

Artigo Científico

AVALIAÇÃO DA BIOMASSA E DO ESTOQUE DE CARBONO DE ESPÉCIES HERBÁCEAS, ARBUSTIVAS E ARBÓREAS DO HORTO DO IFRJ CAMPUS NILÓPOLIS

Biomass and carbon stock assessment of herbaceous, shrub and tree species in the IFRJ *campus* Nilópolis Garden

Luiggia Girardi Bastos Reis de Araujo^{1*}, Clara Norberto dos Santos Gomes¹, Iara Norberto dos Santos Gomes¹, Máira de Souza Santana¹, Camila Kajiyama Kuriya¹, Carlos Alexandre Marques¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus* Nilópolis. R. Cel. Délio Menezes Porto, 1045, Centro, Nilópolis, RJ. CEP: 26530-060.

Submetido em: 25.08.2024; Aceito em: 30.01.2025; Publicado em: 14.02.2025.

***Autor para correspondência:** luiggia.araujo@ifrj.edu.br

Resumo: Áreas verdes urbanas disponibilizam inúmeros benefícios para o bem-estar humano e qualidade de vida e apresentam importantes funções de estoque e sequestro de carbono, que contribuem para a mitigação e adaptação das cidades às mudanças climáticas. Um expressivo número de estudos tem sido realizados em áreas verdes urbanas dentro da Mata Atlântica, para avaliar e descrever sua contribuição na produção de biomassa. Por isso, o objetivo deste trabalho foi estimar a biomassa e o estoque de carbono no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis. A estimativa da biomassa aérea, das raízes e do solo foi realizada a partir de três equações. Para a biomassa vegetal, foram obtidos dados de altura, diâmetro na altura do solo e a densidade do caule. Para o estoque de carbono no solo, foram obtidos dados das variáveis densidade, teor de carbono e profundidade. Foram identificados 352 indivíduos, divididos em 42 espécies herbáceas e 41 espécies arbustivas. As alturas e os diâmetros dos indivíduos variaram de 0,6 cm a 15 m (Média = 1,39 m) e 0,2 cm a 50 cm (Média = 5,05 cm), respectivamente. O Horto do IFRJ Nilópolis estoca 1,69 toneladas de biomassa (0,8 toneladas de carbono) na sua parte aérea e 0,33 toneladas nas suas raízes (0,14), com a predominância (96%) no estrato arbóreo. O solo do horto estoca 226 quilos de carbono (6,27 Kg/m²). A medição da densidade em laboratório para estimativa da biomassa é uma ferramenta importante para aumentar a confiabilidade dos valores estimados. A quantidade de biomassa e carbono estocado na área de estudo é similar a outras áreas verdes, mostrando a importância dessa área como recurso urbano de mitigação e adaptação climática, que deve ser usado como modelo para o planejamento e engajamento das instituições de ensino.

Palavras-chave: Ciclo do carbono, Equações Alométricas, Áreas Verdes Urbanas, Mitigação e Adaptação, Mudanças Climáticas.

Abstract: Urban green spaces provide numerous benefits for human well-being and quality of life, and play an important role in carbon storage and sequestration, contributing to the mitigation and adaptation of cities to climate change. A significant number of studies have been carried out in urban green areas in the Atlantic Forest to evaluate and describe their contribution to biomass production. Therefore, the aim of this study was to estimate the biomass and carbon stock of the IFRJ *campus* Nilópolis Garden. Biomass in the aerial and

root parts and in the soil was estimated using three equations. For plant biomass equations, the height, diameter at ground level and stem density were obtained. For soil carbon stock equation, density, carbon content and depth were measured. A total of 352 individuals were identified, grouped into 42 herbaceous species and 41 shrub species. The height and diameter of the individuals ranged from 0.6 cm to 15 m (average = 1.39 m) and 0.2 cm to 50 cm (average = 5.05 cm) respectively. The IFRJ *campus* Nilópolis Garden stores 1.69 tons of biomass (0.8 tons of carbon) in its aerial part and 0.33 tons in its roots (0.14), mainly in the tree stratum (96%). The soil in the garden stores 226 kilos of carbon (6.27 kg/m²). The density measurement in the laboratory to estimate the biomass is an important tool to increase the reliability of the estimated values. The amount of biomass and carbon stored in the study area is similar to other green spaces, showing the importance of this area as an urban resource for climate mitigation and adaptation, which should be used as a model for planning and engagement of educational institutions.

Keywords: Carbon Cycle, Allometric Equations, Urban Green Spaces, Mitigation and Adaptation, Climate Change.

INTRODUÇÃO

No espaço urbano, para pleno desenvolvimento das cidades, é importante que haja integração entre cidade e natureza, com a manutenção das funções da natureza desempenhadas em seu interior. A expansão urbana e a reorganização de espaços consolidados exige o desenvolvimento integrado do ambiente ecológico e as necessidades da população, de forma que o urbanismo sustentável integre o desenho urbano à natureza (LOCATELLI, 2021). Nesse sentido, o uso misto do solo com a preservação de áreas verdes é um instrumento de promoção da sustentabilidade urbana (BECK, 2020).

Áreas verdes incluem áreas dentro do espaço urbano que apresentem cobertura vegetal plantada e tenham funções ecológicas, paisagísticas ou recreativas, contribuindo para a qualidade de vida, bem-estar psicossocial e equilíbrio ambiental do meio em que se inserem (ALVES *et al.*, 2021; RUBIRA, 2016). Essas áreas podem compreender parques, jardins e praças (RUBIRA, 2016). Por exercerem uma série de funções ecológicas, áreas verdes prestam serviços ecossistêmicos ao espaço urbano. Esses serviços incluem a regulação do microclima, a disponibilização de habitats para fauna e flora, os serviços de informação e experiência para a população. A troca de pavimentação asfáltica por áreas verdes com gramíneas, por exemplo, pode gerar uma redução de 25 a 35°C na temperatura local (MARUYAMA *et al.*, 2022). Com árvores, há a liberação de umidade, o que reduz ainda mais a temperatura, além de maximizar a infiltração da água da chuva e diminuir o escoamento superficial (MARUYAMA *et al.*, 2022). Um dos serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas verdes, essencial para o enfrentamento da crise climática no mundo, é a função de produção, que compreende a produção de biomassa nessas áreas. A biomassa produzida gera um estoque de carbono na parte aérea, nas raízes e no solo. Enquanto viva, as espécies vegetais armazenam carbono nos seus tecidos e continuam a realizar o sequestro de carbono pela fotossíntese (GAUDERETO *et al.*, 2018; GUIMARÃES *et al.*, 2022). Os serviços de produção de uma área verde podem ser valorados para determinar sua importância econômica e subsidiar políticas públicas (SIQUEIRA *et al.*, 2023).

Áreas verdes urbanas compõem o que é denominado de infraestrutura verde e apresentam função importante no estoque e no sequestro de carbono, considerando que as cidades são responsáveis por 70% das emissões de CO₂ (RAMYAR *et al.*, 2021; SHARIFI, 2021). Como parte de projetos que usam “soluções baseadas na natureza”, áreas verdes provêm múltiplos benefícios às cidades (CORTINOVIS *et al.*, 2022). Entre esses benefícios, as áreas verdes são importantes como recursos que permitem a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, de forma sinérgica. Com sua capacidade de estoque e sequestro de carbono, são estruturas que reduzem as emissões de carbono.

Como áreas de drenagem, pontos de biodiversidade e de regulação do microclima, áreas verdes são importantes para a adaptação das cidades aos eventos climáticos extremos oriundos das mudanças climáticas (CORTINOVIS *et al.*, 2022; RAMYAR *et al.*, 2021; SHARIFI, 2021). Jardins verdes urbanos possuem uma grande capacidade de estocagem e sequestro de carbono no espaço urbano, mantido a longo prazo quando são colonizados por árvores, podendo ser grandes contribuidores na mitigação das mudanças climáticas (ARILUOMA *et al.*, 2021). Dessa forma, representam ferramentas para alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) por cidades e universidades (NASCIMENTO *et al.*, 2022; MALHEIROS *et al.*, 2020).

Entre os anos de 2000 e 2020, um grande número de estudos foi realizado sobre biomassa e estoque de carbono em ecossistemas pertencentes à Mata Atlântica, sendo 20% destes estudos realizados em áreas verdes urbanas (GUIMARÃES *et al.*, 2022). O Bioma da Mata Atlântica cobre 13% da área do país, mas apresenta apenas 26% da sua cobertura original, em significativo estado de fragmentação, o que gera impactos na conservação do bioma (BROGGIO *et al.*, 2024; LIMA *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2009; ZAÚ, 1998). Com a fragmentação considerável desse bioma, áreas verdes urbanas têm relevância nos serviços ecossistêmicos que prestam e devem ser estudados (GUIMARÃES *et al.*, 2022). Dentro do domínio da Mata Atlântica, áreas verdes contemplam parques urbanos, praças, arborização de ruas, fragmentos florestais naturais ou de reflorestamento inseridos na cidade, cuja biomassa pode ser calculada a partir de equações alométricas (NOGUEIRA *et al.*, 2014; SHIMAMOTO *et al.*, 2014; VIEIRA *et al.*, 2008; ZANINI *et al.*, 2022) e/ou sensoramento remoto (DAHY *et al.*, 2020; GUIMARÃES *et al.*, 2022).

A avaliação da biomassa e estoque de carbono pode ser realizada por medições em campo, a partir de métodos destrutivos e não-destrutivos. Métodos destrutivos tendem a ser mais precisos, mas gastam mais tempo e recursos, podendo ser usados em pequenas áreas, onde não há espécies ameaçadas, com medição do peso seco dos componentes da árvore derrubada. No método não-destrutivo, a biomassa de uma árvore é estimada sem derrubá-la, pela medição do diâmetro (geralmente na altura do peito), altura da árvore, volume da árvore e densidade da madeira, em conjunto com equações alométricas (VASHUM & JAYAKUMAR, 2012; KHADANGA & JAYAKUMAR, 2020; PECHANEC *et al.*, 2022). O diâmetro à altura do peito (DAP) é mais utilizado por ser considerado uma medida de alta precisão e que segue convenções florestais amplamente reconhecidas (KUYAH, 2012a). No geral, em países que seguem o sistema internacional de unidades, o diâmetro à altura do peito é medido a 1,30 metros do nível do solo. Na Inglaterra e nos Estados Unidos, o DAP é medido a 4,5 pés, o que corresponde a 1,37 metros (KERSHAW *et al.*, 2017). Em diversos artigos publicados nas décadas de 1980 e 1990, a altura para medição do DAP variou entre 1,20 a 1,60 metros, sendo a altura 1,30m a mais usada em 62% dos relatos (BROKAW & THOMPSON, 2000). Em casos de estudos que buscam maior acurácia no processo, a medição dos diâmetros pode ser feita em intervalos regulares da altura do peito (1,30m) até a base da copa da árvore, com a medição do diâmetro basal de galhos maiores (MENSAH *et al.*, 2017). Para espécimes de tamanho pequeno e médio, há estudos que sugerem que a altura de 30 cm pode gerar resultados mais precisos na estimativa alométrica da biomassa (GEHRING *et al.*, 2017).

Equações alométricas podem ser genéricas, ajustadas para estimativa da biomassa total de um determinado ecossistema, ou específicas, para medição da biomassa em uma determinada espécie. Essas equações contemplam valores constantes, ajustadas ao bioma e/ou espécie, associadas a variáveis como o diâmetro e a altura do espécime, a densidade da madeira/ caule e a determinação do teor de carbono na biomassa/solo. O uso de todas essas variáveis, principalmente do teor de carbono, contribui para estimativas mais precisas do estoque de carbono (SILVA *et al.*, 2015).

As medições também podem ocorrer a partir de sensoriamento remoto e da utilização de geotecnologias. Essas ferramentas permitem uma avaliação rápida da biomassa terrestre acima e abaixo do solo em grandes escalas, com economia de recursos. Os sensores passivos, com resolução espacial grande (maior que 100 metros) e uso integrado de mais um sensor são os instrumentos mais comuns em estudos de estoque de carbono via sensoriamento remoto (DAHY *et al.*, 2020). As ferramentas de sensoriamento detectam e medem diferentes parâmetros biofísicos da vegetação, que são usados para estimar a biomassa, como o Índice de Área Foliar (LAI), o teor de clorofila, concentração de nutrientes nas folhas, medidas da copa (área e diâmetro da copa), altura, diâmetro e verde do dossel (DAHY *et al.*, 2020). Índices de vegetação também foram desenvolvidos e são utilizados para a quantificação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Diferença de Vegetação (DVI), Índice de Razão Simples (SR), Índice de Razão da Vegetação (RVI), Índice Global de Monitoramento Ambiental (GEMI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), Índice de Vegetação Aprimorado (EVI), Índice Tasseled Cap Wetness (TCW), Índice Tasseled Cap Greenness (TCG), Índice Tasseled Cap Brightness (TCB), Índice Normalizado de Diferença de Fração (NDFI) e muitos outros (ABBAS *et al.*, 2020; DAHY *et al.*, 2020).

Diversos estudos para a avaliação da biomassa e estoque de carbono em áreas verdes urbanas foram realizados entre os anos de 2005 a 2023, em praças (ARRATIA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2022; LIMA *et al.*, 2020; VIANA *et al.*, 2023), jardins de organizações (O'DONOGHUE & SHACKLETON, 2013; VEERANJANEYULLU *et al.*, 2023), áreas verdes e remanescentes florestais em instituições de ensino (FOX *et al.*, 2020; PEREZ *et al.*, 2023; YUMNAM & DEY, 2022), áreas verdes pertencentes a instituições públicas (BRITO *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2023), áreas protegidas municipais (BARBOSA & MAILLARD, 2011; BURGER, 2005; LIMA *et al.*, 2020; MUHATI *et al.*, 2018; RUIZ-JAEN & POTVIN, 2011; RUSCHEL & DEMANBORO, 2020; VIEIRA *et al.*, 2008; VIEIRA & LEMOS, 2018; WANG & GAO, 2020); remanescentes florestais municipais (BUENO & VALERIANO, 2024; CORDEIRO *et al.*, 2019; MATULA *et al.*, 2015; NOWAK *et al.*, 2013; ZHENG *et al.*, 2008); arborização viária (SILVA *et al.*, 2023), plantações (RUIZ-JAEN & POTVIN, 2011) e o conjunto de áreas verdes urbanas municipais (LAHOTI *et al.*, 2020; NIANG *et al.*, 2023; SUN *et al.*, 2019).

A maior parte das avaliações da biomassa e carbono em áreas verdes foi realizada a partir de métodos não destrutivos, pela medição do diâmetro na altura do peito (DAP = 1,30 m) e da altura da espécie (BRITO *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2022; FOX *et al.*, 2020; LAHOTI *et al.*, 2020; PEREZ *et al.*, 2023; SILVA *et al.*, 2023; SUN *et al.*, 2019; WANG & GAO, 2020). Muitos estudos mediram apenas o diâmetro na altura do peito (DAP) para esse cálculo (NIANG *et al.*, 2023; NOWAK *et al.*, 2013; O'DONOGHUE & SHACKLETON, 2013; RUSCHEL & DEMANBORO, 2020; VIANA *et al.*, 2023; VIEIRA & LEMOS, 2018). Outros estudos, além do diâmetro e altura, mediram a densidade específica ou básica da madeira em laboratório (SILVA *et al.*, 2015) ou usaram dados de densidade da literatura (ARRATIA *et al.*, 2020; CORDEIRO *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2020; YUMNAM & DEY, 2022). Outros estudos usaram sensoriamento remoto como ferramenta de cálculo (BARBOSA & MAILLARD, 2011; BUENO & VALERIANO, 2024; SANTOS *et al.*, 2023). O uso do diâmetro basal ou "diâmetro na altura do solo" também foi encontrado em diversos estudos (BARBOSA & MAILLARD, 2011; BURGER, 2005; RUIZ-JAEN & POTVIN, 2011; MATULA *et al.*, 2015; MUHATI *et al.*, 2018; VIEIRA *et al.*, 2008; ZHENG *et al.*, 2008).

Quanto às equações alométricas, a maior parte dos artigos usaram equações gerais (ARRATIA *et al.*, 2020; BARBOSA & MAILLARD, 2011; BURGER, 2005; LIMA *et al.*, 2020; BRITO *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2022; CORDEIRO *et al.*, 2019; MATULA *et al.*, 2015; MUHATI *et al.*, 2018; NIANG *et al.*, 2023; O'DONOGHUE & SHACKLETON, 2013; RUIZ-JAEN & POTVIN, 2011; RUSCHEL & DEMANBORO, 2020; PEREZ *et al.*, 2023; SILVA *et al.*, 2023; VIANA *et al.*, 2023; VIEIRA *et al.*, 2008;

VIEIRA & LEMOS, 2018; WANG & GAO, 2020; YUMNAM & DEY, 2022; ZHENG *et al.*, 2008). Poucos estudos usaram equações alométricas individuais para cada espécie identificada (LAHOTI *et al.*, 2020; NOWAK *et al.*, 2013; SUN *et al.*, 2019). A biomassa vegetal pode ser determinada acima e abaixo do solo. A biomassa acima do solo é determinada principalmente pela medição dos parâmetros do caule (diâmetro, densidade, altura, volume). Em alguns casos, há determinação da área foliar, que é usada em equação alométrica específica para cálculo mais apurado da biomassa (FORRESTER *et al.*, 2017). A determinação da biomassa abaixo do solo inclui a avaliação das raízes dos espécimes. Essa determinação pode ser realizada com a remoção de parte das raízes a fim de determinar diâmetro e densidade, para depois aplicar os valores em equação alométrica específica (KUYAH, 2012b). Em casos mais simples, a determinação da biomassa das raízes pode ser realizada a partir de uma equação derivada da equação alométrica para cálculo da biomassa acima do solo (CARVALHO *et al.*, 2022).

O Horto do IFRJ *campus* Nilópolis é uma pequena área verde dentro do campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, localizado no município de Nilópolis, que possui mais de 40 espécies de plantas medicinais e apresenta uma abundância arbustiva e arbórea que presta serviços ecossistêmicos à área. Com a menor extensão territorial do estado e tendo mais da metade de seu território enquadrado como área militar, Nilópolis é intensamente urbanizado. Apresenta 91,3% de urbanização das vias públicas, o que lhe confere os títulos de município mais urbanizado do estado e o terceiro município mais urbanizado do país (IBGE CIDADES, 2024). Em contrapartida, é mais arborizado que os municípios no seu entorno, sendo o sexto município mais arborizado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (IBGE CIDADES, 2024). Existe uma correlação consolidada na literatura entre a ocorrência de ilhas de calor, a cobertura vegetal e a urbanização das vias, onde áreas mais urbanizadas têm a superfície do terreno mais quente e áreas mais arborizadas tendem a apresentar menor temperatura da superfície (DIAS & NASCIMENTO, 2014; LI *et al.*, 2023; TAM *et al.*, 2015). No entanto, nas áreas com mais de 30% do solo impermeabilizado, o aumento da temperatura com a respectiva formação de ilhas de calor pode mais que triplicar (LI *et al.*, 2023). O município de Nilópolis, em estudo previamente desenvolvido com mapa termal, apresentou temperaturas mais altas em sua área urbanizada, diferentemente da área de jurisdição militar, que não foi impermeabilizada (SILVA *et al.*, 2022). Em contexto de mudanças climáticas, a presença de áreas verdes no município para amenizar o microclima, permitir a drenagem de águas pluviais, aumentar o estoque e a capacidade de sequestro de carbono representam fatores importantes de mitigação e adaptação. O desafio de se tornarem sustentáveis, como parte do ODS 11 da Agenda 2030 da ONU, é ainda maior para municípios de países tropicais e em desenvolvimento, onde as infraestruturas urbanas são deficitárias (CHEN *et al.*, 2022).

A implementação de construções verdes nas cidades representa contribuição significativa para o alcance do ODS 11 (WEN *et al.*, 2020). Por isso, o objetivo deste trabalho foi estimar a biomassa vegetal (acima e abaixo do solo) e o estoque de carbono do solo no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis, destacando a importância dessa área verde para a comunidade acadêmica e para o município.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O Horto do IFRJ *campus* Nilópolis (Figura 1) é uma pequena área verde com aproximadamente 36 m² dentro do campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, localizado no município de Nilópolis.



O IFRJ *campus* Nilópolis é uma instituição de ensino que oferece quatro cursos técnicos de nível médio, seis cursos de graduação e oito cursos de Pós-graduação. No ano de 2024, a instituição contava com cerca de 3.500 discentes matriculados. No estado do Rio de Janeiro, o IFRJ *campus* Nilópolis representa a maior unidade do IFRJ e tem grande contribuição na formação de novos profissionais da região da Baixada Fluminense (PORTAL IFRJ, 2024). O município de Nilópolis possui área territorial de 19,393 km² e é o menor município do estado do Rio de Janeiro, com 146.774 habitantes conforme o Censo Demográfico de 2022 (IBGE CIDADES, 2024). Seu perímetro urbano é de 9 km. Os outros 10,4 km restantes abrigam o Campo de Instrução do Gericinó, que está sob responsabilidade do Exército. Dentro do Campo de Instrução do Gericinó, está localizada a única área protegida da cidade, que é o Parque Natural Municipal do Gericinó Prefeito Farid Abrão, com 1,003 km² de área (BARBOSA, 2022).



Figura 1. Localização do Horto do IFRJ *campus* Nilópolis. Fonte: Elaboração própria.

Coleta e Análise dos Dados

A identificação dos espécimes foi realizada por meio de aplicativo de smartphone @PlantNet (<https://plantnet.org/en/>). Cada espécie foi identificada por meio de fotografias obtidas em campo das folhas, dos frutos e das flores (quando houvesse). O aplicativo funciona por meio de um sistema de reconhecimento de imagens, a partir de um banco de dados construído mundialmente via sistema colaborativo. As identificações foram confirmadas por meio de chaves botânicas. Alguns morfotipos foram identificados até o nível de gênero.



O método para estimativa da biomassa vegetal das espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas considerou os critérios descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Tipos de método e variáveis selecionadas para estimativa da biomassa vegetal

Fatores para estimativa da biomassa vegetal	Tipo e/ou Variáveis usadas
Método de medição da biomassa vegetal acima do solo	Método indireto não-destrutivo de campo com dados do inventário florestal
Parâmetros medidos/estimados em campo ou laboratório	Altura (em metros) Diâmetro na Altura do Solo (em centímetros) Densidade da madeira (gramas por centímetro cúbico)
Equação alométrica	Equação alométrica genérica, desenvolvida para floresta tropical, ajustada para a Mata Atlântica
Método de medição da biomassa vegetal abaixo do solo	Equação derivada de equação alométrica geral, desenvolvida para cálculo de biomassa nas raízes
Método de cálculo de estoque de carbono na biomassa vegetal	Multiplicação da biomassa estimada por fator de conversão

Fonte: Elaboração própria.

Todos os indivíduos, desde as menores mudas aparentes, foram selecionados para medição do diâmetro na altura do solo e a estimativa da altura. A escolha do parâmetro “Diâmetro na altura do solo” ocorreu pela medição de mudas e indivíduos herbáceos que podem ter altura menor que 1,3 metros (BURGER, 2005; RUIZ-JAEN & POTVIN, 2011; MATULA *et al.*, 2015; MUHATI *et al.*, 2018; ZHENG *et al.*, 2008), que é a altura de referência para medição do diâmetro em estudos da biomassa arbórea (BROKAW & THOMPSON, 2000; KERSHAW *et al.*, 2017). Partes do tronco ou caule dos espécimes avaliados, quando em tamanho e quantidade possíveis, também foram coletados para a medição da densidade básica. Foram coletadas três porções do tronco em regiões diferentes que continham galhos com diâmetro de 1 cm, para facilitar a padronização das amostras. A maior parte dos espécimes coletados para determinação da densidade apresentavam alta importância ecológica, por compreenderem os indivíduos com maior altura e diâmetro, contribuindo com a maior parte da área basal. Esse critério foi baseado no estudo de SILVA *et al.* (2015) que realizou estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos, com a determinação da densidade básica em laboratório dos indivíduos de maior importância ecológica.

A densidade foi calculada pela divisão do peso seco (em gramas) de uma seção do caule ou tronco de volume fixo da planta pelo seu volume fresco saturado (em cm³). Todos os caules e troncos medidos foram cortados em uma seção de 10 cm de comprimento e 1 centímetro de diâmetro (1 cm de largura e 1 cm de profundidade). As medições por espécie ou gênero foram realizadas ao menos em triplicatas. Inicialmente, o volume da seção fresca do caule ou tronco foi medido a partir do volume ocupado em uma proveta graduada com um volume de água conhecido, de acordo com o método de Picard *et al.* (2012). Em seguida, foi obtido o peso seco após secagem das seções em estufa à temperatura de 75°C, por aproximadamente 72 horas, até o peso permanecer constante (Figura 2).

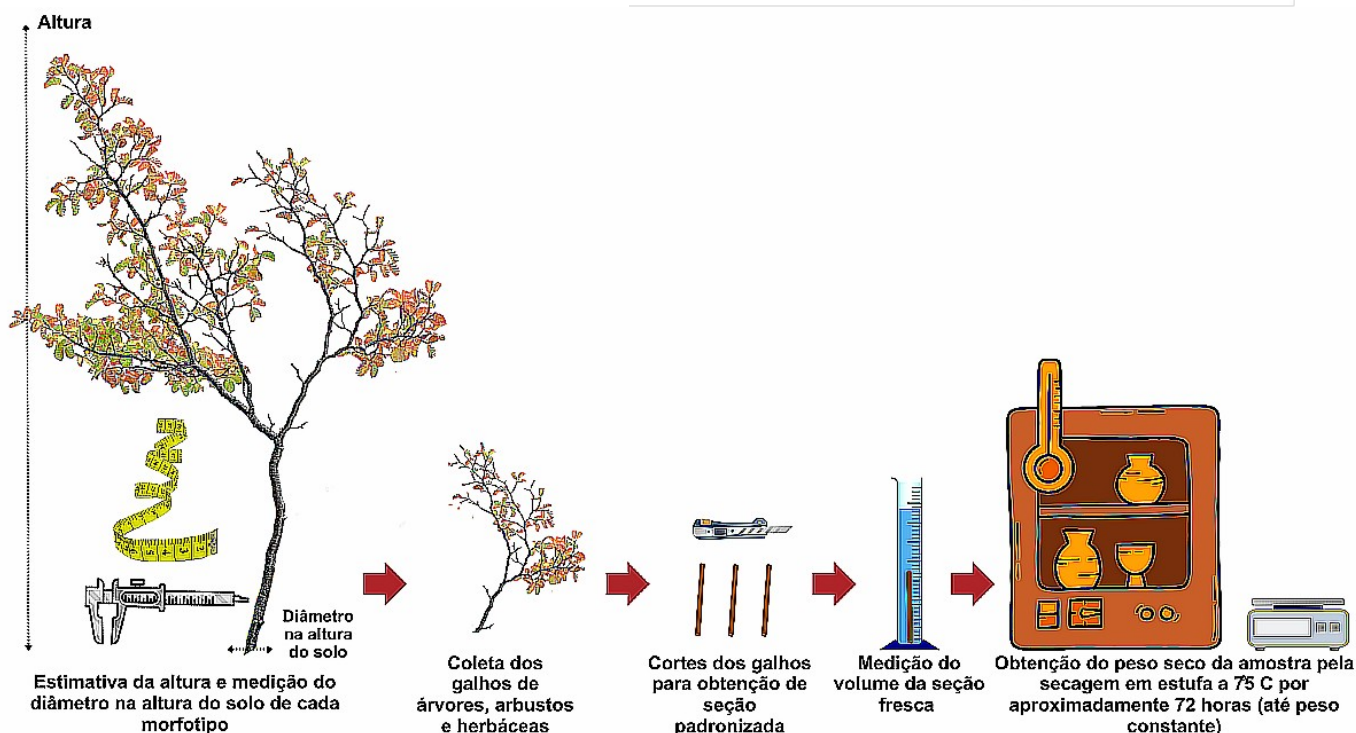


Figura 2. Esquema de medição das variáveis para cálculo da biomassa. Fonte: elaboração própria.

Para os espécimes em que a densidade não pôde ser obtida em laboratório, os valores de densidade para a espécie foram obtidos do banco de dados Global Wood Density Database (ZANNE *et al.*, 2009). Nos casos que não havia os dados de densidade da espécie, foi usado como valor a média dos dados de densidade do mesmo gênero. Algumas espécies, especificamente as herbáceas, não tinham dados de densidade no banco de dados de Zanne *et al.* (2009). Nesse caso, foram pesquisados dados na literatura acadêmica. Para as espécies herbáceas que não tinham dados nem na base de dados de ZANNE *et al.* (2009) nem em estudos científicos da literatura, o valor de densidade adotado foi a média dos valores de densidade das herbáceas. KUNZMANN (2005) no trabalho “The LEDA Traitbase Collecting and Measuring Standards of Life-History Traits of Northwest European Flora” considerou que, na ausência de conjuntos de dados quantitativos, deve-se fazer uma estimativa aproximada conforme categoria (madeira dura, madeira macia, semi-madeira, herbácea) e que o grupo de herbáceas geralmente possui densidade menor que 0,60 g/cm³ (KUNZMANN, 2005).

A estimativa do estoque de carbono da biomassa acima do solo foi realizada a partir da equação alométrica dos estudos de CHAVE *et al.* (2005) e CHAVE *et al.* (2014). Essa equação alométrica foi escolhida por se tratar de equação utilizada em estudos que estimaram a biomassa aérea e o estoque de carbono em áreas verdes urbanas dentro do bioma da Mata Atlântica (FRANÇA, 2017; GUIMARÃES, 2022).

No momento da escolha de uma equação alométrica para a estimativa, é importante que se escolha equações aplicadas em condições “ecológico-produtivas similares”, o que inclui semelhanças quanto à temperatura média, a precipitação anual, altitude, zona ecológica e tipo de solo (RÜGNITZ *et al.*, 2009). As variáveis aplicadas na equação alométrica incluíram o diâmetro na altura do solo (cm), a altura do morfotipo (m), a densidade específica (g/cm³). A biomassa acima do solo foi calculada a partir da Equação 1:

$$AGBest = 0,0673 \times (\rho D^2 H)^{0,976} \text{ (Equação 1)}$$



Onde AGB é igual a “Above Ground Biomass” (Biomassa Acima do Solo), ρ é a densidade do tronco ou caule (g/cm^3), D é o diâmetro na altura do solo (cm) e H é a altura estimada em metros.

Os valores 0,0673 e 0,976 são constantes calculadas para o modelo de regressão múltipla ajustado por Chave *et al.* (2014). Para a estimativa do estoque de carbono foi usada a constante 0,47 como fator de conversão da biomassa em carbono, conforme o Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) (AALDE *et al.*, 2006).

Outra avaliação realizada foi a estimativa do estoque de carbono nas raízes a partir da Equação 2, que é uma equação derivada da Equação 1 e usa o total calculado de biomassa acima do solo para estimativa da biomassa vegetal abaixo do solo (CARVALHO *et al.*, 2022):

$$BR = \exp(-1,085 + 0,926 \times \ln(\text{AGBest})) \text{ (Equação 2)}$$

Onde BR equivale a biomassa das raízes (kg) e AGBest é a biomassa acima do solo. O estoque de carbono nas raízes foi obtido pela multiplicação do valor de biomassa das raízes pela constante 0,412, representada pela média de teores de carbono em raízes do Bioma Mata Atlântica (CARVALHO *et al.*, 2022).

Para o cálculo do estoque de carbono no solo, a Equação 3 foi selecionada dos trabalhos de GATTO (2005) e GATTO *et al.* (2010).

$$\text{ECS} = (\text{C} \times \text{DS} \times \text{p})/10 \text{ (Equação 3)}$$

Em que ECS é o Estoque de Carbono do Solo (t/ha), C é o teor de carbono do solo (g/kg), DS é a densidade do solo (g/cm^3) e p equivale profundidade da camada do solo (cm). A densidade do solo foi calculada pela massa ocupada em um cubo metálico com volume conhecido.

A Figura 3 apresenta um esquema da medição do estoque de carbono no solo. O teor de carbono do solo (g/kg) foi medido a partir da coleta de uma amostra de 2 gramas de solo obtida de vários pontos do horto, nos primeiros cinco centímetros de profundidade. Essa amostra foi encaminhada para laboratório e teve o teor de carbono medido a partir do método de Walkley-Black (KHITROV *et al.*, 2023). A densidade do solo foi obtida pela relação entre peso seco e volume fresco de uma amostra do solo. A medição do volume fresco de solo ocorreu em um cubo de volume conhecido. Em seguida, essa amostra foi transferida de um cubo para uma bandeja, pesada e depois disposta em estufa à temperatura de 75°C , por aproximadamente 72 horas, até o peso constante.

Os dados foram tabulados no Programa Excel®, para cálculo das densidades, biomassa e estoque de carbono. A análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva (com cálculo de média, desvio-padrão, mínimo e máximo, que foram organizados em tabelas) e com a elaboração de uma matriz de correlação linear entre os parâmetros (diâmetro, altura, densidade, biomassa vegetal acima do solo e estoque de carbono vegetal acima do solo). Os dados de diâmetro, altura e densidade foram organizados em classes de frequência para visualizar a distribuição da amostra através de gráficos de colunas.

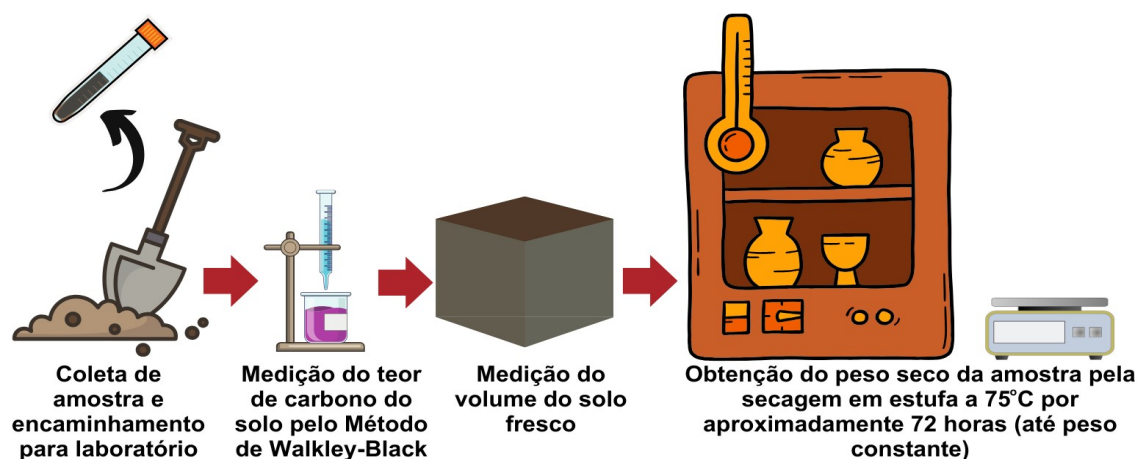


Figura 3. Esquema de medição das variáveis para cálculo do estoque de carbono no solo. Fonte: elaboração própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversidade e abundância no horto do IFRJ *campus* Nilópolis

No Horto do IFRJ *campus* Nilópolis foram identificadas 83 morfotipos, dos quais 41 foram identificados como espécies arbustivas ou arbóreas e 42 foram identificados como espécies herbáceas (Quadro 2).

Três morfotipos foram identificados até o nível de gênero, *Coffea* sp., *Ipomoea* sp. e *Odontonema* sp. A abundância estimada foi de 352 indivíduos, com 37 indivíduos da espécie *Costus spicatus*, 35 da espécie *Schinus terebinthifolia*, 19 da espécie *Aloe vera*, 15 indivíduos para *Eugenia uniflora* e *Sambucus australis* cada, 12 indivíduos da espécie *Pereskia aculeata*, 11 espécimes de *Triphasia trifolia* e 10 de *Psidium guajava*.

Em outros trabalhos de levantamento de diversidade em hortos e bosques dentro de instituições de ensino, a diversidade de espécies arbóreas variou de 11 a 206 espécies, com média de 111 espécies, todavia eram áreas verdes de maior extensão (BRITO *et al.*, 2016; CARVALHO & FERREIRA, 2001; FOX *et al.*, 2020; GARCIA *et al.*, 2013; SILVA, 2017; YUMNAM & DEY, 2022).

Quadro 2. Espécies identificadas no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis

Espécies arbustivas/arbóreas		Espécies herbáceas	
Espécie ou Gênero	Nome comum	Espécie ou Gênero	Nome comum
<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	<i>Aloe vera</i>	Babosa
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata-de-vaca	<i>Alternanthera brasiliana</i>	Penicilina
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	<i>Asystasia gangetica</i>	Violeta-chinesa
<i>Bombax ceiba</i>	Panaceia	<i>Basella alba</i>	Bertalha
<i>Bougainvillea glabra</i>	Primavera	<i>Bidens tripartita</i>	Picão
<i>Carica papaya</i>	Mamão	<i>Blechum pyramidatum</i>	Camarão-verde
<i>Citrus aurantifolia</i>	Limão-galego	<i>Capicum annuum</i>	Pimenta-de-cheiro
<i>Citrus australasica</i>	Limão-caviar	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	Balãozinho
<i>Coffea</i> sp.	Cafê	<i>Chamaecostus cuspidatus</i>	Costus-inflamado
<i>Crotalaria micans</i>	Chocalho-de-cascavel	<i>Christella dentata</i>	Samambaia-do-mato
<i>Dipteryx alata</i>	Baru	<i>Circaea luterana</i>	Erva-das-Feiticeiras
<i>Eugenia neonitida</i>	Pitombola	<i>Cissus sicyoides</i>	Insulina-vegetal
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	<i>Commelina diffusa</i>	Capim-gomoso
<i>Garcinia madruno</i>	Mangostão-gota-de-limão	<i>Costus spicatus</i>	Cana-do-brejo
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	<i>Cymbopogon citratus</i>	Capim-limão
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Hibisco	<i>Dieffenbachia seguine</i>	Comigo Ninguém Pode
<i>Hyospathe elegans</i>	Palmeira-umbela	<i>Dracaena trifasciata</i>	Espada de São Jorge
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	<i>Eryngium foetidum</i>	Coentro-selvagem
<i>Litchi chinensis</i>	Lichia	<i>Gamochaeta americana</i>	Macelinha
<i>Malpighia puniceifolia</i>	Acerola	<i>Impatiens parviflora</i>	Beijo
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	<i>Ipomoea</i> sp.	Corda-de-viola
<i>Maytenus ilicifolia</i>	Espinheira-santa	<i>Jatropha multifida</i>	Merthiolate
<i>Melia azedarach</i>	Para-raio	<i>Justicia gendarussa</i>	Quebra-demanda
<i>Morinda citrifolia</i>	Noni	<i>Kickxia elatine</i>	Kickxia-elatine
<i>Murraya paniculata</i>	Murta-de-cheiro	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Margarida
<i>Musa acuminata</i>	Banana-prata	<i>Maianthemum racemosum</i>	Falso-selo-de-Salomão
<i>Nerium oleander</i>	Oleandro	<i>Mercurialis annua</i>	Urtiga-morta
<i>Odontonema</i> sp.	Odontonema	<i>Petiveria tetrandra</i>	Guiné
<i>Pereskia aculeata</i>	Ora-pro-nobis	<i>Plectranthus ornatus</i>	Boldo-chinês
<i>Plinia cauliflora</i>	Jabuticaba	<i>Rami murakami</i>	Rami
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	<i>Rumex acetosa</i>	Azedinha
<i>Psychotria viridis</i>	Chacrona	<i>Russelia equisetiformis</i>	Flor-de-coral
<i>Sambucus australis</i>	Sabugueiro	<i>Ruta graveolens</i>	Arruda
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira-vermelha	<i>Solanum nigrum</i>	Erva-moura
<i>Solanum cernuum</i>	Paineira-da-Índia	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	Verbena-de-nanã
<i>Solanum diphyllum</i>	Erva-moura-de-duas-folhas	<i>Synidrella nodiflora</i>	Botão-de-ouro
<i>Syzygium jambos</i>	Jambo	<i>Talinum paniculatum</i>	Maria-gorda ou Beldroega
<i>Syzygium cumini</i>	Jamelão	<i>Tradescantia pallida-purpurea</i>	Trapoeira-roxa
<i>Terminalia catappa</i>	Amendoeira-da-praia	<i>Tradescantia spathacea</i>	Abacaxi-roxo
<i>Triphasia trifolia</i>	Limãozinho-de-jardim	<i>Triumfetta rhomboidea</i>	Carrapicho-grande
<i>Urena lobata</i>	Carrapicho-do-mato	<i>Typhonium blumei</i>	Flor-cadáver
		<i>Zingiber officinale</i>	Gengibre

Fonte: Autoria própria (2024).

Densidade do caule e tronco dos espécimes amostrados no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis

Para avaliação da biomassa e estoque de carbono, foi obtida a densidade de 71,1% das espécies amostradas. Em laboratório, foi medida a densidade de 38 espécies. Para 21 outras espécies, os dados de densidade foram obtidos pela literatura. Todas as espécies arbóreas tiveram seus valores de densidade obtidos em laboratório ou na literatura. Para 24 espécies, herbáceas, que não foi possível a mensuração da densidade nem a obtenção de dados na literatura, o valor de densidade adicionado à equação alométrica foi o valor médio de densidade das espécies herbáceas obtido em laboratório, que foi igual a $\rho = 0,28082 \text{ g/cm}^3$. Os valores de densidade usados na equação alométrica estão no Quadro 3.

Quadro 3. Densidade do caule/tronco de indivíduos do Horto do IFRJ campus Nilópolis

MORFOTIPOS	DENSIDADE MÉDIA (g/cm ³)	REFERÊNCIA	Espécie
<i>Allophylus edulis</i>	0,65	Zanne (2009)	<i>Allophylus edulis</i>
<i>Aloe vera</i>	0,025	Dados próprios	<i>Aloe vera</i>
<i>Alternanthera brasiliana</i>	0,29	Dados próprios	<i>Alternanthera brasiliana</i>
<i>Asystasia gangetica</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Basella alba</i>	0,30	Dados próprios	<i>Basella alba</i>
<i>Bauhinia forficata</i>	0,55	Dados próprios	<i>Bauhinia forficata</i>
<i>Bidens tripartita</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Bixa orellana</i>	0,38	Dados próprios	<i>Bixa orellana</i>
<i>Blechum pyramidatum</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Bombax ceiba</i>	0,27	Zanne (2009)	<i>Bombax ceiba</i>
<i>Bougainvillea glabra</i>	0,69	Markesteijn & Poorter (2009); Zanne (2009)	<i>B. modesta</i> ; <i>B. praecox</i>
<i>Capsicum annuum</i>	0,81	Vinod <i>et al.</i> (2022)	<i>C. annuum</i>
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Carica papaya</i>	0,21	Dados próprios	<i>C. papaya</i>
<i>Chamaecostus cuspidatus</i>	0,10	Ávila-Lovera <i>et al.</i> (2022)	<i>C. villosissimus</i> ; <i>C. allenii</i>
<i>Christella dentata</i>	0,32	Dados próprios	<i>C. dentata</i>
<i>Circaea luterana</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Cissus sicyoides</i>	0,42	Dados próprios	<i>C. sicyoides</i>
<i>Citrus aurantifolia</i>	0,67	Shrestha (2023)	<i>C. aurantifolia</i>
<i>Citrus australasica</i>	0,69	Shrestha (2023); Zanne (2009)	<i>C. medica</i> , <i>C. sinensis</i> , <i>C. aurantifolia</i> , <i>C. limon</i> , <i>C. jambhiri</i> , <i>C. reticulata</i> , <i>C. maxima</i>
<i>Coffea sp.</i>	0,60	Dados próprios	<i>Coffea sp.</i>
<i>Commelina diffusa</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Costus spicatus</i>	0,12	Dados próprios	<i>C. apicatus</i>
<i>Crotalaria micans</i>	0,15	Azzini & Salgado (1981)	<i>C. juncea</i>
<i>Cymbopogon citratus</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Dieffenbachia seguine</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Dipteryx alata</i>	0,98	Zanne (2009)	<i>D. alata</i>
<i>Dracaena trifasciata</i>	0,42	Zanne (2009)	<i>D. angustifolia</i> , <i>D. elliptica</i> , <i>D. linearifolia</i> , <i>D. reflexa</i>
<i>Eryngium foetidum</i>	0,19	Dados próprios	<i>E. foetidum</i>
<i>Eugenia neonitida</i>	0,69	Dados próprios	<i>E. neonitida</i>
<i>Eugenia uniflora</i>	0,83	Zanne (2009)	<i>E. uniflora</i>
<i>Gamochaeta americana</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Garcinia madruno</i>	0,73	Zanne (2009)	<i>G. madruno</i>
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	0,84	Dados próprios	<i>H. heptaphyllus</i>
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	0,76	Dados próprios	<i>H. rosa-sinensis</i>
<i>Hyospathe elegans</i>	0,26	Dados próprios	<i>H. elegans</i>
<i>Impatiens parviflora</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Ipomoea sp.</i>	0,46	Gartner <i>et al.</i> (1990); Zanne (2009)	<i>I. bracteata</i> , <i>I. wolcottiana</i>
<i>Jatropha multifida</i>	0,14	Dados próprios	<i>Jatropha multifida</i>
<i>Justicia gendarussa</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Kickxia elatine</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,43	Dados próprios	<i>L. leucocephala</i>
<i>Leucantheum vulgare</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Litchi chinensis</i>	0,855	Zanne (2009)	<i>L. chinensis</i>
<i>Maianthemum racemosum</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Malpighia puniceifolia</i>	0,54	Dados próprios	<i>M. puniceifolia</i>
<i>Mangifera indica</i>	0,59	Dados próprios	<i>M. indica</i>
<i>Maytenus ilicifolia</i>	0,91	Dados próprios	<i>M. ilicifolia</i>
<i>Melia azedarach</i>	0,46	Dados próprios	<i>M. azedarach</i>
<i>Mercurialis annua</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Morinda citrifolia</i>	0,43	Dados próprios	<i>M. citrifolia</i>
<i>Murraya paniculata</i>	0,70	Dados próprios	<i>M. paniculata</i>
<i>Musa acuminata</i>	0,090	Dados próprios	<i>M. acuminata</i>
<i>Nerium oleander</i>	0,42	Dados próprios	<i>N. oleander</i>
<i>Odontonema sp.</i>	0,58	Heider (2002)	<i>O. cuspidatum</i>
<i>Pereskia aculeata</i>	0,43	Dados próprios	<i>P. aculeata</i>
<i>Petiveria tetrandra</i>	0,46	Dados próprios	<i>P. tetrandra</i>
<i>Plectranthus ornatus</i>	0,24	Dados próprios	<i>P. ornatus</i>
<i>Plinia cauliflora</i>	0,87	Dados próprios	<i>P. cauliflora</i>
<i>Psidium guajava</i>	0,65	Dados próprios	<i>P. guajava</i>
<i>Psychotria viridis</i>	0,56	Zanne (2009)	<i>P. apoda</i> , <i>P. celebica</i> , <i>P. chiapensis</i> , <i>P. hazenii</i> , <i>P. indet</i>
<i>Rami murakami</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Rumex acetosa</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Russelia equisetiformis</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Ruta graveolens</i>	0,39	Dados próprios	<i>R. graveolens</i>
<i>Sambucus australis</i>	0,51	Shrestha (2023); Zanne (2009)	<i>S. caerulea</i> , <i>S. mexicana</i> , <i>S. peruviana</i> , <i>S. hookeri</i>
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0,49	Dados próprios	<i>Schinus terebinthifolia</i>
<i>Solanum cernuum</i>	0,43	Dados próprios; Zanne (2009)	<i>S. acanthodes</i> , <i>S. aphyodendron</i> , <i>S. crinitum</i> , <i>S. grandiflorum</i> , <i>S. granuloso-leprosum</i> , <i>S. nigrum</i> , <i>S. pseudoquina</i> , <i>S. umbellatum</i>
<i>Solanum diphyllum</i>	0,43	Dados próprios; Zanne (2009)	<i>S. nigrum</i>
<i>Solanum nigrum</i>	0,53	Dados próprios	<i>S. nigrum</i>
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Synidrella nodiflora</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Syzygium cumini</i>	0,67	Zanne (2009)	<i>S. cumini</i>
<i>Syzygium jambos</i>	0,70	Zanne (2009)	<i>S. jambos</i>
<i>Talinum paniculatum</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Terminalia catappa</i>	0,40	Dados próprios	<i>T. catappa</i>
<i>Tradescantia pallida-purpurea</i>	0,091	Dados próprios	<i>T. pallida purpurea</i>
<i>Tradescantia spathacea</i>	0,064	Dados próprios	<i>T. spathacea</i>
<i>Triphasia trifolia</i>	0,97	Dados próprios	<i>T. trifolia</i>
<i>Triumfetta rhomboidea</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Typhonium blumei</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas
<i>Urena lobata</i>	0,97	Dados próprios	<i>U. lobata</i>
<i>Zingiber officinale</i>	0,28	Valor médio	Média das espécies herbáceas

Fonte: Autoria Própria (2024).



O valor médio de densidade das espécies arbustivas e arbóreas medidas em laboratório foi 0,535 g/cm³. Esse valor é próximo ao valor médio de densidade (0,55 g/cm³) obtido por Silva *et al.* (2015) e um pouco abaixo dos valores médios estimados (0,603 g/cm³ e 0,619 g/cm³) para árvores da Mata Atlântica por CHAVE *et al.* (2005) e PHILIPS *et al.* (2019). As variações nos valores de densidade ocorrem porque as propriedades da madeira variam conforme temperatura, tipo de solo, incidência de chuva, sendo comum disparidades nos valores entre árvores que habitam florestas e implantadas na arborização urbana (LIMA *et al.*, 2020). Além dos fatores abióticos, também há variação entre gênero e entre indivíduos da mesma espécie, por isso a determinação da densidade em laboratório é uma ferramenta importante para minimizar erros e aumentar a confiabilidade das estimativas de biomassa e estoque de carbono (SILVA *et al.*, 2015).

Os valores de densidade obtidos em laboratório para espécies arbóreas e arbustivas (Tabela 1) foram próximos aos valores de bases de dados do IPCC e da Global Wood Density Database para sete espécies *Bixa orellana*, *Carica papaya*, *Coffea* sp., *Eugenia neonitida*, *Mangifera indica*, *Melia azedarach* e *Psidium guajava*. Para 10 espécies, houve diferenças em relação aos valores das bases de dados. No trabalho de SILVA *et al.* (2015) também houve essa divergência. Até mesmo na própria base de dados da Global Wood Density Database (ZANNE *et al.*, 2009) há variações consideráveis para as densidades de indivíduos da mesma espécie, dentro da mesma região geográfica.

Tabela 1. Densidade das espécies arbóreas e arbustivas obtidas em laboratório e comparação com base de dados

Morfortipos	Densidade média (g/cm ³)	Desvio-padrão	N	Densidade em base de dados (g/cm ³)	
				Global Wood Density Database Zanne <i>et al.</i> (2009)	IPCC (Brown <i>et al.</i> , 2003; Aalde <i>et al.</i> , 2006)
<i>Bauhinia forficata</i>	0,55	0,081	3	0,81 (média do gênero)	0,67 (gênero)
<i>Bixa orellana</i>	0,38	0,025	3	0,36	0,32 (gênero)
<i>Carica papaya</i>	0,21	0,013	3	0,19 (gênero)	-
<i>Coffea</i> sp.	0,60	0,075	3	0,633	-
<i>Eugenia neonitida</i>	0,69	0,085	3	0,73 (gênero)	0,65 (gênero)
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	0,84	0,170	3	-	-
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	0,76	0,092	3	0,44 (gênero)	0,57 (gênero)
<i>Hyospathe elegans</i>	0,26	0,017	3	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,43	0,083	3	0,68 (média da espécie)	0,64
<i>Mangifera indica</i>	0,56	0,097	3	0,55 (média da espécie)	0,55
<i>Maytenus ilicifolia</i>	0,91	0,131	3	0,73 (média da espécie)	0,71 (gênero)
<i>Melia azedarach</i>	0,46	0,182	3	0,44 (média da espécie)	0,4 (gênero)
<i>Morinda citrifolia</i>	0,43	0,048	3	0,63 (média da espécie)	-
<i>Murraya paniculata</i>	0,70	0,041	3	0,87 (média da espécie)	-
<i>Nerium oleander</i>	0,42	0,115	3	0,60	-
<i>Plinia cauliflora</i>	0,87	0,262	3	0,95 (gênero)	-
<i>Psidium guajava</i>	0,65	0,113	3	0,65 (média da espécie)	-
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0,49	0,023	3	0,62 (média do gênero)	-
<i>Terminalia catappa</i>	0,40	0,053	3	0,48 (média da espécie)	0,53 (média do gênero)

Fonte: Aatoria Própria (2024).

Caracterização do inventário

O diâmetro na altura do solo (DAS) de todos os indivíduos amostrados variou de 0,1 a 50 cm (Tabela 2). No estrato herbáceo, o DAS variou de 0,1 a 26,90 cm e no estrato arbóreo/arbustivo variou de 0,1 a 50 cm. O indivíduo herbáceo com maior DAS foi um exemplar de boldo-chinês (*Plectranthus ornatus*) e o indivíduo arbóreo foi uma árvore da espécie *Melia azedarach* (Pára-raio).

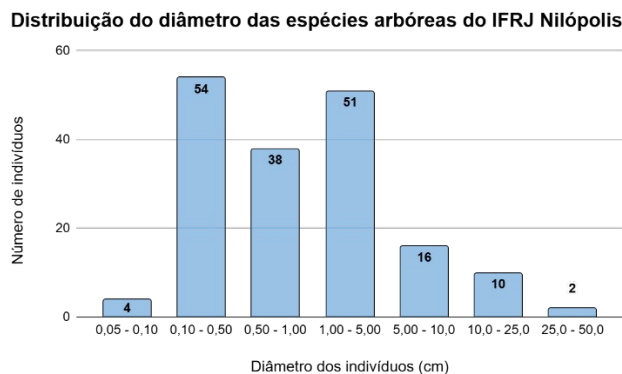
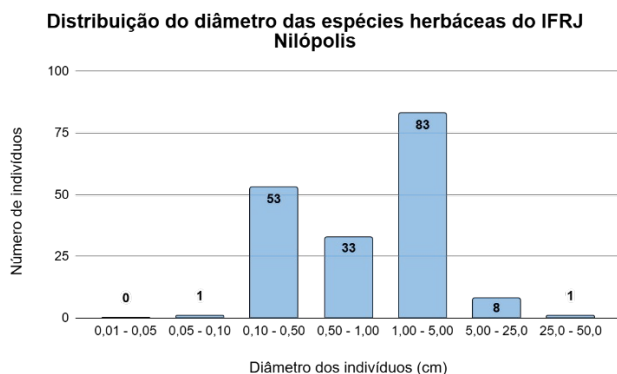


Figura 4. Distribuição de frequência do diâmetro de espécimes herbáceos e arbóreos.

Em relação à altura, o maior indivíduo do extrato herbáceo, com 5 metros, pertencia à espécie *Jatropha multifida* e o maior indivíduo arbóreo, com 15 metros de altura, é da espécie *Melia azedarach*.

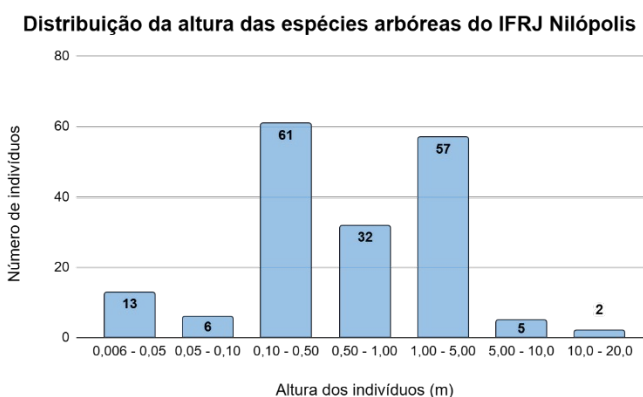
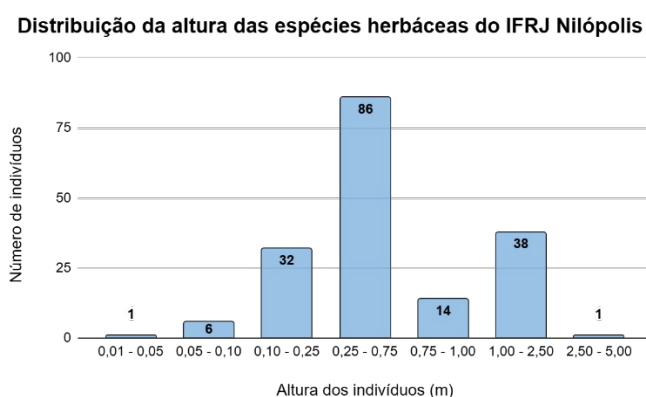


Figura 5. Distribuição de frequência da altura de espécimes herbáceos e arbóreos.

A densidade média para toda a comunidade foi de $0,4043 \text{ g/cm}^3$, sendo a média das herbáceas (incluindo dados da literatura e do valor médio) de $0,2362 \text{ g/cm}^3$ e das espécies arbóreas de $0,5753 \text{ g/cm}^3$. Os valores mínimos de diâmetro e altura foram da ordem de 0,5 cm, o que representa valores muito pequenos, por ter se optado medir todas as mudas presentes no Horto.

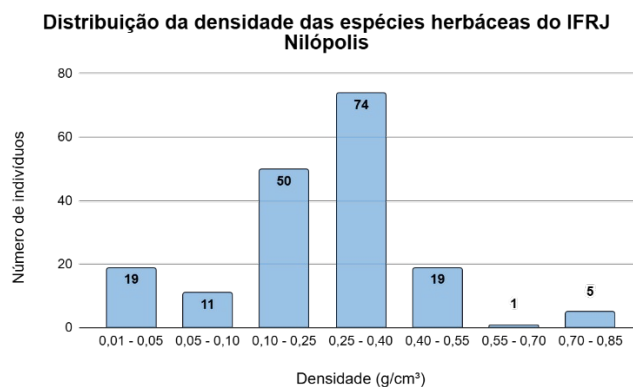
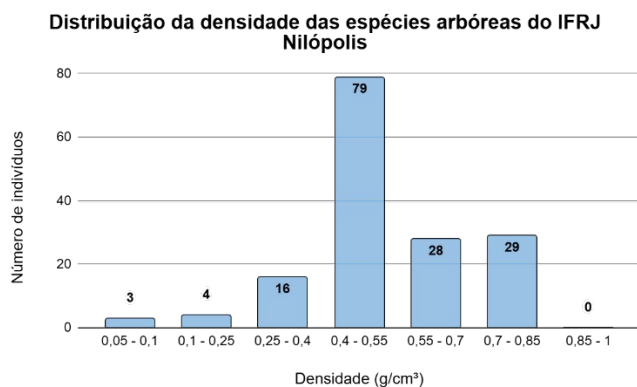


Figura 6. Distribuição de frequência da densidade do caule de espécimes herbáceos e arbóreos.



Em estudos da comunidade vegetal em instituições de ensino, a altura e os diâmetros máximos foram de 36 metros e 150 cm, respectivamente (FOX *et al.*, 2020). Em áreas verdes como praças, foram encontradas árvores de até 16 metros na cidade de Tatuí, SP (CARVALHO *et al.*, 2022) e alturas médias de 4,5 a 11,9 m em praças no distrito de Santa Cecília, em São Paulo, SP (ARRATIA *et al.*, 2020). Em estudos de comunidades para arborização viária, as espécies com maior altura tinham tamanho médio próximo a 9 metros (SILVA *et al.*, 2023).

Tabela 2. Resultados do inventário vegetal no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis.

Parâmetro		Composição da comunidade		
		Estrato herbáceo	Estrato arbustivo/ arbórea	Toda a comunidade
Diâmetro a altura do solo/DAS (cm)	Média	1,72	3,07	2,39
	Desvio-padrão	3,33	6,27	5,04
	Mínimo	0,10	0,10	0,10
	Máximo	26,9	50,0	50,0
Altura (m)	Média	0,67	1,17	0,92
	Desvio-padrão	0,64	1,83	1,39
	Mínimo	0,04	0,0060	0,0060
	Máximo	5,00	15,0	15,0
Densidade do caule (g/cm ³)	Média	0,24	0,58	0,40
	Desvio-padrão	0,16	0,20	0,25
	Mínimo	0,025	0,090	0,025
	Máximo	0,81	0,98	0,98

Fonte: Autoria Própria (2024).

Biomassa e estoque de carbono da parte aérea e das raízes

A biomassa aérea total estimada no horto foi de 1691 Kg ou 1,69 toneladas (Tabela 3) ou 46,71 kg/m². A biomassa média por indivíduo foi de 4,76 kg, sendo o mínimo de 4 miligramas e o máximo de 912,9 kg para um espécime de *Melia azedarach*, que também apresentou maior altura e diâmetro entre os indivíduos amostrados. A biomassa aérea total no estrato herbáceo foi de 65,68 Kg, com biomassa média por indivíduo de 0,367 Kg, variando de 4,5 miligramas a 20,61 kg (*Plectranthus ornatus*). A biomassa das raízes totalizou 329,66 Kg, sendo 16,28 Kg referentes ao estrato herbáceo e 317,78 Kg referentes ao estrato arbustivo/arbóreo (Tabela 3). Em um Horto Florestal no município de Ipiaú-BA, o total de biomassa aérea estimado foi de 28,18 kg/m² (SANTOS *et al.*, 2023). Em praças do município de São Paulo, o valor de biomassa aérea por localidade variou de 0,5 a 28 kg/m² (ARRATIA *et al.*, 2020). Em Cáceres, MT, houve variação de 4,65 a 28,53 kg/m² por praça (VIANA *et al.*, 2023). Em Tatuí-SP, a variação de biomassa foi 0,9-8,5 kg/m² (CARVALHO *et al.*, 2022). Na arborização viária do município de Sete Lagoas, MG, a biomassa aérea estocada variou de 0,487 a 1,788 kg/m² (SILVA *et al.*, 2023). Em duas instituições de ensino nos Estados Unidos, a biomassa aérea média foi de 3,67 e 1,75 kg/m² para universidades na Geórgia e na Flórida, respectivamente (FOX *et al.*, 2020; PEREZ *et al.*, 2023). Nas áreas verdes de uma universidade na Índia, a biomassa aérea média foi de 54,942 kg/m² (YUMNAM & DEY, 2022). Nota-se que há uma grande concentração de biomassa no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis, por se tratar de espécimes plantados em canteiros, em área pequena, com indivíduos arbóreos de grande porte.

Quanto ao estoque de carbono, o Horto do IFRJ estoca 794,79 Kg de carbono na sua parte aérea e 135,82 Kg de carbono nas suas raízes. O estoque de carbono médio foi 2,24 Kg por indivíduo, variando de 2 miligramas a 429,05 Kg. O estrato herbáceo estoca 30,87 Kg de carbono, com média de 172 gramas por indivíduo e chegando até 9,69 Kg em um indivíduo da espécie *Plectranthus ornatus*.

No estrato arbóreo, são estocados 763,92 Kg de carbono, com média de 4,34 quilogramas por indivíduo e chegando até 429,05 Kg em um indivíduo da espécie *Melia azedarach* (Tabela 3). Em uma área verde pertencente a um complexo hospitalar em São Paulo, os indivíduos arbóreos estocavam 109,3 toneladas de carbono (BRITO *et al.*, 2016). Nas praças do município de Tatuí, SP, o estoque de carbono na parte aérea foi de 4,1 kg/m² e nas raízes, de 0,89 kg/m² (CARVALHO *et al.*, 2022). No Horto do IFRJ *campus* Nilópolis, numa área plantada de 36,2 m², o estoque de carbono foi de 22,08 kg/m² para a parte aérea e 3,75 kg/m² para as raízes, o que indica um estoque de carbono expressivo.

Tabela 3. Resultados do inventário vegetal no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis.

Parâmetro		Composição da comunidade		
		Estrato herbáceo	Estrato arbustivo/ arbórea	Toda a comunidade
Biomassa na parte aérea (Kg)	Total	65,68	1625,37	1691,05
	Média	0,367	9,235	4,764
	Desvio-padrão	2,219	70,75	49,97
	Mínimo	0,0000045	0,000004	0,000004
	Máximo	20,61	912,87	912,87
Biomassa das raízes (Kg)				
	Total	16,28	317,78	329,66
Estoque de carbono (Kg)	Total	30,87	763,92	794,79
	Média	0,172	4,340	2,239
	Desvio-padrão	1,043	33,25	23,49
	Mínimo	0,0000021	0,000002	0,000002
	Máximo	9,686	429,05	429,05

Fonte: Autoria Própria (2024).

A presença de uma área verde com estoque de carbono expressivo apresenta relevância para o município de Nilópolis, ainda mais dentro de uma área construída de dimensão significativa, com grande potencial de impermeabilização. Como um instituto federal, que tem como finalidade a promoção de tecnologias sociais, voltadas à preservação do meio ambiente (BRASIL, 2008), a manutenção do horto representa uma ferramenta institucional de enfrentamento das mudanças climáticas. As instituições de ensino, no geral, devem assumir seu papel de representantes de boas práticas ambientais e de sensibilização social para a promoção do desenvolvimento sustentável (MASCARENHAS & BELGAS, 2024).

As áreas de intensa ocupação urbana em Nilópolis podem ter temperaturas entre 28 a 30°C. Esses valores diminuem para 20 a 22°C, em áreas de vegetação (SILVA *et al.*, 2022). Por ser o município do estado com maior área urbanizada, a influência da ocupação urbana tende a diminuir a qualidade de vida da população. Dentro da comunidade acadêmica, o Horto pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida nesse espaço de convivência.

Correlação entre as variáveis da estimativa da biomassa vegetal

O estudo encontrou uma correlação moderada para forte entre os parâmetros diâmetro e altura ($r = 0,81$). A correlação positiva forte entre diâmetro e altura é comum para a maioria dos estudos de biometria florestal e estimativa de biomassa (MOMOLLI *et al.*, 2024; OUMASST *et al.*, 2024; VIEIRA *et al.*, 2008). Já a correlação do diâmetro ($r = 0,65$) e da altura ($r = 0,66$) com a biomassa vegetal e o estoque de carbono acima do solo foi moderada.



Diversos trabalhos corroboram que diâmetro e altura são os melhores parâmetros preditores para estimativa da biomassa, com a qual apresentam correlação positiva (ADINUGROHO *et al.*, 2023; DJOMO *et al.*, 2010; FEHRMANN & KLEINN, 2006). Não houve correlação entre a densidade do caule e os parâmetros de estudo. A correlação entre densidade e outros parâmetros foi baixa no estudo de MOMOLLI *et al.* (2024). Embora a correlação entre biomassa e estoque de carbono tenha sido perfeita ($r = 1$), isso não é indicativo a ser considerado, uma vez que o estoque de carbono é calculado por meio de um fator de conversão a partir da equação alométrica da biomassa.

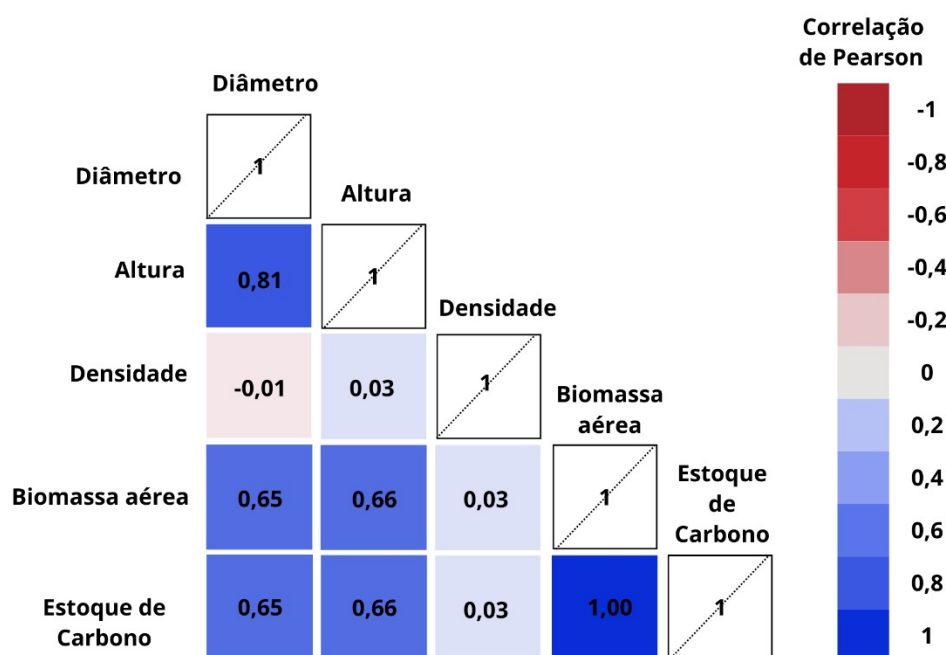


Figura 7. Matriz de Correlação de Pearson entre os parâmetros de estimativa da biomassa vegetal acima do solo. Fonte: autoria própria.

Estoque de carbono no solo

Os dados referentes ao estoque de carbono no solo podem ser visualizados na Tabela 4. A densidade do solo obtida foi de $1,706 \text{ g/cm}^3$. A densidade da amostra obtida foi maior do que as densidades apresentadas em diferentes tipos de solo até 5 cm de profundidade, como formações florestais ($DS = 0,75$ a $1,07 \text{ g/cm}^3$), área de Mata Atlântica sem intervenção antrópica ($DS = 0,97$ a $1,18 \text{ g/cm}^3$), plantações de eucalipto ($DS = 1,10$ a $1,20 \text{ g/cm}^3$ e $DS = 0,87$ a $1,21 \text{ g/cm}^3$) e pastagem ($DS = 1,57$ a $1,63 \text{ g/cm}^3$) (GATTO *et al.*, 2010; DENARDIN *et al.*, 2014; TROIAN *et al.*, 2020).

O teor de carbono obtido em laboratório foi de 73,5 gramas de carbono por quilo de solo. Esse teor é o dobro do máximo medido em solo de até 20 cm ($COT = 33,62 \text{ g/Kg}$) para plantações de eucalipto (GATTO *et al.*, 2020) e formações florestais ($COT = 45,59 \text{ g/Kg}$) (DENARDIN *et al.*, 2014). Também é maior do que foi medido em diversos sistemas de manejo, como florestas ($COT = 21,95 \text{ g/Kg}$), pastagens ($COT = 8,76 \text{ g/Kg}$) e lavouras ($COT = 9,09 \text{ g/Kg}$), no município de Iguatemi, no MS (TROIAN *et al.* 2020). O solo do Horto do IFRJ em Nilópolis recebe solo adubado e ainda é submetido a entrada de nutrientes oriundo da serrapilheira que se forma com a queda de folhas, troncos, flores e frutos. Isso pode explicar o teor de carbono orgânico alto em relação a outros sistemas.

O Estoque de Carbono no solo do IFRJ *campus* Nilópolis foi de 6,269 kg/m², considerando seus primeiros 5 cm de profundidade. Esse valor se aproxima ao valor médio obtido nas praças do município de Tatuí, SP, de 7,0 kg/m², com a variação de 2,2 a 8,1 kg/m² (CARVALHO *et al.*, 2022). O estoque de carbono no Horto do IFRJ foi maior que o valor médio em plantações de eucalipto (4,5 kg/m²), formações florestais (0,876 a 1,66 kg/m²) e pastagens (0,42 kg/m²) (GATTO *et al.*, 2010; DENARDIN *et al.*, 2014; TROIAN *et al.*, 2020). Considerando a área de 36 m², são 226 quilos estocados no solo do horto.

Tabela 4. Dados para cálculo de Estoque de Carbono no solo do Horto do IFRJ *campus* Nilópolis.

Estoque de Carbono no solo do IFRJ Nilópolis	
Densidade do solo (g/cm ³)	1,706
Teor de carbono (g/Kg)	73,50
Profundidade (cm)	5,000
Estoque de carbono (Kg/m ²)	6,269

Fonte: Autoria Própria (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Áreas verdes são espaços em ambiente urbano que integram cidade e natureza, apresentando funções ecológicas, paisagísticas e recreativas, de forma a contribuir para o bem-estar humano e a qualidade de vida. Entre os serviços ambientais prestados por essas áreas, encontra-se a produção e o estoque de biomassa, que contribuem para a regulação do microclima e reduzem o escoamento superficial, que causa inundações, movimentos de massa, erosão do solo e assoreamento dos rios. Por terem capacidade de sequestro e estoque de carbono, áreas verdes contribuem efetivamente para a mitigação da mudança do clima. Por terem função de resfriamento do ambiente e serem áreas de infiltração da chuva, áreas verdes são consideradas espaços-chave para que as cidades possam se adaptar a eventos climáticos extremos.

O Horto do IFRJ *campus* Nilópolis é uma área verde de aproximadamente 36 m² que abriga 41 espécies arbustivas e 42 espécies herbáceas, de origem nativa e exótica, com aplicações alimentares e medicinais. O estrato arbóreo do horto apresenta densidade média próxima a árvores da Mata Atlântica medidas em estudos da literatura, com diversas espécies apresentando valores médios de densidade correspondentes a bases de dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e da Global Wood Density Database. Todavia, a densidade média é um parâmetro que varia entre gênero e indivíduos da mesma espécie, conforme fatores como temperatura, tipo de solo, precipitação. Por isso, a medição da densidade em laboratório para estimativa da biomassa é importante para aumentar a confiabilidade dos resultados.

A altura e o diâmetro do estrato arbóreo foi de 1,17 m e 3,07 cm, respectivamente, com o maior espécime sendo representado por um indivíduo da espécie *Melia azedarach* L., com 15 metros de altura e 50 centímetros de diâmetro. No estrato herbáceo, a média foi de 0,67 m e 1,72 cm, tendo um exemplar de boldo-chinês (*Plectranthus ornatus*) o maior diâmetro (26,9 cm) e um exemplar de *Jatropha multifida* (Merthiolate) a maior altura (5 metros). Comparado a áreas verdes localizadas em instituições de ensino e praças, o Horto do IFRJ, em Nilópolis, possui indivíduos arbóreos de grande porte.



Os 352 indivíduos catalogados no Horto do IFRJ *campus* Nilópolis estocam 1,69 toneladas de biomassa na sua parte aérea e 0,14 toneladas nas suas raízes, com 96% da biomassa estocada no estrato arbóreo. Quanto ao estoque de carbono, o horto estoca 0,8 toneladas de carbono na sua parte aérea e 0,14 toneladas nas suas raízes. Considerando a área do horto, é estocado 46,71 Kg de biomassa ou 22,07 de carbono por Kg por metro quadrado no horto. Esse valor é expressivo quando comparado a outros estudos que avaliaram biomassa e estoque de carbono em diversas áreas verdes urbanas.

Com relação ao solo, o horto apresentou densidade e teor de carbono alto em relação a diferentes sistemas de manejo de solo, que podem ser explicados pela aplicação de solo adubado e pelos nutrientes que entram no sistema pela formação da serrapilheira. Por isso, o estoque de carbono no solo de Nilópolis é da ordem de 6 kg/m², similar ao mensurado em praças em São Paulo, mas maior que o estimado em sistemas como lavouras, pastagens e formações florestais.

A experiência do IFRJ pode servir de exemplo para outras instituições, uma vez que as instituições públicas de ensino devem ser instrumentos de boas práticas ambientais e de sensibilização social. Entre os municípios mais próximos na Baixada Fluminense, o município de Nilópolis é o mais arborizado. É importante que o município mantenha sua arborização a partir de políticas públicas que incentivem a construção e manutenção de áreas verdes no espaço urbano, em consonância com os ODS 11 e ODS 13.

AGRADECIMENTOS

À Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA), do Centro de Ciências da Saúde, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, que realizou a análise do teor de carbono no solo para esse estudo.

REFERÊNCIAS

- AALDE, H; GONZALEZ, P; GYTARSKY, M; KRUG, T; KURZ, WA; OGLE, S; RAISON, J; SCHOENE, D; RAVINDRANATH, NH; ELHASSAN, NG; HEATH, LS; HIGUCHI, N; KAINJA, S; MATSUMOTO, M.; SÁNCHEZ, MJS; SOMOGYI, Z. Forest Land. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. In: IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES: Japan, 2006. 83p. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- ABBAS, S; WONG, MS; WU, J; SHAHZAD, N; IRTEZA, SM. Approaches of satellite remote sensing for the assessment of above-ground biomass across tropical forests: Pan-tropical to national scales. **Remote Sensing** **12**(20), 3351. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/20/3351>
- ADINUGROHO, WC; KRISNAWATI, H; IMANUDDIN, R; SIREGAR, CA; WESTON, CJ; VOLKOVA, L. Developing biomass allometric equations for small trees in mixed-species forests of tropical rainforest ecozone. **Trees, Forests and People** **13**, 100425, 2023. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666719323000572>
- ALVES, MNE; SILVA, ACM; LEITE, MML. Avaliação de indicadores de qualidade de áreas verdes urbanas: uma ferramenta auxiliar na gestão de cidades. **Revista Extensão & Sociedade** **12**(1), 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2178-6054.2021v12n1>
- ARILUOMA, M.; OTTELIN, J; HAUTAMÄKI, R; TUHKANEN, EM; MÄNTTÄRI, M. Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. **Urban Forestry & Urban Greening** **57**, 126939, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126939>
- ARRATIA, ALD; RIBEIRO, AP; QUARESMA, CC; RODRIGUES, EA; LUCCA, EF; CAMARGO, PB; NASCIMENTO, APB; FERREIRA, ML. Structure and biomass analysis of urban vegetation in squares of santa cecília district, São Paulo, SP. **Revista Árvore** **44**, e4417, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-908820200000017>
- ÁVILA-LOVERA, E; GOLDSMITH, GR; KAY, KM; FUNK, JL. Above-and below-ground functional trait coordination in the Neotropical understory genus *Costus*. **AoB Plants** **14**(1), plab073, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plab073>
- AZZINI, A; SALGADO, ALB. Determinação da densidade básica de caules de *Crotalaria* (*Crotalaria juncea* L.). **Bragantia** **38**(1), 49-52. 1981. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19800719290>

- BARBOSA, IS; MAILLARD, P. Proposta metodológica para avaliação de estoques de carbono acima do solo no cerrado utilizando imagem de alta resolução. **MG.BIOTA** 4(2), 1-8. 2011. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/MB/article/view/66/38>
- BARBOSA, P. **Parques Urbanos com Enfoque em Uso Público: Estudo de Caso do Parque Natural Municipal do Gericinó**. 2022. 121p. Dissertação (Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável) – Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Instituto de Pesquisas ecológicas, Nazaré Paulista, SP, 2022. Disponível em: https://www.escas.org.br/wp-content/uploads/2023/09/PARQUES-URBANOS-COM-ENFOQUE-EM-USO-PUBLICO-_-ESTUDO-DE-CASO-DO-PARQUE-NATURAL-MUNICIPAL-DO-GERICINO-RJ.pdf
- BECK, DF. O desenho urbano como instrumento do desenvolvimento sustentável em cidades competitivas. In: MARTINS, B. C. (org.). **Arquitetura e urbanismo: forma, espaço e design**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. p.112-121. doi: 10.22533/at.ed.2252005039
- BRASIL. Lei Nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 253, p. 1-3 30 dez. 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm
- BRITO, EN; NASCIMENTO, APNL; FRANCOS, MS; FERREIRA, ML. Biodiversidade e estoque de carbono em área verde prioritária de um complexo hospitalar da cidade de São Paulo, SP. In: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 5, 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, SP: UNINOVE, 2016. Disponível em: <https://singep.org.br/5singep/resultado/107.pdf>
- BROGGIO, IS; SILVA-JUNIOR, CH; NASCIMENTO, MT; VILLELA, DM; ARAGÃO, LE. Quantifying landscape fragmentation and forest carbon dynamics over 35 years in the Brazilian Atlantic Forest. **Environmental Research Letters** 19(3), 034047, 2024. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ad281c/meta>
- BROKAW, N; THOMPSON, J. The h for dbh. **Forest Ecology and Management** 129(1-3), 89-91, 2000. Disponível em: https://www.academia.edu/download/69533272/s0378-1127_2899_2900141-320210913-17995-2xus5o.pdf
- BROWN, S; MASERA, O. (coord.). LULUCF Projects. Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. In: PENMAN, J; GYTARSKY, M; HIRASHI, T; KRUG, T; KRUGER, D; PIPATTI, R; BUENDIA, L; MIWA, K; NGARA, T; TANABE, K; WAGNER, F. **Good practice guidance for land use, land use change and forestry**. Japão: IGES, 2003. 590p. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- BUENO, RR; VALERIANO, DM. Análise da dinâmica florestal da mata atlântica para valorar o balanço de emissão e sequestro de GEE em escala municipal. **Revista Foco** 17(4), e4970-e4970, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n4-142>
- BURGER, DM. **Modelos alométricos para a estimativa da fitomassa de Mata Atlântica na Serra do Mar, SP**. 2005. 121f. Tese (Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-17072008-163652/en.php> Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos.
- CAIRNS, MA; BROWN, S; HELMER, EH; BAUMGARDNER, GA. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia** 111, 1-11, 1997. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004420050201>
- CARVALHO, END; FERREIRA, CAC. **Levantamento Florístico das Espécies Botânicas Arbóreas e Arbustivas do Campus do Bosque da Ciência**. X Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA, 2001. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4102>
- CARVALHO, NM; QUARTUCCI, F; DE MARIA, I. Estoque de carbono e diagnóstico físico e químico do solo de praças urbanas no município de Tatuí (São Paulo). **Revista Brasileira de Meio Ambiente** 10(3), 2022. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/1243>
- CHAVE, J; ANDALO, C; BROWN, S; CAIRNS, MA; CHAMBERS, JQ; EAMUS, D; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia** 145, 87-99, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-005-0100-x>
- CHAVE, J; RÉJOU-MÉCHAIN, M; BÚRQUEZ, A; CHIDUMAYO, E; COLGAN, MS; DELITTI, WB; DUQUE, A; EID, T; FEARNSIDE, PM; GOODMAN, RC; HENRY, M; MARTÍNEZ-YRÍZAR, A; MUGASHA, WA; MULLER-LANDAU, HC; MENCUCCINI, M; NELSON, BW; NGOMANDA, A; NOGUEIRA, EM; ORTIZ-MALAVASSI, E; PÉLISSIER, R; PLOTON, P; RYAN, CM; SALDARRIAGA, JG; VIEILLEDENT, G. CHAVE, JÉRÔME *et al.* Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology** 20(10), 3177-3190, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

- CHEN, AM; SOLANO, T; TEJEDOR-FLORES, N; QUINTERO, V; BOYA, C; MORA, D. Bio-inspired approaches for sustainable cities design in tropical climate. In: PALOMBINI, FL; MUTHU, SS (eds.). **Bionics and sustainable design**. Singapore: Springer Nature Singapore; 2022. pp. 333-365. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-1812-4_11.
- CORDEIRO, NG; PEREIRA, KMG; PINTO, LOR; TERRA, MCNS; MELLO, JM. Variação espaço-temporal do estoque de carbono em fragmentos de Cerrado em Minas Gerais. In: TULIO, L. (Org.). **Fontes de biomassa e potenciais de uso**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 103-115. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/download-post/21773>
- CORTINOVIS, C; OLSSON, P; BOKE-OLÉN, N; HEDLUND, K. Scaling up nature-based solutions for climate-change adaptation: Potential and benefits in three European cities. **Urban Forestry & Urban Greening** 67, 127450, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127450>
- DAHY, B; ISSA, S; KSIKSI, T; SALEOUS, N. Geospatial technology methods for carbon stock assessment: A comprehensive review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** 540, 012036, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/540/1/012036/meta>
- DENARDIN, RBN; MATTIAS, JL; WILDNER, LDP; NESI, CN; SORDI, A; KOLLING, DF; BUSNELLO, FJ; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó-SC. **Ciência Florestal** 24(1), 59-69, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509813323>
- DIAS, MBG; NASCIMENTO, DTF. Clima urbano e ilhas de calor: Aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista** 10(12), 2014. Disponível em: https://scholar.archive.org/work/tpizdhckljfzhimn6ai52sdsri/access/wayback/http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/download/902/926
- DJOMO, AN; IBRAHIMA, A; SABOROWSKI, J; GRAVENHORST, G. Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. **Forest Ecology and Management** 260(10), 1873-1885, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710004937>
- FEHRMANN, L; KLEINN, C. General considerations about the use of allometric equations for biomass estimation on the example of Norway spruce in central Europe. **Forest Ecology and Management** 236(2-3), 412-421, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706009194>
- FORRESTER, DI; TACHAUER, IHH; ANNIGHOEFER, P; BARBEITO, I; PRETZSCH, H; RUIZ-PEINADO, R; SILESHI, GW. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate. **Forest ecology and management** 396, 160-175, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112717301238>
- FOX, W; DWIVEDI, P; LOWE, RC; WELCH, S; FULLER, M. Estimating Carbon stock of live trees located on the main campus of the University of Georgia. **Journal of Forestry** 118(5), 457-465, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jofore/fvaa025>
- FRANÇA, JUB. **Biodiversidade arbórea e estoque de carbono em áreas verdes urbanas: contribuições para a infraestrutura verde de São Paulo, SP**. 2017. 71p. Dissertação (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) – Universidade Nove de Julho, São Paulo; 2017. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1766>
- GARCIA, EN; CAMARGO, A; PUTZKE, J; KÖHLER, A. Levantamento florístico e fitossociológico em área de centro de pesquisa em Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Caderno de Pesquisa** 25(3), 6-26. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/cp.v25i3.4369>
- GARTNER, BL; BULLOCK, SH; MOONEY, HA; BROWN, VB; WHITBECK, JL. Water transport properties of vine and tree stems in a tropical deciduous forest. **American Journal of Botany** 77(6), 742-749, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1990.tb14464.x>
- GATTO, A. **Estoques de carbono no solo e na biomassa de plantações de eucalipto na Região Centro-Leste de Minas Gerais**. 2005. 88p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10937>
- GATTO, A; BARROS, NFD; NOVAIS, RF; SILVA, IRD; LEITE, HG; LEITE, FP; VILLANI, EMDA. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 34, 1069-1079, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400007>
- GAUDERETO, GL; GALLARDO, ALCF; FERREIRA, ML; NASCIMENTO, APBD; MANTOVANI, W. Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. **Ambiente & Sociedade** 21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0120r3vu18L4TD>
- GEHRING, C; PARK, S; DENICH, M. Close relationship between diameters at 30cm height and at breast height (DBH). **Acta Amazonica** 38, 71-76, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/h6PQPMDB7sn3sSp9XqsCYbM/?lang=en&format=pdf>
- GUIMARÃES, MRS; PRADO, RB; FIDALGO, ECC; MONTEIRO, JMG; SANSEVERO, JBB. Perspectivas para estimativa de biomassa viva e estoque de carbono acima do solo em áreas verdes urbanas do domínio Mata Atlântica, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana** 17(4), 41-59. 2022.

- IFRJ. **Sobre o Campus**. 2024. Disponível em: <https://portal.ifrj.edu.br/nilopolis/sobre-campus>
- KERSHAW JR, JA; DUCEY, MJ; BEERS, TW; HUSCH, B. **Forest mensuration**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118902028.ch5>
- KHADANGA, SS; JAYAKUMAR, S. Tree biomass and carbon stock: understanding the role of species richness, elevation, and disturbance. **Tropical Ecology** **61**, 128-141, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land11010066>
- KHITROV, NB; NIKITIN, DA; IVANOVA, EA; SEMENOV, MV. Variability of the content and stock of soil organic matter in time and space: an analytical review. **Eurasian Soil Science** **56**(12), 1819-1844, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1134/S106422932360207X>
- KUYAH, S; DIETZ, J; MUTHURI, C; JAMNADASS, R; MWANGI, P; COE, R; NEUFELDT, H. Allometric equations for estimating biomass in agricultural landscapes: I. Aboveground biomass. **Agriculture, ecosystems & environment** **158**, 216-224. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880912001892>
- KUYAH, S; DIETZ, J; MUTHURI, C; JAMNADASS, R; MWANGI, P; COE, R; NEUFELDT, H. Allometric equations for estimating biomass in agricultural landscapes: II. Belowground biomass. **Agriculture, ecosystems & environment** **158**, 225-234. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912001880>
- KUNZMANN, D. **The LEDA Traitbase Collecting and Measuring Standards of Life-History Traits of Northwest European Flora**. Netherlands: LEDA Traitbase Project, 2005. 10p. Disponível em: <https://uol.de/en/landeco/research/leda>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- LAHOTI, SHRUTI; LAHOTI, A; JOSHI, RK; SAITO, O. Vegetation structure, species composition, and carbon sink potential of urban green spaces in Nagpur City, India. **Land** **9**(4), 107, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land9040107>
- LI, L; ZHAN, W; HU, L; CHAKRABORTY, TC; WANG, Z; FU, P; WANG, P; LIAO, W; HUANG, F; FU, H; LI, J; LIU, Z; DU, H; WANG, S. Divergent urbanization-induced impacts on global surface urban heat island trends since 1980s. **Remote Sensing of Environment** **295**, 113650, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425723002018>
- LIMA, RA; OLIVEIRA, AA; PITTA, GR; DE GASPER, AL; VIBRANS, AC; CHAVE, J; STEEGE, HT; PRADO, PI. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature communications** **11**(1), 6347. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20217-w>
- LIMA, VYM; ARAÚJO, ALD; AMARO, MA. 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** **2**(2), 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/4063>.
- LOCATELLI, PA. La sostenibilidad como directriz vinculante para el desarrollo de las ciudades. **Sostenibilidad: económica, social y ambiental** **3**, 1-24. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2021.3.01>
- MALHEIROS, TF; AMBRIZZI, T; SACZK, AA; MAGRIOTIS, ZM. **Universidades & Sustentabilidade: práticas e indicadores**. São Paulo: USP Sustentabilidade, 2020. 344 p.
- MARKESTEIJN, L; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. **Journal of Ecology** **97**(2), 311-325, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01466.x>
- MARUYAMA, CM; FRUEHAUF, AL; LOMBARDO, MA. Infraestrutura Verde para mitigação de Ilha de Calor e sequestro de carbono da Região Metropolitana de São Paulo *In*: FRUEHAUF, AL; ROSA, AA; MARUYAMA, CM; COELHO, MA [Orgs.]. **Geodesign no Brasil: abordagens para o planejamento ambiental urbano**. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2022. 41-77. Disponível em: https://pedrojoaoeditores.com.br/2022/wp-content/uploads/2022/05/EBOOK_Geodesign-no-Brasil-1.pdf
- MASCARENHAS, J; BELGAS, L. O campus como uma pequena cidade (in) sustentável: The campus as a small (in) sustainable city. **Brazilian Journal of Business** **6**(1), 495-504. 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/68314/48515>
- MATULA, R; DAMBORSKÁ, L; NEČASOVÁ, M; GERŠL, M; ŠRÁMEK, M. Measuring biomass and carbon stock in resprouting woody plants. **PloS One** **10**(2), e0118388, 2015. Disponível em: [10.1371/journal.pone.0118388](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118388)
- MENSAH, S; VELDTMAN, R; SEIFERT, T. Allometric models for height and aboveground biomass of dominant tree species in South African Mistbelt forests. **Southern Forests: a Journal of Forest Science** **79**(1), 19-30. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912001880>
- MOMOLLI, DR; CALDEIRA, MVW; GOMES, GSL; GOMES, R; DUARTE, VBR; GODINHO, TDO; DA SILVA, JGM.; SANTOS, VB; VIDAURRE, GB; FARIA, JCT; SCHUMACHER, MV; PEREIRA, MG. Stem Longitudinal Gradient for Basic Density, Carbon, Nitrogen, and CN Ratio in *Khaya* spp.: Improved Correlation Using Diameter Instead of Commercial Height. **Forests** **15**(11), 1923. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f15111923>
- MUHATI, GL; OLAGO, DL; OLAKA, L. Quantification of carbon stocks in Mount Marsabit Forest Reserve, a sub-humid montane forest in northern Kenya under anthropogenic disturbance. **Global Ecology and Conservation** **14**, e00383, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00383>

- NASCIMENTO, APBD; SANTOS, SRD; GAUDERETO, GL; GALLARDO, ALCF. Os serviços ecossistêmicos de espaços verdes urbano: contribuições para a agenda 2030. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades** 10(77), 108-120. 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003157939>
- NILÓPOLIS (RJ). **Cidades e Estados**. IBGE. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/nilopolis.html>.
- NOGUEIRA, LR; ENGEL, VL; PARROTTA, JA; MELO, ACGD; RÉ, DS. Allometric equations for estimating tree biomass in restored mixed-species Atlantic Forest stands. **Biota Neotropica** 14(2), e20130084. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/bn/a/Lz6TLWmp95GgDGkmSnQc68Q/?lang=en>
- NOWAK, DJ; GREENFIELD, EJ; HOEHN, RE; LAPOINT, E. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. **Environmental pollution** 178, 229-236. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- NIANG, F; BA, K; DIOP, F; FALL, FA; DIALO, HA; THIOYE, M; SAMBOU, S; DIENG, SD. Tree diversity and carbon stock in urban area of Senegal and their implications to human health and well-being. **African Journal of Environmental Science and Technology** 17(8), 167-180.2023. Disponível em: 10.5897/AJEST2023.3188
- O'DONOGHUE, A.; SHACKLETON, CM. Current and potential carbon stocks of trees in urban parking lots in towns of the Eastern Cape, South Africa. **Urban Forestry & Urban Greening** 12(4), 443-449, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.07.001>
- OUMASST, A; TIOUIDJI, FE; TABI, S; ZAHIDI, A; EL MOUSADIK, A; EL FINTI, A; AITLHAJ, A; HALLAM, J. Development of Allometric Equations to Determine the Biomass of Plant Components and the Total Storage of Carbon Dioxide in Young Mediterranean Argan Trees. **Sustainability** 16(11), 4592. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16114592>
- PECHANEC, V; ŠTERBOVÁ, L; PURKYT, J; PROKOPOVÁ, M; VCELÁKOVÁ, R; CUDLÍN, O; VYVLECKA, P; CIENCIALA, E; CUDLÍN, P. Selected aspects of carbon stock assessment in aboveground biomass. **Land** 11(1), 66, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land11010066>
- PEREZ, AM; CENDAN, L; MAUL, DP; COTTIERE, S. Aboveground Biomass and Carbon Stock in an Urban forest within the St. Thomas University Campus, Miami Gardens. **Journal of Multidisciplinary Research (1947-2900)** 15(1), 65-79. 2023. Disponível em: <https://jmrpublication.org/wp-content/uploads/2022/11/JMR-151-Spring-2023-1.pdf#page=67>
- PHILLIPS, OL; SULLIVAN, MJ; BAKER, TR; MONTEAGUDO-MENDOZA, A; VARGAS, PN; VÁSQUEZ, R. Species matter: wood density influences tropical forest biomass at multiple scales. **Surveys in geophysics** 40, 913-935, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10712-019-09540-0>
- PICARD, N; SAINT-ANDRÉ, L; HENRY, M. **Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction**. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. Montpellier: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement; 2012. 215 p. Disponível em: http://www.globalloometree.org/media/cms_page_media/6/tarifs_en_web_May23.pdf
- RAMYAR, R; ACKERMAN, A; JOHNSTON, DM. Adapting cities for climate change through urban green infrastructure planning. **Cities** 117, 103316, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103316>
- RIBEIRO, MC; METZGER, JP; MARTENSEN, AC; PONZONI, FJ; HIROTA, MM. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142(6), 1141-1153. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320709000974>
- RUBIRA, FG. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espaços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia** 26(45), 134-150. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p134>
- RUIZ-JAEN, MC; POTVIN, C. Can we predict carbon stocks in tropical ecosystems from tree diversity? Comparing species and functional diversity in a plantation and a natural forest. **New Phytologist** 189(4), 978-987, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03501.x>
- RÜGNITZ, MT; CHACÓN, ML; PORRO, R. **Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais**. Belém, PA: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF); Consórcio Iniciativa Amazônica (IA); 2009. 81p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/04/guia_carbono.pdf
- RUSCHEL, RS; DEMANBORO, AC. Serviços ecossistêmicos urbanos: fixação de carbono nas áreas de preservação permanente de Campinas-SP. **Ambiente & Sociedade** 23, e00022, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170002r2vu2020L4AO>
- SANTOS, FP; SILVA, RB; GREGO, CR; TURETTA, APD; BALIEIRO, FC; CHAER, GM. **Variabilidade espacial da densidade e conteúdo de carbono de um Planossolo submetido à arações e gradagens sucessivas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; 2009. 19p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/664205/1/BOP55.pdf>
- SANTOS, DQP; SOUSA, VSR; SOUSA FILHO, HR. Potencialidades e desafios para o uso sustentável do Horto Florestal urbano de Ipiáu-Bahia. **Sertanias: Revista de Ciências Humanas e Sociais** 4(2), 1-32, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.22481/sertanias.v4i2.14187>

- SHARIFI, A. Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. **Science of the Total Environment** **750**, 141642, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141642>
- SHIMAMOTO, CY; BOTOSSO, PC; MARQUES, MC. How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management** **329**, 1-9. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-06032013008413>
- SHRESTHA, B. **Trees Outside Forests of Kathmandu Valley**. 2023. Thesis (Doctorate of Philosophy). Institute of Science & Technology, Tribhuvan University, Katmandu, Nepal, 2023. Disponível em: <https://elibrary.tucl.edu.np/handle/123456789/20935>
- SIQUEIRA, CA; ULIANA, MR; ARANA, ARA. Qualidade ambiental urbana: um estudo sobre valoração econômica de áreas verdes urbanas no parque do povo em Presidente Prudente-SP. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade** **13**(1), 39-55, 2023. Disponível em: <https://www.reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/1029>
- SILVA, MKC. **Levantamento florístico e fitossociológico de espécies arbóreas no Horto Florestal da UFCG - Patos, PB**. 2017. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, Brasil, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/24326>
- SILVA, HF; RIBEIRO, SC; BOTELHO, SA; FARIAS, RAVB; TEIXEIRA, MBR; MELLO, JM. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. **Scientia Forestalis** **43**(108), 943-953, 2015. Disponível em: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18](https://doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18)
- SILVA, APP; PIRES, GD.; SILVA, FP. Análise por sensoriamento remoto do monitoramento climático e identificação de ilhas de calor e impactos nos municípios da Baixada Fluminense: Mesquita, Nilópolis e Belford Roxo/RJ. **Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação** **8**(1), 39-51. 2022. Disponível em: https://unignet.com.br/wp-content/uploads/Revista-Engenharia-Meio-Ambiente-e-Inovacao-V_08_n_01_2022.pdf
- SILVA, JK; COELHO, GTCP; TEIXEIRA, CP. Estimativa do estoque de carbono em biomassa da arborização viária no bairro Dona Dora, Sete Lagoas-MG. **Revista Maestria** **18**(1-13), 77-86, 2023. Disponível em: <https://revista.unifemm.edu.br/index.php/Maestria/article/view/25>
- SOUSA-NETO, E; CARMO, JB; KELLER, M; MARTINS, SC; ALVES, LF; VIEIRA, SA; PICCOLO, MC; CAMARGO, P; COUTO, HTZ; JOLY, CA; MARTINELLI, LA. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, methane and carbon dioxide in a gradient of elevation in the coastal Brazilian Atlantic forest. **Biogeosciences** **8**(3), 733-742. 2011. Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/8/733/2011/>
- SUN, Y; XIE, S; ZHAO, S. Valuing urban green spaces in mitigating climate change: A city-wide estimate of aboveground carbon stored in urban green spaces of China's Capital. **Global Change Biology** **25**(5), 1717-1732, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.14566>
- TAM, BY; GOUGH, WA; MOHSIN, T. The impact of urbanization and the urban heat island effect on day to day temperature variation. **Urban Climate** **12**, 1-10. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095514001126>
- TROIAN, D; ROSSET, JS; MARTINS, LFBN; OZÓRIO, JMB; CASTILHO, SCP; MARRA, LM. Carbono orgânico e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente** **13**(4), 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1447-1469>
- VASHUM, KT; JAYAKUMAR, S. Methods to estimate above-ground biomass and carbon stock in natural forests-a review. **Journal of Ecosystem & Ecography** **2**(4), 1-7, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7625.1000116>
- VEERANJANEYULLU, D; SHAREEF, DM; JYOTHI, K; DEVI, AS; SUNEELA, M. Estimation of Carbon Stock of the Trees in the Herbal Garden of Telangana State Medicinal Plant Board, Aziznagar, Hyderabad, India. **Indian Journal of Ecology** **50**(4), 1046-1051, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55362/IJE/2023/4011>
- VIANA, CRS; PEREIRA, TF; BISINOTO, GDS; FREIRE, BM; RODRIGUES, LC; MUNIZ, CC; OLIVEIRA-JUNIOR, EC. Praças urbanas como potenciais ferramentas na neutralização de carbono. **Peer Review** **5**(18), 394-409, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.53660/886.prw2511>
- VIEIRA, SA, ALVES, LF, AIDAR, MPM, ARAÚJO, LS, BAKER, T, BATISTA, JLF, CAMPOS, MCR, CAMARGO, PB, CHAVE, J, DELITTI, WB, HIGUCHI, N, HONÓRIO, E, JOLY, CA, KELLER, M, MARTINELLI, LA, DE MATTOS, EA, METZKER, T, PHILLIPS, O, SANTOS, FAM, SHIMABUKURO, MT, SILVEIRA, M; TRUMBORE, SE. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica** **8**, 21-29, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000200001>
- VIEIRA, JA; LEMOS, CF. Estimativa do estoque de carbono presente na biomassa vegetal arbórea do Parque Municipal Américo Renné Giannetti – Belo Horizonte/MG. In: Anais of 4º seminário dos estudantes de pós-graduação, 15, 2018, Bambuí, MG. **Anais [...]. Bambuí, MG, IFMG, 2018.** Disponível em: https://www.bambui.ifmg.edu.br/portal/images/PDF/SEP_2018/Trabalhos_Completos/Estimativa_do_estoque_de_carbono.pdf

- VINOD, A; RANGAPPA, SM; SRISUK, R; TENGSUTHIWAT, J; SIENGCHIN, S. Agro-waste *Capsicum annum* stem: an alternative raw material for lightweight composites. **Industrial Crops and Products** **193**, 116141, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116141>
- WANG, V; GAO, J. Estimation of carbon stock in urban parks: Biophysical parameters, thresholds, reliability, and sampling load by plant type. **Urban Forestry & Urban Greening** **55**, 126852. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126852>
- WEN, B; MUSA, SN; ONN, CC; RAMESH, S; LIANG, L; WANG, W; MA, K. The role and contribution of green buildings on sustainable development goals. **Building and Environment** **185**, 107091. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132320304674>
- YUMNAM, JY; DEY, N. Biomass and carbon stock of trees growing in Cotton University, Guwahati, Assam, India. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences** **92**(4), 853-859, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40011-022-01365-z>
- ZANINI, AM; MAYRINCK, RC; VIEIRA, SA; RODRIGUES, RR. Carbon content and allometric models to estimate aboveground biomass for forest areas under restoration. **Restoration Ecology** **30**(5), e13591. 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/rec.13591>
- ZANNE, AE; LOPEZ-GONZALEZ, G; COOMES, DA; ILIC, J; JANSEN, S; LEWIS, SL; MILLER, RB; SWENSON, NG; WIEMANN, MC; CHAVE, J; LOPEZ-GONZALEZ, G. **Global Wood Density database**. 2009 Disponível em: <https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234>
- ZAÚ, AS. Fragmentação da mata atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente** **5**(1), 160-170. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/9bJGvkrQ5xXND4NYkYzCy4H/?lang=pt>
- ZHENG, H, OUYANG, Z; XU, W; WANG, X; MIAO, H; LI, X; TIAN, Y. Variation of carbon storage by different reforestation types in the hilly red soil region of southern China. **Forest Ecology and Management** **255**(3-4), 1113-1121, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.015>