



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

ANNE KAROLINE LIMA DE MELO

**ESTIMATIVA DO SEQUESTRO DE CARBONO NO PARQUE DA JAQUEIRA,
RECIFE/PE**

RECIFE - PE

2022

ANNE KAROLINE LIMA DE MELO

**ESTIMATIVA DO SEQUESTRO DE CARBONO NO PARQUE DA JAQUEIRA,
RECIFE/PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural de Pernambuco como
requisito parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto

RECIFE - PE

2022

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)

M528e Melo, Anne Karoline Lima de
Estimativa do Sequestro de Carbono no Parque da Jaqueira, Recife/PE / Anne Karoline Lima de Melo. - 2022.
36 f. : il.

Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.
Inclui referências e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2022.

1. Parques públicos. 2. Estoque de Carbono. 3. Equação alométrica. I. Neto, Everaldo Marques de Lima, orient. II.
Título

CDD 634.9

ANNE KAROLINE LIMA DE MELO

**ESTIMATIVA DO SEQUESTRO DE CARBONO NO PARQUE DA JAQUEIRA,
RECIFE/PE**

Aprovado em 27 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Tarcísio Viana de Lima
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Me. Leandro Dias de Lima
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

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

RECIFE - PE

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que me ensinou a ser uma mulher íntegra e que me apoia a sempre em cada decisão que tomo. A minha irmã Bianca Melo, por me ajudar sempre quando precisei.

Aos meus amigos, Larissa Ritt, Diogo Ximenes, Lidiana Ralph, Luana Cristina e Adrielle Andrade, que pude cultivar durante a graduação e que andaram lado a lado comigo nessa caminhada desafiante e sem vocês, talvez, não chegaria ao fim dessa jornada. As minhas amigas Júlia Borges, Jeanne Tavares, Letícia Lima e Juliana Gabrielle que estão me acompanhando desde o tempo do colégio, me incentivando e me fazendo acreditar em mim.

A todos os professores do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE pelos conselhos e ensinamentos e principalmente, ao Professor Rodrigo Hakamada, o qual considero como um grande amigo, tendo me ajudado muito nesse período e que com certeza fez ponte entre a universidade e o mercado de trabalho, explorando a visão de muitos alunos em relação aos estágios em empresas florestais. Muito obrigada por toda a aprendizagem, incentivo e por me dar força quando mais precisei. Em especial, agradeço ao meu orientador Professor Everaldo Neto, pela orientação, paciência e grande contribuição na minha formação profissional.

Enfim, a todos os verdadeiros amigos aqui não mencionados, mas merecedores de muito mais que um simples agradecimento: este trabalho dedico a todos vocês.

RESUMO

O plantio de árvores em áreas urbanas é uma medida eficaz para se criar um efeito de conforto e atenuar o aquecimento urbano tanto em níveis macro quanto microclimáticos. As florestas urbanas promovem diversos serviços ecossistêmicos, dentre eles, a remoção de gases efeito estufa da atmosfera, principalmente, com o sequestro do dióxido do carbono. A cidade do Recife, torna-se um local propício para potenciais estudos de sequestro de carbono. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo estimar o estoque de carbono no Parque da Jaqueira, Recife – PE. Para tanto, o estudo foi realizado em duas etapas, a realização de um inventário florestal urbano, no qual foram identificadas as espécies e coletadas as variáveis dendrométricas daquelas que apresentaram um DAP maior ou igual a 15 cm, em seguida, os dados coletados foram tabulados por meio do software Excel® e as análises estatísticas realizadas no programa R. v.1.3.1093. Com os dados obtidos em campo, estimou-se o estoque de carbono por espécie e por blocos com a utilização da equação alométrica. A estrutura vegetal que absorveu maior quantidade de carbono foi o fuste com uma absorção média de 362,85 a 1595,90 kgC/indivíduo e as espécies nativas com maior potencial de estoque de carbono foram a Aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolia*), seguida da Barriguda (*Ceiba speciosa*) e por fim a Munguba (*Pachira aquatica*). Dessa forma, uma estratégia para a Prefeitura do Recife contribuir com a mitigação das mudanças climáticas e sequestro dos gases de efeito estufa (GEE) é mediante a criação de áreas arborizadas, parques e áreas verdes, em geral, investindo principalmente em espécies nativas que tenham crescimento rápido tanto em altura quanto em largura (DAP).

Palavras chaves: Parques públicos, estoque de carbono, equação alométrica.

ABSTRACT

Planting trees in urban areas is an effective measure to create a comfort effect and mitigate district heating at both macro and microclimatic levels. Urban forests promote several ecosystem services, including the removal of greenhouse gases from the atmosphere, mainly with the sequestration of carbon dioxide (CO₂). The city of Recife, due to the most diverse uses and land occupation and distinct urban forest with irregular distribution in its intra-urban area, becomes a suitable place for potential studies of carbon sequestration. Therefore, the present work aimed to estimate the carbon stock in Parque da Jaqueira, Recife - PE. For that, the study was carried out in two stages, carrying out an urban forest inventory in which species were identified and the dendrometric variables collected from those that presented a DBH greater than or equal to 15 cm and then the collected data were tabulated by through the Excel® software and the statistical analyzes performed in the program R. v.1.3.1093. With the data obtained in camp, the carbon stock was estimated by species and by blocks using the allometric equation. The plant structure that absorbed the greatest amount of carbon was the stem with an average absorption of 362.85 to 1595.90 kgC/individual and the native species with the greatest potential for carbon storage were Aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolia*), followed by Barriguda (*Ceiba speciosa*) and finally Munguba (*Pachira aquatica*). Thus, a strategy for the Recife City Hall to contribute to the mitigation of climate change and the sequestration of greenhouse gases (GHG) is through the creation of wooded areas, parks and green areas, in general, investing mainly in native species that have rapid growth in both height and width (DBH).

Keywords: Public parks, carbon stock, allometric equation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo, Parque da Jaqueira, localizado em Recife, no estado de Pernambuco, Brasil.....	16
Figura 2. Mapa de localização das ilhas no Parque da Jaqueira.....	17
Figura 3. Distribuição do estoque de biomassa acima do solo (3a), abaixo do solo (3b) e carbono estocado total (3c) das áreas objeto de estudo, em t/ha, no Parque da Jaqueira/Recife-PE.	22
Figura 4. Média de carbono estocado no fuste por indivíduo - CFcc (Figura 4a), galhos - CEga (Figura 4b), raízes - CEra (Figura 4c), folhas - CEfl (Figura 4d) e total - CEttotal (Figura 4e) das 4 áreas objetos de estudo no Parque da Jaqueira/Recife-PE.	24
Figura 5. Distribuição do estoque de carbono em função do DAP por espécie nativa (5a) e por espécie exótica (5b) e em função da altura de fuste (5c e 5d) no Parque da Jaqueira/Recife-PE.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações utilizadas nos trabalhos realizados por Nunes (2018) e Amaro et al. (2013).	14
Tabela 2. Equações ajustadas para a obtenção da biomassa do fuste com casca (BFcc) e do carbono no fuste com casca (CFcc).	18
Tabela 3. Equações para a obtenção da biomassa dos galhos com casca, folhas vivas e acima do solo.	19
Tabela 4. Espécies identificadas nas áreas de estudo do Parque da Jaqueira, Recife/PE....	20
Tabela 5. Resumo das características dendrométricas encontrados nas áreas objetos de estudo no Parque da Jaqueira, Recife/PE.	21
Tabela 6. AGB, BR e CEtotal, em tC/ha, por espécie em cada área de estudo no Parque da Jaqueira, Recife/PE.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Arborização Urbana e as mudanças climáticas.....	11
2.2 Contexto da cidade do Recife quanto as mudanças climáticas.....	12
2.3 Parques Urbanos e o Sequestro de Carbono.....	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1 Objetivo Geral:.....	15
3.2 Objetivos específicos:.....	15
4. MATERIALE MÉTODOS.....	15
4.1 Caracterização da área de estudo	15
4.2 4.2 Procedimentos metodológicos	16
a. Inventário Florestal Urbano	16
b. Estoque de carbono e quantificação da biomassa	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5.1 Inventário Florestal Urbano	19
5.2 Determinação de Sequestro Carbono.....	21
5.3 Determinação de Sequestro Carbono por espécie.....	25
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
7. REFERÊNCIAS.....	29
ANEXO.....	35

1. INTRODUÇÃO

Conforme De Freitas Rodrigues e Da Silva Bezerra (2022), ao recorrerem a Teixeira, et al. (2021), confirmaram que atualmente as mudanças climáticas são um dos grandes problemas discutidos nas agendas governamentais do planeta Terra.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) aponta uma certa urgência para se desenvolver mecanismos para que as cidades consigam se adaptar a este cenário. Essa necessidade se dá principalmente pelas tendências futuras do clima que indicam um crescente de dias mais secos, precipitações intensas, como consequência aumento de inundações e deslizamentos. Com esse agravamento de eventos extremos, esperam-se mais alagamentos nas cidades, aumento do nível do mar, proliferação de vetores e doenças.

Diante desse cenário e das mais diversas alternativas propostas pelo governo, destaca-se a criação de espaços verdes como uma importante estratégia a ser adotada pelas cidades tendo em vista os indispensáveis serviços ecossistêmicos fornecidos pelas árvores tais como a redução de temperaturas, elevação dos teores de umidade relativa do ar, favorecimento do conforto térmico humano e conservação da biodiversidade. Dessa forma, a multiplicação de áreas verdes assume papel relevante, pois potencializam o bem-estar social, além de servir como indicador da qualidade urbana (GONÇALVES, 2018).

As florestas urbanas promovem diversos benefícios ambientais tais como retenção e estabilização do solo, prevenção contra a erosão, produção de sombras às margens de cursos d'água, minimização de ruídos urbanos (MARTELLI; CARDOSO, 2018) e remoção de gases efeito estufa da atmosfera, principalmente, com o sequestro do dióxido do carbono (SANQUETTA et al, 2011). Este último benefício pode ser considerado como um dos principais processos natural que se contrapõe às emissões constantes de CO₂, e consequentemente, uma alternativa sustentável de reduzir o aquecimento acelerado do globo e seus efeitos desastrosos (ZHU et al, 2019).

Em virtude dos mais diversos usos e ocupação dos solos ordenados pelo seu zoneamento e pelo número de distintas florestas urbanas com distribuição irregular em nas áreas intraurbanas, a cidade do Recife credenciou-se como local propício para potenciais estudos de sequestro de carbono.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Arborização Urbana e as mudanças climáticas

As principais discussões ambientais da atualidade têm por pauta avaliar, discutir e propor soluções, no mínimo, mitigadoras que busquem a redução das emissões do dióxido de carbono de forma concentrada na atmosfera, sobretudo, nos grandes centros urbanos. Historicamente, a dinâmica da expansão urbana sempre ocorreu de forma desordenada ou irregular, ocasionando mudanças significativas nas paisagens. Dentre as transformações ocorridas nos espaços urbanos, a mais destacada envolve as supressões de coberturas vegetais, cuja consequência previsível é a alteração climática das cidades, tendo em vista as mudanças impostas aos elementos meteorológicos. Por essas razões, verifica-se que, nos centros das discussões dos problemas mesológicos atuais, a substituição das coberturas vegetacionais por edificações que tendem a diminuir a umidade relativa do ar, gerando as chamadas “ilhas de calor” (FEITOSA et al., 2011), são as principais causas das já perceptíveis mudanças climáticas.

Considerando-se esse aspecto, a criação e a manutenção de áreas verdes e arborização das vias públicas tornam-se relevantes diante dos problemas ecológicos emergentes relacionados aos ecossistemas urbanos. Portanto, essa arborização urbana, que corresponde a cobertura vegetal arbórea localizada em três espaços distintos, que são: as áreas livres de uso público e potencialmente coletivas; as áreas livres privadas e as que acompanham todo o sistema viário, sejam elas naturais ou plantadas (DUARTE et al., 2017), são fundamentais para o desaceleramento dessas crescentes ilhas de calor.

São inúmeros os benefícios oferecidos pela arborização urbana. Entre eles, pode-se enumerar a estabilidade climática e retenção da umidade, redução da poluição sonora, melhoria na qualidade do ar, aumento da riqueza em biodiversidade de fauna e flora. Além disso, também produzem uma estética melhor nas cidades, atenuando a poluição visual e proporcionando maior dinamismo e cores a paisagem urbana (AMATO-LOURENÇO et al., 2016; PINHEIRO; SOUZA, 2017; ALVEZ; FORMIGA; TRALDI, 2018, apud AGUIAR et al., 2022). Aguiar et. al. (2022) recorrendo a (PINHEIRO; CASTRO, 2017) destacam ainda o benefício psicológico, o qual está associado a melhora da saúde mental ocasionada por um conforto ambiental e contato com a vegetação.

Nesse sentido, entende-se que as áreas verdes distribuídas nas cidades são relevantes na redução de ilhas de calor, pois atuam no possível sequestro de carbono emitido por várias atividades de origem antrópica pelos grandes centros, o qual influencia diretamente no efeito estufa e nas elevadas temperaturas.

2.2 Contexto da cidade do Recife quanto as mudanças climáticas

Diante da combinação das características geográficas e do processo histórico de urbanização, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas classificou a cidade como uma das 16 metrópoles mais vulneráveis do mundo aos efeitos das alterações climáticas. Diante disso, a Prefeitura do Recife em parceria com Governos Locais pela Sustentabilidade – ICLEI - desenvolveu o Plano Local de Ação Climática (PLAC) que tem por objetivo apresentar o nível de ambição da cidade no planejamento de ações de mitigação e adaptação no contexto da mudança climática. O resultado esperado é a apresentação de ações multisetoriais que devem ser priorizadas para o aumento da adaptação do território e o atingimento da neutralidade de Gases Efeitos Estufa – GEE -, por meio-da redução e/ou compensação das emissões GEE em todo o território a um nível de zero emissões líquidas, até o ano 2050 (ICLEI, 2020).

Nesse sentido, com a finalidade de aumentar a resiliência da cidade aos potenciais impactos relatados pelo IPCC, em seu setor de Desenvolvimento Sustentável, buscou-se implementar ações que proporcionassem maior conservação das áreas verdes e acesso da população a essas áreas. Dentre várias ações tomadas, uma delas foi a construção de trechos do Projeto Parque Capibaribe, que estava associada a ampliação da arborização e redução de ilhas de calor na cidade. É importante ressaltar que o Plano Diretor de 2008 e a criação da Lei de Uso e Ocupação do Solo, ou de Zoneamento e Parâmetros, de 1996, passaram por processos de revisão, levando em consideração os riscos e as ameaças impostas à cidade do Recife em decorrência da mudança climática em curso.

Dessa forma, fica evidente que o município tem trilhado um caminho ambicioso de transformação urbana para uma política de baixo carbono, com a valorização da arborização urbana mediante a criação de mais áreas verdes na cidade, aumentando a sua capacidade para conviver com os impactos climáticos que já se encontram presentes na rotina dos concidadãos recifenses, além de novos espaços arborizados projetados para um futuro próximo, assim que estão projetados para um futuro próximo, assim, promovendo melhorias na qualidade de vida de sua população.

2.3 Parques Urbanos e o Sequestro de Carbono

Os parques urbanos se originaram sobre a concepção de que as cidades tendem a necessitar de espaços adequados para atender a demanda de lazer e ocupar o tempo ocioso, se contrapondo a vida agitada do ambiente urbano (CARDOSO et al., 2015).

Para Almeida (2016, apud LIMA JUNIOR; NIVALDO SOUZA, 2021) há três estratégias que podem ser utilizadas para fomentar o sequestro de carbono pela administração municipal, são elas: recuperação de áreas degradadas, arborização urbana e reflorestamento, e técnicas orientadas a sucessão natural do ecossistema.

Em vista disso, a criação e manutenção dessas áreas verdes constitui-se de ações relevantes para o enfrentamento das altas emissões de carbono e agravamento das mudanças climáticas no espaço urbano. Essas áreas são consideradas privilegiadas por proporcionarem diversos benefícios como a conservação da biodiversidade, da vegetação nativa, do solo e dos recursos hídricos (MATSUMOTO et al., 2012).

Por sua vez, Bianco (2015) aponta da decorrente importância das árvores em sequestrar o carbono via fotossíntese, uma vez que consomem dióxido de carbono e o armazenam durante seu processo de crescimento e desenvolvimento, recebendo assim destaque como potenciais redutores do carbono atmosférico, tanto ao nível da vegetação em restauração ao apontar (SOUZA; SOARES, 2013) e quanto da arborização urbana ao citar (NICODEMO; PRIMAVESI, 2009).

Rosenzweig et al (2011, apud RIBEIRO; SANTOS, 2016) apresentam como exemplo o caso de Shanghai, que tem procurado aumentar o nível de vegetação em torno do núcleo urbano para mitigar a ilha de calor urbana e em Tóquio, com a expansão do plantio de árvores, desenvolvimento de parques, e o uso de superfícies pavimentadas que bloqueiam o calor e absorvem a umidade.

Santos, Santos e Ferreira (2013) recorrendo a (NOWAK; CRANE, 2002) afirmam que embora as florestas urbanas estoquem menos carbono por hectare quando comparadas com os estratos florestais, as árvores cultivadas em áreas urbanas podem apresentar maior potencial de sequestro e estoque de carbono por unidade do que árvores que estão competindo por luz em um ambiente florestal.

Dessa forma, diante das atuais discussões mundial em relação ao aumento das concentrações dos Gases Efeito Estufa – GEE - quantificar o estoque de carbono em florestas recebe ainda mais atenção tanto por essas áreas emitirem o dióxido de carbono quanto pelo potencial de serem grandes sequestradores desse gás.

Os ecossistemas florestais possuem 90% da biomassa terrestre e revestem cerca de 40% de sua superfície, apresentando alta taxa de fixação de carbono quando comparados com outras formações vegetais. Assim, pode-se inferir que as florestas são de suma importância para o equilíbrio de sequestro de carbono, muito disso em decorrência de armazenarem nas árvores e no solo mais carbono que a própria atmosfera (VIEIRA, 2019; VIEIRA et al., 2011).

Atualmente, com a procura de se trabalhar com métodos não destrutivos nas florestas, tem-se destacado o uso de modelos matemáticos, as equações alométricas, nas quais são levadas em considerações variáveis levantadas no inventário florestal, tais como diâmetro do fuste à altura do peito (DAP) e a altura do tronco das árvores (SANTOS et al., 2018).

Nunes (2018), no seu trabalho de dissertação, utilizou a metodologia estabelecida por Arevalo et al. (2002), que calcula a biomassa arbórea dos indivíduos vivos por meio de medidas biométricas, como altura, DAP e densidade da madeira ou da espécie arbórea representada pela equação 1 (Tabela 1). Seguindo a mesma perspectiva, Amaro et al. (2013), para estimar a biomassa e o carbono estocado nas árvores, utilizaram as equações ajustadas por Amaro (2010) para a Mata da Silvicultura apresentada na equação 2 (Tabela 1). Esta última foi a escolhida para ser utilizada no presente estudo.

Tabela 1. Equações utilizadas nos trabalhos realizados por Nunes (2018) e Amaro et al. (2013).

Autor	Equação
Nunes (2018)	$BA = 0,1184 \times DAP^{2,53}$ Onde: BA = biomassa de árvores vivas e mortas em pé; 0,1184 = constante; DAP= diâmetro da altura do peito DAP (cm); constante = 2,53
Amaro et al. (2013)	$BF_{cc} = 0,033430 \cdot DAP^{2,397902} \cdot H_f^{0,426536}$ $CF_{cc} = 0,013840 \cdot DAP^{2,437632} \cdot H_f^{0,428609}$ onde: BF _{cc} = biomassa do fuste com casca; DAP = diâmetro à altura do peito em cm; H _f = altura do fuste; CF _{cc} = carbono estocado no fuste com casca.

Fonte: Autoria própria, 2022 (Adaptado de Nunes (2018) e Amaro et al (2013)).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Estimar o sequestro de carbono pelas árvores presentes no Parque da Jaqueira, Recife – PE, a fim de quantificar a biomassa total resultante dos indivíduos arbóreos e identificar potenciais nas espécies presentes na área de estudo.

3.2 Objetivos específicos:

- a) Inventariar quantitativamente a arborização do Parque estudado;
- b) Quantificar Biomassa do Fuste com Casca (BFcc), Carbono no Fuste com Casca (BFcc), Biomassa de Galhos com Casca (BGcc), Biomassa das Folhas (BFO), Biomassa das Raízes (BR) e Biomassa Acima do Solo (AGB);
- c) Quantificar a biomassa resultante dos indivíduos arbóreos presentes na área de estudo;
- d) Determinar o estoque de carbono por espécie identificando potenciais nas espécies presentes na arborização do Parque da Jaqueira;
- e) Apontar estratégias para o planejamento da floresta urbana na área estudada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

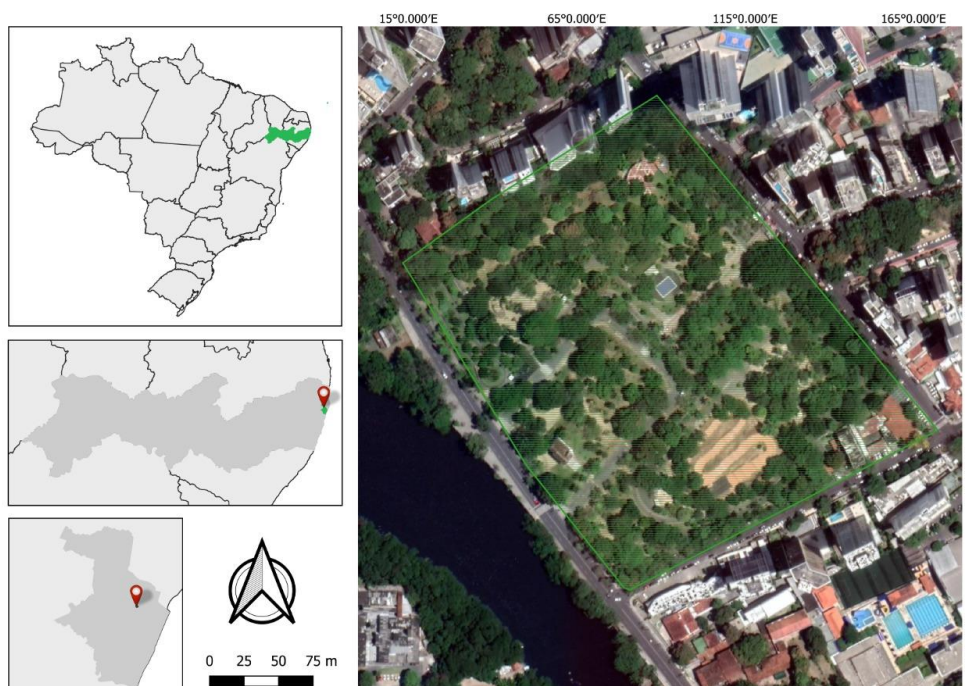
O município de Recife-PE está localizado na região nordeste do país, situado entre a latitude 8°04'03''S e longitude 34°55'00''W de Greenwich. Possui uma área territorial de aproximadamente 218 km², formado por uma planície aluvial, com altitude média de que varia entre 4 a 10 metros acima do nível do mar.

A região é caracterizada pelo clima tropical quente e úmido (As'), conforme a classificação climática de Köppen-Geiger, tem temperatura média anual de 25,4°C e amplitude térmica de 2,8°C, com uma umidade relativa do ar média anual de 84%. Além disso, apresenta um regime de chuvas caracterizado por dois períodos diferentes: uma estação seca que se estende pelos meses de setembro e fevereiro (primavera-verão) e uma estação chuvosa, de março a agosto (outono-inverno) com um índice pluviométrico anual médio superior a 1600 mm (BARROS; LOMBARDO, 2013).

O Parque da Jaqueira está situado em uma área nobre, planície central da cidade do Recife (08° 03' 14" S 34° 52' 51"O), no bairro da Jaqueira, limitando-se com os bairros da

Tamarineira (Norte); Torre (Sul); Graças (Leste); Santana e Parnamirim (Oeste). Com paisagem marcada por edifícios residenciais de médio e alto padrão e por áreas verdes (Figura 1). A área é bem estruturada e servida por infraestrutura, dispondo de atividades ligadas ao comércio e serviços (ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO RECIFE, 2006).

Figura 1. Área de estudo, Parque da Jaqueira, localizado em Recife, no estado de Pernambuco, Brasil.



Fonte: Autoria própria (2022).

O Parque da Jaqueira, primeira Unidade de Conservação da Paisagem da Cidade instituída pela Lei Municipal nº 17.610/2010 (Recife, 2012), contempla 49 espécies pertencentes a 23 famílias botânicas, sendo boa parte indivíduos nativos. Dentre as espécies presentes na arborização do parque, destacam-se a *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard, *Casuarina equisetifolia* L. e *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf (VILAÇA et al; 2016).

4.2 4.2 Procedimentos metodológicos

a. Inventário Florestal Urbano

O método utilizado para a coleta das variáveis dendrométricas seguiu as características da vegetação da área. Sendo assim, foi realizado um inventário florestal do

Em seguida, os dados coletados foram tabulados por meio do software Excel®. Para organizá-los, foi confeccionado um modelo de planilha (Anexo I) para serem inseridas as informações obtidas em campo.

Posteriormente, as espécies identificadas foram tabuladas por nome científico, nome comum, família e origem. Na identificação e classificação das espécies foi utilizado o sistema de classificação botânico APG IV (2016) e consideradas espécies exóticas todas aquelas que não ocorrem naturalmente no Brasil.

O delineamento utilizado para as análises estatísticas foi o delineamento de blocos casualizados (DBC), a fim de controlar as interferências do ambiente e as análises foram realizadas no programa R v. 1.3.1093 (R CORE TEAM, 2018).

b. Estoque de carbono e quantificação da biomassa

O estoque de carbono e quantificação da biomassa ocorreu em nível de cobertura arbórea da área, isto é, não se levou em consideração as árvores mortas. Na obtenção dos resultados, adaptou-se os procedimentos utilizados por Torres et al. (2013) e Amaro et al. (2013) citados por (ARAÚJO et al., 2020) para Floresta Estacional Semidecidual, sendo os cálculos realizados com o auxílio do software Excel®.

Em virtude de restrições de ordens legal e operacional, usou-se o método não destrutivo, pelo qual a estimativa da biomassa é feita a partir do volume e densidade básica média da madeira.

Para a obtenção da biomassa do fuste com casca (BFcc) e do carbono no fuste com casca (CFcc), foram utilizadas as equações ajustadas por Amaro et al. (2013, apud ARAÚJO, 2020), representadas pelas equações 1 e 2, respectivamente (Tabela 2) que representam a biomassa e o carbono estocado em toneladas por hectare.

Tabela 2. Equações ajustadas para a obtenção da biomassa do fuste com casca (BFcc) e do carbono no fuste com casca (CFcc).

Número	Equações ajustadas	R² (%)	S_{y,x} (%)
1	$BF_{CC} = 0,033430 * DAP^{(2,397902)} * Hf^{(0,426536)}$	95,63	± 22,6
2	$CF_{CC} = 0,013840 * DAP^{(2,437632)} * Hf^{(0,428609)}$	95,34	± 23,6

Fonte: Autoria própria (2022).

A estimativa da Biomassa dos Galhos com Casca (BG_{cc}), foi utilizada a mesma proporção obtida por Torres et al. (2013), no qual considera que a Biomassa dos Galhos representa 25,86% da biomassa do fuste (Equação 3). A Biomassa das Folhas (BFO) vivas será estimada com base no estudo realizado por (Drumond 1996, apud ARAÚJO et al., 2020), onde foi verificado que representam 4,45% da biomassa do fuste (Equação 4). A biomassa das raízes estimadas considerando que estas representam 24% da biomassa do fuste com casca (equação 5). Por fim, a Biomassa Acima do Solo (AGB) será obtida mediante o somatório das biomassas do fuste, galhos e folhas, demonstrada na equação 6 (Tabela 3). Todas as equações estimam a biomassa quilogramas hectare.

Tabela 3. Equações para a btenção da biomassa dos galhos com casca, folhas vivas e acima do solo.

Número	Equações
3	$BG_{cc} = 0,2596 * BF_{cc}$
4	$BFO = 0,0445 * BF_{cc}$
5	$BR = 0,24 * BF_{cc}$
6	$AGB = BF_{cc} + BG_{cc} + BFO_{vv}$

Fonte: Autoria própria (2022).

A estimativa de estocagem de carbono nos galhos (CE_{ga}), raízes (CE_{ra}) e folhas (CE_{fl}) foram obtidas mediante o produto da biomassa dos galhos, raízes e folhas por 48,54%, conforme o trabalho de Amaro et al. (2013,apud ARAÚJO). O carbono estocado total (CE_{total}) obtido pelo trabalho correspondeu ao somatório do carbono estocado do fuste (CF_{cc}), galhos (CE_{ga}), folhas (CE_{fl}) e raízes (CE_{ra}) em toneladas por hectare.

Ressalva-se que na presente pesquisa as Palmeiras foram desconsideradas devido a metodologia utilizada, haja vista que poderia vir a superestimar a biomassa e estoque de carbono desses indivíduos em decorrência da diferença de estrutura e da formação do vegetal. Portanto, apenas indivíduos arbóreos foram considerados para a realização do presente estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Inventário Florestal Urbano

Diante do inventário realizado, foi possível identificar um total de 100 indivíduos. Desses, 65 são nativos e 35 são exóticos. Dentre os indivíduos nativos, foram identificadas

11 famílias botânicas sendo elas: Anacardiaceae, Burceraceae, Malvaceae, Bombacaceae, Fabaceae, Bignoniaceae, Cecropiaceae, Sapindaceae, Lecythidaceae, Myrtaceae e Chrysobalanaceae. Dos indivíduos amostrados nativos, aqueles que apresentaram maior frequência foram Ipê rosa (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) com 17 indivíduos seguido pelo Ipê roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) com 13 indivíduos. Dos indivíduos exóticos amostrados a Mangueira (*Mangifera indica* L.) foi quem apresentou maior frequência com 9 indivíduos, seguida do Flamboyant (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.) com 7 árvores (Tabela 4).

Tabela 4. Espécies identificadas nas áreas de estudo do Parque da Jaqueira, Recife/PE.

Nome Científico	Nome Comum	Origem	Família	Frequência (%)
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	Abriçó de macaco	Nativa	Lecythidaceae	3%
<i>Protiumheptaphyllum</i> (Aubl.)Marchand	Amescla-de-cheiro	Nativa	Burseraceae	1%
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira-da-praia	Nativa	Anacardiaceae	1%
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira	Nativa	Malvaceae	1%
<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá	Nativa	Anacardiaceae	1%
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	Nativa	Anacardiaceae	4%
<i>Pachira aquatica</i> Aubl	Monguba	Nativa	Bombacaceae	1%
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	Chuva-de-ouro	Nativa	Fabaceae	1%
<i>Cecropia</i> sp	Embaúba	Nativa	Cecropiaceae	2%
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Flamboyant	Exótica	Fabaceae	7%
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê amarelo	Nativa	Bignoniaceae	5%
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê rosa	Nativa	Bignoniaceae	17%
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê roxo	Nativa	Bignoniaceae	13%
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	Jambo-do-pará	Exótica	Myrtaceae	3%
<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.	Jaqueira	Exótica	Moraceae	2%
<i>Plumeria rubra</i> L.	Jasmim Vapor	Exótica	Apocynaceae	2%
<i>Hymenaea courbari</i> L.	Jatobá	Nativa	Fabaceae	3%
<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	Exótica	Anacardiaceae	9%
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Nim	Exótica	Meliaceae	2%
<i>Licania tomentosa</i> Fritsch.	Oiti	Nativa	Chrysobalanaceae	2%
<i>Talisia esculenta</i> (A. St. -Hil.) Radlk.	Pitombeira	Nativa	Sapindaceae	1%
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Resedá	Exótica	Lythraceae	3%
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen	Sapoti	Exótica	Zapotaceae	3%
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P.Queiroz.	Sibipiruna	Nativa	Fabaceae	1%
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Sombreiro	Nativa	Fabaceae	7%
<i>Tamarindus indica</i> L	Tamarindo	Nativa	Fabaceae	2%
<i>Eugenia uvalha</i> Cambess.	Uvaia	Nativa	Myrtaceae	3%
TOTAL				100%

Fonte: Autoria própria (2022).

As áreas de estudos apresentaram características dendrométricas distintas. A área I2 obteve uma média de DAP de 49,90 cm, sendo a maior em relação as outras áreas de estudo. Em contrapartida, observou-se uma média mais baixa diante da altura de fuste de seus indivíduos apresentando uma altura média de 9,51 m. A área I1 apresentou a menor média de DAP de seus indivíduos com 33,87 cm, no entanto estes possuíam alturas de fustes maiores proporcionando uma média de 13,63 m (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo das características dendrométricas encontrados nas áreas objetos de estudo no Parque da Jaqueira, Recife/PE.

Localização	Nº espécies identificadas	DAP médio (cm)	Altura média do fuste (m)
I1	9	33,87	13,63
I2	9	49,90	9,51
I3	10	35,39	6,66
I4	12	43,18	7,80
Média	10,00	40,58	9,40
DesvioPad	1,41	7,43	3,06

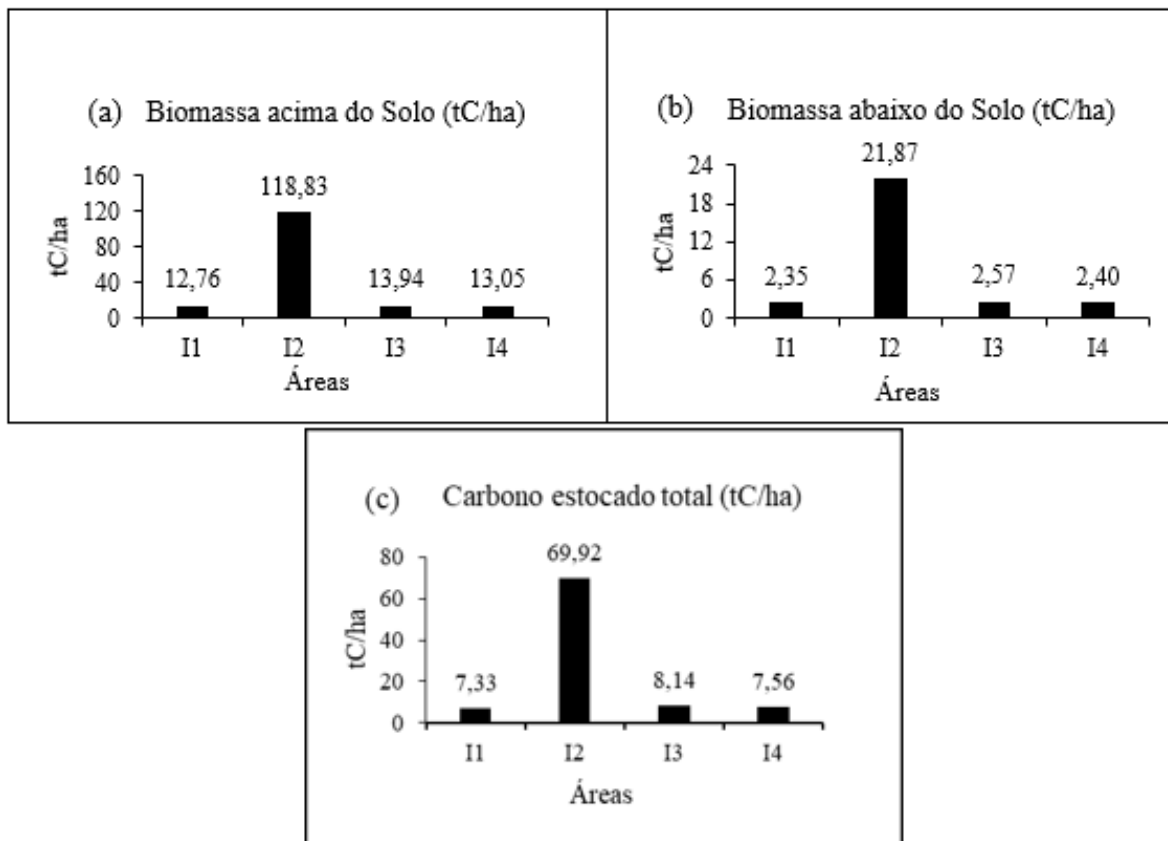
DAP: diâmetro a altura do peito.

Fonte: Autoria própria (2022)

5.2 Determinação de Sequestro Carbono

Entre as AGBs das áreas estudadas, constatou-se maior valor (118,3 tC/ha) para a I2, sendo seguida pelas I3 (13,94 tC/ha) e I4 (13,05 tC/ha), respectivamente (Figura 4a). Em compensação, a área I1 apresentou o menor valor para AGB (12,76 tC/ha). Esse resultado, provavelmente, deve-se ao fato de que essa área encontra-se mais próxima de trechos de avenidas, com muita passagem de veículos automatizados e antropização, o que denota presença de árvores menores. Apesar de ser um parque urbano, a área é circundada por mobiliários e atividades recreativas que, provavelmente, restrinjam o espaço de crescimento dos indivíduos arbóreos, uma vez que esses precisam de velocidade de crescimento regular, desenvolvimento de copas compatíveis com as dimensões do ambiente e troncos únicos (MANUAL DE ARBORIZAÇÃO DO RECIFE, 2013).

Figura 3. Distribuição do estoque de biomassa acima do solo (3a), abaixo do solo (3b) e carbono estocado total (3c) das áreas objeto de estudo, em t/ha, no Parque da Jaqueira/Recife-PE.



Fonte: Autoria própria (2022).

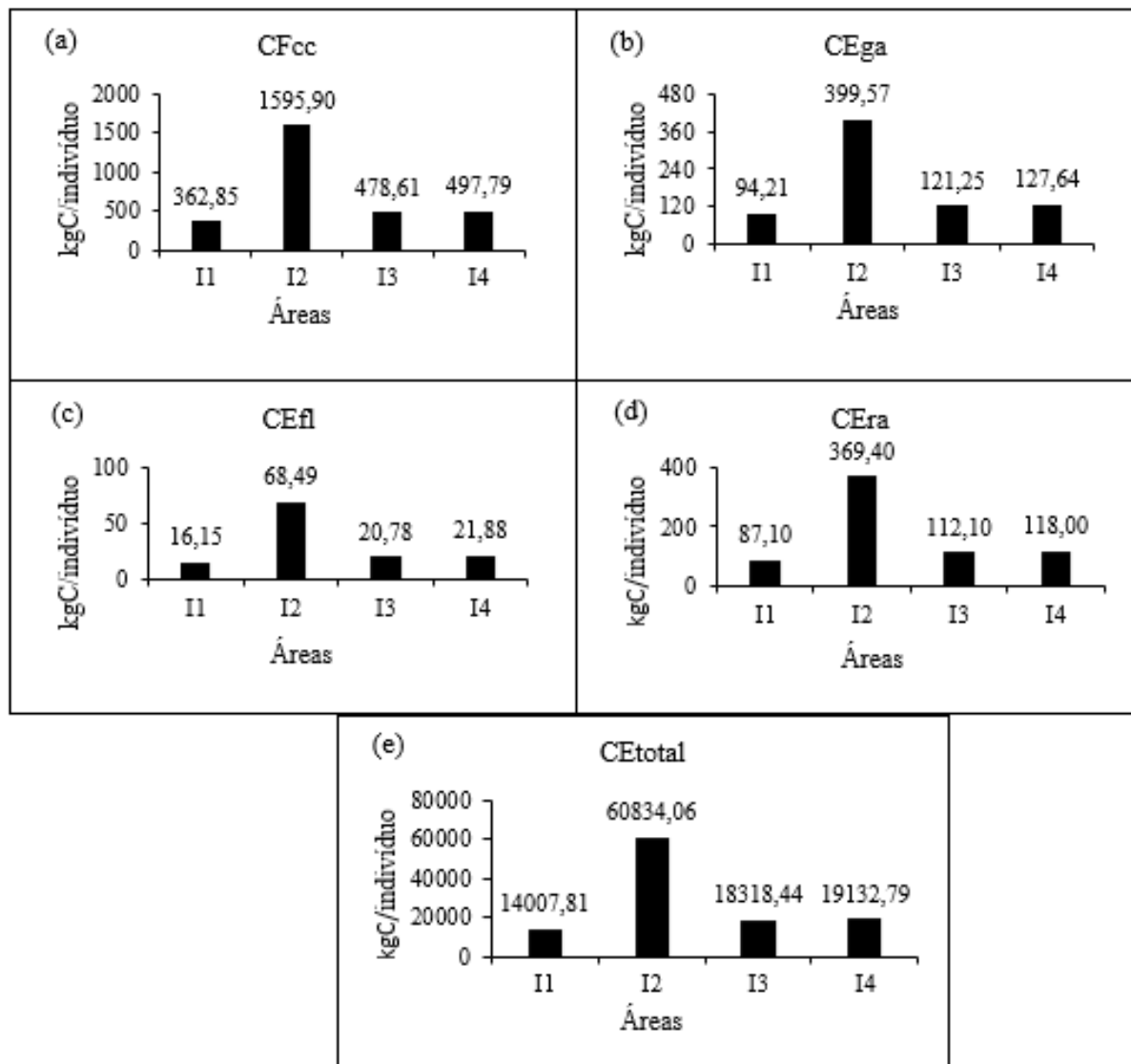
Observou-se que a área que obteve a maior biomassa de raiz (BR) foi a I2 (21,87 tC/ha), enquanto a mais baixa foi a área I1 (2,35 tC/ha). De forma geral, a biomassa representada pela raiz foram baixas em todas as áreas quando comparada com a biomassa acima do solo (fuste + galhos e folhas vivas) (Figura3b). Isto se deve as áreas estarem localizadas num ambiente com solo bastante modificado e sem condições favoráveis para o crescimento de suas raízes. Lima (2007) apontam que a compactação dos solos urbanos compromete sua morfologia e estrutura física dificultando a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial favorecendo a ocorrência de processos erosivos e consequentemente interferindo no desenvolvimento radicular das espécies vegetais. Além disso, nesses solos o pH é bem elevado o que também vem a comprometer o crescimento das plantas na área urbana (SANTOS JUNIOR, LIMA, 2012).

Para o carbono estocado total por unidade de área os resultados indicaram que locais mais próximos das avenidas e ruas tendem a apresentar uma maior concentração de massa de carbono capturado, onde a área I2 acumulou 69,92 tC/ha (Figura 3c). A I1, I3 e I4, apresentam pouco estoque de carbono, com 7,33; 8,14 e 7,56 tC/ha, respectivamente. Nunes (2018) em seu estudo estimou a biomassa arbórea e carbono vegetal em 4 ruas da cidade de Catolé do Rocha, Paraíba, e verificou que o máximo que as árvores numa rua conseguem sequestrar de carbono é 20,04 tC/ha, o que não foi observado pelo presente estudo.

Muneroli e Mascaró (2010) afirmam que quando a arborização de parques e ruas são bem executadas e de forma planejada, a introdução de árvores de médio e rápido crescimento contribui com o aumento da eficiência da captura do carbono, trazendo benefícios à ambiência urbana.

A estrutura com maior estoque de carbono foi o fuste ou tronco (Figura 5a), seguida pelos galhos (Figura 5b). Corroborando com o resultado obtido tem-se o estudo de Figueiredo et al. (2015) sobre o estoque de carbono em fuste de árvores de uma floresta estacional semidecidual os quais identificaram que houve um incremento periódico de 0,944 t/ha.ano, num tempo de 14 anos, passando de 47,9 t/ha, em 1994, para 61,81 t/ha, em 2008.

Figura 4. Média de carbono estocado no fuste por indivíduo - CFcc (Figura 4a), galhos - CEga (Figura 4b), raízes - CEra (Figura 4c), folhas - CEfl (Figura 4d) e total - CETotal (Figura 4e) das 4 áreas objetos de estudo no Parque da Jaqueira/Recife-PE.



Fonte: Autoria própria (2022).

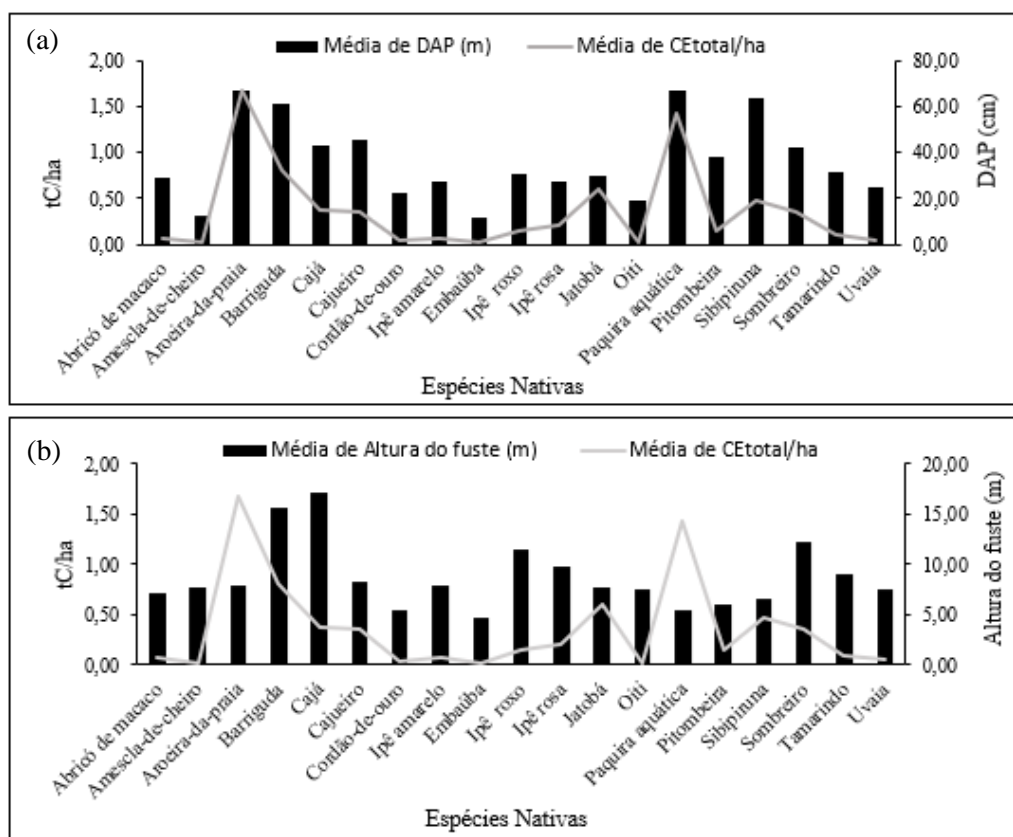
Ainda sobre as estruturas das árvores, a absorção média do fuste variou de 362,85 a 1595,90 kgC/indivíduo. Os galhos apresentaram uma absorção entre 94,21 e 399,57 kgC/indivíduo. Nas folhas (Figura 4c), a absorção de carbono variou de 16,15 a 68,49 kgC/indivíduo, e nas raízes (Figura 4d), de 87,10 a 369,40 kgC/indivíduo. O carbono estocado total (Figura 4e), que representa a soma dos carbonos estocados de todas as estruturas da árvore, apresentou uma variação 14007,81 kgC (I1) a 60834,06 kgC/indivíduo (I2).

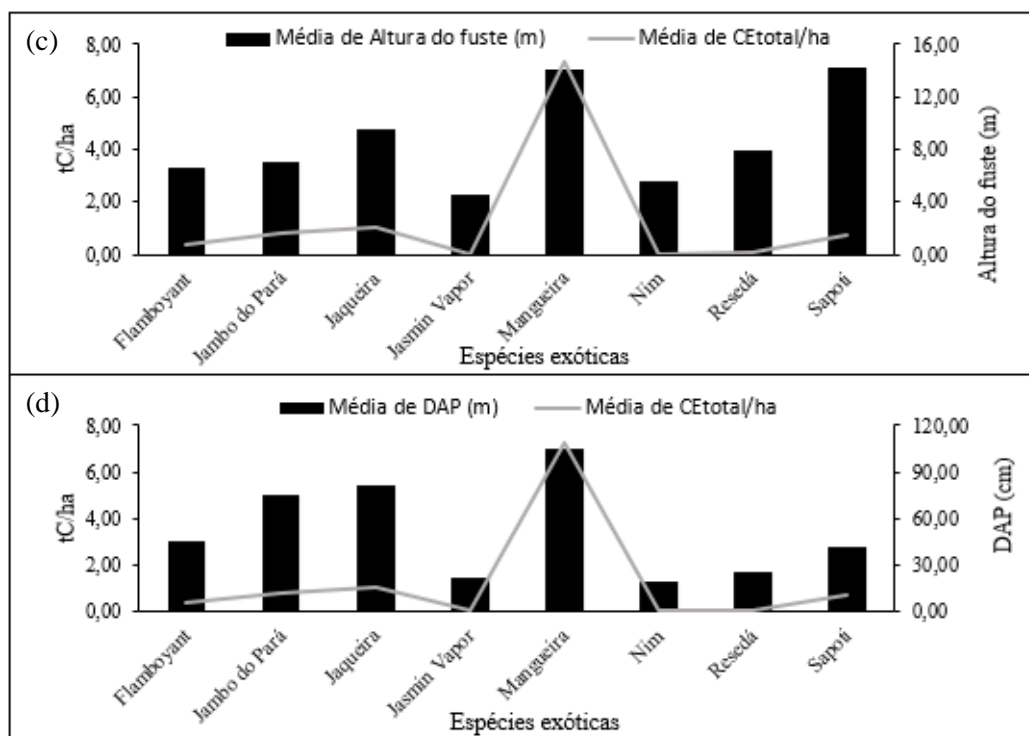
Um estudo realizado por Santos, Santos e Ferreira (2013) desenvolvido no Parque Urbano Tucumã, localizado no município de Rio Branco - Acre, obteve que o estoque de carbono por indivíduo arbóreo era em média de 79,96 kgC/ind.

5.3 Determinação de Sequestro Carbono por espécie

Analisando individualmente as espécies, para o estoque de carbono foi verificado que, dentre as nativas, as árvores que apresentaram maiores valores de DAP e altura de fuste tiveram maior capacidade de sequestrar carbono, sendo elas a Aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolia*) com 1,68 tC/ha e a Munguba (*Pachira aquatica*) com (1,43 tC/ha) (Figura 5a). O mesmo acontece para espécies exóticas, destacando-se a Mangueira (*Mangifera indica L.*) com (7,29 tC/ha) e a Jaqueira (*Artocarpus heterophylls L.*) com (1,06 tC/ha) (Figura 5b). Isso revela que o estoque está diretamente ligado ao crescimento da planta em DAP e altura e em relação a idade (SANQUETTA et al., 2014).

Figura 5. Distribuição do estoque de carbono em função do DAP por espécie nativa (5a) e por espécie exótica (5b) e em função da altura de fuste (5c e 5d) no Parque da Jaqueira/Recife-PE.





Fonte: Autoria própria (2022).

A biomassa estocada e o carbono sequestrado por espécie nas áreas de estudo variam de acordo com as condições ambientais. Os indivíduos existentes em vegetação mais próximas a áreas mais antropizadas apresentaram maiores valores de estoque de carbono, como a Mangueira na área I2. Em contrapartida, o mesmo indivíduo quando comparado nas áreas mais distantes de passagem de veículos automatizados obteve uma menor biomassa e sequestro (I3) (Tabela 6).

Tabela 6. AGB, BR e CEtotal, em tC/ha, por espécie em cada área de estudo no Parque da Jaqueira, Recife/PE.

Árvores	AGB (tC/ha)	BR (tC/ha)	CEtotal (tC/ha)
I1			
Amescla-de-cheiro	0,02	0,00	0,01
Barriguda	1,40	0,26	0,81
Cajá	0,64	0,12	0,37
Ipê rosa	2,39	0,44	1,38
Ipê roxo	4,18	0,77	2,40
Mangueira	0,57	0,11	0,33
Resedá	0,46	0,08	0,26
Sapoti	0,13	0,02	0,07
Sombreiro	2,96	0,54	1,70
I2			

Aroeira-da-praia	2,89	0,53	1,68
Cajueiro	1,18	0,22	0,68
Embaúba	0,10	0,02	0,05
Flamboyant	0,07	0,01	0,04
Ipê rosa	2,92	0,54	1,67
Jatobá	3,09	0,57	1,79
Mangueira	102,34	18,83	60,42
Munguba	2,47	0,45	1,43
Sapoti	3,76	0,69	2,17
I3			
Cordão-de-ouro	0,07	0,01	0,04
Ipê amarelo	0,10	0,02	0,06
Flamboyant	2,52	0,46	1,45
Ipê roxo	0,15	0,03	0,08
Ipê rosa	0,70	0,13	0,40
Ipê roxo	0,31	0,06	0,18
Jasmin Vapor	0,12	0,02	0,07
Mangueira	8,27	1,52	4,89
Nim	0,10	0,02	0,05
Pitombeira	0,25	0,05	0,14
Sombreiro	1,35	0,25	0,78
I4			
Abricó de macaco	0,37	0,07	0,21
Cajueiro	1,26	0,23	0,72
Craibeira	0,52	0,10	0,30
Flamboyant	1,51	0,28	0,88
Ipê roxo	0,24	0,04	0,13
Jambo do Pará	4,02	0,74	2,34
Jaqueira	3,62	0,67	2,11
Oiti	0,10	0,02	0,05
Sibipiruna	0,81	0,15	0,47
Tamarindo	0,34	0,06	0,19
Uvaia	0,26	0,05	0,15

Fonte: Autoria própria (2022).

Isso demonstra que de fato as árvores retém poluentes e contribuem para o conforto térmico e proporcionam microclima nessas áreas. Vieira et al (2018), Popek et al (2015) e Nowak et al (2014) indicaram nos seus estudos uma melhoria da qualidade do ar em até 16% em área com vegetação densa nos Estados Unidos da América.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do inventário realizado, foi possível diagnosticar que a maior parte das espécies identificadas são nativas. A média de DAP, considerando as quatro áreas de estudo, foi de 40,58 cm, e para altura foi encontrado um valor médio de 9,4 m. Nesses estudos, destacou-se a área I1, com as árvores mais alta, e a I2, com as árvores de maiores diâmetro de circunferência.

Na determinação do sequestro de carbono por área, foi possível identificar que a biomassa acima do solo (AGB), área I2, apresentou o maior valor de biomassa sendo de 118,83 tC/ha, e a menor foi a I1, com 12,76 tC/ha. Isso decorre da área I1 está próxima de passagens de veículos e transeuntes. Além disso, para a biomassa de raiz (BR), áreas I2 também apresentou o maior estoque com 21,87 tC/ha, e a I1 a mais baixa com 2,35 tC/ha. No geral o estoque de biomassa de raízes foi mais baixo para todas as áreas, devido às alterações morfológicas e físicas do solo. Por fim, a estrutura que mais estocou carbono foi o fuste, atingindo um valor máximo de 1595 kgC/indivíduo na área I2.

A área que estava mais próxima de passagem de carros e pessoas apresentou maior capacidade de estoque de biomassa e carbono por hectare (I2). Nessa área estavam presentes as espécies Aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolia Raddi*), Cajueiro (*Anacardium occidentale L.*), Embaúba 9 *Cecropia sp*), Flamboyant (*Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf.*), Ipê rosa (*Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos*), Jatobá (*Hymenaea courbari L.*), Mangueira (*Mangifera indica L.*), Munguba (*Pachira aquatica Aubl*), e Sapoti (*Manilkara zapota (L.) P.Royen*) A quantidade de carbono estocado total médio por indivíduos foram maiores nas árvores Aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolia Raddi*) com 1,68 tC/ha e a Munguba (*Pachira aquatica Aubl*) com 1,43 tC/ha, quando se tratando de espécies nativas. Para as exóticas destacam-se Mangueira (*Mangifera indica L.*) com 7,29 tC/ha e a Jaqueira (*Artocarpus heterophylls L.*) com 1,06 tC/ha.

Com o estudo, é possível afirmar que uma das estratégia para a Prefeitura do Recife contribuir com a mitigação das mudanças climáticas e sequestro dos gases de efeito estufa (GEE) é a criação de áreas arborizadas, parques e áreas verdes, em geral, investindo principalmente em espécies nativas que tenham crescimento rápido tanto em altura quanto em largura (DAP).

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, Arthur Pérez et al. Composição da arborização urbana dos bairros da Pompeia, Gonzaga e Boqueirão da cidade de Santos/SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 16, n. 4, p. 1-16, 2022.

AMARO, M. A. **Estimativas do estoque de volume, biomassa e carbono para fustes de árvores, sub-bosques e serapilheira em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana em Viçosa, MG**. 2010. 180f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

AMARO, M. A. et al. Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 849-857, 2013.

ARAÚJO, Y. R. V; MOREIRA, Z. C. Gonçalves; DAS NEVES, Arinaldo Inácio. 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.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Embrapa Florestas. Documentos, 73).

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO RECIFE – 2006. Disponível em: <<http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2006/downloads.htm>>. Acesso em : 10 set. 2021.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. Zoneamento climático urbano da cidade do Recife: uma contribuição ao planejamento urbano. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 17, n. 1, p. 186-197, 2013.

BIANCO, R. **Estimativa da incorporação de carbono em biomassa arbórea em três trechos da arborização urbana de Londrina-PR**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso.

BIZ, S. **Dinâmica e Sequestro de Carbono em Floresta Ombrófila Mista Aluvial Urbana**. 2017. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, PR, 2017.

BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. 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.

CARDOSO, S. L. C.; VASCONCELLOS SOBRINHO, M.; VASCONCELLOS, A. M. de Albuquerque. Gestão ambiental de parques urbanos: o caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 74-90, 2015.

DE FREITAS RODRIGUES, J. R.; DA SILVA BEZERRA, L. G. Arborização Urbana como estratégia de adaptação frente às mudanças climáticas no semiárido brasileiro: uma revisão teórica. **Educação Ambiental – atitudes e ações resilientes para o equilíbrio do planeta**, p. 74, 2022.

DO NASCIMENTO OLIVEIRA, Ana Beatriz et al. O protagonismo da cidade do Recife destaques e desafios da política municipal de enfrentamento às mudanças climáticas. **Encontro Brasileiro de Administração Pública**, 2021.

DUARTE, A. N. F. **Equações alométricas para o Plano de Manejo da Fazenda Seringal Novo Macapá, Amazonas-Acre**. 2017. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017.

FEITOSA, S. M. R. et al. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina – Piauí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 2, p. 58-75, 2011.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. **Urban Climate**, v. 27, p. 105-123, 2019.

FIGUEIREDO, L. T., SOARES, C. P. B., SOUZA, A. L., LEITE, H. G., SILVA, G. F. Dinâmica do estoque de carbono em fuste de árvores de uma Floresta Estacional Semidecidual. **Cerne**, v.21, n.1, p. 161-167, 2015.

GONÇALVES, M. P. **Análise da distribuição espacial, funcionalidade e atratividade de áreas verdes públicas na cidade de São Carlos, SP.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

ICLEI; Urban-LEDS II: **Acelerando a Ação Climática por meio da Promoção de Estratégias de Desenvolvimento de Baixo Carbono, 2020.** Plano de Ação Climática do Recife - Resumo. São Paulo, Brasil. Disponível em: <<https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2020/12/bonecodigital-plac-recife-v4.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. **Cambridge University Press**, Reino Unido, 7 ago. 2021. AR6 WGI, p. 15-31. Disponível em:<<https://www.preventionweb.net/publication/climate-change-2021-physical-science-basis-ar6>>. Acesso em: 5 de maio de 2022.

LIMA JUNIOR, N. S. **Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território. Dissertação de mestrado.** NOVAFCSH - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas - Universidade Nova de Lisboa, outubro, 2021.

LIMA, V. C. Composição do solo, crescimento de plantas e poluição ambiental. **O solo no meio ambiente**, p. 127.

MARTELLI, A; CARDOSO, M. M. Favorecimento da Arborização Urbana com a Implantação do Projeto Espaço Árvore nos Passeios Públicos do Município de Itapira-SP. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, p. 184-197, 2018. Disponível em:<<https://scholar.archive.org/work/2kdrnfoqa5fbpbdegmez2shvaq/access/wayback/http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/download/8082/5369>>. Acesso em: 30 de abril de 2022.

MATSUMOTO, M.L. et al. Avaliação ambiental do parque urbano Anulpho Fioravante para adoção de estratégias de restauração. Boletim Paranaense de Geociências. Paraná. v. 66-67. p.51-60, 2012.

MARTINS, T. A. L. **De condicionantes solares à oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical.** Tese (Doutorado

em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

MELO, L. L.; MEUNIER, I. M. J. Evolução da arborização de acompanhamento viário em cinco bairros de Recife–PE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 34, n. 2, 2017.

MUNEROLI, Clenara Citron; MASCARÓ, Juan José. 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.; HIRABAYASHI, S.; GREENFIELD, E. **Tree and forest effects on air quality and human health in the United States**. *Environmental Pollution*, v.193, p.119-29, 2014.

NUNES, A. R. V. et al. **Conforto térmico e estimativa da captura do carbono pela vegetação em diferentes áreas da Cidade de Catolé do Rocha-PB**. 2018.

RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S. **Mudanças climáticas e cidades: relatório especial do painel brasileiro de mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: PBMC, 2016.

POPEK, R. et al. The level of particulate matter on foliage depends on the distance from the source of emission. **International Journal of Phytoremediation**, v.17, n.12, p.1262-8, 2015.

RECIFE. **Manual de arborização: orientações e procedimentos técnicos básicos para a implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife**. Recife: Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2013.

REIS, A. R. N. et al. Estoques de carbono e dióxido de carbono equivalente em árvores de rua de cidades brasileiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 14, n. 4, p. 26-35, 2019.

SANQUETTA, C. R.; MOGNON F.; CORTE, A. P. D.; DALLAGNOL, F. S.; MAAS, G. C. B. Pagamento por serviços ambientais em Floresta Ombrófila Mista. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 9, 2011, Brasília. **Anais...** Brasília, 2011. p.1– 3.

SANQUETTA, C. R., CORTE, A. P. D., MOGNON F., MAAS, G. C. B., RODRIGUES, A. L.(2014). Estimativa de carbono individual para *Araucaria angustifolia*. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 44, n. 1, p. 1-8.

SANTOS JUNIOR, J. B.; LIMA, M. R. Caracterização e classificação de solos urbanos em Campina Grande do Sul, estado do Paraná. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 2, p. 98-104, 2012.

SANTOS, L.; SANTOS, E.; FERREIRA, E. J. Estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono da vegetação arbórea de um fragmento do Parque Urbano Tucumã, em Rio Branco, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

SANTOS, F. G.; CAMARGO, P. B.; OLIVEIRA, R. C.. Estoque e dinâmica de biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Densa na Flona Tapajós: Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1049-1059, 2018.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.

TEAM, R. Core et al. **R: A language and environment for statistical computing**; 2018.

TORRES, C. M. M. E. et al. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 37, p. 647-655, 2013.

VIEIRA, J. A. Estimativa do estoque de carbono presente na biomassa vegetal arbórea do Parque Municipal Américo Renné Giannetti – Belo Horizonte/MG. **Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Tecnologia Ambiental**, p. 72-72, 2019.

VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; DUARTE-NETO, P. J.; MARTINS, S. C.; VEIGA, L. G.; SCARANELLO, M. A.; PICOLLO, M. C.; CAMARGO, P.B.; CARMO, J. B.; SOUSA NETO, E.; SANTOS, F. A. M.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. **Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above-and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range**. *Ecology and Evolution*, New Jersey, v. 1, n. 3, p. 421-434, 2011.

VIEIRA, J. et al. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. **Environmental Research**, v.160, p.306-13, 2018.

VILAÇA, M. D, et al. Avaliação da Qualidade Ambiental do Parque da Jaqueira-Recife, Pernambuco (Evaluation of environmental quality Jaqueira park - Recife, Pernambuco).

Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 163-171, fev. 2016. ISSN 1984-2295. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233658>>. Acesso em: 10 dez. 2021. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.1.p163-171>.

ZANINI, A. M. **Estoque de carbono em restaurações florestais com 5 anos de idade na Mata Atlântica**. 2019. 89 f. Diss. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

ZHU, K; SONG, Y; QIN, C. Forest age improves understanding of the global carbon sink. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 10, p. 3962-3964, 2019.

