



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**ALANA GABRIELA MIRA SILVA**

**SEQUESTRO DE CARBONO POR ÁRVORES URBANAS NO**  
**BAIRRO DAS GRAÇAS EM RECIFE - PE**

**RECIFE-PE**

**2023**

**ALANA GABRIELA MIRA SILVA**

**SEQUESTRO DE CARBONO POR ÁRVORES URBANAS NO  
BAIRRO DAS GRAÇAS EM RECIFE – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador (a): Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto

**RECIFE-PE**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586s

Silva, Alana Gabriela Mira

Sequestro de Carbono por Árvores Urbanas no Bairro das Graças em Recife - PE / Alana Gabriela Mira Silva. - 2023.  
43 f.

Orientador: Everaldo Marques de Lima .  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia Florestal, Recife, 2023.

1. Arborização Urbana. 2. Manejo Arbóreo . 3. Regulação Climática. 4. Estocagem de Carbono. I. , Everaldo Marques  
de Lima, orient. II. Título

CDD 634.9

---

**ALANA GABRIELA MIRA SILVA**

**SEQUESTRO DE CARBONO POR ÁRVORES URBANAS NO  
BAIRRO DAS GRAÇAS EM RECIFE – PE**

Aprovado em 12 de Setembro de 2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto  
(Orientador - Universidade Federal Rural de  
Pernambuco)

---

Me. Nélio Domingos da Silva  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco )

---

Prof. Dr. Marcelo Nogueira  
(Universidade Federal Rural de  
Pernambuco)

**RECIFE-PE**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho e de minha graduação não seria possível sem o apoio e carinho de quem sempre esteve ao meu lado, desta forma:

Agradeço a minha mãe, Suelene, que com muito esforço, dedicação e amor garantiu a minha educação tornando assim possível a finalização desta etapa e também por todo apoio, carinho e auxílio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão Alan, que tanto me apoiou, ajudou e que por muitas vezes, mesmo que de forma involuntária, acreditou mais em mim do que a mim mesma.

A minha namorada Paula, por me escutar, aconselhar, acreditar em mim e por toda paciência e amor em todos os momentos desta etapa, por mais difíceis que fossem.

As minhas amigas, Ana Carolina, Elisa e Ingedy e aos meus amigos Andresson e Gerson, por me apoiarem, por me lembrarem sempre do meu potencial e por estarem sempre ao meu lado.

À minha família por todo o carinho e apoio nesta etapa da minha vida.

Ao meu orientador Professor Dr. Everaldo Marques, pela paciência, cuidado e apoio durante, não apenas a escrita deste trabalho, mas durante toda a minha trajetória na UFRPE.

Agradeço ao Professor Dr. Marcelo Nogueira e ao PET Engenharia Florestal pela experiência e tudo o que o programa ofereceu para tornar melhor a minha formação.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos da minha turma por terem tornado a graduação mais leve e tranquila, por todos os momentos vividos juntos, sendo eles de estresse, alegria, descontração, viagens e muito mais. A graduação não seria a mesma sem vocês.

## RESUMO

A rápida expansão das áreas urbanas, aliada às mudanças no uso do solo, prejudicou a presença de vegetação nativa e esta alteração ocorre concomitantemente com o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Diante disso, a arborização urbana é empregada para amenizar as consequências decorrentes do crescimento desordenado dos centros urbanos. A presente pesquisa tem por objetivo estimar e quantificar o potencial de sequestro de carbono por meio da arborização viária do bairro das Graças, Recife - PE. O estudo foi realizado baseado no inventário florestal urbano e na coleta das variáveis dendrométricas (altura, DAP, área de copa), em seguida os dados foram tabulados por meio do programa Microsoft Excel®. Com os dados obtidos por meio do inventário, estimou-se o sequestro de carbono por espécie, utilizando a plataforma I-tree eco, e equações alométricas utilizadas pela própria plataforma para obter os valores referentes ao sequestro de carbono. Foram inventariados 137 indivíduos arbóreos, distribuídos em 30 diferentes espécies que sequestraram um total de 4,04 ton/ano de carbono da atmosfera. Para a determinação do total de carbono sequestrado foi levado em consideração as variáveis de altura total, diâmetro a altura do peito e peso seco calculado pela própria plataforma. A espécie com maior potencial de sequestro de carbono foi a *Senna siamea* (1,15 ton/ano), seguida das espécies *Licania tomentosa* (0,65 ton/ano) e *Filicium decipiens* (0,32 ton/ano). Dessa forma, destaca-se a implementação de áreas arborizadas, sendo arborização viária ou parques e áreas verdes, com foco em espécies que tenham crescimento rápido tanto em altura quanto em diâmetro.

Palavras chave: Arborização Urbana, Manejo arbóreo, Regulação climática, Estocagem de Carbono.

## ABSTRACT

The rapid expansion of urban areas, coupled with changes in land use, has undermined the presence of native vegetation and this alteration occurs concurrently with the escalation of Greenhouse Gas (GHG) emissions. In response, urban afforestation is employed to mitigate the consequences arising from the disorderly growth of urban centers. The present research aims to estimate and quantify the carbon sequestration potential through street tree planting in the Graças neighborhood, Recife - PE. The study was based on urban forest inventory and the collection of dendrometric variables (height, DBH, canopy area), followed by data tabulation using Microsoft Excel® software. Using the inventory data, carbon sequestration per species was estimated using the I-tree eco platform and allometric equations employed by the platform to obtain carbon sequestration values. A total of 137 tree individuals distributed among 30 different species were inventoried, collectively sequestering 4.04 tons/year of carbon from the atmosphere. Determination of the total sequestered carbon considered variables like total height, diameter at breast height, and dry weight calculated by the platform itself. The species with the highest carbon sequestration potential was *Senna siamea* (1.15 tons/year), followed by *Licania tomentosa* (0.65 tons/year) and *Filicium decipiens* (0.32 tons/year). Thus, the implementation of tree-covered areas, whether street tree planting or parks and green areas, with a focus on species with rapid growth in both height and diameter, is highlighted.

Keywords: Urban Afforestation, Tree Management, Climate Regulation, Carbon Storage.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. O ciclo do carbono na natureza.....	17
Figura 2. Localização da área de estudo.....	23
Figura 3. Espécies mais frequentes na arborização urbana do bairro das Graças, Recife-PE.....	28
Figura 4. Média de DAP e Altura total das espécies inventariadas no bairro das Graças, Recife-PE.....	29
Figura 5. Classes de DAP das árvores inventariadas do bairro das Graças, Recife-PE.....	30
Figura 6. Classes de Altura para determinação de Porte (baseado no Manual de Arborização Urbana do Recife-PE).....	30
Figura 7. Média de DAP das 4 espécies mais frequentes no bairro das Graças, Recife-PE.....	31
Figura 8. Média de Altura das 4 espécies mais frequentes no bairro das Graças, Recife-PE.....	32
Figura 9. Espécies mais frequentes relacionadas À quantidade de carbono avaliado (Ton/ano).....	34
Figura 10. Espécies com maior capacidade de sequestro de carbono.....	35



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Espécies encontradas nas ruas estudadas no Bairro das Graças em Recife-PE.....	26
Tabela 2. Tabela geral de espécies e seus respectivos valores em estocagem de carbono.....	32

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	15
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	15
<b>3.1 Floresta Urbana</b> .....	16
<b>3.2. Ciclo do Carbono e Mudanças Climáticas</b> .....	18
<b>3.3. Potencial do sequestro de Carbono por indivíduos arbóreos</b> .....	20
<b>3.4. Sequestro de Carbono em Árvores Urbanas</b> .....	22
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>4.1. Caracterização da Área de Estudo</b> .....	23
<b>4.2 Procedimentos Metodológicos</b> .....	25
<b>4.3 Inventário florestal Urbano</b> .....	25
<b>4.4 Determinação da quantidade de Carbono sequestrado na Plataforma <i>i-Tree Eco</i></b> 26	
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>5.1 Composição florística</b> .....	27
<b>5.2. Variáveis dendrométricas relacionadas a fixação de carbono</b> .....	30
<b>5.3. Determinação do potencial de sequestro de carbono</b> .....	33
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	39
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Jorgensen (1993), a floresta urbana é um ramo da silvicultura que tem por objetivo o cultivo e manejo de árvores que contribuem, ou possam contribuir, para a melhoria do bem-estar em termos sociológico, fisiológico e econômico para a sociedade. Desta forma, o termo floresta urbana recebe caráter amplo pois considera todo e qualquer vegetal incorporado ao meio urbano, assumindo assim o conceito de que a mesma é formada por cada componente de vegetação que integra o cenário da paisagem urbana (Grise; Biondi; Araki, 2016).

De acordo com Biondi (2015) pode-se considerar duas grandes categorias para as florestas urbanas, a particular e a pública, e suas respectivas subcategorias, como arborização de ruas e áreas verdes (fragmentos florestais urbanos e áreas verdes culturais). Assim, será adotado nesta pesquisa, para designar a arborização urbana, o termo floresta urbana.

A floresta urbana exerce distintas funções e integra inúmeros benefícios nos âmbitos sociais, estético e ecológico dos centros urbanos, atribuindo a estes melhor qualidade de vida e desenvolvimento ambiental nas cidades (LIMA NETO et al., 2016).

A maior parte da população encontra-se localizada nestes centros urbanos, devido a isto, se faz necessário um planejamento adequado e viável das cidades e conseqüentemente da floresta urbana, buscando sempre condições propícias para a manutenção das espécies, a fim de trazer benefícios para a população (MACHADO et al., 2013). Se faz necessário também à intervenção para a melhoria da qualidade de vida e das condições de convivência (CARBONE, 2019). Portanto, a utilização de espécies arbóreas no meio urbano, destacam-se alguns serviços ecossistêmicos como o controle do microclima, redução de ruídos, regulação hídrica, paisagismo das cidades, dentre outros (BOLUND; HUNHAN MAR, 1999).

Em uma conjuntura planejada das cidades a tendência seria de usufruir plenamente de todos os benefícios das espécies arbóreas, a fim de mitigar os efeitos adversos das ações antrópicas (OLIVEIRA, 2019).

Atualmente, uma das maiores preocupações quanto ao meio ambiente e sua conservação está atrelada ao excessivo aumento na emissão dos Gases do Efeito Estufa - GEE e sua contribuição para o aumento do aquecimento global.

Barreto, Freitas e Paiva (2009) afirmam que as atividades antrópicas vêm gerando aumento considerável na emissão de GEEs sendo os principais metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $NO_2$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), este último é considerado o gás que apresenta maior

contribuição para o aumento do efeito estufa. Este cenário modificou e continua modificando a composição atmosférica causando desequilíbrio ambiental, neste ponto as mudanças climáticas são assunto de interesse global.

As árvores urbanas podem ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas sequestrando o carbono presente na atmosfera (na forma de dióxido de carbono), no solo e consequentemente filtrando as emissões de dióxido de carbono proveniente de combustíveis fósseis (ABDOLLAHI et al., 2000).

As árvores reduzem a quantidade de carbono da atmosfera, sequestrando carbono durante todo seu ciclo de crescimento. A quantidade de carbono sequestrado está diretamente ligada ao tamanho e saúde das árvores. Tais mudanças geram impactos diretos à sociedade e frente a isto, órgãos governamentais articulam discussões acerca de políticas climáticas.

O reconhecimento da importância das árvores no contexto das mudanças climáticas leva governos e organizações a tratarem as políticas climática de forma a incentivar a conservação e plantio de árvores. Iniciativas como reflorestamento, programas de conservação florestal e práticas sustentáveis são partes integrantes dessas estratégias.

Discussões a respeito do sequestro de carbono por meio de indivíduos arbóreos tornou-se relevante e de maior interesse quando, na Conferência de Kyoto de 1997, foi formalizado o Protocolo de Kyoto, em que países desenvolvidos pretendiam reduzir suas emissões de GEEs. Este acordo não pré-estabelecia condições sobre como deveriam ocorrer estas reduções, então cada país tornou-se responsável por suas leis quanto às emissões de carbono pelas indústrias (Barreto, Freitas e Paiva. 2009).

Além das ações realizadas de forma conjunta em escala global, o Brasil estabeleceu o Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas - PNMC (Brasil, 2008), com principal concepção a coordenação dos desafios e metas quanto às mudanças climáticas, a Lei 6.938/81 (Brasil, 2009) instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima, com metas para diminuição dos efeitos nocivos ao ambiente, o desenvolvimento social e econômico e a proteção do clima, elaboração de planos de mitigação e adaptação (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, 2012).

No acordo de Paris, implementado em 2016, que surgiu como uma continuação dos esforços estabelecidos no Protocolo de Quioto, teve como objetivo adotar medidas decisivas para manter o aumento da temperatura média global significativamente abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, além de envidar esforços para limitar esse aumento a 1,5°C (Silva, 2019). Para aumentar esta meta, cada país participante comprometeu-se a apresentar

metas de reduções de emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio das chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, em inglês) (UNFCCC, 2018).

No âmbito nacional o Congresso Nacional Brasileiro ratificou o acordo transformando as metas de redução de GEE em compromissos obrigatórios. O compromisso estabelecido pelo Brasil foi de reduzir as emissões de 37% abaixo dos níveis até o ano de 2025 e em 43% até 2030 e, para atingir essas metas, o Brasil comprometeu-se em aumentar sua participação de bioenergia sustentável em sua matriz energética, bem como realizar a restauração e o reflorestamento de 12 milhões de hectares de floresta.

Nowak et al (2002) diz que a estocagem de carbono é outra forma de auxílio que as árvores oferecem à questão das mudanças climáticas e que conforme a árvore cresce, ela armazena mais carbono em seus tecidos. Contudo, na medida em que uma árvore morre e se decompõe, ela libera muito do carbono armazenado de volta para a atmosfera. Ainda de acordo com este autor, o armazenamento é uma indicação da quantidade de carbono que pode ser liberada se as árvores morrerem e se decomporem. Preservando a saúde das árvores elas irão conservar a estocagem de carbono.

Pereira (2021) afirma que é indispensável que o ambiente urbano seja levado em consideração nos impactos sobre o clima global e nas diligências relacionadas às mudanças climáticas, inserindo-o assim em estratégias de adaptação e mitigação. Neste cenário, as florestas urbanas se destacam pelo seu potencial mitigador frente às mudanças climáticas (Andersson et al, 2014; Raciti et al., 2014; Brandt et al., 2016).

Pereira (2021) afirma que, os estudos no cenário nacional que oferecem previsões, valorações, análise florestal urbana e suas relações com as mudanças climáticas são escassos, mas estudos nacionais a respeito do potencial mitigador das florestas urbanas e seus serviços ecossistêmicos, sua otimização, previsão é possível valoração podem ser muito úteis no processo de conscientização do poder público sobre o potencial das florestas urbanas frente às mudanças climáticas, podendo auxiliar veemente na criação de planos e políticas que relacionam as florestas urbanas e seu potencial mitigador climático.

Posto isto, este trabalho se justifica pela necessidade do estudo do papel da floresta urbana como auxiliar na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Nesse sentido, o presente estudo se norteia com base nas seguintes hipóteses formuladas:

H0: O potencial de diferentes espécies em acumular carbono varia em função das características dendrométricas e dendrológicas.

H1: O potencial de diferentes espécies em acumular carbono não varia em função das características dendrométricas e dendrológicas.

Essas hipóteses levantam algumas questões, tais como: qual o potencial de armazenamento de carbono pelas espécies arbóreas em meio urbano? As características dendrológicas e dendrométricas enquadram-se no estudo de estocagem de carbono?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar o potencial de estocagem de carbono de árvores urbanas, com o auxílio do programa i-Tree eco, no bairro das Graças Recife-PE, a fim de obter a quantidade de carbono fixado na vegetação arbórea, contribuindo para estudos da eficiência da floresta urbana na promoção do serviço ecossistêmico de regulação climática.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- a) Mensurar variáveis dendrométricas relacionadas a fixação de carbono na arborização das amostras selecionadas;
- b) Estimar o volume de carbono estocado das espécies na área de estudo;
- c) Identificar as espécies com maior potencial de estocagem de carbono na área estudada.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Floresta Urbana

A presença de vegetação nas cidades surgiu de diversas formas, normalmente como um parque, praça, jardim, vias, ruas, etc. ocupando áreas distintas e apresentando características diferentes entre si, antes sendo definido como espaços verdes (Almeida, 2006).

*Os espaços verdes podem ser definidos como o conjunto de áreas livres, ordenadas ou não, revestidas de vegetação, e que exercem funções de protecção ambiental, integração paisagística e arquitectónica, e/ou de recreio. Podem afigurar-se das seguintes formas: parques e jardins urbanos, públicos e privados; áreas de integração paisagística e de protecção ambiental de vias e outras infra-estruturas urbanas; taludes e encostas revestidos de vegetação; vegetação marginal dos cursos de água e de lagos; sebes e cortinas de protecção contra o vento ou a poluição sonora; zonas verdes de cemitérios; zonas agrícolas e florestais residuais no interior dos espaços urbanos ou urbanizáveis (Fadigas, 1993).*

Por conseguinte o termo espaços verdes foi sendo modificado com o passar dos anos e assim, em 1965, foi utilizado pela primeira vez o termo *floresta urbana* para designar o que antes era dito como espaços verdes.

Dito isto, o termo floresta urbana abrange toda cobertura vegetal localizada dentro dos centros urbanos, podendo ser de domínio público ou privado e que se divide em áreas verdes e arborização de ruas (Biondi. 2015.). Integra-se ao conceito de floresta urbana as árvores plantadas em calçadas, parques, praças, jardins, estacionamento, cemitérios e bosques. (ARAÚJO, M., ARAÚJO, A., 2011).

A presença de vegetação nas cidades traz diversos benefícios não apenas sociais e econômicos, mas também estéticos e ecológicos, como podemos ver no Tabela 1.



Quadro 1 - Benefícios da presença de vegetação nas cidades

Benefício	Descrição
<b>Ecológico</b>	Impacto no clima urbano através do controle da temperatura, do vento e da umidade. Redução da poluição do ar, do ruído, da luminosidade e da reflexão da luz, prevenção de cheias e controle da erosão. Instalação de biótopos de flora e fauna em ambiente urbano (Biodiversidade).
<b>Social</b>	Oportunidades de recreação, melhoria na habitação e do local de trabalho, impacto na saúde física e mental. Valores culturais e históricos.
<b>Estético</b>	Paisagem diversificada através das cores, texturas, formas e densidades de plantas diferentes. Crescimento das árvores, dinâmica das estações e contato da população com a natureza. Definição de espaços abertos, enquadramento de vistas de edifícios.
<b>Econômico</b>	Aumento do valor de propriedade, valorização da atividade de turismo e mais-valia de diversos produtos florestais (madeira, cortiça, fruta, cogumelos, etc). Redução no consumo energético dos edifícios, como por exemplo, ar condicionado e aquecimento.

FONTE: Adaptado de Tryväinen, L.; Pauleit, S.; Seeland, K.; Vries, S. 2005. Ob. cit., p. 82.

Diante disto, as cidades têm promovido a implantação e o sustento de florestas urbanas como uma forma de melhoria na qualidade de vida da população, bem como melhoria ambiental e econômica (Jiang et al., 2015).

As florestas urbanas são denominadas como um conjunto de árvores dentro dos espaços urbanos, onde dentro dos serviços prestados por elas tem-se o armazenamento significativo de CO<sub>2</sub> por seus caules, ramos e raízes, tornando assim um componente essencial tanto para o ciclo do carbono como para o ecossistema urbano (Raciti et al, 2012; Pereira, 2021).

O sequestro de carbono pelos indivíduos arbóreos é dependente de variáveis ambientais, como, luminosidade, temperatura e umidade, e as características arbóreas, sendo elas tamanho da árvore, maturidade, taxa de crescimento e expectativa de vida. Estudos como o de Brack (2002) mostram que árvores grandes ou jovens detêm maior quantidade de

carbono, sendo que indivíduos com diâmetros maiores (>70cm) irão armazenar maiores quantidades de carbono do que árvores com diâmetros menores.

Deve-se considerar também fatores como idade, composição e história da floresta urbana, pois tais fatores também influenciam no armazenamento de carbono por meio das espécies, uma vez que o aumento populacional e falta de planejamento dos centros urbanos influenciam diretamente na diminuição das florestas urbanas e consequentemente nas taxas de sequestro de carbono (Fuller; Gaston, 2009).

No que tange às alternativas para mitigação dos efeitos causados pelas mudanças climáticas, a floresta urbana surge como um instrumento importante e de grande potencial neste ponto. Os indivíduos arbóreos podem oferecer benefícios para melhoria da qualidade de vida e saúde dos seres humanos (Velasco et al, 2016; Oliveira, 2019). No entanto as florestas urbanas são negligenciadas quanto a sua utilização em políticas públicas climáticas, Pereira (2021) mostra que essa possa ser uma visão obsoleta quanto às florestas urbanas, por tratar-se de um espaço altamente alterado e urbanizado e que sofre constantes alterações.

Diante deste exposto podemos considerar a floresta urbana uma ferramenta de conscientização não apenas ao setor público, mas também ao setor privado e a população, demonstrando os benefícios das floresta urbana frente às mudanças climáticas.

### **3.2. Ciclo do Carbono e Mudanças Climáticas**

O carbono é um elemento químico metalóide, encontrado na natureza ou em sua forma cristalizada (quando junto com o hidrogênio) formando um elemento básico dos compostos orgânicos. Este elemento pode ser encontrado principalmente em quatro nichos da Terra, sendo eles: Atmosfera, oceanos, ecossistemas terrestres e formações geológicas, e se manifesta com uma grande variedade de compostos, mais envolvidos em seu ciclo temos como principais o  $CO_2$ ,  $CH_4$ , hidrocarbonetos e  $CO$  (Barreto;Freitas e paiva, 2009). O ciclo do carbono é importante na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, pois ele desempenha papel fundamental de produtor-estocador de  $CO_2$  presente no ar (Figura 1).

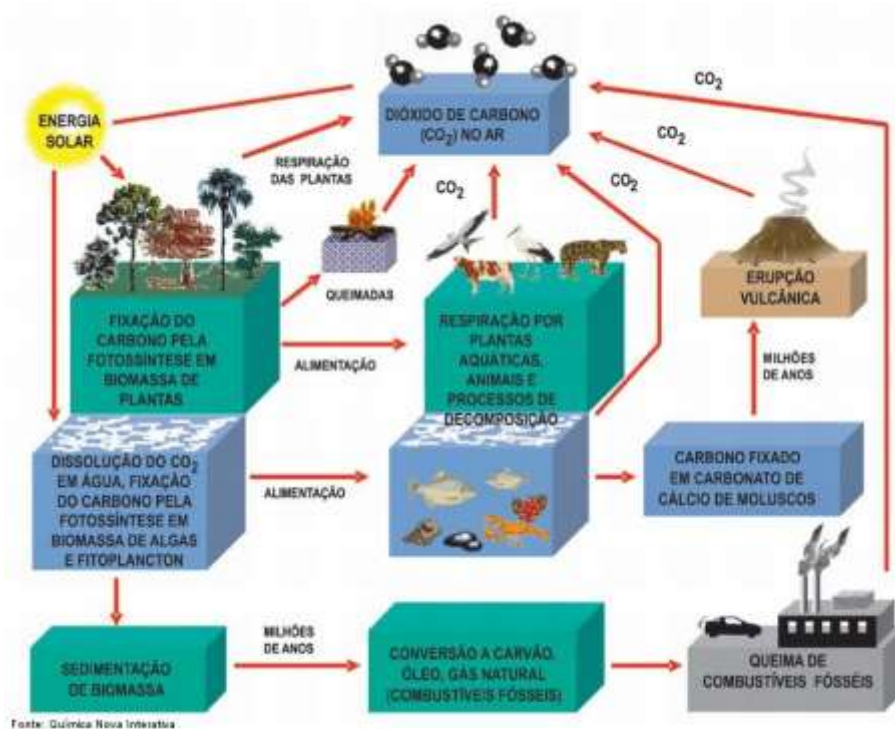


Figura 1 - O ciclo do carbono na natureza.

Fonte: MARTINS O. S.. (2003)

Os combustíveis fósseis, maior fonte de emissão de gás carbônico no meio urbano, são necessários para geração de eletricidade, uso para automóveis, dentre outras funções e como resultado da queima deste combustível temos a liberação do gás carbônico. O aumento das emissões deste gás se deu no século XVII com a ocorrência da Revolução Industrial, a qual utilizou de grandes quantidades de carvão mineral e petróleo como fontes de energia (RENNER, 2004).

O art. 1º da Resolução nº 1 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) julga que, impacto ambiental é toda e qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, sendo esta causada por qualquer resultante de atividades humanas que, de forma direta ou indireta, afetam assim a saúde, segurança e bem-estar da população, qualidade dos recursos ambientais, atividades sociais e econômicas, condições estéticas e sanitárias e biota. (BRASIL,1986).

Barreto; Freitas e Paiva (2009), afirmam que devido ao grande e desordenado aumento populacional nos centros urbanos, observou-se uma alteração na relação harmônica que existia entre as esferas do sistema terrestre, causando assim desequilíbrio ambiental e alterações na qualidade de vida.

De acordo com o Plano Nacional Sobre Mudanças Climáticas (PNMC), o Brasil tem sua maior parcela de emissões provenientes da mudança do uso da terra, principalmente na

conversão de uso florestal para agropecuário. No Brasil, a emissão de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis é a principal fonte emissora dentro do meio urbano, Cerri et al. (2009) afirma que durante o período de 1990 a 2005, a emissão de CO<sub>2</sub> passou de 207,4 Mg para 347,0 Mg, correspondendo a um aumento de 44,4% da concentração deste poluente.

Lombardo (1990) afirma que a grande concentração de dióxido de carbono e demais poluentes é uma das principais causas na alteração climática no ambiente urbano, exercendo função de principal indicador da degradação ambiental urbana, o que reflete diretamente na qualidade de vida da população.

Sendo assim, a qualidade de vida e saúde humana daqueles que se encontram dentro dos centros urbanos, frente às mudanças climáticas, será afetada consideravelmente devido a ocorrência de mais ondas de calor extremo durante o verão em conjunto com o aumento do número de dias de calor intenso (BAIRD, 2002).

### **3.3. Potencial do sequestro de Carbono por indivíduos arbóreos**

No ano de 1997, na conferência de Kyoto, o termo sequestro de carbono foi conceituado e mencionado a primeira vez, com isto iniciou-se discussões acerca da redução de gases do efeito estufa (GEEs) por meio dos países mais desenvolvidos, onde estes se comprometeram a reduzir suas emissões.

Enquanto países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, tiveram que estabelecer medidas para um desenvolvimento sustentável (MMA, 2014), e tomou como significado o ato de se retirar, de forma natural, o CO<sub>2</sub> por indivíduos arbóreos (Esteves, 2011).

Gardner e Mankiw (1981) demonstram que:

Os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa terrestre e cobrem aproximadamente 40% de sua superfície. As florestas apresentam uma elevada taxa de fixação de carbono, quando comparado com outras tipologias vegetais.

Os indivíduos arbóreos desempenham papel significativo diante da problemática da emissão de carbono, devido à sua capacidade de estocagem de carbono a longo prazo.

Segundo Baird (2002), o CO<sub>2</sub> presente na atmosfera pode ser retirado durante o desenvolvimento das árvores, onde o crescimento e a absorção de CO<sub>2</sub> são proporcionais, ou seja, quanto mais rápido o crescimento maior será o sequestro de carbono. Renner (2004)

afirma que, devido ao rápido crescimento das árvores nos trópicos, um hectare de floresta sequestra um quantitativo maior do que um hectare de floresta temperada.

Renner (2004) alega, as florestas são o maior reservatório de carbono e que cerca de 80% de todo o carbono estocado na vegetação terrestre e 40% presentes no solo, são estocados pelas florestas. Pode-se observar o desempenho das florestas e solo no Quadro 1.

**Quadro 2 - Desempenho dos tipos de floresta na estocagem de carbono**

BIOMA	Área (10 Km <sup>2</sup> )	Estoques de Carbono (Gt de C)		
		Vegetação	Solos	Total
<b>Floresta Tropical</b>	17,6	212	216	428
<b>Floresta Temperada</b>	10,4	56	100	159
<b>Floresta Boreal</b>	13,7	88	471	559
<b>Savanas Tropicais</b>	22,5	68	264	30
<b>Campos Temperados</b>	12,5	9	295	304
<b>Desertos e semidesertos</b>	45,5	8	191	199
<b>Tundra</b>	9,5	6	121	127
<b>Pântanos</b>	3,5	15	225	240
<b>Terras agrícolas</b>	16,0	3	128	131
<b>Total</b>	151,2	466	2011	2477

Fonte: WATSON et al.,2000.

Na arborização urbana, a Agência de Registros de Ações de Controle Climático da Califórnia – USA(2008), por meio do Protocolo de árvores urbanas, alegam as funções básicas do uso de árvores no ambiente urbano tendo como principais a redução do aquecimento e utilização de ar condicionadores, reduzindo a emissão de GEEs por meio do uso da eletricidade e que, após a morte dos indivíduos, o carbono armazenado é liberado na atmosfera pela decomposição.

Portanto, o entendimento quanto ao potencial de fixação de carbono pelas árvores no meio urbano já existentes é primordial como base do planejamento de projetos urbanos,

minimizando não apenas a emissão de carbono mas também os impactos à sociedade. McHale, McPherson e Burke (2007) alegam que a inserção da floresta urbana no mercado de carbono traria consideráveis aportes financeiros e incentivos à promoção da arborização urbana dentro dos centros urbanos.

### 3.4. Sequestro de Carbono em Árvores Urbanas

O reconhecimento das alterações por meio das atividades antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos no meio urbano e a valoração destas funções, como o sequestro de CO<sub>2</sub>, pode auxiliar no planejamento e conservação, criando cidades mais sustentáveis e, conseqüentemente, melhoria na qualidade de vida, no social e econômico (Strombach e Haase, 2012). Desta forma, áreas urbanas com potenciais arbóreos podem ter um papel importante na minimização dos impactos ambientais durante o crescimento urbano, melhorando o ambiente urbano através da melhoria na qualidade do ar, redução de ruídos, diminuição da temperatura pelo sombreamento, absorção direta de gases do efeito estufa (principalmente o dióxido de carbono) (Soares et al., 2011).

Os indivíduos arbóreos possuem capacidade fotossintética e de produção de madeira, sendo assim são capazes de armazenar fitomassa florestal e possuem ainda habilidade de armazenar grandes quantidades de carbono na vegetação e no solo através desses processos fotossintéticos (Souza; Soares, 2013).

Desta forma quando alterada, naturalmente ou antropicamente, as árvores liberam CO<sub>2</sub> para a atmosfera, durante seu crescimento a produção de fitomassa opera como sumidouro de carbono, que por sua vez desempenha um papel fundamental no ciclo do carbono, dois processos ocorrem, são eles: (a) fixação, realizada pelo sequestro de carbono atmosférico e incorporação na biomassa e (b) emissão, que é o resultado da respiração celular e da decomposição da biomassa (Souza; Soares, 2013)).

Para quantificação do potencial de sequestro de carbono pelos indivíduos arbóreos em centros urbanos é necessário o desenvolvimento de técnicas de monitoramento próprias para as mesmas e desenvolvimento de equações alométricas próprias para as árvores urbanas (Arnold, Haase, 2012).

Brown (1997) afirma que a estimativa de carbono por meio da biomassa florestal requisita que todos os componentes arbóreos sejam estimados, incluindo também arbustos, palmeiras, lianas e outros, assim também como a parte morta: serrapilheira e madeira.

Todavia sabe-se que a maior parte da biomassa florestal encontra-se na parte viva das árvores, sendo composta por: folhas, galhos, ramos, tronco principal e casca.

No processo de estimativa de altura, volume, biomassa e carbono comumente são aplicados o desenvolvimento de equações a partir de modelos alométricos (Brianezi et al., 2013). Estas equações auxiliam diretamente na capacidade de predição e quantificação dos recursos florestais (Trevisan, 2018).

Por meio destas equações são estimados parâmetros estatísticos a partir de dados de entrada, tais como o diâmetro com casca a altura de 1,30m do solo (DAP) ou ainda a altura do fuste ou total da árvore (H), diâmetro do toco e outros (Kohler et al., 2012).

O uso de equações alométricas variam a depender da região, espaçamento e idade que será realizado o inventário (Campos; Leite, 2013). O ajuste para indivíduos arbóreos em condições específicas, como no caso da floresta urbana, é indispensável em virtude que os benefícios econômicos, ambientais e sociais advindos desse uso dependem diretamente destas informações (Lima; Araújo; Amaro, 2020).

Mascaro e Muneroli (2010) afirmam que a arborização urbana diminui o nível de carbono presente na atmosfera quatro vezes mais que árvores individuais não localizadas na zona urbana, esta diferença se dá pelo tamanho do diâmetro das copas (Nowak e Crane, 2002).

Araujo, Moreira e Neves (2020) constataram a floresta urbana em estágio inicial ou médio demonstrou os maiores resultados em relação ao estoque de carbono, desempenhando efetivamente sua função ecológica, sendo o componente vegetal que demonstrou a maior capacidade de absorção de carbono foi o tronco principal da árvore, denominado de fuste, resultado encontrado também no estudo de Figueiredo et al. (2015) onde este avaliou a dinâmica de estocagem de carbono em fustes de indivíduos arbóreos de uma floresta estacional semidecidual.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da Área de Estudo**

O estudo foi realizado em Recife, Estado de Pernambuco (8° 04' 03" e 34° 55' 00" O). Onde, de acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger, o clima da cidade é classificado como tipo As' (Medeiros, et al., 2018), a cidade de Recife é caracterizada com

um clima tropical úmido, apresentando clima seco no verão e fortes chuvas no inverno e temperatura média de 25,2° (IBGE, 2012).

O Recife está localizado na região Nordeste do Brasil, que faz parte do domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, mas a cobertura vegetal natural foi significativamente impactada pela urbanização, resultando em uma redução das áreas verdes e da vegetação nativa. O principal rio que atravessa a cidade é o Rio Capibaribe, que desempenha um papel importante na paisagem urbana e história do Recife. Recife possui 228,843 km<sup>2</sup> e população estimada de 1.488.920 habitantes pelo IBGE (2022) e a divisão territorial se dá em 94 bairros, inseridos em 6 regiões político-administrativas (RPA), segundo a Prefeitura do Recife (2020).

O bairro selecionado para a realização deste estudo foi o bairro das Graças, localizado na Zona Norte de Recife (Figura 2), que conta com uma área de 144 hectares, possuindo 7.015 residências e população de 20.538 habitantes, estando inserido na terceira Região Político-Administrativa (RPA) (RECIFE, 2019). O determinado bairro foi escolhido por apresentar uma extensa área arborizada o que facilitou e viabilizou a aplicação das metodologias aplicadas na pesquisa.

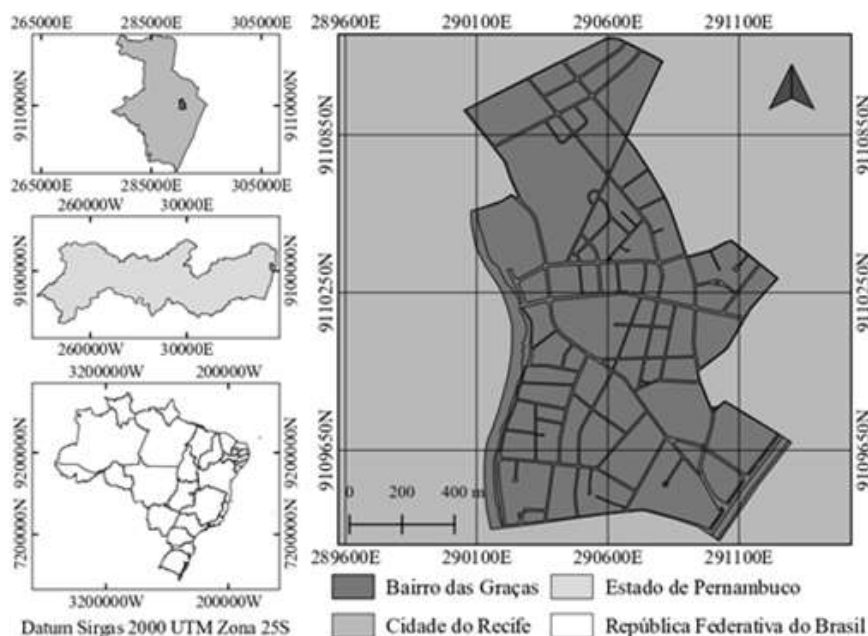


Figura 2 - Localização da área de estudo.

Fonte: Oliveira (2019)



## 4.2 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente realizou-se uma revisão de literatura acerca dos trabalhos já realizados no âmbito Nacional, sobretudo, durante o período entre 2012 e 2022. Além disso, foi feita uma análise dos materiais coletados durante a pesquisa realizada no Programa de Iniciação Científica (CNPq), entre 2019 e 2020, no âmbito da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Sequencialmente foi realizado um inventário florestal na área de estudo selecionada, e posterior determinação de sequestro de carbono por meio de equação alométrica realizada na plataforma *i-Tree Eco*.

## 4.3 Inventário florestal Urbano

Para a realização do inventário florestal seguiu-se as especificações do programa *iTree Eco* e recomendações de Oliveira (2019). Neste estudo foi escolhido para realização o inventário completo, este método possibilita a análise dos serviços ecossistêmicos de cada indivíduo arbóreo, ou seja, cada árvore é considerada uma unidade amostral.

Para o inventário utilizou-se da planilha disponibilizada pela plataforma *i-Tree Eco* (Anexo 1), em que foram registrados as seguintes informações sobre os indivíduos: espécie, endereço, uso da terra, diâmetro à altura do peito (DAP), saúde da copa, altura total da árvore e de copa viva, altura da base da copa, comprimento da copa, porcentagem de copa ausente, exposição da copa à luminosidade, recomendações de manutenção, conflitos com elementos e coordenadas, obtidas com GPS. Por tratar-se de uma plataforma internacional foi essencial a adaptação da planilha para execução do inventário. Foram coletados dados de:

- a) Espécie: nome popular, científico e origem. A identificação das espécies foi feita segundo o segundo APG IV (BYNG et al., 2016);
- b) Origem: no que diz respeito à origem das espécies, foram classificadas como nativas aquelas que têm sua origem em formações vegetais existentes no Brasil. Já as espécies que ocorrem em ecossistemas distintos dos encontrados no território brasileiro foram consideradas exóticas, utilizando um método adaptado da abordagem de Paula et al. (2015);
- c) Uso do solo: comercial, instituição, residências (prédios, condomínios, casas) e locais vago;
- d) Dados dendrométricas: altura, diâmetro a altura do peito (DAP), largura da copa, altura total, altura da copa viva, altura da base da copa, altura potencial, largura da copa e porcentagem de copa ausente;

- e) Aspectos fitossanitários: exposição da copa a luz solar, saúde da copa em porcentagem (de 0 a 100%, de considerando o intervalo percentual de análise visual de 20%);
- f) Características da área verde: proximidade a prédios, presença ou ausência de rede área de distribuição de energia, entorno (vias) e conflito com calçadas.
- g) Manutenções recomendadas: técnicas recomendadas (nenhuma, poda de formação, poda de limpeza, poda de manutenção, levantamento de copa, remoção de vegetação, supressão e tratamento de pragas) e responsável pela manutenção (órgão público ou privado).

#### 4.4 Determinação da quantidade de Carbono sequestrado na Plataforma *i-Tree Eco*

O armazenamento de carbono refere-se à quantidade de carbono ligada nas partes acima e abaixo do solo de madeiras lenhosas. Neste sentido, a equação alométrica utilizada pelo *i-Tree* baseia-se no estudo realizado por Chaves (2005), intitulado “*Alometria de árvores e estimativa de estoque de carbono e equilíbrio em floresta tropical*”, em que o autor classifica de acordo com o tipo de floresta, sendo elas: seca, úmida e chuvosa, também classifica-se úmida de mangue. Para a elaboração do trabalho a plataforma utiliza a equação correspondente a de floresta seca, pois a própria plataforma reconhece e estabelece como floresta seca, a área na qual será realizada a determinada pesquisa. Com isto, a equação utilizada foi:

$$\begin{aligned}
 (AGB)_{est} &= \exp(-2.187 + 0.916 * \ln(pD^2 H)) \\
 &= 0.112 * [(pD^2 H)]^{0.916} \\
 (AGB)_{esp} &= p * \exp(-0.667 + 1.784\ln(D) + 0.207 [(\ln(D))]^2 \\
 &\quad - 0.0281 [(\ln(D))]^3)
 \end{aligned}$$

Onde, AGB é a estimativa de biomassa acima do solo em Kg, que vai levar em consideração o diâmetro (D), o valor do peso seco (p) e a altura total (H).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição florística

Foram registrados 137 indivíduos distribuídos em 30 espécies, 29 gêneros e pertencentes a 22 famílias botânicas. A espécie com maior frequência foi a *L. tomentosa*, apresentando um total de 29 indivíduos. (Tabela 2).

**Tabela 1 - Espécies encontradas nas ruas estudadas no Bairro das Graças em Recife - PE.**

Nome Científico	Nome Popular	Família	Origem	FR(%)	Quant.
<i>Annona squamosa</i> L.	Pinha	Annonaceae	Exótica	0,73	1
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	Oxalidaceae	Exótica	0,73	1
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Nim	Meliaceae	Exótica	1,46	2
<i>Bauhinia forficata</i> Link.	Pata de vaca	Fabaceae	Nativa	5,84	8
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Bixaceae	Nativa	1,46	2
<i>Byrsonima sericea</i> Juss.	Murici	Malpighiaceae	Nativa	0,73	1
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	Sibipiruna	Fabaceae	Nativa	2,19	3
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	Sombreiro	Fabaceae	Exótica	2,19	3
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum) A. Robyns	Paineira do cerrado	Malvaceae	Exótica	3,65	1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Myrtaceae	Nativa	1,46	1
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Palmeira açáí	Arecaceae	Nativa	0,73	1

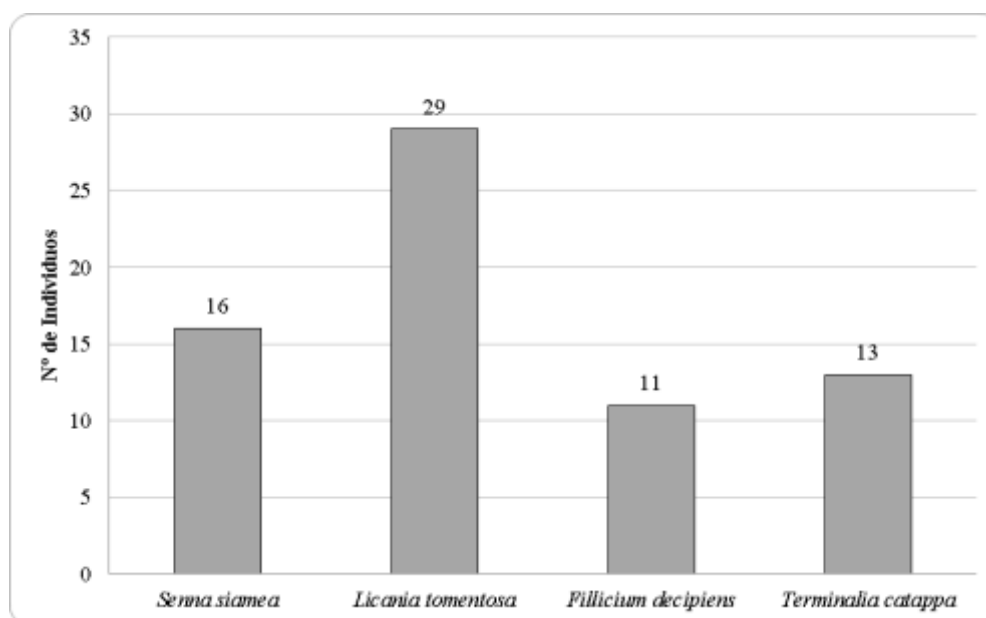
<i>Ficus Benjamina</i> L.	Ficus	Moraceae	Exótica	2,92	4
<i>Filicium decipiens</i> (Wight & Arn.) Thwaites	Felício	Sapindaceae	Exótica	8,03	11
<i>Graptophyllum pictum</i> (L) Griff.	Graptofilo	Acanthaceae	Exótica	0,73	1
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	Ipê-amarelo	Bignoniaceae	Nativa	0,73	1
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê Rosa	Bignoniaceae	Nativa	5,11	7
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Pinhão Roxo	Euphorbiaceae	Nativa	0,73	1
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	Resedá gigante	Lythraceae	Exótica	3,65	5
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oitizeiro	Chrysobalanaceae	Nativa	21,17	29
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Jasmim Laranja	Rutaceae	Exótica	2,92	4
<i>Mussaenda alicia</i>	Mussaenda	Rubiaceae	Exótica	1,46	2
<i>Paubrasilia echinata</i> Lam.	Pau-brasil	Fabaceae	Nativa	0,73	1
<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	Buquê de Noiva	Apocynaceae	Exótica	4,38	6
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	Palmeira imperial	Arecaceae	Exótica	3,65	5
<i>Senna Siamea</i> (Lam) H.S. Irwin & Barneby	Acácia amarela	Fabaceae	Exótica	11,68	16
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv	Espatódea	Bignoniaceae	Exótica	0,73	1

<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Jambo	Myrtaceae	Exótica	0,73	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-Pombo	Anacardiaceae	Nativa	0,73	1
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Ipezinho	Bignoniaceae	Exótica	2,92	4
<i>Terminalia catappa</i> L.	Castanhola	Combretaceae	Exótica	9,49	13

**Fonte:** Adaptado de Oliveira (2019).

A segunda espécie com maior incidência foi *S. siamea*, com 16 indivíduos, seguida da *T. catappa*, com 13 indivíduos e *F. decipiens*, com 11 indivíduos, como demonstra a Figura 3.

Figura 3 - Espécies mais frequentes na arborização urbana do bairro das Graças, Recife-PE.



Observou-se também que 60% dos indivíduos totais inventariados são de origem exótica e apenas 40% de origem nativa. Com isto, a representatividade de espécies – sobretudo no que se refere à comparação entre nativas e exóticas – não é uma conjuntura positiva, devido à alta frequência de uma única espécie: a *Licania tomentosa* (Oitizeiro), situação semelhante à observada pelos dois estudos de Almeida e Rondon Neto (2010), em que foi visto também uma frequência relativa acima dos limites da *L. tomentosa*.

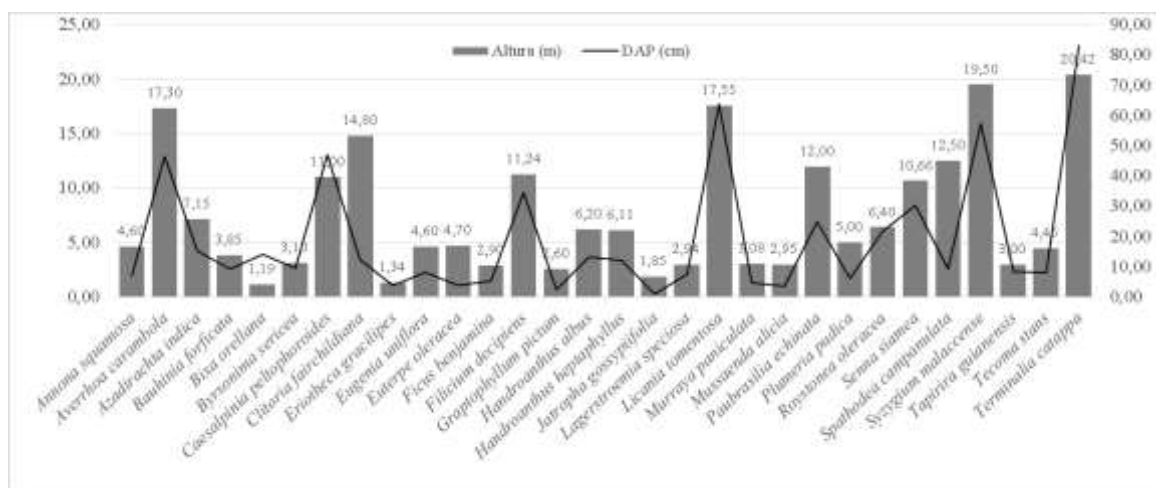
A homogeneização da biota é um fenômeno observado em muitas áreas urbanas, onde a diversidade de espécies diminui e a composição de espécies se torna mais semelhante. Isso ocorre devido a uma combinação de fatores, como perda de habitat natural, introdução de espécies exóticas invasoras, poluição e perturbações causadas pelo processo de urbanização.

No caso da cidade do Recife, uma cidade costeira e altamente urbanizada, a pressão sobre os ecossistemas naturais tenha resultado na diminuição da diversidade biológica e na homogeneização da biota local. Como aponta o estudo realizado por Pereira (2020) que, para que uma floresta urbana apresente maior riqueza na sua diversidade é recomendado que não ultrapasse 10% da quantidade total de indivíduos para cada espécie, evitando assim a dispersão de pragas e doenças.

## 5.2. Variáveis dendrométricas relacionadas a fixação de carbono

A figura 4 indica a distribuição dos indivíduos arbóreos por meio de suas respectivas médias de DAPs e altura onde, foi possível observar que as árvores tratadas neste estudo apresentam características de indivíduos em diversos estágios de crescimento.

Figura 4 - Média de DAP e Altura total das espécies inventariadas no Bairro das Graças, Recife-PE



Bobrowski; Biondi e Filho (2012) afirmam que esse tipo de distribuição caracteriza florestas heterogêneas (multi específicas) e florestas multiâneas e, já no caso da arborização de ruas esse fato é oportuno, pois ocorre eventualmente o plantio de árvores que favorece a formação de um povoamento de diferentes idades e multiespecífico, tanto na composição de plantios padrões de rua, pela prefeitura municipal, quanto de plantios irregulares, efetivados voluntariamente pela população. Entretanto, a realização de plantios depende dos espaços existentes em função da remoção ou inexistência de árvores nas calçadas.

De acordo com Paiva (2000), ao realizar o plantio de árvores em vias públicas, especialmente em calçadas estreitas, é recomendado escolher espécies de porte pequeno, que

tenham altura máxima até 9 metros e que suas raízes não sejam agressivas para as calçadas. Essa seleção cuidadosa é importante para garantir que os indivíduos arbóreos não causem danos às estruturas das calçadas. Ao avaliar uma árvore, para determinação de porte, deve-se levar em consideração tanto sua altura total quanto o diâmetro da altura do peito (DAP).

Das 30 espécies inventariadas, 66,67% dos indivíduos apresentaram valores de média de DAP entre 0,12 cm e 0,49 cm (figura 5) e média de altura de 1,3 a 7,5 m (figura 6), caracterizando árvores pequenas e em seu estágio inicial de crescimento. Dessa forma, pela distribuição das árvores inventariadas sendo considerados indivíduos jovens, que ainda não atingiram sua maturidade, e adultos.

Figura 5 - Classes de DAP das espécies inventariadas no Bairro das Graças, Recife - PE.

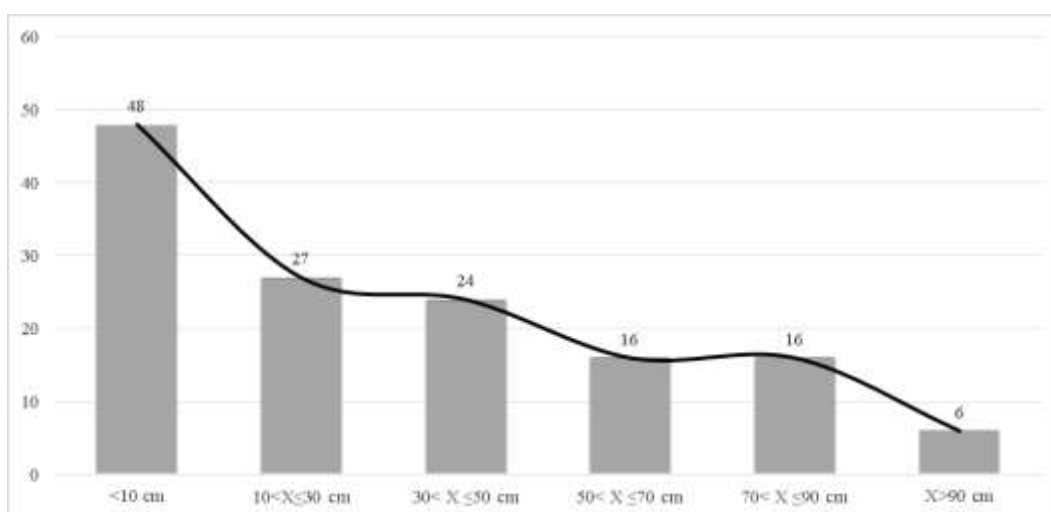
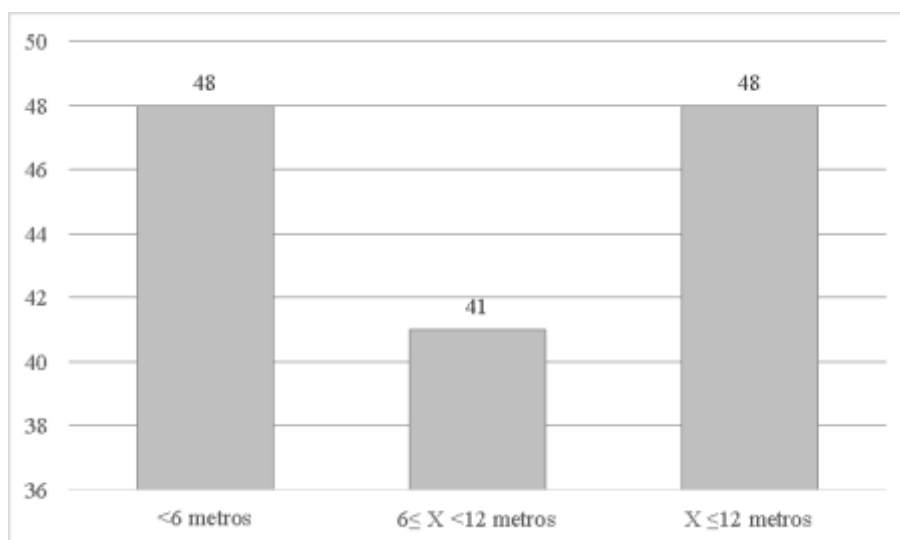


Figura 6 - Classes de altura para determinação de Porte (baseado no Manual de Arborização Urbana do Recife-PE)



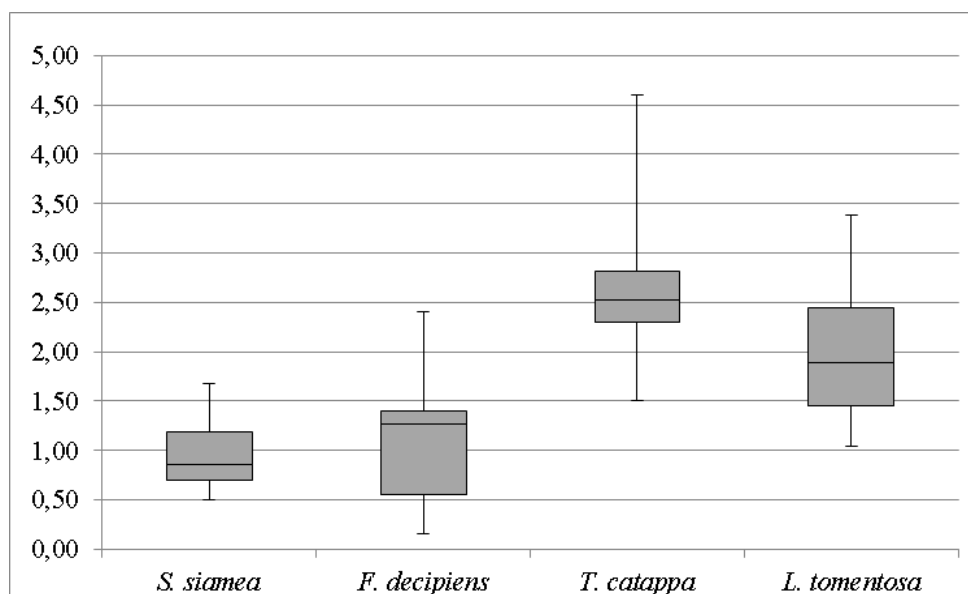
Pereira (2021) demonstrou em seus resultados que a maioria das árvores inventariadas em seu estudo, 63% respectivamente, apresentaram classes de DAP menores de 16,30 cm, o

que indica que os indivíduos não atingiram a idade de maturidade ou são espécies com características morfológicas de DAP consideravelmente de pequeno porte.

Os demais 33,33% das espécies apresentaram média de DAP entre 0,50 e 1,23 m e média de altura entre 10,68 e 23,42 m, demonstrando essa variação de tamanhos e estágios de crescimento observados no estudo e demonstrado na figura 4, caracterizando as árvores como de médio e grande porte.

Avaliando de forma individual as espécies mais frequentes, em termos de média de DAP temos a *S. siamea* com uma média de DAP de 0,9 m, seguida da *F. decipiens* que apresenta média de DAP de 1,08 m. Já a *T. catappa* e *L. tomentosa* apresentam média de DAP de 2,62 e 2,00 m, respectivamente (figura 7).

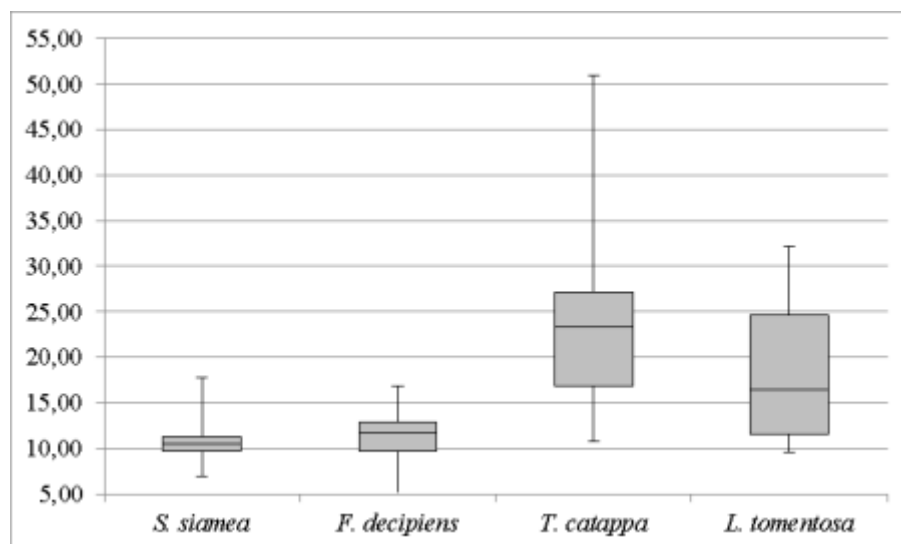
Figura 7 - Média de DAP das 4 espécies mais frequentes no Bairro das Graças, Recife - PE



Quanto às médias de altura total, as espécies também apresentaram variações consideráveis. A *S. siamea* apresentou média de altura de 10,68 m e a *F. decipiens* com 11,24 m. Já a *T. catappa* e *L. tomentosa* demonstraram médias de 23, 41 e 17,55 m, respectivamente (figura 8).

Figura 8 - Média de Altura das 4 espécies mais frequentes no Bairro das Graças, Recife - PE..





Com isto têm-se que, as espécies *S. siamea* e *F. decipiens*, são consideradas árvores jovens ainda em estágio de amadurecimento, enquanto as espécies *T. catappa* e *L. tomentosa* caracterizam-se como árvores adultas, baseado no Manual de Arborização Urbana do Recife-PE.

### 5.3. Determinação do potencial de sequestro de carbono

Os 137 indivíduos inventariados totalizaram um montante de carbono sequestrado de 4,04 ton/ano (tabela 4), desse valor 56,44% do carbono sequestrado foi apenas pelas espécies mais frequentes, totalizando assim 2,28 ton/ano.

No estudo realizado por Pereira (2021) com 3.065 árvores na floresta urbana de Santos, constatou-se que as árvores presentes na floresta urbana proporcionam 28,12 hectares de área foliar e cobertura de 6,34 hectares, sendo estimado um valor de 114,61 toneladas de CO<sup>2</sup> por ano.

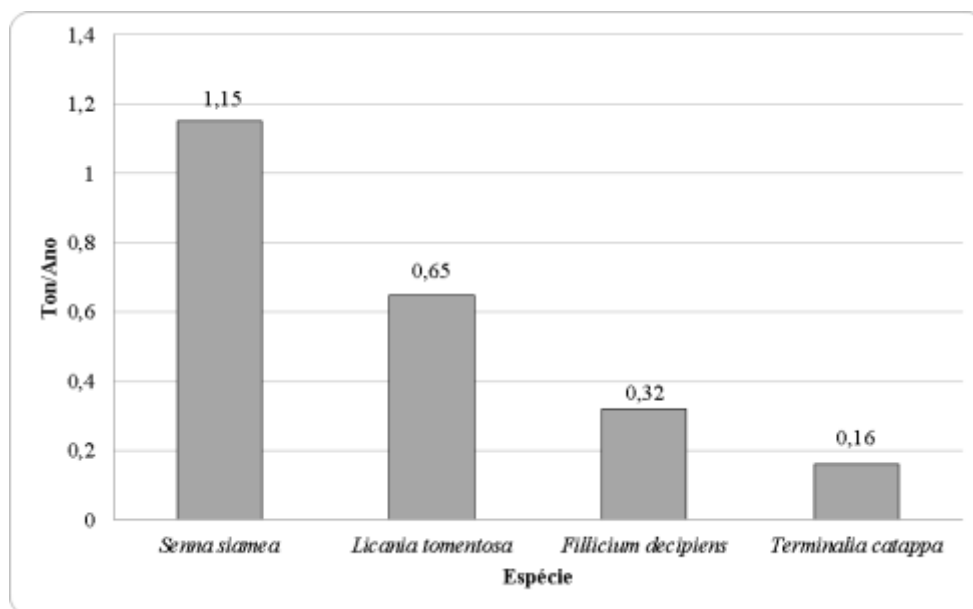
**Tabela 2 - tabela geral de espécies e seus respectivos valores em estocagem de carbono**

Espécie	Nº de Indivíduos	CarbSeq (ton/ano)
<i>Senna siamea</i>	16	1,15
<i>Licania tomentosa</i>	29	0,65
<i>Filicium decipiens</i>	11	0,32
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	7	0,25
<i>Bauhinia forficata</i>	8	0,23
<i>Terminalia catappa</i>	13	0,16
<i>Ficus benamina</i>	4	0,13

<i>Plumeria pudica</i>	6	0.13
<i>Azadirachta indica</i>	2	0.12
<i>Tecoma stans</i>	4	0.11
<i>Paubrasilia echinata</i>	1	0.10
<i>Clitoria fairchildiana</i>	3	0.10
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	3	0.09
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	5	0.09
<i>Murraya paniculata</i>	4	0.08
<i>Bixa orellana</i>	2	0.07
<i>Annona squamosa</i>	1	0.04
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0.04
<i>Averrhoa carambola</i>	1	0.03
<i>Byrsonima sericea</i>	1	0.02
<i>Graptophyllum pictum</i>	1	0.02
<i>Handroanthus albus</i>	1	0.02
<i>Mussaenda alicia</i>	2	0.02
<i>Spathodea campanulata</i>	1	0.02
<i>Syzygium malaccense</i>	1	0.02
<i>Tapirira guianensis</i>	1	0.02
<i>Eriotheca gracilipes</i>	1	0.01
<i>Euterpe oleracea</i>	1	0
<i>Jatropha gossypifolia</i>	1	0
<i>Roystonea oleracea</i>	5	0
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>4.04</b>

Pode-se observar que, dentre as espécies mais frequentes, a *S. seamea* demonstrou maior influência no sequestro de carbono (figura 9), totalizando 1,15 ton/ano, sendo responsável por 28,47% do carbono sequestrado. Observou-se que a espécie *L. tomentosa* apresentou a segunda maior quantidade de carbono sequestrado com 0,65 ton/ano, sendo responsável por 16,09% em relação ao valor total de carbono estocado.

Figura 9 - Espécies mais frequentes relacionadas à quantidade de carbono avaliado (Ton/Ano).



O *F. decipiens* apresentou o terceiro maior valor, sendo ele 0,32 ton/ano (7,9%) e a *T. catappa*, apesar de estar dentre as mais frequentes apresentou apenas 0,16 ton/ano, sendo encarregado por apenas 3,96% do sequestro de carbono atmosférico..

No estudo realizado por Brun (2012) os exemplares arbóreos que apresentaram melhores resultados foram aqueles com idades mais avançadas, ou seja, em estágios de maturidade. Indicando que a quantidade de carbono capturado pelas árvores em uma área específica pode ser influenciada pela localização geográfica, proximidade de vias e infraestrutura urbana.

Melo (2022) ao estudar o sequestro de carbono na arborização do Parque da Jaqueira em Recife, constatou que os indivíduos que apresentaram melhores resultados quanto à estocagem de carbono, de forma individual, foram as árvores que apresentaram maiores valores de DAP e altura do fuste, entre as nativas destacaram-se a Aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolia*) com 1,68 tC/ha e a Munguba (*Pachira aquatica*) com 1,43 tC/ha. Dentre as espécies exóticas também se destacaram as que apresentaram maiores valores de DAP e altura do fuste, sendo elas a Mangueira (*Mangifera indica*) que obteve 7,29 tC/ha de carbono sequestrado e a Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* L.) que obteve um valor de 1,06 tC/ha de carbono.

Essa constatação indica que o estoque de carbono está diretamente relacionado ao crescimento da planta em termos de DAP e altura, assim como em relação à idade, conforme apresenta Sanquetta et al. (2014) uma vez que, as espécies com maior quantidade de carbono estocado apresentam média de DAP entre 0,9 e 2,5 m e média de altura total de 10 a 20 m,

sendo consideradas árvores jovens e/ou adultas a depender das características específicas de porte de cada árvore.

Apesar de ser considerada neste estudo como uma árvore madura, de grande porte e com frequência alta, a *T. catappa* apresentou baixos resultados quanto ao sequestro de carbono de forma individual. Este resultado está ligado à saúde dos indivíduos, uma vez que, dentre as espécies mais frequentes a *T. catappa* foi a espécie que, na avaliação fitossanitária dos indivíduos, apresentou maior porcentagem de indivíduos com problemas estruturais e injúrias, sendo 84,6% respectivamente.

Estudos demonstraram que árvores com diâmetro à altura do peito acima de 70 cm, geralmente oferecem benefícios cerca de 44% maiores do que árvores menores, conforme apontado por Armour et al. (2012).

Além disso, essas árvores armazenam aproximadamente 1000 vezes mais  $CO_2$  do que as árvores menores, conforme relatado por McPherson e Peper (2012). Tal fato tem impacto direto na quantidade de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) armazenada pelas árvores. Ainda de acordo com estes autores em determinadas situações, espécies menos populosas forneceram melhores resultados quanto serviços ecossistêmicos que espécies que apresentaram maior frequência, dependendo diretamente das características morfológicas dos indivíduos.

Apesar de não apresentarem uma frequência relativa alta e serem consideradas árvores de pequeno porte de acordo com as médias de DAP e altura apresentado pelos seus indivíduos, as espécies *H. heptaphyllus* e *B. forficata* apresentaram valores significativos quanto ao sequestro de carbono (Figura 10), sendo 0,25 e 0,23 ton/ano, respectivamente.

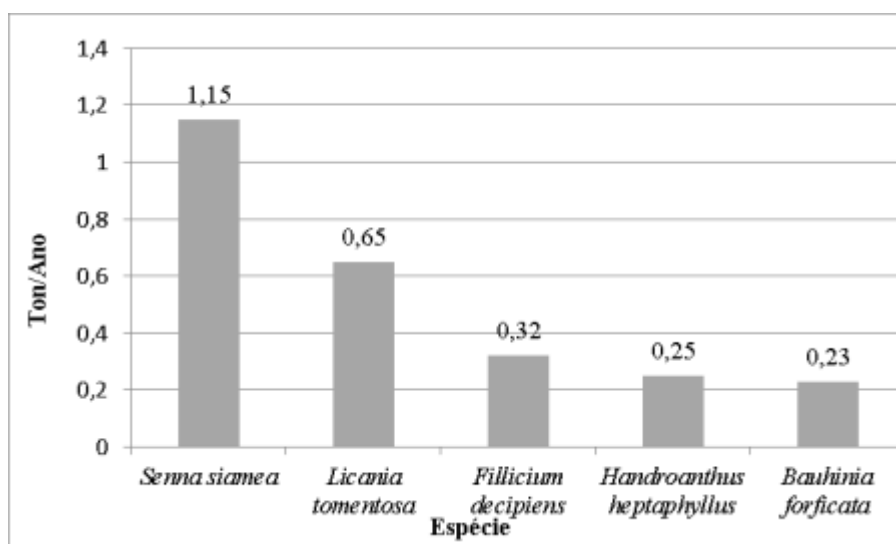


Figura 10 – Espécies com maior capacidade de sequestro de carbono na arborização do Bairro das Graças em Recife-PE.

Em relação a *B. forficata*, esse fato pode ser explicado devido ao crescimento vertical limitado da espécie e a queda natural dos galhos como explica Lisboa (2010), já a espécie *H. heptaphyllus* apresenta valores significativos por ser considerada uma árvore adulta, dentro das suas características dendrométricas apresentadas, como caracteriza Carvalho (2003), que na região nordeste a esta espécie chega a apresentar média de altura total de até 11 m e DAP de 30 a 60 cm, apenas.

Esse fato foi observado em dois casos no estudo de Pereira (2021), que entre as 10 espécies mais populosas, duas específicas (*Tibouchina granulosa* e *Tabebuia ochracea*) não estão entre as 15 espécies que forneceram as maiores taxas anuais em relação a sequestro de carbono (Ton/ano).

Foi analisando também que as espécies *E. oleracea* e *R. oleracea*, mesmo sendo consideradas para a realização do inventário, não demonstraram valores significativos quanto ao sequestro de carbono, mesmo apresentando mais de um indivíduo como é o caso da *R. oleracea* com 5 indivíduos. Isto pode ocorrer devido ao fato de tratar-se de palmeiras e, a equação utilizada para determinar o sequestro de carbono pela plataforma *iTree-eco*, não deve considerar estas espécies, uma vez que a equação utilizada norteia-se no estudo de Chaves (2005), em que a classificação é feita apenas de acordo com o tipo de floresta, não levando em consideração as especificidades de cada espécie.

De acordo com o estudo de Brianezi et al. (2013), as equações derivadas do modelo proposto por Schumacher e Hall (1993) são as que apresentam a melhor correspondência com os dados de carbono total referente a palmeiras.

Assim como a *E. oleracea* e *R. oleracea*, a *J. gossypifolia* também não apresentou qualquer valor referente a capacidade de estocagem de carbono, apresentando apenas 1 indivíduo com 0,30 cm de DAP e altura total de 1,85m, sendo considerada um indivíduo de pequeno porte, fator esse que corrobora com o estudo de Brun (2012), onde afirma que o potencial de estocagem de carbono está atrelado ao tamanho e idade das árvores, uma vez que, árvores com maiores tamanhos de DAP e altura, assim como idade apresentam melhores resultados.

Tais análises demonstram a capacidade de reter o carbono atmosférico por meio de árvores urbanas e como estas auxiliam na melhoria da qualidade de vida da população, além dos demais benefícios proporcionados pelas mesmas, que de acordo com Muneroli e Mascaró (2010), a arborização de parques e ruas, quando realizada de maneira adequada e planejada, pode resultar em benefícios significativos para o ambiente urbano. Os autores afirmam que a

introdução de árvores de médio e rápido crescimento desempenham um papel importante ao aumentar a eficiência na captura do carbono.

Essas descobertas sugerem que a localização geográfica, a proximidade de vias e a infraestrutura urbana podem influenciar a quantidade de carbono capturado pelas árvores em uma área específica. No entanto, é essencial considerar outros fatores que também desempenham um papel nesse processo. A seleção de espécies de árvores adequadas, o tempo de crescimento das árvores e as condições ambientais são alguns dos fatores adicionais que podem afetar a quantidade de carbono capturado. Portanto, é necessário levar em conta uma abordagem holística ao planejar a arborização urbana e considerar todos esses fatores para maximizar o sequestro de carbono pelas árvores e obter resultados efetivos em termos de mitigação das mudanças climáticas e benefícios ambientais.

## 6. CONCLUSÃO

A presente pesquisa constatou que o potencial de diferentes espécies em acumular carbono varia em função das características dendrométricas e dendrológicas.

As espécies estudadas demonstraram médias diversas tanto de DAP como de altura total caracterizando uma floresta urbana heterogênea, fato oportuno pois o plantio de árvores em ambientes urbanos ocorrem mediante necessidade na área ou perda de indivíduos, ocasionando uma diversidade de idades entre os indivíduos arbóreos.

Os indivíduos inventariados no bairro das Graças, Recife, Pernambuco proporcionam estoque estimado em 4,04 ton/ano de carbono, deste valor, 56,44% foi de carbono sequestrado pela *S. siamea*, *F. decipiens*, *L. tomentosa* e *T. catappa*, consideradas as árvores mais frequentes nas áreas inventariadas.

A *S. siamea* foi responsável por reter 28,47% de CO<sub>2</sub> atmosférico, sendo assim considerada a espécie com maior capacidade de estocar carbono na área de estudo, seguida pela *Licania tomentosa* com 16,09% CO<sub>2</sub> sequestrado.

Portanto, o sequestro de carbono proporcionado pelas árvores urbanas contribui na regulação climática. Dessa forma, faz-se necessário a inserção de indivíduos arbóreos no meio urbano para a promoção dos serviços ecossistêmicos.

## 7. REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, K. K.; NING, Z. H.; APPEANING, A. **Global climate change & the urban forest**. Franklin Press, 2000.

ALMEIDA, A. L. B. S. S. *et al.* **O valor das árvores: árvores e floresta urbana de Lisboa**. 2006.

ALMEIDA, D. N.; RONDON NETO, R. M. Análise da arborização urbana de três cidades da região norte do Estado de Mato Grosso. **Acta amazônica**, v. 40, p. 647-656, 2010.

Andersson, E. *et al.* Reconnecting cities to the biosphere: stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. **Ambio**, v. 43, p. 445 – 453. 2014.

ANDERSSON, E. *et al.* Reconnecting cities to the biosphere: stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. **Ambio**, v. 43, p. 445-453, 2014.

ARAÚJO, M. N.; ARAÚJO, A. J. **Série de cadernos técnicos da agenda parlamentar: arborização urbana**. Curitiba: CREA-PR, 2011.

ARAÚJO, Y. R. V.; MOREIRA, Z. C. G.; DAS NEVES, A. I. Estoque de carbono e de biomassa em vegetação com diferentes estágios de regeneração e alterações antrópicas em área urbana. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, 2020.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622p.

BARRETO, L., FREITAS, A. C., PAIVA, L. Sequestro de carbono. **Enciclopédia Biosfera**, v. 5, n. 7, p.10, 2009.

BIONDI, D. Floresta urbana: conceitos e terminologias. **Floresta urbana**. Curitiba: A autora, 2015. p. 11-27.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, p. 293–301, 1999.

BOBROWSKI, R. Inventário florestal contínuo e dinâmica da arborização de ruas. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisa em arborização de ruas**. Curitiba: O Autor, 2011, 150 p.

BRACK, C. L. Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. **Environmental pollution**, v. 116, p. S195-S200, 2002.

Brasil. Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. 2008. Brasil. Brasília; Decreto n.6.263 de 21 de novembro de 2007;

Brasil. Lei Federal no 12.187 de dezembro de 2009: Institui a Política Nacional das Mudanças Climáticas. Brasília: Congresso Nacional; 2009;



Brandt, L.; Derby, A.; Fahey, R. Environmental science & policy a framework for adapting urban forests to climate change. **Environmental Science Pollution**, v. 66, p. 393–402. 2016.

BRIANEZI, D.; *et al.* Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1073–1081, 2013.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass changing of tropical forests: a primer**. FAO ForestryPaper:Rome, 1997.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D.FIGUEIREDO FILHO, A. Dinâmica da distribuição diamétrica na arborização de ruas da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis, Piracicaba**, v. 40, n. 94, p. 167-178, 2012.

BRUN, F. G. K.. **Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (Poincianella pluviosa var. peltophoroides (Benth.) LP Queiroz) na arborização viária de Maringá-PR**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. atual ed. Viçosa - MG: Ed. UFV, 2013.

CARBONE, A. S. **Indicadores de avaliação de capital natural e de oferta e demanda de serviços ecossistêmicos para a Região Metropolitana de Curitiba**. 2019. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

CARVALHO, P. E .R. . **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, 2003.

CERRI, C. C. *et al.* Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia agrícola**, v. 66, p. 831-843, 2009.

CHAVES, J., *et al.* **Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests**. 2005. *Oecologia*, Vol. 145, No. 1, pp. 87-99.

DE MELO LIMA, V. Y.; DE ARAÚJO, A. L. D.; AMARO, M. A. Ajuste de equações hipsométricas, volumétricas, de biomassa e carbono do fuste de árvores utilizadas na arborização urbana no Parque da Maternidade em Rio Branco-Acre. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, 2020.

DO AMARAL MACHADO, S. *et al.* Relações quantitativas entre variáveis dendrométricas e teores de carbono para *Mimosa scabrella* Bentham da região metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 52, p. 37-37, 2006.

ESTEVES, L. M. **Meio ambiente & botânica**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011. (Série Meio Ambiente; 12)

FADIGAS, L. S., 1993. **A Natureza na Cidade, uma perspectiva para a sua integração no tecido urbano**. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, p. 116.

FIGUEIREDO, L. T. *et al.* **Dinâmica do estoque de carbono em fuste de árvores de uma Floresta Estacional Semidecidual**. *Cerne*, v.21, n.1, p. 161-167, 2015.

FULLER, R. A.; GASTON, K. J. **The scaling of green space coverage in European cities.** *Biology Letters*, v. 5, p. 352-355. 2009.

GRISE, M. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. (2016). **A Floresta Urbana da Cidade de Curitiba, PR. FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 425 - 438, out. / dez. 2016.

I-TREE. i-Tree Database. 2019b. Disponível em: <<https://database.itreetools.org/#/splash>>. Acesso em: 19 de Abril 2022.

JIANG, B. *et al.* **A dose–response curve describing the relationship between tree cover density and landscape preference.** *Landscape and Urban Planning*, Amsterdam, v. 139, p. 16-25, 2015.

JORGENSEN, E. In urban forests, special issue. *Canadian Forestry Association*, v. 10, 1993.

KOHLER, S. V. *et al.* Diferentes métodos de ajuste do modelo volumétrico de Schumacher e Hall. In: **Congresso florestal paranaense**, 4.,2012. Curitiba, Paraná. Anais... Curitiba: UNICENTRO, 2012.

LIM, H. C.; SODHI, N. S. **Response’s of avian guilds to urbanization in a tropical city.** *Landscape and Urban Planning*, Michigan, v. 66, n. 4, p. 199-215, 2004.

LIMA NETO, E. M. *et al.* Análise da composição florística de Boa Vista-RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 11, n. 1, p.58-72, 2016.

LISBOA, A. C. Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio [dissertação]. **Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, 2010.

LOMBARDO, M. A. Vegetação e clima. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3, Curitiba, 1990. Anais. 1990. p.1-13

MARTINS, O. S. **Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP.** 2004. 133f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas e da Saúde) – Setor de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MCHALE, M. R.; MCPHERSON, E. G.; BURKE, I. C. The potential of urban tree plantings to be cost effective in carbon credit markets. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 6, n. 1, p. 49-60, 2007.

MCPHERSON, E. Gregory *et al.* Urban tree growth modeling. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 38, n. 5, p. 172-180, 2012.

MEDEIROS, R. M. *et al.*. Climate Classification in Köppen Model for the State of Pernambuco - Brazil. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 35, n. 3, p. 219–234, 2018.

MELO, A. K. L. **Estimativa do sequestro de carbono no Parque da Jaqueira, Recife/PE.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão De Carbono)** / Ministério da Agricultura; Pecuária e Abastecimento; Ministério do Desenvolvimento Agrário; coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília: MAPA/ACS; 2012. 173 p.

MUNEROLI, C. C.; MASCARÓ, J. J.. Arborização urbana: uso de espécies arbóreas nativas na captura do carbono atmosférico. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 160-182, 2010.

NOWAK, D. J. *et al.* A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. **Arboriculture and Urban Forestry**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 347–358, 2008. Disponível em: &lt;https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/19526&gt;

NOWAK, D.J.; MCPHERSON, E.G.; ROWNTREE, R.A. 1994. **Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest**. Gen. Tech. Rep. NE-186. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 83-94.

NOWAK, D. J; CRANE D. E.; STEVENS J. C.; **Brooklyn's urban forest**. General Technical Reports. NE-290. Newtown Square; PA: U. S. Department of Agriculture; Forest Service; Northeastern Forest Experiment Station. 2002. 107 p

OLIVEIRA, B. L. **Potencial das árvores urbanas na regulação hídrica em ruas da cidade do Recife–PE**. 2019. 54 p. Graduação — Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

PAULA, L. *et al.* Arborização urbana do bairro Centro do município de Cataguases, MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.7, n.2, p.101-112, 2015.

PEREIRA, M. **Contribuição dos serviços ecossistêmicos das florestas urbanas na mitigação às mudanças climáticas: um estudo de caso na cidade de Santos-Brasil**. 2021.

RACITI, S. M.; HUTYRA, L. R.; FINZI, A. C. **Depleted soil carbon and nitrogen pools beneath impervious surfaces**. **Environmental Pollution**; 164. 2012. 248–251.

RECIFE. Prefeitura do Recife: Graças. 2019. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/gracas >. Acesso em: 19 de Março de 2022.

RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. Mestrado em Ciências Florestais do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

SANQUETTA, C. R. *et al.* **Estimativa de carbono individual para Araucaria angustifolia**. *Pesq. Agropec. Trop.*, v. 44, n. 1, p. 1-8. 2014

SILVA, Raissa Pereira Araújo. **O Brasil e o regime internacional de mudanças climáticas: Contribuições Nacionalmente Determinadas e o Acordo de Paris (COP 21)**. 2019.

SOARES, C. P. B., OLIVEIRA, M. L. R. **Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais**. *Revista Árvore*, v. 26, p. 533-539, 2002.

SOARES, A. L. *et al.* Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 10, n. 2, p. 69-78, 2011.

SOUZA, A.L.; SOARES, C. P. B. Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. D. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal Agricultural Research**, v.47, n.9, p.719-734, 1933.

STROHBACH, M. W.; ARNOLD, E.; HAASE, D. The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, n. 2, p. 220-229, 2012.

TYRVÄINEN, L. *et al.* Benefits and uses of urban forests and trees. **Urban forests and trees: A reference book**, p. 81-114, 2005.

TREVISAN, É. F. Equações de volume para região sul do Estado do Amazonas. 2018, 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

VELASCO, E; *et al.* **Does urban vegetation enhance carbon sequestration?**. *Landscape Urban Planning* 148. 2016. p99–107

WATSON, R. T. *et al.* **Land use, land-use change and forestry: a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2000.