086	HÍPICA	18.34	SANTA ROSA DE LIMA	10.259
CAMPO NOVO	31.04	PRAIA DE BELAS	17.852	MEDIANEIRA	9.958
ARQUIPÉLAGO	30.615	CRISTO REDENTOR	17.672	FLORESTA	8.815
VILA NOVA	30.595	CAMAQUÃ	17.506	VILA SÃO JOSÉ	8.772
LOMBA DO PINHEIRO	28.787	SARANDI	17.394	SÃO GERALDO	7.244
TRISTEZA	27.764	PASSO DA AREIA	17.377	NAVEGANTES	4.736
				FARRAPOS	4.72

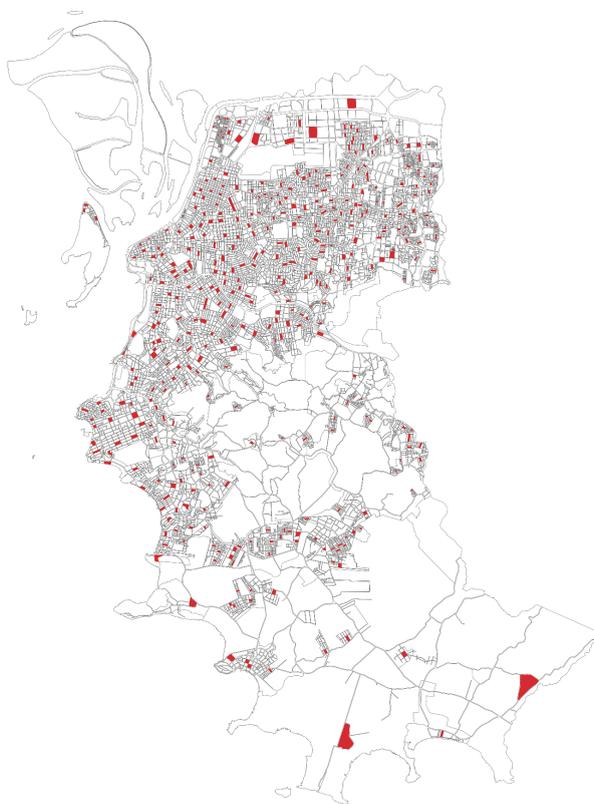
Relação entre área de cobertura de copa no sistema viário e área total do sistema viário do bairro. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS

2.2) Para determinação do número estimado de árvores no sistema viário de Porto Alegre:

Como é inviável desenvolver o censo total da arborização no sistema viário de Porto Alegre em termos operacionais, optou-se pela utilização de uma metodologia de amostragem para estimar o número de árvores no sistema viário. Tal metodologia foi baseada em Mendes (2020) e adaptada para a realidade porto-alegrense por Marcelo Leão e Flávio Henrique Mendes, ambos pesquisadores da ESALQ/USP.

Inicialmente, foi definida a unidade amostral a ser inventariada - optou-se pela unidade “quarteirão”. Considerando que Porto Alegre é uma cidade muito heterogênea, com porções muito pouco alteradas pelo homem e porções altamente ocupadas e desprovidas de suas características naturais, concluiu-se que seria importante subdividir a área da cidade para realização do sorteio amostral, garantindo que o retrato da amostragem seja diverso e, portanto, mais fiel. Desta forma, adotou-se a subdivisão “bairros” como universo amostral. Foram sorteados aleatoriamente 5% dos quarteirões de cada um dos 94 bairros da cidade de Porto Alegre para terem sua arborização inventariada qualiquantitativamente. Futuramente, a Coordenação da Arborização Urbana tem a intenção de sortear mais 5% dos quarteirões de cada bairro, totalizando uma amostragem de 10%, visando maior acurácia dos resultados. Salienta-se, no entanto, que 5% é um número estatisticamente adequado e amplamente utilizado por diversas cidades para inventariamento amostral da arborização.

Porto Alegre possui, segundo o shapefile de quarteirões disponibilizado no site da Prefeitura na aba “Mapas digitais da SMAMUS”, 8018 quarteirões; serão inventariados 404 quarteirões. Até o presente momento, foram inventariados 40 quarteirões.



Plano amostral do inventário qualiquantitativo da arborização de Porto Alegre. Fonte: Alfonsin, América - CAU/SMAMUS, com base em Mendes, Flávio.

Parte III: Análise preliminar e prognóstico

Os dados obtidos demonstram que a cidade possui 43,04% de área total de cobertura de copa, mas que se apenas a zona urbana for considerada (retirando-se do cálculo a macrozona Cidade Rururbana e Parque Estadual Delta do Jacuí), a cobertura de copa é de 28,68%.

Analisando-se especificamente o percentual de cobertura de copa do sistema viário em relação à área do próprio sistema viário da cidade, verifica-se que 22,07% dessa área possui cobertura de copa.

Considerando a aplicação da regra 3:30:300 para o quesito cobertura de copa, é possível estabelecer meta para a zona urbana de Porto Alegre em 30%, utilizando-se metas específicas por bairro a serem definidas a partir de análise para o potencial de incremento em cada um deles, a médio prazo, atuando-se inicialmente com ações de plantio nos logradouros públicos (sistema viário, praças e parques), e futuramente na atuação de políticas para o aporte de arborização nas áreas privadas.

Dezembro/2023

Referência bibliográfica

Konijnendijk, Cecil C. Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. J. For. Res., 26ago2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z> Acesso em: 28 de dez. de 2023.

Mendes, Flávio Henrique. ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE ÁRVORES URBANAS A PARTIR DE MODELO ESTATÍSTICO E CRIAÇÃO DO ÍNDICE MENDES DE ARBORIZAÇÃO URBANA. Revista Brasileira de Arborização Urbana , v. 16, p. 81-93, 2021.

Rosen, M. Foresterie urbaine: bénéfiques, enjeux et défis, presentation made as part of Colloques du Service canadien des forêts – Centre de foresterie des Laurentides, 2015-2016 season.