

AS ÁRVORES COMO UM RECURSO NATURAL NA REGULAÇÃO TÉRMICA DO MEIO URBANO

Autor 1

Murilo Araki Braga
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
E-mail: arakibragamurilo@gmail.com

Autor 2

Davi Tasca
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
E-mail: tascadavii@gmail.com

Autor 3

Professora Dra. Adriana do Val Alves Taveira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
E-mail: adrianadat123@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho analisa os benefícios do plantio de árvores no contexto urbano como ferramenta de regulação térmica e mitigação das ilhas de calor em face da problemática contemporânea do aquecimento climático decorrente do crescimento demográfico e atuação antrópica. Percebe-se uma pluralidade de impactos negativos das alterações dos microclimas das cidades, tais como o crescimento na demanda por energia, aumento de emissões dos aparelhos de refrigeração e estresse térmico. Dessa realidade atual, destacam a necessidade de busca de estratégias a partir de institutos jurídicos e das ciências naturais para enfrentamento dos resultados advindos do aquecimento global, como as estratégias de arborização urbana, criação de áreas verdes, juntamente com outros mecanismos, os quais têm se mostrados efetivos na redução da temperatura local e nos efeitos da poluição atmosférica através do sombreamento, absorção de gases poluentes e evapotranspiração. O método de abordagem utilizado na presente pesquisa é o dedutivo, utilizando-se de compilações bibliográficas, jurisprudenciais e legislativa, abarcando fontes diversas, tais como livros, artigos de periódicos acadêmicos, tanto na área do Direito, como das ciências naturais, além de legislações e decisões judiciais. Os instrumentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho caracterizam-se pelas pesquisas, leitura, registros e análises dos conteúdos relevantes. O estudo conclui que a atuação do poder público aliado à participação cidadã, mediante o planejamento de plantio de árvores, sua manutenção e implantação de áreas verdes possuem desdobramentos positivos para a saúde dos municípios e do meio ambiente.

Palavras-chave: Meio urbano sustentável; Plano de Arborização Urbano; Meio ambiente artificial.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa busca demonstrar os benefícios do plantio de árvores nas cidades, com foco no potencial que essa prática possui para regular o clima e diminuir o consumo de energia. A análise do tema é importante devido ao aumento da população em todo o país, o que eleva o consumo de energético, somente o estado do Paraná ganhou 65.852 habitantes entre 2024 e 2025, acima da média nacional (Governo do Paraná, 2025)

Conforme será abordado, existe uma relação diretamente proporcional entre o aumento

da população, o consumo de energia e os eventos climáticos que elevam a temperatura. Ou seja, a demanda energética está intimamente ligada ao crescimento populacional nas áreas urbanas e ao aumento das temperaturas nos microclimas urbanos. Em situações de estresse térmico, o uso de energia para o condicionamento artificial do clima aumenta exponencialmente, nas estações de verão (Velasco, 2008, p.24).

Com o avanço das mudanças climáticas antropogênicas¹, que consistem em transformações causadas pelo homem (Brasil, 2024), devido ao aumento da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, provenientes da queima de combustíveis fósseis ou advindos da poluição, uma de suas consequências é o aumento da temperatura do ambiente, principalmente no meio urbano. Isso vem gerando repercussões não apenas na saúde humana, mas também no equilíbrio ecológico, com consequências desastrosas tanto para o meio natural — como as últimas catástrofes ambientais assistidas pela humanidade — quanto prejuízos energéticos em razão do uso excessivo de aparelhos de refrigeração, como os “ar condicionados”.

Conforme será analisado, o uso desenfreado desses aparelhos refrigeradores, por sua vez, emite no meio ambiente mais gases de efeito estufa, causadores primários das mudanças climáticas (Schiller; Evans, 1996, apud Velasco, 2008, p.23), situação que acaba por gerar, um ciclo interminável de causas e efeitos.

A partir dessas constatações, a proposta deste trabalho consiste exatamente na análise do plantio de árvores como uma forma — dentre outras que a própria ciência pode demonstrar, mas que aqui não serão objeto de estudo — de solução plausível para o problema acima exposto, que acomete as áreas urbanas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho consiste em buscar, através da análise da legislação, os fundamentos jurídicos para a implementação da arborização urbana e, através do estudo das ciências naturais, as bases para o entendimento dos benefícios árvores na regulação do microclima urbano. A abordagem jurídica irá contribuir com a fundamentação da obrigação do Poder Público Municipal como agente implementador da política voltada a um plano municipal de plantio e manutenção das árvores no município. Já a pesquisa nas ciências naturais irá contribuir com o entendimento do papel da arborização urbana no combate às elevadas temperaturas, e como recurso apto à regulação do clima no meio urbano.

Para tanto, serão analisados os diplomas legais que dão respaldo jurídicos aos municípios para implementar políticas voltadas às práticas que visam a implementação de cidades mais resilientes e sustentáveis.

Outro fenômeno que merece atenção nesta temática consiste nas chamadas “ilhas de calor”, resultado da intensa urbanização que vem ocorrendo nas últimas décadas, com sua crescente demografia e espaços artificiais criados pelo homem. Nessas áreas, o ar e a temperatura são mais quentes do que áreas rurais circundantes” (Gartland, 2008, p.9). Esse evento ocorre porque muitos materiais comuns em construções absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais, próprias das áreas rurais menos urbanizadas (IBID, p.9). Desse modo, segundo a observação de Velasco (*apud* Wilmers, 1988; 2008) as ilhas de calor junto com a poluição do ar são os principais problemas do clima urbano, que poderiam, segundo os autores, ser amenizados pela vegetação.

Além da preocupação de pesquisadores, há também a da legislação, como demonstra a lei nº 13.580¹ que institui o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas

¹ **Artigo 1º** - Fica instituído o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, o qual se destina à recuperação e ao desenvolvimento ambiental dos perímetros urbanos dos Municípios paulistas, **com ênfase na mitigação da formação de ilhas de calor** e da poluição sonora e na conservação da biodiversidade, por meio de projetos de plantio de árvores com vistas a atingir, no maior número de Municípios paulistas, o Índice de Área Verde - IAV de 12 m² (doze metros quadrados) por habitante, nos termos desta lei. (São Paulo, lei nº 13.580, art.1, grifo nosso).

Urbanas nos municípios paulistas, cujo objetivo é, entre outros, a mitigação das ilhas de calor.

Percebe-se, portanto, que a arborização é reconhecida por dispositivo legal como um elemento de mitigação dos efeitos das ilhas de calor. É imprescindível ações eficientes dos agentes dos Estados, Distrito Federal e Municípios, como entidades federadas da República Federativa do Brasil, voltadas à elaboração de um plano diretor de arborização urbana em suas respectivas cidades.

O método de abordagem utilizado na presente pesquisa é o dedutivo, utilizando-se de compilações bibliográficas, jurisprudenciais e legislativa, abarcando fontes diversas, tais como livros, artigos de periódicos acadêmicos, tanto na área do Direito, como das ciências naturais, além de legislações e decisões judiciais. Os instrumentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho caracterizam-se pelas pesquisas, leitura, registros e análises dos conteúdos relevantes.

Enfim, é importante dizer que este trabalho buscará responder à seguinte pergunta: **as árvores contribuem, de fato, como um recurso natural na regulação térmica do meio urbano?** E, a fim de se responder tal questionamento, o presente trabalho foi construído, a partir desta introdução, inicialmente, com a análise do Direito Positivo relacionado à temática; na sequência, abordou-se a questão da “diminuição da temperatura a partir da absorção de gases poluentes” e, buscando demonstrar os benefícios da arborização face aos problemas presentes hoje nos microclimas urbanos, abordou-se “a diminuição da temperatura, das ilhas de calor e do uso de condicionadores de ar, em razão da evapotranspiração e sombreamento das árvores” por fim, foi analisada a necessidade da correta distribuição e plantação de árvores e, por último a “discussão sobre governança, clima e a participação cidadã na regulação do clima e no plantio de árvores”. Na sequência tem-se as Considerações Finais e Referências.

2. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

2.1 DIREITO POSITIVO

A Constituição Federal de 1988 propõe, em seu artigo 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988).

Com fundamento na Constituição, foi editada a Lei 10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade, que regulamentou seus arts. 182 e 183 e estabeleceu diretrizes gerais da política urbana em nível nacional, fornecendo as diretrizes para a construção de cidades sustentáveis como um direito das presentes e futuras gerações.

Sob essa ótica, pode-se afirmar que cidades sustentáveis são aquelas que alinham seus padrões de vida, produção e consumo com base em uma combinação entre aspectos econômicos e socioambientais, propõem, ao invés de um crescimento e consumo desordenados, políticas públicas mais conscientes e vinculadas aos Direitos Humanos, ao meio ambiente saudável e ações que impactam positivamente a sustentabilidade (Silva e Santos, 2023).

O Plano Diretor instituído pelo mesmo dispositivo constitucional, acima descrito, também é indispensável como instrumento jurídico apto ao desenvolvimento e expansão urbana sustentável, de competência dos municípios, esse documento estabelece regras e diretrizes que ajudam a organizar o uso do solo, promover a inclusão social, proteger o meio ambiente e melhorar a infraestrutura urbana, permitindo cidades mais equilibradas e de acordo com os “Objetivos do Desenvolvimento Sustentável”² da Agenda 2030, da qual o Brasil é signatário.

² Os ODS da ONU são um conjunto de ações para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir que as pessoas desfrutem de paz e prosperidade. Eles definem o direcionamento e os planos de ação que devem ser adotados pelos 193 países membros para alcançar uma série de metas e objetivos ousados para fomentar o desenvolvimento sustentável no mundo. Apesar de terem sido lançados oficialmente no ano de 2015 com prazo

Torna-se indispensável, portanto, elencar, neste item do presente trabalho, os objetivos a serem perseguidos não só como fundamentos dos estudos acadêmicos, como também como um “norte” de todos os Gestores Públicos, sobre as quais deve-se pautar toda política pública de desenvolvimento social e urbano. Dentre eles:

ODS 11 – Cidades e Comunidades sustentáveis: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos; ODS 15 – Vida terrestre: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade. (IPEA, 2019).

O Plano Municipal de Arborização Urbana consiste em mais um instrumento de fundamental importância na temática deste trabalho, considerando que a formulação e execução do Plano Municipal de Arborização Urbana se apresenta indispensável para o planejamento das ações e iniciativas relacionadas ao diagnóstico, implantação, manutenção e monitoramento da arborização urbana visando o incremento da qualidade de vida nas cidades (Paraná, 2018).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA – Paraná, no uso de suas atribuições que lhe foram conferidas pela Lei Estadual nº 8.485, de 03 de junho de 1987, emitiu a Resolução no. 040/2018 na qual recomendou aos municípios do Estado do Paraná o uso do Manual para a Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana (2012), elaborado por várias instituições públicas do Estado como a COPEL, o Ministério Público do Estado do Paraná, Embrapa Floresta, IAP, Emater, Sanepar, visto que estas instituições estão diretamente relacionadas à temática da arborização urbana em razão das suas finalidades institucionais legais.

Sendo assim, cada município deve elaborar seu Plano Municipal de Arborização Urbana e, no caso específico do Paraná, existe essa recomendação e orientação elaboradas pelas instituições acima elencadas. Observe-se que a elaboração desse Diploma legal está de acordo com as várias propostas legais previstas no Ordenamento Jurídico Nacional, a começar pela própria Constituição Federal, arts.182 e 225, Estatuto das Cidades, ODS previstas na Agenda 2030, Constituição dos Estados etc.

2.2 DIMINUIÇÃO DA TEMPERATURA A PARTIR DA ABSORÇÃO DE GASES POLUENTES

Primeiramente, a diminuição dos gases poluentes é prioridade do Estado brasileiro, instituída pela Política Nacional sobre Mudança do Clima.

“Art. 4º A Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC visará: II - à redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em relação às suas diferentes fontes;” (Brasil, Lei 12.187/2009, art 4.). A partir desse ponto, as árvores são importantes agentes na diminuição das emissões dos gases poluentes como será demonstrado nesse item.

Ademais, abordaremos aspectos relevantes sobre o plantio de árvores e seus benefícios para o meio urbano, sempre considerando as características das cidades brasileiras e os atuais padrões de construção, revestimentos e pavimentação atualmente implementados.

Conforme notícia do jornal Estado de Minas, as árvores possuem vários benefícios, principalmente ambientais.

A presença de árvores nas áreas urbanas tem impacto direto na saúde pública, **no conforto térmico e até na segurança climática**. Segundo dados do IBGE (2022), municípios com maior percentual de arborização em vias públicas apresentam melhores indicadores de qualidade do ar, menor incidência de doenças respiratórias e

até o ano de 2030 (e por isso o nome Agenda 2030), a sua origem é um pouco mais antiga e surgiu com os objetivos de desenvolvimento do milênio (ODM).

temperaturas médias mais amenas em comparação a regiões pouco arborizadas.
(Estado de Minas, 2025, grifo nosso).

A notícia mostra que as árvores afetam diretamente a temperatura e a qualidade de vida. Na sequência desta seção, do presente trabalho, serão apresentados os meios pelos quais a arborização contribui para a amenização do clima, com base em análises feitas a partir de artigos científicos sobre o tema.

Conforme afirma Velasco (2008), o plantio de árvores pode ocasionar a diminuição da temperatura nas cidades, em razão da capacidade de retenção, por parte das árvores maduras, de gases poluentes. Nas palavras do autor:

As árvores em ambientes urbanos têm a capacidade de reduzir o escoamento superficial (runoff) através da interceptação da precipitação, **de absorver poluentes**, de modificar o fluxo de radiação solar que atinge a superfície, de reduzir a temperatura do ar, de aumentar a umidade relativa, de alterar a velocidade dos ventos, entre outros. (Velasco, 2008, p.32, grifo nosso).

No entanto, é de suma importância o planejamento inteligente no plantio de árvores nesses meios, a fim de alcançar a melhora do clima e a redução das ilhas de calor. De acordo com Gonçalves e Paiva (2017) o conhecimento de cada região — sua mata nativa — é um fator importante, assim como seu relevo e clima, na medida em que esse conhecimento influencia no sucesso do plantio dessas espécies e na construção de áreas verdes urbanas. Acrescenta-se que, segundo Tallis (2011), as “árvores são melhores absorvedores do que qualquer vegetação rasteira”.

Ao observar uma área verde na cidade de Londres, o autor Tallis (2011) fez um paralelo entre a concentração de partículas poluidoras e sua remoção por coberturas verdes, em sua análise expõe que a ampliação da cobertura das árvores de 20% para 30% da área verde da Grande Londres, eleva a remoção de 1.109 para 2.379 toneladas (1,1-2,6 % de remoção), podendo haver uma progressiva absorção dessas partículas até o ano de 2050 (Tallis et al., 2011, tradução nossa).

Outro fator pelo qual a poluição afeta o ambiente climático é o aumento da radiação infravermelha emitida pelo Sol, que aquece a atmosfera.

A poluição do ar também aumenta a quantidade total de radiação infravermelha, de ondas longas, emitida a partir da atmosfera terrestre. Partículas de poluição refletem, sim, muita radiação, tanto do sol como da terra. Mas elas também tendem a absorver mais radiação. Isso **eleva a temperatura atmosférica** e aumenta a quantidade de energia que ela emite. (Gartland, 2008, p.33, grifo nosso).

Ou seja, o plantio de árvores tem um valor importante para amenizar os efeitos das mudanças climáticas, principalmente o aumento da temperatura no planeta.

Árvores e vegetação são componentes funcionais vitais para uma **cidade ou subúrbio saudável**. Árvores e vegetação saudáveis trazem inúmeros benefícios, inclusive comunidades mais confortáveis, menos consumo de energia, redução da poluição do ar, menos enchentes e melhorias para o ecossistema, e ainda aumentam os valores de propriedades. (Gartland, 2008, p.135, grifo nosso).

Assim, estando de acordo com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) assinadas pelo Brasil, mais precisamente a ODS 3: “assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades”. (Portal da Educação Ambiental, Governo de São Paulo, 2023).

2.3 A DIMINUIÇÃO DA TEMPERATURA, DAS ILHAS DE CALOR E DO USO DE

CONDICIONADORES DE AR, EM RAZÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E SOMBREAMENTO DAS ÁRVORES

De acordo com os estudos de Velasco (2008, p.32), “a redução da temperatura gerada pela presença de árvores ocorre de maneira direta e indireta, através do sombreamento e da evapotranspiração, respectivamente”. As árvores mitigam os efeitos das altas temperaturas pela sombra produzida pela copa de folhas e pelo processo de transpiração da planta. Explicando o processo de transpiração: “as plantas utilizam a umidade para controlar sua temperatura, transformando-a em vapor d’água, que é liberado para a atmosfera (Mascaró; Mascaró; Aguiar, 2001, Apud Velasco, 2008, p.35). Assim, causam frescor e um alívio na temperatura ambiente, por isso são chamadas de “condicionadores de ar naturais” (Grey e Deneke, 1978). Um dos fatores que causam a ilha de calor, além da absorção do calor pelos materiais de construção que o refletem, é a impossibilidade de dissipá-lo pela evaporação da água que percorre esses materiais. “[...] A maioria dos materiais de construção é resistente à água, portanto a água de chuva corre e vai embora, e não consegue dissipar o calor por meio da evaporação (ou evapotranspiração quando existem plantas envolvidas).” (Gartland, 2008, p.25). Assim demonstrando a importância da vegetação na melhoria do clima. O processo de evapotranspiração das árvores é reconhecido por legislações, como demonstrado no projeto de lei complementar nº12 de 2025 da cidade de Goiânia

Art. 50-A O Poder Executivo, por meio dos órgãos competentes, fica autorizado a promover a substituição gradativa de árvores com copas pequenas e baixa capacidade de evapotranspiração nas vias e áreas públicas do Município de Goiânia, **por árvores de espécies frondosas, de maior capacidade de evapotranspiração, com preferência por espécies nativas do Cerrado brasileiro.**

§1º As palmeiras e outras espécies exóticas de pequeno porte que atualmente compõem a arborização urbana serão, sempre que tecnicamente viável, substituídas por espécies frondosas, priorizando aquelas que contribuem para o **equilíbrio ambiental e para a melhoria das condições climáticas locais**

§2º As substituições deverão ser realizadas de forma progressiva, respeitando a viabilidade ambiental, técnica e econômica, sendo /priorizadas as áreas de maior concentração populacional e locais com **maiores índices de temperatura.** (Goiania, Projeto de lei complementar nº12/2025, art.50-A, grifo nosso).

O diploma acima da cidade de Goiania demonstra um avanço por parte dos legisladores, prova de que o conhecimento dessas questões e sua preocupação ocupam a pauta das casas legislativas no país, sendo adotado, por parte dos legisladores, o potencial das árvores como forma de mitigar as altas temperaturas, priorizando espécies regionais e locais com alta concentração populacional.

Em relação ao sombreamento, a quebra da luz solar provocada pelas copas de árvores diminui os efeitos das ilhas de calor ao alterar o fluxo da radiação solar (Simpson e Mcpherson, apud Velasco). Quando as árvores mudam a trajetória dos raios de sol, estes deixam de incidir diretamente sobre o ambiente dispersando-se e contribuindo para melhoria do clima local

As árvores podem ser uma alternativa barata para a diminuição da temperatura. “A sombra de árvores e as superfícies com alto albedo devem ser usadas como estratégia de **baixo custo** na redução de ilhas de calor urbanas” (Bretz, Akbari, Rosenfeld, 1998, Apud Velasco, 2008, p.23, grifo nosso).

É certo, portanto, que elas diminuem o uso de energia a partir do sombreamento que proporcionam. “[...]elas produzem **sombras** para edifícios, pavimentos e pessoas, protegendo-os do sol. Isso mantém superfícies mais frescas, **reduz o calor** que é transferido para o ar acima e **reduz o consumo de energia** dos edifícios abaixo delas.” (Gartland 2008, p.135, grifo nosso). Assim diminuem os custos no combate às ilhas de calor, pelo baixo uso de energia resultante

do resfriamento causado pelo sombreamento das árvores.

Em notícia do Portal Terra, escrita por Ferreira(2023), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) afirma, em matéria sobre conservação e biodiversidade, que uma única árvore equivale ao efeito de 10 aparelhos de ar-condicionado por meio da evapotranspiração, explica o autor que:

áreas arborizadas podem apresentar temperaturas de -4°C até -12°C quando comparadas com áreas não arborizadas em espaços urbanizados, segundo o estudo publicado na revista Nature Communications em 2021: a redução térmica decorrente do sombreamento pelas árvores é benéfica à saúde humana, oferecendo proteção contra queimaduras solares e insolação, reduzindo nosso batimento cardíaco e fornecendo conforto térmico e sensação de bem-estar (...) (Sanglade2023, Apud, Ferreira,2023).

Por fim, vale um adendo sobre o aumento expressivo do uso de condicionadores de ar em todo mundo, como demonstra uma notícia da Deutsche Welle Brasil (DW Brasil) que afirma que, em 2018 que 10% do consumo de energia elétrica proveio de condicionadores artificiais, de acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE). A mesma notícia destaca que sua disponibilidade alcança apenas 8% da população que vive nas partes mais quentes do planeta. Ainda segundo a reportagem, a solução seria o resfriamento passivo, que inclui o sombreamento proporcionado por árvores.

“A solução é simples: quanto mais árvores, mais sombra. Em Medellín, na Colômbia, autoridades plantaram os chamados ‘corredores verdes’, que são passagens com vegetação para manter pedestres e ciclistas livres do sol direto. A iniciativa ajudou a reduzir as temperaturas médias da cidade em 2 °C.” (DW Brasil, 2022/2025).

Em reportagem (AFP, 2023), ficou relatado que os equipamentos de refrigeração são responsáveis por altas emissões de carbono na atmosfera. “Atualmente, a climatização de espaços habitados é responsável pela emissão de aproximadamente 1 bilhão de toneladas de CO₂ ao ano, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), de um total de 37 bilhões emitidos em todo o mundo.” Consequentemente, o uso intensivo de condicionadores de ar também contribui para o aumento da temperatura ambiente e até formação de ilhas de calor. “Ao lançar ar quente nas ruas, o ar-condicionado contribui para os efeitos de ilha de calor urbano”. (ID,2023).

Sendo assim, passar-se-á à análise da distribuição e planejamento urbano para maximização dos efeitos benéficos das árvores.

2.4 A CORRETA DISTRIBUIÇÃO E PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO

O planejamento urbano consiste em uma das mais importantes políticas que podem contribuir com a solução do problema analisado nesse trabalho. O ordenamento jurídico brasileiro, através a Constituição Federal de 1988 e outros institutos jurídicos orientam os municípios a se planejarem. Eis que o Estatuto das Cidades, Lei 10.257/2001, traz como fundamental orientação a sustentabilidade e proteção ao meio ambiente nos espaços urbanos,

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus

efeitos negativos sobre o **meio ambiente** (Brasil, lei 10.257/2001, cap I, art 2, inciso IV, grifo nosso).

A distribuição das árvores pela cidade é um objeto de atenção do poder municipal, pois, para garantir um crescimento urbano saudável tanto para o meio ambiente quanto para a população, é importante a adequada manutenção das árvores do meio urbano

Vimos, no Item 4.1 anterior, que existem alguns instrumentos jurídicos que contribuem para o correto planejamento municipal, visando à melhor distribuição das árvores na cidade. Um desses instrumentos é o Plano Municipal de Arborização Urbana que possui a natureza jurídica de ato legislativo municipal, sendo, portanto, de competência de cada município. De acordo com Heisler (1986),

quando grandes árvores são bem distribuídas ao longo de um bairro, todas elas, em conjunto, podem ter um impacto significativo na temperatura e no uso de energia em todas as construções pertencentes àquele local, principalmente no verão. O plantio de árvores nas cidades é visto por diversos autores como uma alternativa de baixo custo para reduzir os efeitos das ilhas de calor urbanas. (Bretz, Akbari, Rosenfeld, 1998, Apud Velasco, 2008, p.20, grifo nosso.)

Desse modo, os municípios devem realizar um planejamento da criação de áreas verdes no meio urbano. Portanto, os governos municipais devem priorizar regiões com menor cobertura vegetal. Com base nos estudos observados por Velasco, oriundos de uma pesquisa realizada no Japão sobre a temperatura relativa em construções com e sem cobertura vegetal. “A distribuição da temperatura e umidade foi fornecida pelo modelo; os principais resultados mostraram que a temperatura era menor quanto maior a área vegetada” (Honjo, Takakura, 1990/91, apud Velasco, 2008, p.34).

Em avenidas onde há maior concentração de gases poluentes que aumentam a temperatura do ambiente, as árvores são capazes de filtrar até 70% da poluição do ar (Bernatzky, 1982, apud Velasco, 2008, p.32.). Deve-se levar em consideração a extensão das copas das árvores, pois, quanto maior sua área, melhor é a absorção dos poluentes e, consequentemente, a diminuição da temperatura. Segundo o trabalho de Tallis, ao observar a captura dos poluentes pelas copas na cidade de Londres. “os dados reportados sugerem que a extensão da copa urbana em áreas de alta PM10 poluição leva ao maior potencial de remoção de PM10 da atmosfera” (Tallis et al, 2011, p.136). Ademais, sobre o correto manejo do plantio, Bona adverte sobre o cuidado criterioso na escolha da vegetação, além de reconhecer os benefícios das árvores para o ambiente em seus critérios sobre a implantação de uma moradia.

O lugar conta com vegetação de qualidade? Ao mesmo tempo que a insolação é necessária, seu excesso pode ser prejudicial. A arborização urbana possui uma função de grande importância, **pois pode reduzir a sensação térmica por meio da sombra produzida bem como com a absorção de gás carbônico**, produção de oxigênio, captação de partículas suspensas e melhoria da umidade ambiental. Mas nem sempre a vegetação nativa é a mais indicada considerando suas raízes ou frutos que mais geram danos do que benefícios. **A escolha das árvores deve ser feita de forma criteriosa** e sua supressão deve observar critérios técnicos e compensada, de preferências, no mesmo lugar ou em seu entorno próximo para não causar danos ao equilíbrio existente. (Bona, 2023, p.331, grifo nosso).

Portanto, com relação a escolha criteriosa das árvores, é de suma importância que os governos municipais, estaduais e federal planejem cuidadosamente as espécies selecionadas, considerando principalmente a região com suas características próprias como diz:

O planejamento da implantação ou replantio da arborização urbana, portanto, para ser bem-sucedido, deve sempre levar em conta as **variáveis biológicas**,

espaciais, econômicas, tecnológicas, etc., de cada espécie, pois se as escolhas forem equivocadas poderão trazer prejuízos ao invés dos benefícios esperados, principalmente considerando-se as dimensões continentais do Brasil e a diversidade de biomas que caracterizam a sua natureza. (Mascarello, 2017, p.37, grifo nosso).

Nesse sentido, entre os problemas que o mal manejo das árvores no projeto de arborização.

Esses problemas e transtornos geralmente são danos estruturais em calçadas e galerias privadas, a obstrução do trânsito de veículos e pedestres. Existem também problemas ligados à rede elétrica que consiste na obstrução da iluminação pública e curto em rede de distribuição aérea (Prefeitura de Toledo, 2012, p.96).

Dessa informação, o plano diretor do município deve, entre outras coisas, estar ciente das espécies que irá fazer o plantio, e dos possíveis problemas decorrentes que a arborização feita de forma inadequada.

Partindo desses pressupostos, uma boa escolha para a captação de poluentes no meio urbano seria a espécie de árvore Sibipiruna (*Poincianella Pluviosa*), nativa do bioma da Mata Atlântica pertencente do Estado do Paraná.

Em relação à melhoria climática e conforto térmico da população, Mascaró e Mascaró, (2005) citam que a espécie tem um potencial de redução da temperatura em **vias** arborizadas, no período do verão, de até 9°C e um aumento na umidade relativa do ar de 15% devido, **principalmente à densidade da área ocupada pela sua copa** (Brun, 2012, p.24, grifo nosso.)

A Sibipiruna possui características interessantes que tornam conveniente o seu plantio, como a grande área de sua copa e em vias urbanas, além de se tratar de uma espécie nativa do Brasil. Portanto é importante, assim como ocorre com outras espécies, realizar sua manutenção — principalmente no que diz respeito à poda que se feita de maneira incorreta, pode tornar o espécime a ataques de cupins. (ID, 2012.)

Enfim, a finalidade do Plano Municipal de Arborização Urbana consiste exatamente em planejar a melhor forma de distribuição das árvores para plantio, manutenção e, principalmente, orientação da população quanto às espécies indicadas para as finalidades acima expostas, dentre as quais se destacam o refrescamento urbano, o embelezamento, o aumento da umidade do local, o controle de poluição sonora e do ar — sempre considerando as características climáticas da região e as espécies nativas, como forma de preservar a qualidade das espécies e da flora local.

2.5 DISCUSSÃO SOBRE GOVERNANÇA, CLIMA E A PARTICIPAÇÃO CIDADÃ NA REGULAÇÃO DO CLIMA E NO PLANTIO DE ÁRVORES

Sobre a governança climática, considerando o avanço das mudanças nos regimes do clima em nível mundial, com resultados maléficos para toda a população, torna-se imprescindível uma atuação conjunta entre os poderes públicos e as instituições privadas, no sentido de buscar soluções que amenizem os impactos e tornem mais resilientes as áreas ocupadas por grande parte da população, ou seja, as cidades. Segundo Bona (2019), é necessário ir além das ODS estipuladas pela ONU,

Nesse sentido, compreende-se que os Estados e, como veremos as **cidades** têm o dever de encontrar soluções para as demandas sociais em compasso com a proteção ambiental, indo além de uma agenda 2030. A União Europeia, por exemplo estipulou no final de 2020 um Pacto Ecológico Europeu que adota medidas mais concretas, a curto e médio prazo, acelerando os objetivos para o desenvolvimento sustentável da ONU. É salutar que **pesquisas nos centros de saber**, como os mencionados, portanto,

atendem esse objetivo, prioritariamente. Também a título de exemplo, a emenda constitucional n.85/2015, que altera o art.218 e institui parágrafos e artigos à constituição da república, institui o fomento e uma política de prioridade ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação, não deve ser compreendida sem a conjugação com o art.225, da mesma Carta. (Bona, 2023, p.24, grifo nosso.)

Percebe-se que o autor está de acordo com a Constituição Estadual do Paraná, que enfatiza a participação de todos os setores da sociedade nesse mister, incluindo as universidades.

Art. 207. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Estado, aos Municípios e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presente e futuras, garantindo-se a proteção dos ecossistemas e o uso racional dos recursos ambientais.

§ 1º. Cabe ao Poder Público, na forma da lei, para assegurar a efetividade deste direito: **I** - estabelecer, com a colaboração de representantes de entidades ecológicas, de trabalhadores, de empresários e das **universidades**, a política estadual do meio ambiente e instituir o sistema respectivo constituído pelos órgãos do Estado, dos Municípios e do Ministério Público; (Paraná, Constituição, art 207, inciso I, grifo nosso).

Nesse trecho, enfatiza-se a colaboração popular da sociedade em relação ao meio ambiente, sendo, portanto, um importante termo positivado no Direito.

Desse modo, para se alcançar uma governança efetiva do clima e do meio ambiente, é imprescindível a participação de entidades públicas e privadas, bem como o engajamento dos cidadãos na causa, construindo uma discussão ampla e profunda sobre a temática. Isso permite que todos tenham consciência das consequências de se “plantar e manter” uma árvore. Ou seja, a participação da sociedade fortalece a democracia ao incentivar a organização da população em prol de um objetivo nobre. Um exemplo de participação civil na regulação climática reportada pela British Broadcasting corporation Brasil (BBC news Brasil), é a criação do Parque Tiquatira em São Paulo/SP. O local, anteriormente um depósito de lixo, foi transformado graças à iniciativa do cidadão Hélio da Silva que começou a plantar árvores na região com o intuito de melhorar o clima da local. Posteriormente, Hélio obteve apoio da prefeitura para criação do parque, que se tornou o maior parque linear da cidade. (BBC news Brasil, 2025.) Assim, esse caso representa um exemplo efetivo de cooperação entre cidadania e o Estado.

Outros exemplos, de participação cidadã nesses casos internacionais são demonstrados na série documental *Vida a 50°C* feita pela BBC News Mundo, a qual relata experiências de vida que enfrentam o aumento da temperatura ao redor do mundo decorrentes das mudanças climáticas. Uma das histórias é sobre a construção de uma floresta urbana na cidade de Karachi, no Paquistão — maior cidade do país — realizada por um empreendedor que decidiu plantar mudas de árvores pela cidade, buscando apoio do governo local e do setor privado. (BBC news Brasil, 2021). Outro cenário demonstrado nas reportagens é o do Kuwait, onde um meteorologista alerta para o exponencial aumento de temperaturas no país, que é propício a enfrentar problemas climáticos por se tratar de um país com um clima quente e características geográficas marcadas por ventos que provenientes do nordeste, que trazem calor e poeira. A solução trazida pelo cientista é a criação de cinturões verdes de florestas que ajudariam a reduzir a temperatura. Ainda na mesma reportagem é mostrado a participação de uma cidadã que planta árvores no deserto com seus próprios recursos financeiros e também participa de um programa governamental de plantio de árvores em escolas (BBC news Brasil, 2022). Ademais, esses exemplos da participação do cidadão e do Estado mostra a importância de cooperação de ambas as partes para mitigar os efeitos danosos das mudanças climáticas, sendo uma política do Estado brasileiro pelo Art 41 da lei 12.651, que reconhece trabalhos que ajudam o meio ambiente e gerem benefícios, sendo um deles a regulação do clima.

É o Poder Executivo federal autorizado a instituir, sem prejuízo do cumprimento da legislação ambiental, programa de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente, bem como para adoção de tecnologias e boas práticas que conciliem a produtividade agropecuária e florestal, com redução dos impactos ambientais, como forma de promoção do desenvolvimento ecologicamente sustentável, observados sempre os critérios de progressividade, abrangendo as seguintes categorias e linhas de ação.

I - pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem serviços ambientais, tais como, isolada ou cumulativamente:

e) a regulação do clima; (Brasil, Lei 12.651/2012, cap X, art 41, inciso I)

A lei mostra o comprometimento do Estado brasileiro em criar medidas de incentivo para população se engaje em movimentos de combate às mudanças climáticas,

3. CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou, de maneira inequívoca, que as árvores exercem um papel essencial na regulação térmica do meio urbano, atuando como um recurso natural eficaz para mitigar os efeitos das mudanças climáticas antropogênicas, reduzir as ilhas de calor e diminuir o consumo de energia associado ao uso dos condicionadores artificiais de ar. Através da análise jurídica e científica, foi possível responder o questionamento central da pesquisa: sim, as árvores contribuem efetivamente para a regulação térmica urbana, por meio de mecanismos como a absorção de gases poluentes, a evapotranspiração e o sombreamento, que promovem a redução de temperaturas, o aumento da umidade relativa e a qualidade do ar.

Do ponto de vista jurídico, o sistema brasileiro, fundamentado na Constituição Federal de 1988 (art. 225) e no Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001), define aos municípios o dever de implementar políticas de sustentabilidade urbana, o qual inclui o Plano Municipal de Arborização Urbana. Esse instrumento, recomendado pela Resolução SEMA/PR n.º 040/2018 no Paraná, está em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente os ODS 11, 13 e 15. Deve ser desenvolvido com base em diretrizes que priorizem a distribuição adequada de espécies nativas, como a Sibipiruna, a fim de maximizar os benefícios ambientais e minimizar os danos estruturais. Leis estaduais e municipais, como o Projeto de Lei Complementar nº 12/2025 de Goiânia, reforçam a necessidade de substituir árvores de baixa evapotranspiração por espécies frondosas, evidenciando um avanço legislativo que reconhece o potencial arborizacional na mitigação de ilhas de calor e no combate à poluição.

No que diz respeito às ciências naturais, os estudos revisados sustentam que o plantio estratégico de árvores diminui as emissões de gases de efeito estufa, filtra poluentes (até 70% em áreas urbanas) e gera um resfriamento que se compara ao efeito de vários aparelhos de ar-condicionado, de acordo com investigações sobre evapotranspiração e sombreamento. Quando se observa o Parque Tiquatira, na Zona Leste de São Paulo, ou ainda projetos de arborização em Karachi, no Paquistão, e em Kuwait, já se sabe que a presença de árvores pode reduzir as temperaturas em até 12°C em áreas arborizadas, sem contar o conforto térmico, a saúde pública e a economia energética que a arborização urbana oferece. O sucesso, no entanto, depende de um planejamento detalhado que leve em conta aspectos biológicos, espaciais e regionais, a fim de evitar problemas como danos à infraestrutura e assegurar uma sustentabilidade a longo prazo.

A governança climática é, portanto, um elemento indispensável, exigindo a colaboração ativa entre Poder Público, sociedade civil e iniciativa privada, tal como preveem a Constituição paranaense (art. 207) e a Lei 12.651/2012. A participação ativa dos cidadãos, como em iniciativas populares de plantio, não apenas fortalece a democracia ambiental, mas também acelera a adoção de soluções resilientes, superando a Agenda 2030 para lidar com desafios

como o aumento populacional e o consumo de energia intensificado.

Assim, o arborizar urbano é uma solução viável, sustentável e de acordo com o direito positivo a fim de obter cidades mais resilientes e sustentáveis ambientalmente. É essencial que os gestores municipais elaborem e implementem, com a colaboração ativa da população, Planos de Arborização Urbana, visando assegurar benefícios para as gerações atuais e as que ainda virão. Pesquisas futuras poderiam se concentrar em métricas quantitativas de impacto em cidades brasileiras, bem como de se aprofundar em outras áreas da sustentabilidade urbana. Dessa forma, a arborização além de regular o clima, gera um legado de qualidade de vida e de preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

AFP. **Ar-condicionado é responsável pela emissão de 1 bilhão de toneladas de CO2 por ano.** 2023. Disponível em: Ar-condicionado é responsável pela emissão de 1 bilhão de toneladas de CO2 por ano Acessado em 13/10/2025

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **O que são mudanças climáticas.** 2024. Disponível em: O que são as mudanças climáticas? | As Nações Unidas no Brasil acessado em 07/06/2025

BRASIL – Ministério da Educação. **O que são os ODS e o que você tem a ver com isso?** 2015. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2023/09/o-que-sao-os-ods-e-o-que-voce-tem-a-ver-com-isso/> .

BRASIL. **Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009.** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima. Disponível em L12187 acessado em 13/10/2025

BRASIL. **Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001,** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em L10257 acessado em 13/10/2025

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012,** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em L12651 acessado em 13/10/2025

BONA, Celito. **A moradia sustentável um direito fundamental em formação,**2023, editora: Dialética.

BBC news Brasil- **O ‘plantador de árvores que criou floresta no meio de entulho em São Paulo,** 2025. Disponível em: O 'plantador de árvores' que criou floresta no meio do entulho em São Paulo. Acesso em 16 de agos. de 2025.

BBC news Brasil- **Como esfriar uma megacidade,** 2021, disponível em: Como esfriar uma megacidade - YouTube Acesso em 13/10/2025

BBC news Brasil- **Kuwait, o país que o calor pode tornar inabitável 2023**, disponível em Kuwait, o país que o calor pode tornar inabitável acessado em 13/10/2025

BRUN, Flávia- **Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (Poincianella Pluviosa var. Peltophoroides (Beth.) L.P Queiróz) na arborização viária de Maringá-PR**, 2012, Piracicaba, ESALQ/USP.

DW Brasil. **Como sobreviver ao calor extremo sem ar-condicionado, 2022/2025**, disponível em: Como sobreviver ao calor extremo sem ar-condicionado – DW – 18/02/2025 Acesso em 12 de out. 2025.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**, oficina de texto, (2010). São Paulo.

PARANÁ. **População do Paraná cresce acima da média nacional e ganha 65.8 mil habitantes (2025)** Disponível em: População do Paraná cresce acima da média nacional e ganha 65,8 mil habitantes | Governo do Estado do Paraná Acesso em 11/10/2025

GOIANIA - **Projeto de lei complementar nº12 de 2025**, Altera a Lei Complementar nº 374, de 24 de janeiro de 2024, para incluir artigo que determina a substituição de árvores com copa menor por árvores com copa frondosa e alta evapotranspiração, preferencialmente espécies nativas do Cerrado, e dá outras providências, Disponível em Visualização do Processo 00000.002001.2025-55 - SUAP: Sistema Unificado de Administração Pública acessado em 13/10/2025

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos do Desenvolvimento Econômico Sustentável: Cidades e comunidades sustentáveis**. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html> Acesso em 12 de set. 2025.

Leitão, Ana. **BH está entre as 10 cidades mais arborizadas do Brasil; veja qual posição**, Disponível em Cidades mais arborizadas do Brasil: ranking das 10 líderes em verde acessado em 13/10/2025.

MASCARELLO, ALBA- **EFEITOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA VIÁRIA SOBRE O CONFORTO TÉRMICO – Estudo de caso em Pará de Minas – Minas Gerais**, (2017), Belo Horizonte

PATAKI, D. E.; ALBERTI, M.; CADENASSO, M. L.; FELSON, A. J.; MCDONNELL, M. J.; PINCETL, S.; POUYAT, R. V.; SETÄLÄ, H.; WHITLOW, T. H. **The benefits and limits of urban tree planting for environmental and human health. Frontiers in Ecology and Evolution. Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, e603757, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.603757>.

SILVA, L.; SANTOS, F. **Desenvolvimento Sustentável**. eBook Kindle, 06.09.2023.
PARANÁ. **Resolução SEMA nº 040/18**. Publicado no Diário Oficial Do Estado do Paraná, nº. 10333, de 12 de Dezembro de 2018.

São Paulo- **lei nº 13.580 de 24 de julho de 2009**, institui o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, e dá outras providências. Disponível em Lei nº 13.580, de 24 de julho de 2009 - Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo

acessado em 13/10/2025

TALLIS, MATTHEW, et al, **Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London under current and future environments**, Landscape and urban planning 103 (2011) 129-138, Elsevier, United Kingdom.

TERRA. **Árvores são capazes de resfriar mais do que ar-condicionado? Especialista explica, 2023**. Disponível em: Árvores são capazes de resfriar mais do que ar-condicionado? Especialista explica . Acesso em 11/10/2025

TOLEDO-PR. **Plano Diretor de Arborização Urbana-PDAU**, 2012

VELASCO, GIULIANA, **Potencial da arborização viária na redução do consumo de energia elétrica: definição de três áreas na cidade de São Paulo-SP, aplicação de questionários, levantamento de fatores ambientais e estimativas Graus-Horas de calor**, Piracicaba, ESALQ/USP (2008)