

## Mapeamento do sequestro de carbono na cidade de Iguatu, Ceará, Brasil

João Bandeira da Silva  <sup>1\*</sup>, Gustavo Macedo de Mello Baptista  <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Especialista em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística, Universidade de Brasília, Brasil. (\*Autor correspondente: joao.bandeira.silva05@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutor em Geologia, Universidade de Brasília, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 08/01/2025 – Revisado em: 25/01/2025 – Aceito em: 04/03/2025

### RESUMO

O sistema atmosférico pode ser compreendido como um complexo de zonas/camadas de gases. Desses gases, os principais que absorvem a radiação infravermelha, são o vapor d'água, o ozônio e o dióxido de carbono (Ayoade, 1996). Assim o efeito estufa necessita desses gases para manutenção da temperatura global. Um gás que mantém o equilíbrio térmico da Terra é o CO<sub>2</sub> responsável como fonte de energia e troca gasosa pela vegetação. Diante disso o trabalho segue como base estudos que comprovam o uso de índices de vegetação para estimar o sequestro de carbono pela vegetação. Para determinar o fluxo, Rahman *et al.* (2000), integrou o NDVI com o PRI. Dessa maneira a pesquisa seguiu essa metodologia para alcançar o objetivo de entender o fluxo de CO<sub>2</sub> na sede municipal de Iguatu, Ceará, Brasil. As cenas escolhidas foram do ano de 2023 nos meses de abril e novembro, mostrou o papel importante da vegetação no processo de sequestro de dióxido de carbono, para regular a temperatura. O adensamento urbano é significativo e fez com que o mês seco teve o sequestro de carbono menor que o mês chuvoso. Conclui-se a necessidade do poder público em efetivar e atualizar as políticas públicas do Plano Diretor Participativo, existente, na cidade.

**Palavras-Chaves:** NDVI, PRI, CO<sub>2</sub>flux.

### Mapping carbon sequestration in the city of Iguatu, Ceará, Brazil

### ABSTRACT

The atmospheric system can be understood as a complex of gas zones/layers. Of these gases, the main ones that absorb infrared radiation are water vapor, ozone, and carbon dioxide (Ayoade, 1996). Thus, the greenhouse effect requires these gases to maintain global temperature. One gas that maintains the Earth's thermal balance is CO<sub>2</sub>, which is responsible for energy and gas exchange by vegetation. Therefore, the work is based on studies that prove the use of vegetation indices to estimate carbon sequestration by vegetation. To determine the flux, Rahman *et al.* (2000) integrated the NDVI with the PRI. Thus, the research followed this methodology to achieve the objective of understanding the CO<sub>2</sub> flux in the municipal headquarters of Iguatu, Ceará, Brazil. The scenes chosen were from the year 2023 in the months of April and November, showing the important role of vegetation in the process of carbon dioxide sequestration, to regulate the temperature. Urban densification is significant and has resulted in lower carbon sequestration in the dry month than in the rainy month. It is concluded that the government needs to implement and update the public policies of the Participatory Master Plan, which exists in the city.

**Keywords:** NDVI, PRI, CO<sub>2</sub>flux.

### 1. Introdução

O sistema atmosférico pode ser compreendido, conforme Ayoade (1996) é um complexo de zonas/camadas de gases, que tem como os mais importantes, o nitrogênio (N<sub>2</sub>), o oxigênio (O<sub>2</sub>), o argônio (Ar), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o ozônio (O<sub>3</sub>), o vapor de água (H<sub>2</sub>O) e dentre outros em menor quantidade.

Desses gases, os principais que absorvem a radiação infravermelha, são o vapor d'água (5,3 µm a 7,7 µm e além de 20 µm), o ozônio (9,4 µm a 9,8 µm) e o dióxido de carbono (13,1 µm a 16,9 µm), sendo que

Bandeira da Silva, J., Baptista, G.M.M. (2025). Mapeamento do sequestro de carbono na cidade de Iguatu, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.6, n.1, p.36-48.



apenas 9% da radiação terrestre infravermelha é liberada diretamente no espaço e os 91% restantes são absorvidos pela atmosfera, capacidade essa denominada de efeito estufa (Ayoade, 1996).

O efeito estufa é um processo de manutenção da temperatura global, pois a partir disso a temperatura média do planeta mantém-se em torno de 16 °C (Baptista, 2015). Um gás, contido no processo de radiação terrestre infravermelha, que mantém o equilíbrio térmico da Terra, o CO<sub>2</sub>, é responsável também como fonte de energia e troca gasosa pela vegetação, participante da fotossíntese.

Diante desse processo, para avaliar as características da vegetação, como vigor, verdor vegetativo, estimativa da biomassa em lavouras, por exemplo, estresse hídrico etc., há os índices de vegetação. Que são amostragens do comportamento da vegetação, de acordo com Barbosa e Buriti (2022), são índices com operação aritméticas, desenvolvidas para realçar alguns objetos da superfície terrestre, a partir de dados obtidos por sensores remotos.

Alguns dos índices de vegetação utilizados são como o *Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), *Vegetation Condition Index* – Índice das Condições de Vegetação (VCI), *Standard Vegetation Index* – Índice de Vegetação Padronizado (SVI). Outros para monitorar riscos climáticos na agricultura como o *Soil Adjusted Vegetation Index* – Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), *Enhanced Vegetation Index* – Índice de Vegetação Melhorado (EVI) e o *Visible Atmospherically Resistant Index* – Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível (VARI) (Barbosa; Buriti, 2022).

Para determinar o sequestro de carbono CO<sub>2</sub> é necessário integrar alguns índices espectrais. No estudo de Baptista (2004) o autor integra três índices espectrais para determinar o fluxo de CO<sub>2</sub>, o índice de vegetação NDVI, para indicar a saúde da vegetação, o método de Rahman *et al.* (2000), é possível através da integração do NDVI com o *Photosynthetic Reflectance Index* - Índice de Reflectância Fotoquímica (PRI). A partir dessa integração, mede a eficiência do processo de sequestro de carbono, denominada de CO<sub>2</sub>flux, que mensura o fluxo de CO<sub>2</sub> entre a atmosfera e a vegetação.

Com isso, a pesquisa é justificada a importância de compreender o processo fundamental de sequestro de carbono, realizado pelas plantas a partir da fotossíntese na área urbana do município de Iguatu/CE. A compreensão disso reflete em observar onde há maior ou menor concentração de dióxido de carbono e construir como proposta de reversão da alta concentração de CO<sub>2</sub> a construção de praças ou espaços verdes que possam compensar o carbono liberado para atmosfera.

Para isso é preciso unir os índices espectrais para o entendimento da atuação do carbono em uma cidade que apresenta um adensamento urbano desenfreado. Por isso segue também a problemática de cartografar e perceber os possíveis problemas com o fenômeno. Já que ao compreender esse processo e a sua espacialização pode ser um dado para fomentar possíveis políticas públicas no município para o conforto térmico com construção de espaços verdes, por exemplo.

Diante desses pressupostos, a cidade, o perímetro urbano, de Iguatu/CE tem um histórico de ocupação nas margens do rio Jaguaribe, de forma desordenada por fazendeiros, para abastecimento hídrico e dessedentação animal (Nogueira, 1985). O centro urbano foi constituído nas imediações das lagoas, como a Lagoa da Telha, aterrada anos mais tarde. Esses corpos hídricos se conectavam no período de chuva, remete a aos meandros abandonados do rio Jaguaribe.

Com o passar do tempo, a urbanização foi se consolidando, porém as residências foram construídas de forma amontoadas, apenas algumas praças com arborização, sem nenhum planejamento urbano (Nogueira, 1985; Aragão, 1997). Apenas no ano de 2009, com a lei nº 1.277/09, foi construído as diretrizes do Plano Diretor, neste caso, o Plano Diretor Participativo de Iguatu – PDPI (Iguatu, 2009). Mas, ainda que com outros instrumentos legais para a sua eficácia, pouco foi realizado pelas gestões passadas no município, ainda sofre problemas, sobre tudo no conforto térmico.

Assim, o presente trabalho objetiva analisar o fluxo CO<sub>2</sub> na cidade de Iguatu/CE, por meio do mapeamento. Tem como objetivos específicos, a compreensão do fluxo de CO<sub>2</sub> na sede municipal de Iguatu/CE e identificar os possíveis problemas do fenômeno. Para isso é necessário a integração proposta por

Rahman *et al.* (2000) para duas cenas sazonais, o mês de abril de 2023 (período chuvoso) e o mês de novembro (período seco), de imagens da constelação de satélites do Planet.

## 2. Referencial teórico

### 2.1 Sequestro de carbono

O processo de fotossíntese, no qual as plantas absorvem o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), transformam em energia, produzindo a glicose, e liberam o oxigênio. Essa ação continuada é conhecida como sequestro de carbono. Renner (2004) explica que o sequestro de carbono tem como finalidade conter e reverter o acúmulo CO<sub>2</sub> na atmosfera e visa diminuir o Efeito Estufa.

Entretanto, a humanidade, vem produzindo dióxido de carbono em excesso, pelas fábricas das indústrias, carros etc. Desde o Protocolo de Quioto, de 1997, há tratados de estabelecimento de medidas compromissas, para redução da emissão de gases que provocam alta concentração desses gases, causando desequilíbrio no efeito estufa natural (Brasil, 1998; Baptista, 2015).

Uma dessas medidas é a pesquisa, promoção e desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de sequestro de dióxido de carbono (Brasil, 1998). Segundo Baptista (2004) o dióxido de carbono deve ser encarado de forma condizente, não só associada ao efeito estufa, mas ao processo de fotossíntese e, infelizmente, sua concentração tem aumentado progressivamente nas últimas décadas.

Para isso é necessário abordar formas de mitigação, segundo o Protocolo de Quioto, preservar os “sumidouros de carbono” (Coltri *et al.*, 2009), que faz referência as plantas que absorvem o dióxido de carbono presentes na atmosfera. Os centros urbanos com os automóveis e a indústria que liberam gases que alteram a normalidade do Efeito Estufa. Uma ferramenta para neutralização de carbono em consonância com Viana *et al.* (2023) são as praças urbanas ou áreas verdes para compensar o carbono em escala local.

### 2.2 Índices Espectrais para o sequestro de carbono pela vegetação

Rouse, Haas e Schell (1973), no projeto *Great Plains Corridor*, realizado na *Texas A&M University*, elaborou um método quantitativo de medição das condições de vegetação em amplas regiões, o *Normalized Difference Vegetation* (NDVI). Foi usado os dados do ERTS-1 MSS, este método, proposto pelos autores, é a normalização do índice Razão Simples a partir da equação (1), determinando o intervalo -1 a 1 aos seus valores (Ponzoni; Shimabukuro, 2010). Quanto mais próximo de 1, mais vigorosa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (Rosendo, 2005).

Vale ressaltar, que os maiores valores de NDVI correspondem aos ND (Número Digital) mais elevados, estão relacionados às áreas de vegetação com maior vigor. Quando há menores valores equivalem aos ND baixos, representam as áreas de vegetação estressada ou áreas desnudas (Viganó; Borges; Franca-Rocha, 2011).

Para os estudos de sequestro de carbono pela vegetação, há uma integração entre o NDVI com um outro índice espectral do tipo “diferença normalizada”. Rahman *et al.* (2000), integra o NDVI com o *Photochemical Reflectance Index* (PRI). Enquanto o índice NDVI expressa a diferença de reflectância entre a feição de absorção do vermelho (660nm) e o aumento de albedo, ocorrido nos espectros de vegetação, após o início do infravermelho próximo (800nm), o PRI expressa a diferença entre a feição de absorção no azul (531 nm) e o pico de reflectância do verde (570nm) (Baptista, 2004).

Segundo Baptista (2004, p. 193),

[...] o índice espectral PRI pode ser correlacionado com as taxas de fotossíntese e, como citado anteriormente, o NDVI com o seqüestro de carbono. Isso é facilmente compreendido, pois quanto maior for a atividade fotossintética, maior serão as feições de absorção nas faixas do azul e do vermelho e mais expressivos serão os valores.

O cálculo para os índices espectrais NDVI e PRI são expressão de acordo com as equações 1 e 2, abaixo.

$$(1) NDVI = \frac{R_{800} - R_{660}}{R_{800} + R_{660}}$$

$$(2) PRI = \frac{R_{531} - R_{570}}{R_{531} + R_{570}}$$

Onde  $R_i$  é o valor de reflectância em cada comprimento de onda, em nm, de valor  $i$ . Para ajustar os valores positivos (sPRI) do índice PRI, segundo Rahman *et al.* (2000), uma forma de representá-lo como uma medida de eficiência, é expresso de acordo com a equação 3, respectivamente.

$$(3) sPRI = \frac{(PRI+1)}{2}$$

Por fim, para determinar o fluxo de CO<sub>2</sub>, Rahman *et al.* (2000), apresenta a equação (4) para a realização do cálculo.

$$(4) CO_2flux = (NDVI * sPRI)$$

O método de Rahman *et al.* (2000) foi utilizado por alguns pesquisadores como Baptista (2004), para o ambiente tropical de Cerrado com cenas do AVIRIS e uma do *Hyperion*, obteve resultados com alta correlação entre os modelos propostos por Rahman *et al.* (2000) e a criação de um domo urbano. Coltri *et al.* (2009) também utilizou este método para estimativas não destrutivas da biomassa, estoque e sequestro de carbono com o café arábico, onde o CO<sub>2</sub>flux teve correlação fraca com a quantidade calculada de carbono estocado na biomassa.

E recentemente no trabalho de Magalhães *et al.* (2023), para uma análise espaço-temporal de sequestro de carbono combinada com o NDVI na região de integração de Caeté-Nordeste da Amazônia Legal Brasileira. Foi possível realizar a caracterização do comportamento espacial e temporal do NDVI e CO<sub>2</sub>flux. Ressalta que os valores do sPRI e do NDVI são semelhantes, mas quando uni (soma) esses valores obtêm o CO<sub>2</sub>flux, que observa o sequestro de carbono ativo ou não ativo fotossinteticamente pela vegetação.

### 3. Material e Métodos

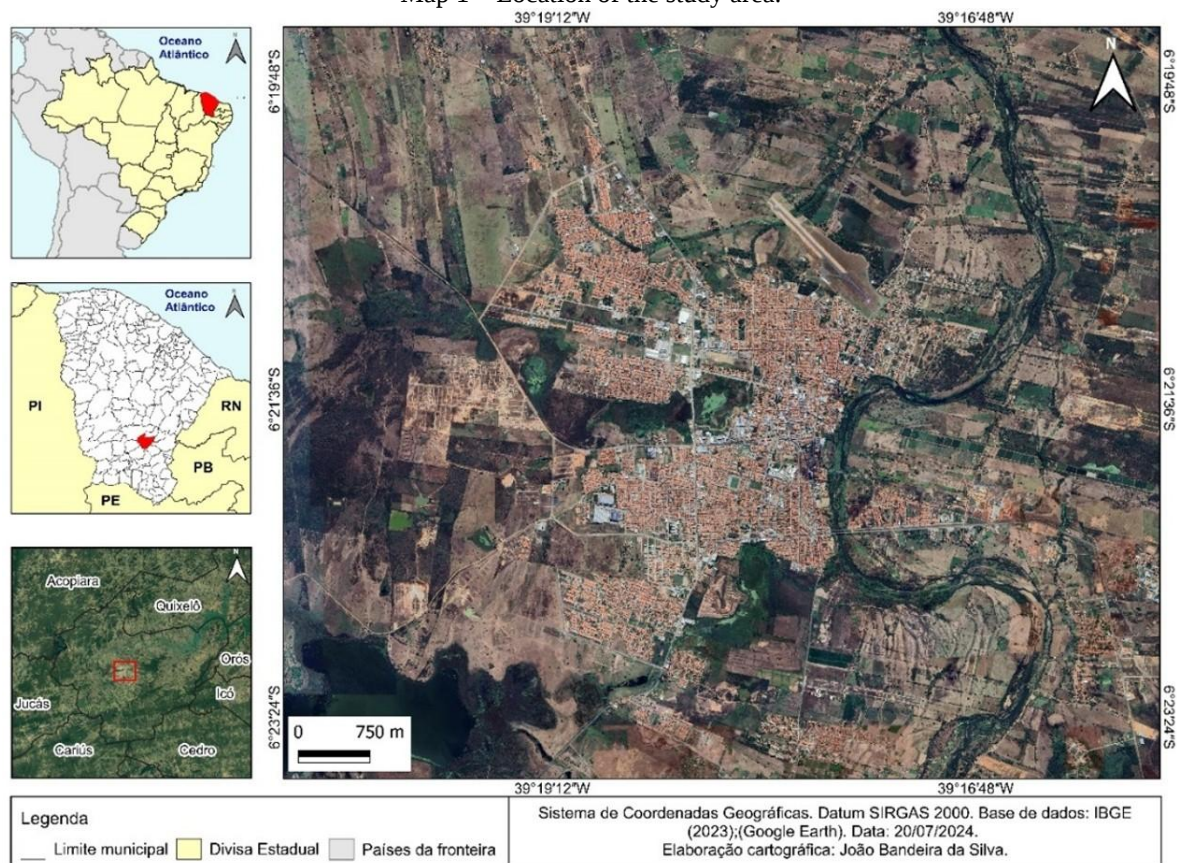
Neste tópico é abordado a área de estudo da pesquisa que foi realizada na sede municipal de Iguatu, Ceará, Brasil e os materiais e métodos com as suas devidas etapas e procedimentos, juntamente com a base teórica metodológica.

#### 3.1 Área de Estudo

Localizado no Centro-Sul do estado do Ceará, o município de Iguatu de coordenadas 6°21'34''S e 39°17'55''W, tem como municípios limítrofes a norte Quixelô e Acopiara, a sul Cariús e Cedro, a leste Cedro, Quixelô, Icó e Orós, e a oeste Acopiara, Jucás e Cariús (IPECE, 2017). A área de estudo do presente trabalho é a sede municipal de Iguatu (Mapa 1)

**Mapa 1** – Localização da área de estudo.

Map 1 – Location of the study area.



Fonte: Organização dos autores no software de SIG QGIS® Desktop 3.34.13, com a base de dados das bases contínuas cartográficas do IBGE (2023) e basemap Google® Earth.

Source: Organization of the authors in the GIS software QGIS® Desktop 3.34.13, with the database of continuous cartographic bases of IBGE (2023) and Google® Earth basemap.

Na história de ocupação do município, antes pelos povos originários *kariri-quixelô*, depois a colonização, pelos caminhos do gado na interiorização do sertão no estado do Ceará no século XVIII, justamente pela presença de corpos hídricos, com as lagoas e o rio Jaguaribe. Logo após isso, no século XIX, a monocultura do algodão, teve seu declínio na segunda metade do mesmo século. Houve o desenvolvimento industrial pela monocultura e dinamizou o município e a região Centro-Sul, o que causou também a urbanização sem planejamento e com um significativo adensamento urbano (Lima, 2011; Freitas; Freitas, 2015; Carvalho *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2022).

Mesmo com os instrumentos legais, construídos após a criação do PDPI, como a lei 1.608/11, de revisa o código de obras, edificações e postura (Iguatu, 2011), a lei nº 1.659 de uso e ocupação do solo (Iguatu, 2012a) e a lei 1.660/12 sobre o parcelamento do solo (Iguatu, 2012b), não foram obedecidas. A cidade cresceu, por meio de loteamentos, que não tem saneamento de esgoto, e sobre as lagoas aterradas, embora distante do núcleo urbano, mas a sede municipal encontra-se na planície fluvial do rio Jaguaribe.

### 3.2 Etapas da pesquisa

O presente trabalho foi realizado em cinco etapas: seleção das cenas no Planet Dove; determinação do NDVI; determinação do PRI; reescalonamento de PRI, para gerar o sPRI; e determinação do CO<sub>2</sub>flux.

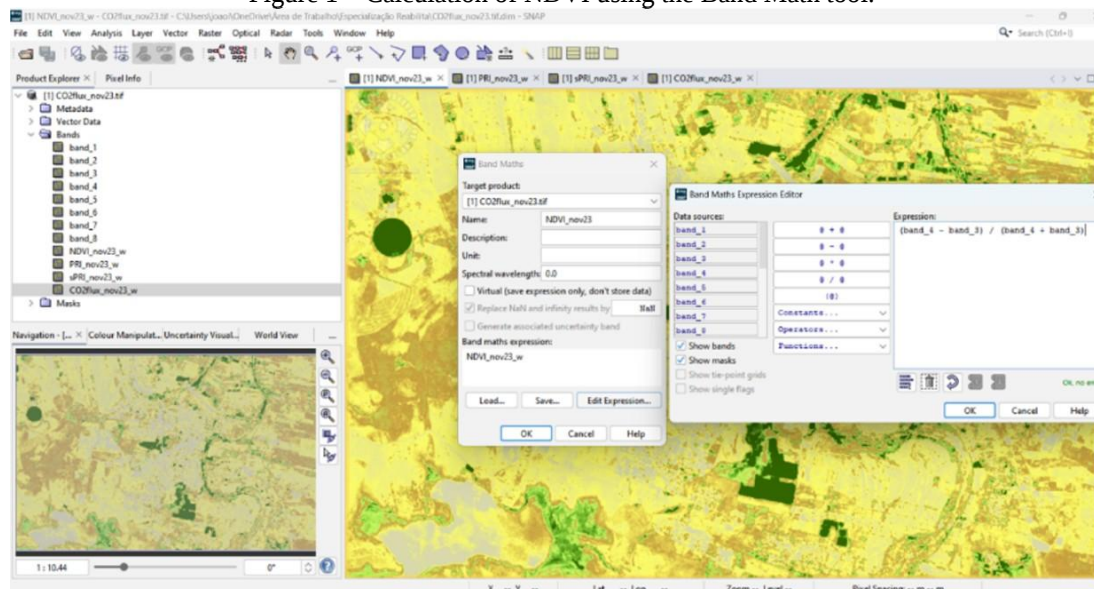
Para a seleção das imagens de satélite, buscaram-se as cenas da *Planet Labs* ([www.planet.com](http://www.planet.com)) constelação de sistemas de satélites em órbita, com nanossatélites “*Doves*” para a resolução temporal, contém quatro faixas o RGB (Vermelho, Verde, Azul) e o infravermelho próximo (NICFI, 2022). O mosaico de reflectância de superfície *PlanetScope* com resolução espacial de 4,77 m e a resolução temporal, mensal desde setembro de 2020 (NICFI, 2022). Foi adotado as cenas do período seco (novembro) e chuvoso (abril) da sede municipal de Iguatu/CE, do ano de 2023.

Depois de selecionadas as cenas, o passo seguinte foi a determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), por meio da equação 1. Esse índice espectral visa mapear a relação existente entre a absorção de radiação para a fotossíntese na faixa espectral do vermelho (660 nm) e o pico de reflectância que a vegetação apresenta na faixa do infravermelho próximo (800 nm).

O procedimento foi realizado no *software* de Processamento de Imagens Digitais (PDI), *SeNtinel Applications Platform* – SNAP ESA® versão 10.0.0, por meio da ferramenta *Band Math* (Figura 1).

**Figura 1** - Cálculo do NDVI por meio da ferramenta *Band Math*.

Figure 1 – Calculation of NDVI using the Band Math tool.

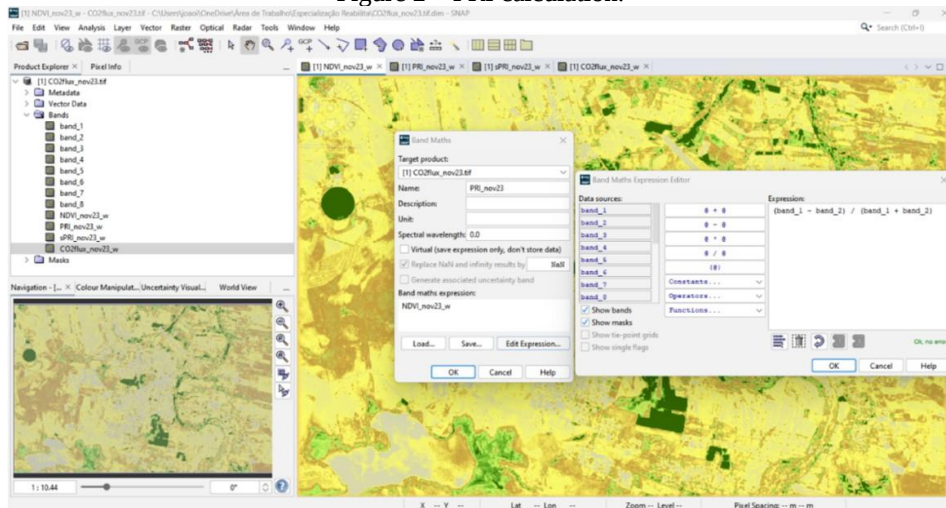


Fonte: Acervo dos autores (2024).

Source: Authors' collection (2024).

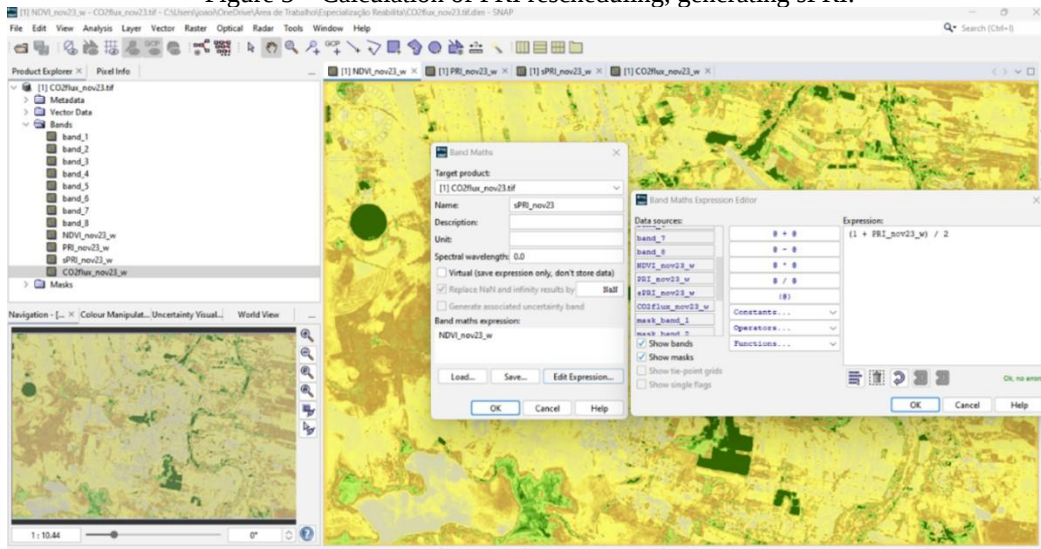
A mesma ferramenta (*Band Math*) foi utilizada para a determinação do índice fotossintético de reflectância (PRI), determinado pela equação 2. Também obtido pela diferença normalizada, mede a relação existente entre o pico de reflectância da vegetação na região do verde e a absorção de radiação na faixa do azul. Após isso, segue a orientação de Rahman *et al.* (2000), usa-se a mesma ferramenta para equação 3, o PRI precisa ser reescalonado os seus valores para evitar valores negativos, gera-se então o plano de informação sPRI ou PRI reescalonado (Figuras 2 e 3).

**Figura 2 – Cálculo do PRI.**  
Figure 2 – PRI calculation.



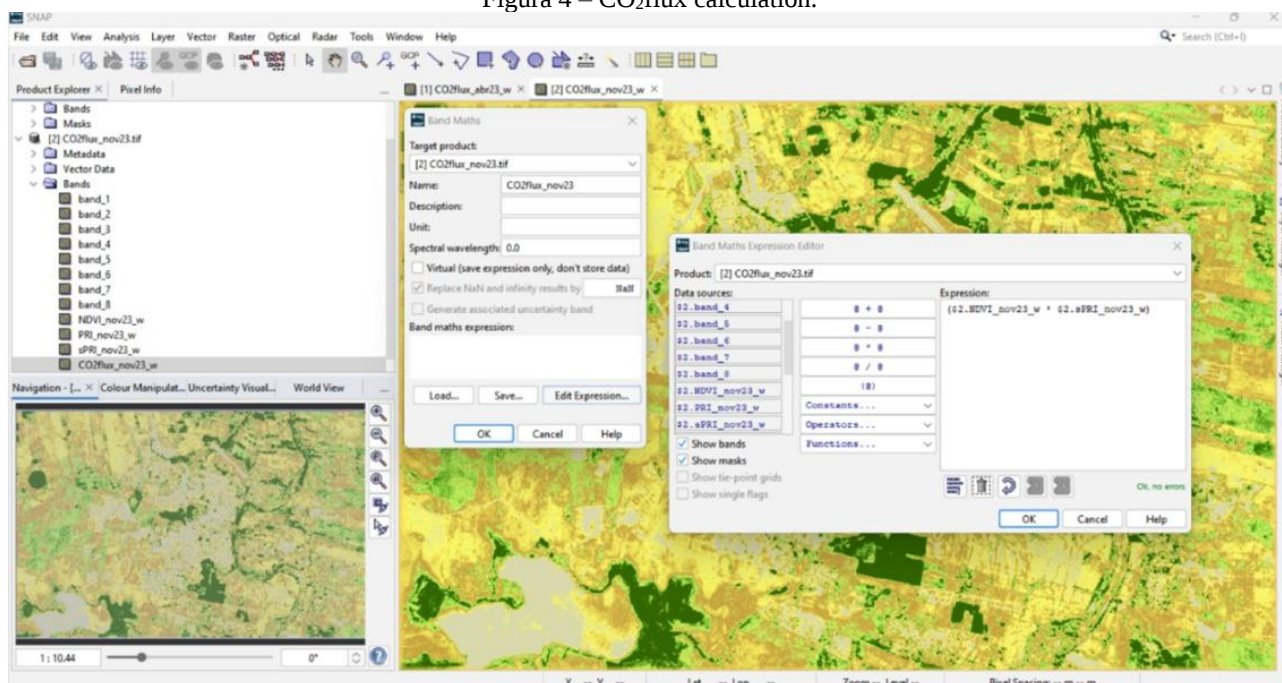
Fonte: Acervo dos autores (2024).  
Source: Authors' collection (2024).

**Figura 3 – Cálculo do reescalonamento do PRI, gerando o sPRI.**  
Figure 3 – Calculation of PRI rescheduling, generating sPRI.



Fonte: Acervo dos autores (2024).  
Source: Authors' collection (2024).

Por fim, utiliza-se também a ferramenta *Band Math* para determinar a equação 4, o cálculo foi ajustado, para realizar o cálculo do sequestro/fluxo de CO<sub>2</sub>flux, (Figura 4).

**Figura 4 – Cálculo do CO<sub>2</sub>flux.**Figura 4 – CO<sub>2</sub>flux calculation.

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Source: Authors' collection (2024).

As cenas referentes aos meses de abril e novembro de 2023 foram selecionadas já com as correções atmosféricas. Posteriormente, as imagens foram recortadas para o limite da área de estudo, para ser realizados os cálculos mencionados nas figuras 1, 2, 3 e 4.

#### 4. Resultados e Discussões

Os dados do CO<sub>2</sub>flux estão expostos na tabela 1 abaixo, dos meses de abril e novembro de 2023.

**Tabela 1 – Variáveis do CO<sub>2</sub>flux.**Table 1 – CO<sub>2</sub>flux variables.

| ABRIL DE 2023 | NOVEMBRO DE 2023 |
|---------------|------------------|
| 0,57          | 0,25             |
| 0,67          | 0,44             |
| 0,77          | 0,63             |
| 0,88          | 0,82             |
| 0,98          | 1,01             |
| 1,10          | 1,20             |

Fonte: Organizado pelos autores (2025).

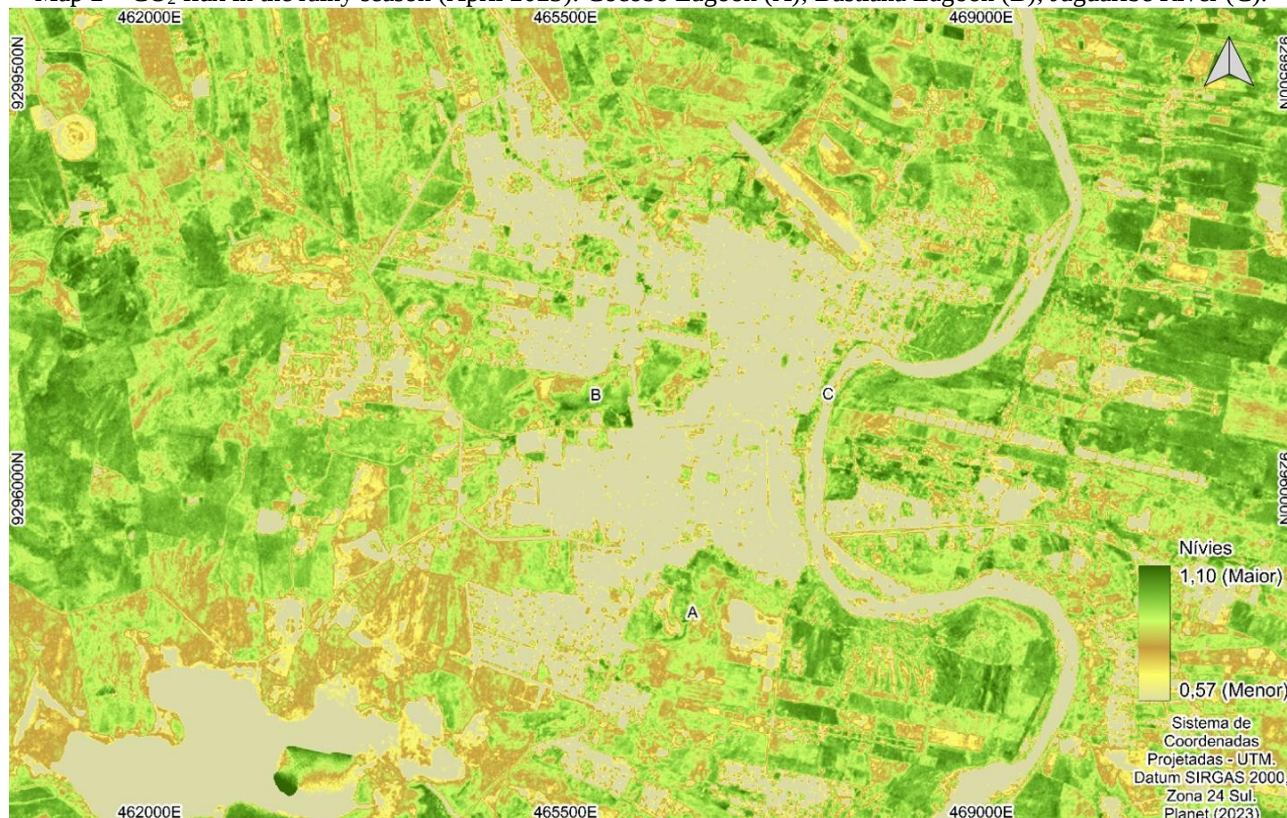
Source: Organized by the authors (2025).

No mês de abril houve uma variação entre 0,57 a 1,10 e em novembro varia de 0,25 a 1,20. Lembra-se que em áreas onde apresenta menores vigores de vegetação, ocorre baixo sequestro de carbono e maior é a emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera e em áreas de vegetação com vigor maior o CO<sub>2</sub>flux é maior.

Dessa maneira, os dados foram processados no *software* SNAP ESA®, versão 10.0.0, utilizando-se o módulo *band math*. Os mapas 2 e 3 apresentam o resultado da integração entre NDVI e sPRI, chamada de CO<sub>2</sub>flux, as cenas do período chuvoso, abril de 2023, e do período seco, novembro de 2023.

**Mapa 2** – CO<sub>2</sub>flux no período chuvoso (abril de 2023): Lagoa do Cocobó (A); Lagoa da Bastiana (B); rio Jaguaribe (C).

Map 2 – CO<sub>2</sub> flux in the rainy season (April 2023): Cocobó Lagoon (A); Bastiana Lagoon (B); Jaguaribe River (C).



Fonte: Organizado pelos autores, no *software* SNAP ESA®, com as cenas do satélite Planet (2023).

Source: Organized by the authors, in the SNAP ESA® software, with scenes from the Planet satellite (2023).

No período chuvoso, há uma considerável reação da vegetação, associados ao período, porém a cidade não tem uma política pública de arborização. Essa reação só é observada nas áreas onde há pouca presença de vegetação entre a área urbana e nas lagoas que estão em processo de eutrofização, a lagoa do Cocobó (A) e da Bastiana (B), como também nas margens do rio (C) que meandra na cidade, o rio Jaguaribe, nota-se que a mata ciliar é reduzida em alguns pontos.

Ora pelo desmatamento ocasionado durante a ocupação e emancipação histórica da cidade, coloca-se como exemplo, no meandro do rio Jaguaribe, que foi ocupado e perdeu a mata ciliar característica. A construção e edificações de loteamentos sobre as lagoas aterradas ou próximo das lagoas que ainda existem no perímetro urbano (A e B). Embora haja com o amparo legal do licenciamento ambiental para edificações e ocupação no perímetro urbano (Iguatu, 2012<sup>a</sup>; 2012b) que não impactem tanto os componentes físico-naturais.

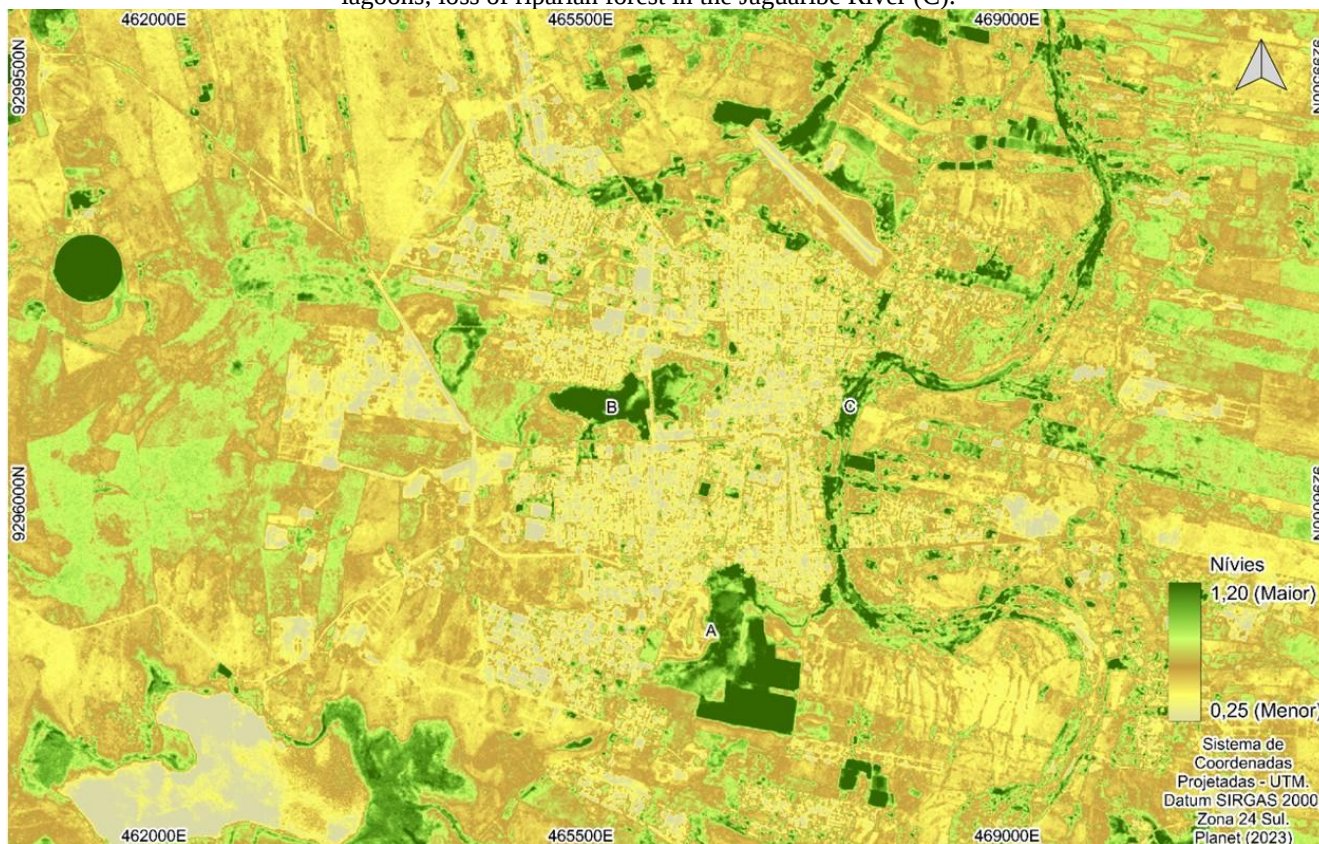
E como há uma maior concentração de imóveis e pouca presença de plantas para equilibrar a temperatura, mesmo no período chuvoso percebe-se (Mapa 1), há uma considerável diminuição de absorção de dióxido de carbono, pelas plantas.

No período seco, onde o vigor da vegetação é menor pelas condições de tempo meteorológico, há estratos menores de vegetação (Mapa 2). Pois, é onde encontra-se algumas áreas que foram exploradas, mas

que estão com o solo exposto, acontece o processo natural de sucessão fitoecológica, ou está acontecendo a reação da vegetação em áreas que não ocorre as atividades humanas citadas. Evidencia valores maiores de eficiência do CO<sub>2</sub>flux nos corpos hídricos eutrofizados e nas áreas com pouca vegetação.

**Mapa 3** – CO<sub>2</sub>flux no período seco (novembro de 2023): processo de eutrofização nas lagoas do Cocobó (A) e da Bastiana (B); perda da mata ciliar no rio Jaguaribe (C).

Map 3 – CO<sub>2</sub> flux in the dry season (November 2023): eutrophication process in the Cocobó (A) and Bastiana (B) lagoons; loss of riparian forest in the Jaguaribe River (C).



Fonte: Organizado pelos autores, no software SNAP ESA®, com as cenas do satélite Planet (2023).

Source: Organized by the authors, in the SNAP ESA® software, with scenes from the Planet satellite (2023).

Os valores mais altos de absorção acontecem juntamente nas áreas já citadas, porém como há também áreas edificadas, com vigor menor de vegetação e solo exposto condiciona baixos teores de CO<sub>2</sub> na atmosfera. E com isso, aumenta a temperatura no perímetro urbano.

Nessas áreas urbanizadas, sem a existência da vegetação, o comportamento é inverso, e não há um conforto térmico para os residentes no período seco. Pois esses parâmetros são inversamente proporcionais, quanto maior o sequestro de carbono, menos CO<sub>2</sub> atmosférico existirá na coluna do alvo. E quanto menor o sequestro de carbono, há mais CO<sub>2</sub> atmosférico, o que pode ocasionar, além da poluição do ar, o desequilíbrio do processo natural do efeito estufa e o aumento da temperatura do clima urbano.

Como a cidade se formou e ocupou entre essas áreas sem nenhum planejamento urbano ou ordenamento territorial, o do adensamento urbano acentuou ao longo do tempo. E mesmo com o amparo legal de uso e ocupação, parcelamento do solo (Iguatu, 2012a; 2012b) e o Plano Diretor Participativo de Iguatu – PDPI

(Iguatu, 2009) não asseguram a prática de arborização na cidade para que aumente a absorção de CO<sub>2</sub> pelas plantas no período chuvoso e seco, com isso se tenha um conforto térmico para a população.

## 5. Considerações finais

O presente trabalho apresentou uma pesquisa nova para a sede municipal de Iguatu/CE. O resultado do processamento do sequestro de carbono na cidade, tanto no período chuvoso como seco, mostrou-se significativo papel importante da vegetação para absorção do dióxido de carbono e com a falta dela é absorvido para a atmosfera.

Além de transformar o gás carbônico em oxigênio, no processo de fotossíntese, há uma relação benéfica nesse sequestro CO<sub>2</sub> e com a própria existência da vegetação, que é o regulamento térmico para a cidade. Notou-se que nas áreas com maior adensamento urbano, ocorre baixo sequestro de carbono e maior emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera tanto nos dois períodos, que foi possível caracterizar espacial e temporal as variações do CO<sub>2</sub>flux.

Conclui-se que o adensamento urbano e a falta de arborização, sejam uma realidade na cidade de Iguatu/CE, é necessário que o poder público tome ciência desse fato e possa contribuir com a efetivação dos amparos legais existentes. Por isso a necessidade do cumprimento do poder público das leis de caráter ambiental, existentes, e uma atualização do Plano Diretor Participativo que possa ter com pauta a arborização para a cidade.

## 6. Referências

- ARAGÃO, R. B. (1997). **Iguatu: História**. Fortaleza: Copcultura.
- AYOADE, J. O. (1996). **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- BARBOSA, H. A.; BURITI, C. O. (2022). **Como dominar o QGIS**. Maceió: Instituto Letras Ambientais.
- BAPTISTA, G. M. M. (2015). Mapeamento do sequestro de carbono: um passo importante para consolidar o protocolo de Quioto. **Revista do Ceam**, v. 3, n. 1.
- BAPTISTA, G. M. M. (2004). Mapeamento do Seqüestro de Carbono e de Domos Urbanos de CO<sub>2</sub> em Ambientes Tropicais, por meio de Sensoriamento Remoto Hiperespectral. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 29, n. 2, p. 189-202.
- BRASIL. (1998). Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto: a convenção sobre mudança do clima: O Brasil e a convenção – quadro das nações unidas**. Brasília: MCT.
- CARVALHO, R. M.; ALMEIDA, W. A.; ALBUQUERQUE, F. N. B.; BANDEIRA DA SILVA, J. (2020). Histórico de uso, ocupação e degradação da lagoa da Telha na cidade de Iguatu, Ceará. In: ALBUQUERQUE, F. N. B.; MONTEIRO, J. B. M.; LIMA, A. M. M. (Org.). **Bacias Hidrográficas e Planejamento: Teoria e Práticas no Ambiente Semiárido**. 1ed.Sobral, CE: Eder Oliveira, v. 1, p. 93-100.
- COLTRI, P. P.; RAMIREZ, G. M.; WALTER, M. K. C; JUNIOR, J. Z.; PINTO, H. S.; NASCIMENTO, C. R.; GONÇALVES, R. D. V. (2009). Utilização de índices de tecido para estimativas não destrutivas de

biomassa, estoque e sequestro de carbono do Cafeeiro Arábica. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal, 121-128.

COSTA, A. T.; MOURA-FÉ, M. M.; PINHEIRO, M. V. A.; PEREIRA, R. S. (2022). Análise socioambiental da Lagoa da Bastiana, Iguatu (Região Centro Sul do Ceará). In: **OPEN SCIENCE RESEARCH VI**. Editora Científica Digital, p. 1156-1173.

FREITAS, F. R. D.; FREITAS, V. P. (2015). Análise da degradação ambiental na Lagoa da Bastiana (município de Iguatu/CE). **Revista Jurídica**, v. 4, n. 41, p. 109-127.

IGUATU. (2012b). Lei nº 1.660, de 13 de abril de 2012. **Lei do Parcelamento do Solo do Município de Iguatu**, Iguatu, CE, n. 12, p. 1-17.

IGUATU. (2012a). Lei nº 1.659, de 13 de abril de 2012. **Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Iguatu**, Iguatu, CE, n. 12, p. 1-39.

IGUATU. (2011). Lei nº 1.608, de 23 de dezembro de 2011. Prefeitura municipal de Iguatu. **Código de Obras, Edificações e Posturas do Município de Iguatu**, Iguatu, CE, n. 11, p.1-84.

IGUATU. (2009). Lei nº 1.277, de 9 de abril de 2009. Prefeitura municipal de Iguatu. **Diretrizes do Plano Diretor**, Iguatu, CE, n. 9, p. 1-34.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). (2017). **Perfil Municipal Iguatu**. Fortaleza.

LIMA, A. M. (2011). **A geografia histórica de Iguatu-CE: uma análise da cultura algodoeira de 1920 a 1980**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza.

MAGALHÃES, D. S.; JÚNIOR, J. F. S.; SANTOS, L. S.; RUIZ, I. (2023). ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO CO<sub>2</sub>FLUX E NDVI DA REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO CAETÉ-NORDESTE DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <<http://mart2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.17.18.01/doc/156028.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2025.

NORWAY'S INTERNATIONAL CLIMATE AND FORESTS INITIATIVE (NICFI). (2022). **Programa de Dados de Satélite NICFI: Perguntas Frequentes**. [S.l.]. Disponível em: <[https://assets.planet.com/docs/NICFI\\_General\\_FAQs\\_POR.pdf?\\_gl=1](https://assets.planet.com/docs/NICFI_General_FAQs_POR.pdf?_gl=1)>. Acesso em: 20 jul. 2024.

RAHMAN, A. F.; GAMOM, J. A.; FUENTES, D. A.; ROBERTS, D.; PRENTISS, D.; QUI, H. (2000). Modeling CO<sub>2</sub> flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. **AVIRIS Workshop**, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia.

NOGUERIA, A. (1985). **Iguatu memória sócio – histórico – econômica**. Fortaleza: 2ª Edição Revisada e Ampliada.

RENNER, R. M. (2004). **SEQÜESTRO DE CARBONO E A VIABILIZAÇÃO DE NOVOS REFLORESTAMENTOS NO BRASIL** (Dissertação de Mestrado). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; Deering, D.W. (1973). **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS: In** Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium, 3, 1973. Washington, Proceedings, v.1, Sec. A, p. 309-317.

ROSENDO, J. S. (2005). **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

VIANA, C. R. S.; PEREIRA, T. F.; BISINOTO, G. D. S.; FREIRE, B. M.; RODRIGUES, L. C.; MUNIZ, C. C.,; JUNIOR, E. S. O. (2023). Praças urbanas como potenciais ferramentas na neutralização de carbono. **Peer Review**, v. 5, n. 18, 394-409. Disponível em : <Viana, C. R. S., Pereira, T. F., Bisinoto, G. D. S., Freire, B. M., da Costa Rodrigues, L., Muniz, C. C., & Junior, E. S. O. (2023). Praças urbanas como potenciais ferramentas na neutralização de carbono. *Peer Review*, 5(18), 394-409.>. Acesso em: 30 jan. 2025.

VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. (2011). Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir da imagem Aster. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 15, p. 1828-1834.