



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CAMPUS DE POMBAL-PB

Iara Bezerra da Silva

**ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EM UMA  
ÁREA PRESERVADA DA CAATINGA**

Pombal - PB

2021

Iara Bezerra da Silva

**ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EM UMA  
ÁREA PRESERVADA DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira.

Pombal - PB

2021

Iara Bezerra da Silva

S586	<p>Silva, Iara Bezerra da.</p> <p>Análise das concentrações de dióxido de carbono em uma área preservada da caatinga. / Iara Bezerra da Silva. - Pombal, 2021.</p> <p>57 f. : il. color.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.</p> <p>"Orientação: Prof. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra</p> <p>1. Mudanças ambientais. 2. Mudanças climáticas. 3. Dióxido de carbono. 4. Caatinga - concentração de carbono. 5. Aquecimento global. 6. Bioma caatinga. I. Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra. II. Título.</p> <p>CDU</p>
------	--

Iara Bezerra da Silva

**ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EM UMA  
PRESERVADA DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro de Ciências e  
Tecnologia Agroalimentar, da  
Universidade Federal de Campina  
Grande, como um dos requisitos para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental.

**BANCA EXAMINADORA**

*Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira*

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira  
Orientadora - CCTA/UFCG/Campus de Pombal-PB

*Walker Gomes de Albuquerque*

---

Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque  
Examinador Interno - CCTA/UFCG/Campus de Pombal-PB

*Heráclio Alves de Araújo*

---

Prof.<sup>a</sup> Ms. Heráclio Alves de Araújo  
Examinador Externo – INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)

Pombal, 17 de maio de 2021.

Aos meus pais, Iraci Bezerra e Carlos Eugênio, por todas as dificuldades que passamos juntos para conseguirmos alcançar meu objetivo. Por acreditarem em mim, e terem me dado forças para não desistir dessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, pelo dom da vida e por me guiar todos os dias para realização desse sonho.

Aos meus pais, Iraci Bezerra e Carlos Eugênio, pelos ensinamentos, por todo amor e dedicação. Aos meus irmãos, José Mizael e José Mikael, por estarem do meu lado, me incentivando a conquistar meus objetivos. Ao amor da minha vida, meu cachorro Oli.

À minha família, pelo apoio e amor, em especial aos meus avós.

Ao meu namorado Lago Neto pelo companheirismo, paciência e incentivo a não desistir dos meus sonhos.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira pela dedicação, paciência, contribuição e compromisso, não apenas durante a realização deste trabalho, mas em todas as atividades acadêmicas.

Ao meu grupo de pesquisa, pelo desempenho, dedicação e contribuição para realização desse trabalho.

Aos meus amigos/companheiros de ensino (fundamental e médio/superior), Erica Félix, Maria Raiana e Tadeu Faustino. Aos meus irmãos de coração Mateus Sousa e Moema Hellen.

Aos meus amigos que conquistei durante a vida acadêmica Aline Rodrigues, Barbara Marinho, Bruno Feitosa, Charles Macedo, Cris Milena, Eliana Rocha, Cassiano Nogueira, Charlene Alcântara, Dom Bernardo, Francialda Rodrigues, Gean Carlos, Gustavo Dantas, Karla Simone, Iuri Carvalho, Leonardo Costa, Lucas Gomes, Mayara Dantas, Maria Clara, Paulo Emanuel, Silvia Galvão, Thiago Saraiva, Thayse Bezerra, Valeska Nunes. Por toda amizade, apoio e incentivo.

À Banca Examinadora, pela disponibilidade em avaliar este trabalho.

Aos professores do CCTA/UFCG que contribuíram para a minha formação acadêmica, em especial aos professores: André Sobral, José Cleidimário, Jussara Dantas, Manoel Moisés, Naiara Ângelo e Walker Gomes. A vocês, meus sinceros agradecimentos.

Aos funcionários do CCTA/UFCG, desde a coordenação as tias da limpeza, “o meu muito obrigada”, por toda ajuda e paciência.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB.

*“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça” (Isaías 41:10).*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Médias mensais globais de concentração de CO <sub>2</sub> , desde 1980 .....	19
FIGURA 2. Mapa de Localização do Município de Pombal – PB. ....	24
FIGURA 3. Localização da área preservada dentro do Campus da UFCG-Pombal. ....	24
FIGURA 4. Medidor de dióxido de carbono, temperatura do ar e umidade relativa do ar - modelo C-02 utilizado na pesquisa .....	26
FIGURA 5. Precipitação pluviométrica durante o período chuvoso, entre 3 a 28 de fevereiro de 2019.....	43
FIGURA 6. Concentrações de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) para período seco e chuvoso na região da Amazônia Central – 1995.....	47



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Níveis de Dióxido de Carbono em área com vegetação preservada – Manhã em Novembro/2019 .....	29
GRÁFICO 2. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Novembro/2019 .....	30
GRÁFICO 3. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Tarde em Novembro/2019 .....	30
GRÁFICO 4. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Novembro/2019 .....	31
GRÁFICO 5. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Manhã em Dezembro/2019 .....	32
GRÁFICO 6. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Dezembro/2019 .....	32
GRÁFICO 7. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Tarde em Dezembro/2019 .....	33
GRÁFICO 8. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Dezembro/2019 .....	34
GRÁFICO 9. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Manhã em Janeiro/2020 .....	35
GRÁFICO 10. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Janeiro/2020 .....	35
GRÁFICO 11. Níveis de Dióxido de Carbono em área com preservada da Caatinga – Tarde em Janeiro/2020 .....	36
GRÁFICO 12. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Janeiro/2020 .....	37
GRÁFICO 13. Níveis de Dióxido de Carbono em área com preservada da Caatinga – Manhã em Fevereiro/2020 .....	37
GRÁFICO 14. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Fevereiro/2020 .....	38

GRÁFICO 15. Níveis de Dióxido de Carbono em área com preservada da Caatinga – Tarde em Fevereiro/2020 .....	39
GRÁFICO 16. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Fevereiro/2020 .....	39
GRÁFICO 17. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Manhã em Março/2020.....	40
GRÁFICO 18. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Março/2020 .....	41
GRÁFICO 19. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Tarde em Março/2020 .....	41
GRÁFICO 20. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Março/2020 .....	42
GRÁFICO 21. Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Março/2020 .....	44
GRÁFICO 22. Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga para mês de fevereiro – Turno manhã e tarde .....	45
GRÁFICO 23. Médias dos níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – período seco e chuvoso .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Distribuição dos dias de medições para área da Caatinga e área da Floresta Amazônica – Período seco e chuvoso.....	28
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GEE's – Gases de Efeito Estufa

IMAFLOA - Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

PIVIC - Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

ppm – partes por milhão

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	16
2.1 Geral .....	16
2.2 Específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1 Bioma Caatinga - importância de áreas preservadas no semiárido ....	17
3.2 Dinâmica do carbono .....	17
3.3 O passado e o presente do CO <sub>2</sub> atmosférico - Emissão de gases do efeito estufa .....	18
3.4 Aquecimento global e o sequestro de carbono .....	20
3.5 Técnicas de medição de CO <sub>2</sub> .....	21
3.6 Relação entre Emissões de CO <sub>2</sub> e Precipitação .....	21
3.7 Estudos de Sequestro de Carbono na Caatinga .....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
4.1 Realização do Estudo .....	23
4.2 Localização da Área de Estudo.....	23
4.3 Procedimento Metodológico.....	25
4.4 Comparativo das Concentrações de CO <sub>2</sub> entre Área da Caatinga e Área de Floresta Amazônica.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Níveis de Dióxido de Carbono .....	29
5.2 Comparativo Entre o Estudo no Bioma Caatinga com realizado na Floresta Amazônia .....	42
5.2.1 Precipitação Pluviométrica.....	42
5.2.2 Concentrações de CO <sub>2</sub> em período seco e chuvoso.....	44
6. CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS .....	50

SILVA, I. B. **Análise das concentrações de dióxido de carbono em uma área preservada da caatinga.** 2021. 58 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2021.

## RESUMO

Na atualidade uma das maiores dificuldades enfrentadas pela sociedade está relacionado com as Mudanças Climáticas, que intensificado pelas atividades antrópicas, tem acarretado danos irreversíveis ao ciclo natural do sistema climático. Que tem provocado o aumento da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE's), como é o caso do Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e assim intensificando o efeito estufa e conseqüentemente aumentado à temperatura. Objetivou-se realizar uma análise da concentração de carbono em uma área preservada da Caatinga dentro do campus do CCTA/UFCG – Pombal/PB, no período de novembro de 2019 a março de 2020. Utilizou-se um instrumento portátil de leitura direta, através de um sensor infravermelho não dispersivo, de modelo C-02, para medição de dióxido de carbono, temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos turnos da manhã e da tarde, nos horários de 9h e 14 h. Foi possível observar a contribuição da vegetação para a concentração de carbono. Concluiu-se que as concentrações de Dióxido de Carbono foram maiores no turno da tarde com temperaturas mais elevadas, para o período seco.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas. Concentração de carbono. Modelo C-02.

SILVA, I. B. Analysis of carbon dioxide concentrations in a preserved area of the caatinga. 2021. 58 fls. Course Completion Work (*University in Environmental Engineering*) - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB, 2021.

### **ABSTRACT**

Currently, one of the greatest difficulties faced by society is related to Climate Change, which intensified by human activities, has caused irreversible damage to the natural cycle of the climate system. Which has caused an increase in the emission of Greenhouse Gases (GHG's), as is the case with Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) and thus intensifying the greenhouse effect and consequently increasing the temperature. The objective was to carry out an analysis of the carbon concentration in a preserved area of the Caatinga within the campus of CCTA / UFCG - Pombal / PB, from November 2019 to March 2020. A portable instrument of direct reading was used, through of a non-dispersive infrared sensor, model C-02, for measuring carbon dioxide, air temperature and relative humidity, in the morning and afternoon shifts, between 9 am and 2 pm. It was possible to observe the contribution of vegetation to the carbon concentration. It was concluded that the concentrations of Carbon Dioxide were higher in the afternoon shift with higher temperatures, for the dry period.

**Keywords:** Climate changes. Carbon concentration. Model C-02.

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade tem enfrentado problemas relacionados com as Mudanças Climáticas, que intensificado pelas atividades antrópicas, tem provocado danos irreversíveis ao ciclo natural do sistema climático. Um dos eventos responsáveis por essas mudanças se trata do efeito estufa (BLANK, 2015).

As inúmeras atividades humanas, tem resultado no aumento da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE's), que consequentemente tem provocado o aumento da temperatura em escala global. Dentre os principais GEE's se destacam o vapor d'água, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é conhecido como um dos principais GEE's que absorvem a radiação infravermelha (JUNGES et al., 2020).

Estudos realizados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) mostram que a concentração de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera aumentou aproximadamente de 280 partes por milhão (ppm), em 1750, para 392 ppm em 2011 (IPCC, 2014). Dentre as principais fontes antrópicas responsáveis pela emissão do CO<sub>2</sub> estão a queima de combustíveis fósseis, a pecuária extensiva, o desmatamento, a indústria e a geração e consumo de energia (AMBIENTE, 2017).

Um dos mecanismos utilizados para minimizar os efeitos da emissão de gases CO<sub>2</sub> é o processo de fixação de carbono, ou sequestro de carbono, podendo ser realizado por solos, oceanos e florestas. No caso da vegetação, funciona como um sumidouro de carbono, por meio do processo de fotossíntese, onde as plantas retiram o carbono presente na atmosfera e a introduzem à sua biomassa (MOGNON, 2013).

No artigo 4º da Política Nacional Sobre as Mudanças Climáticas (PNMC) está previsto o fortalecimento das remoções antrópicas pela utilização dos chamados sumidouros de gases do efeito estufa no território brasileiro, bem como a conservação e a recuperação dos recursos ambientais, sobretudo dos grandes biomas naturais, Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009). Dessa forma, a busca pelo conhecimento dos fluxos e estoques de carbono se tornou um mecanismo essencial para o melhor



aproveitamento de florestas, em especial aqueles biomas mais desprotegidos, como caso do bioma Caatinga.

O bioma caatinga, que por falta de estudos, tem sido subestimado no processo de conversão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e assim não se tem dado a devida importância que as florestas secas possuem como reguladoras do ciclo do carbono. Havendo então poucos trabalhos científicos que relatam a quantidade de carbono que é armazenado pelo bioma Caatinga (SOUZA et al., 2012).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Analisar as concentrações de CO<sub>2</sub> em uma área preservada da caatinga em dois períodos distintos, a fim de verificar se há diferença na concentração de carbono absorvido no referido bioma.

### **2.2 Específicos**

- Analisar a relação entre as variáveis, umidade relativa do ar, temperatura do ar e cobertura de nuvens (nebulosidade) com as concentrações de CO<sub>2</sub>;
- Analisar as concentrações de dióxido de carbono para os meses de novembro e dezembro (2019), e janeiro, fevereiro e março (2020);
- Realizar um comparativo das concentrações de CO<sub>2</sub> entre a área da caatinga com uma área de floresta amazônica, para os respectivos meses (outubro/novembro e fevereiro).

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Bioma Caatinga - importância de áreas preservadas no semiárido**

A Caatinga se trata de um bioma exclusivamente brasileiro, com uma área de aproximadamente 844.453 km<sup>2</sup>, que representa 11% do território nacional. Englobam os estados da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Piauí e Paraíba, em que sua abrangência resulta em uma heterogeneidade, tanto quanto à estrutura como a fisionomia das plantas, permitindo as mesmas se desenvolverem em diferentes substratos (SANTOS et al., 2011).

A caatinga é composta por florestas arbustivas e arbóreas, típicas das regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, com árvores e arbustos de pequeno porte, com a maioria de suas características xerofíticas, espinhos e microfilia (GIONGO et al., 2011). A vegetação xerofítica possui mecanismos que proporcionam as espécies de cactos suculentos e árvores (crassuláceas e arbustivas) a se adaptarem a um rigoroso período de seca, através do seu eficiente processo de fotossíntese (SÁNCHEZ et al., 2018).

Conforme Souza et al. (2015) a região do semiárido, em especial do bioma caatinga tem sido castigado por um intenso processo de degradação, resultado de atividades antrópicas, como a utilização exacerbada dos recursos físicos e biológicos. Acredita-se que aproximadamente 70% da caatinga já tenham sido alteradas pela ação humana (BRITO MORAIS et al., 2017).

Dessa forma, se faz necessária à criação de áreas preservadas, como alternativa para se diminuir a degradação ambiental, principalmente para com o bioma caatinga. À medida que áreas preservadas possibilitam um equilíbrio no ecossistema, o sequestro de carbono nessas áreas é maior (SILVA, 2018). Assim as unidades de conservação tornam-se essenciais para proteção e conservação do meio ambiente, por meio de políticas públicas eficazes, em especial na esfera federal (SILVA et al., 2017).

#### **3.2 Dinâmica do carbono**

O carbono pode ser encontrado em quatro grandes reservatórios, sendo eles: os oceanos, a atmosfera, a superfície da terra (solo e planta) e os

sedimentos e rochas (CAIN et al., 2017). O carbono é encontrado em maior quantidade no solo, principalmente na forma de cobertura vegetal, por representar o maior fluxo de carbono, sistema global (FERREIRA JUNIOR et al., 2012).

Conforme Cavalcanti (2019), um átomo de carbono tem a capacidade de realizar quatro ligações químicas, possibilitando a criação de várias moléculas, com complexas combinações, entretanto está presente em umas das formas mais simples da atmosfera, o Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>). O carbono é um constituinte de extrema importância pra todo ser vivo, sendo responsável pela regulação do clima, e ainda permitindo trocas no processo de fotossíntese e na respiração dos vegetais (BARBOSA et al., 2013).

A vegetação promove a retirada do Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) através da fotossíntese, em que o CO<sub>2</sub> é sequestrado do ar, e em seguida é incorporado à biomassa vegetal e então o oxigênio é liberado para atmosfera (CAVALCANTI, 2019). Sendo este um processo natural que acontece na etapa de desenvolvimento dos vegetais, fase essa que requer bastante carbono (SILVA, 2012).

### **3.3 O passado e o presente do CO<sub>2</sub> atmosférico - Emissão de gases do efeito estufa**

Para estabelecer as possíveis características da atmosfera em eras passadas, avaliavam-se as pequenas bolhas de ar, presentes em diversas camadas de gelo nas áreas polares, através de sondagens, conforme COSTA (2000). Essas medições iniciaram nos Estados Unidos da América, por meio da Administração Nacional para Oceano e Atmosfera (NOAA) e do Laboratório de Diagnóstico e Monitoramento Climático (CDML) que realizavam coletas desde 1960 até início de 1970 (CONWAY & TANS, 2009). Estas análises concluíram que as concentrações de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) estariam aumentando ao longo dos anos (COSTA, 2000).

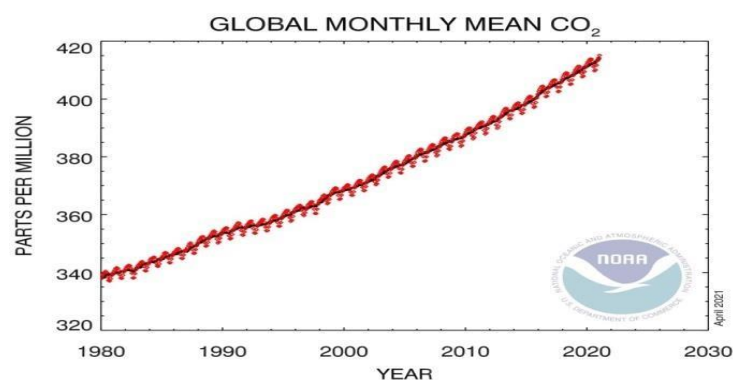
Desde a era pré-industrial houve um aumento de aproximadamente 40% na geração dos GEE (Gases De Efeito Estufa), resultantes das emissões de queimadas, uso do solo e principalmente combustíveis fósseis (LACERDA et

al., 2020). A fim de criar medidas de mitigação para redução das emissões de CO<sub>2</sub>, foi então criado em 1997 o Protocolo de Kyoto. Segundo Wills (2013) foi estabelecido metas de compromissos, no qual países industrializados se comprometeriam a diminuir ou limitar as emissões dos gases de efeito estufa.

Danos irreversíveis ao ciclo natural do sistema climático têm ocorrido nas ultimas décadas. Decorrente do fluxo contínuo de energia no sistema solar que ultrapassa a atmosfera, sendo então responsável por controlar o clima na terra (SPIELHAGEN, 2012). A atmosfera é composta predominantemente por gases, dentre os quais se destacam o nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, metano, óxido nitroso, ozônio e gás carbônico ou também conhecido com Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). Sendo estes chamados de GEE (Gases de Efeito Estufa).

O Efeito Estufa se trata de um processo natural e essencial á vida na terra. No qual, os GEE possibilitam a entrada de radiações solares de onda curta e absorvem parte das radiações infravermelhas de ondas longas, permitindo então que a atmosfera se mantenha aquecida (CAVALCANTI, 2019). Pesquisadores do mundo todo alertam para o aumento das emissões dos gases de efeito estufa. Segundo Berlato e Cordeiro (2018), as concentrações de CO<sub>2</sub> aumentaram 40% desde o período industrial, chegando a marca dos 405,9 ppm (partes por milhão), em janeiro de 2017. Os primeiros registros, no ano 1980, indicaram uma concentração de 340 ppm, após 41 anos foi registrado uma concentração de aproximadamente 415,13 ppm e, em janeiro de 2021 (Figura 1).

**FIGURA 1** - Médias mensais globais de concentração de CO<sub>2</sub>, desde 1980.



Fonte: NOAA Solar Calculator (2021).

Dessa forma, se faz necessária à criação de áreas preservadas, como alternativa para se diminuir a degradação ambiental, principalmente para com o bioma caatinga. À medida que áreas preservadas possibilitam um equilíbrio no ecossistema, o sequestro de carbono nessas áreas é maior (SILVA, 2018). Assim as unidades de conservação tornam-se essenciais para proteção e conservação do meio ambiente, por meio de políticas públicas eficazes, em especial na esfera federal.

### **3.4 Aquecimento global e o sequestro de carbono**

O aquecimento do planeta é resultado da energia fornecida pelo sol, na forma de radiação solar. De acordo com Toniolo e Carneiro (2010), na área da climatologia o aquecimento global se trata do desequilíbrio na radiação. Esse evento é resultado das emissões dos GEE (Gases do Efeito Estufa) para atmosfera. No qual, os GEE são capazes de reter calor na superfície da terra, impossibilitando que o mesmo chegue à atmosfera (LOPES e MIOLA, 2010).

Segundo Leite, Petreire e Sagrilo (2010) tem sido intensa a busca para recompor as concentrações dos GEE na superfície atmosférica, levando a serem abordados dois grandes aspectos: o aumento do sequestro dos GEE, realizado por sistemas conservacionistas e pela diminuição das emissões. Sendo possível através de ações de recuperação e reflorestamentos de áreas degradadas (LOPES e MIOLA, 2010).

O sequestro de carbono é um processo natural, em que o carbono é retirado da atmosfera e aderido à biomassa vegetal (SILVA, 2012). A captura do carbono acontece durante o processo de fotossíntese, chegando a representar dois terços de todo o carbono armazenado na superfície terrestre, ou seja, aproximadamente um trilhão de toneladas, sendo as florestas as maiores responsáveis por estocar carbono (NÓBREGA et al., 2017).

Segundo o Manejo e Certificação Florestal e Agrícola - IMAFLORA (2015), o uso de técnicas agrícolas pode contribuir com 50% na redução de emissão dos GEE, em especial no setor agropecuário. Visto que, solos com manejos inapropriados podem resultar em solos degradados e conseqüentemente em menor capacidade de sequestrar carbono. De acordo com Cavalcanti (2019),

pesquisas mostraram que até 200 toneladas de carbono são absorvidos em área com um hectare (ha), no caso de uma vegetação em desenvolvimento. Se tornando um processo essencial para o controle do aquecimento global.

### **3.5 Técnicas de medição de CO<sub>2</sub>**

A utilização de técnicas e equipamentos para quantificar as concentrações de CO<sub>2</sub> nos ecossistemas tem ganhado destaque, como forma de se estudar os eventuais fenômenos, como é o caso do efeito estufa, que é intensificado pela liberação de CO<sub>2</sub> para atmosfera (FONSECA et al., 2010; DE SOUZA, PREZOTTI, GUARÇONI M, 2012).

A busca por se quantificar a quantidade de CO<sub>2</sub> iniciou-se ainda nos anos de 1975, foram realizadas medições de carbono, através de amostragens destrutivas, entretanto esse processo não era vantajoso (VALENTINI et al., 1996). Nos anos seguintes, foi utilizado o sensoriamento remoto, a fim de determinar o conteúdo de carbono presente (FUNG; TUCKER; PRENTICE, 1987).

Nos últimos anos, tem sido possível determinar medidas de fluxo e concentrações de gases, que seja mais seguro e prolongado. Isso em decorrência do aperfeiçoamento de analisadores infravermelhos de gases e do anemômetro sônico, bem como a utilização da técnica da correlação dos vórtices turbulentos, que proporcionaram a realização de medições das trocas totais de carbono que ocorrem nos ecossistemas, que possibilitaram redução na frequência de erros durante as medições, sendo utilizadas tanto para determinar fluxos de CO<sub>2</sub>, como vapor de água em áreas de vegetação nativa (XIE et al., 2016).

### **3.6 Relação entre Emissões de CO<sub>2</sub> e Precipitação**

O bioma caatinga é caracterizado pelo clima semiárido, que apresenta irregularidade em termos de precipitação, apresentando um longo período seco, como é refletido na paisagem. Possuindo duas estações bem definidas, a estação de chuvas que possui uma duração de até quatro meses, com uma

precipitação média de 400 a 800 mm, já a estação de secas que se expande ao decorrer do ano (ARAUJO, 2011).

As precipitações possuem uma enorme influência sobre as condições ambientais e atividades produtivas, sejam pela sua ocorrência ou pela sua ausência (COAN et al., 2014). Diversos estudos mostraram relação direta entre o aumento na produção de CO<sub>2</sub> no período com maior índice pluviométrico, bem como elevada temperatura do solo. Segundo Leon et al. (2014) os meses com maiores precipitações mostraram que as variáveis temperatura do solo e fluxos de CO<sub>2</sub> estiveram relacionadas positivamente.

Conforme Pires et al. (2018) no bioma caatinga as trocas entre o sistema solo, planta e atmosfera permitiram o processo de assimilação de carbono por parte da vegetação em estágio de regeneração em decorrência das chuvas, em que a vegetação funciona como sumidouro de dióxido de carbono no período chuvoso e como fonte no período seco. No Sertão paraibano, as áreas apresentam maior predisposição à liberação do dióxido de carbono no decorrer do dia, relacionadas aos elementos climáticos, desde o aumento da temperatura como menor umidade do solo (ARAUJO et al., 2011).

### **3.7 Estudos de Sequestro de Carbono na Caatinga**

A busca pelo conhecimento dos fluxos e estoques de carbono se tornou um mecanismo essencial para o melhor aproveitamento de florestas, em especial aqueles biomas mais desprotegidos. Como é o caso do bioma caatinga, que por falta de estudos, tem se subestimado o processo de conversão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e assim não se tem dado a devida importância que as florestas secas possuem como reguladoras do ciclo do carbono.

Segundo Brito Moraes et al. (2017) em áreas da Caatinga no Semiárido Pernambucano, que tiveram algum tipo de influência por atividades humanas, mostraram um teor de sequestro de carbono menor, pois a ação humana pode interferir na composição e fisionomia da vegetação, ou seja, ocorre uma redução nos estratos vegetativos, bem como no índice de área foliar. Dessa forma, tem se elevado o índice de degradação de áreas vegetadas, tendo consequência direta a redução do sequestro de carbono.

Em análises realizadas no campo experimental da EMBRAPA – semiárido, na cidade de Petrolina (PE) para avaliar a evolução do fluxo de carbono, concluíram que na estação de estiagem, o bioma caatinga trabalha como emissor de CO<sub>2</sub>, entretanto na estação chuvosa a caatinga atua como sequestrador de carbono (DOS SANTOS et al., 2020).

O bioma caatinga pode ser afetado positivamente com relação à produção dos Gases de Efeito Estufa (GEE), a depender do tipo de cobertura do solo e as condições climáticas da região (RIBEIRO et al., 2016).

Em estudo realizado no Agreste pernambucano a emissão de carbono para atmosfera apresentou cerca de 1,14 milhões de Mg de C para o carbono presente no solo e 1,15 milhões de Mg de C para biomassa vegetal (LIMA, 2017).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Realização do Estudo**

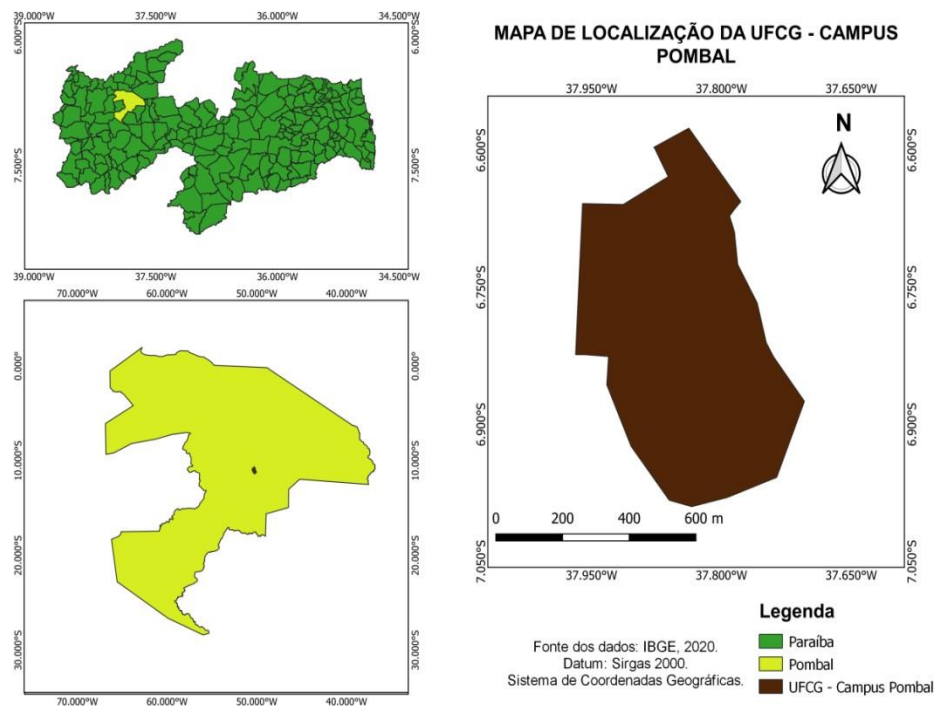
Este estudo é parte integrante de um projeto vinculado ao Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC), desenvolvido no curso de graduação em Engenharia Ambiental, pertencente à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *Campus de Pombal* – PB.

### **4.2 Localização da Área de Estudo**

Esta pesquisa foi desenvolvida com dados coletados em uma área preservada da caatinga, no Campus do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, localizado na zona urbana do município de Pombal, no Estado da Paraíba, Brasil (Figura 2 e 3). O Campus compreende uma área de aproximadamente 155.500,47 m<sup>2</sup> (ISMAEL et al., 2013).



**FIGURA 2.** Mapa de Localização do Município de Pombal – PB.



Fonte: Autoria própria, 2021.

**FIGURA 3.** Localização da área preservada dentro do Campus da UFGC-Pombal.



Fonte: Autoria própria, 2020.

O município localizado no sertão paraibano apresenta uma vegetação típica da Caatinga, com uma diversidade em espécies, composta basicamente pela vegetação hiperxerófila, e ainda com floresta caducifólia. A temperatura média anual é em torno de 27°C. Os índices pluviométricos médios anuais são de cerca de 800 mm, em algumas regiões esse valor não passa dos 400 mm, como é o caso da região do Cariri, Estado da Paraíba (SANTOS, 2011). Distribuídos de forma irregular, em que as maiores incidências ocorrem entre os meses de fevereiro a abril, podendo variar de um ano para o outro.

### 4.3 Procedimento Metodológico

As medições dos níveis de dióxidos de carbono foram realizadas semanalmente. Nas segundas às quintas feiras as medições eram feitas em horários de 9 e 14h, e nas sextas-feiras as medições foram feitas apenas no turno da manhã. As medições ocorreram no período de novembro de 2019 a março de 2020, em uma área de vegetação preservada da caatinga. No decorrer das medições foram realizadas anotações com relação à nebulosidade (ensolarado, parcialmente nublado, nublado) e intensidade do vento (fraco, moderado, forte).

As medições de concentrações de dióxido de carbono foram realizadas utilizando um instrumento portátil de leitura direta, através de um sensor infravermelho não dispersivo, de modelo C-02, para medição de dióxido de carbono, temperatura e umidade relativa (Figura 4).

A faixa de leitura e exatidão do modelo C-02 é estabelecida pela resolução RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003).

Umidade relativa: 10% a 95%

1. Com precisão de  $\pm 3\%$ , a uma temperatura de 25°C, de 30 a 95% de UR;
2. Com precisão de  $\pm 5\%$ , a uma temperatura de 25°C, de 10 a 30% de UR;

Temperatura: -20°C a 60°C, com precisão de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ;

CO<sub>2</sub>: varia de 0 a 6000 ppm, com precisão de  $\pm 3\%$  de leitura ou  $\pm 50$  ppm.

**FIGURA 4.** Medidor de dióxido de carbono, temperatura do ar e umidade relativa do ar - modelo C-02 utilizado na pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2020).

#### 4.4 Comparativo das Concentrações de CO<sub>2</sub> entre Área da Caatinga e Área de Floresta Amazônica

Este estudo teve enfoque ainda nas variações sazonais expostas pelas medições de CO<sub>2</sub> realizadas no Bioma Caatinga, no sertão Paraibano, em comparação com dados da floresta Amazônica. Para realização desse comparativo utilizou-se o estudo: Fluxos de Dióxido de Carbono em uma Área de Floresta na Amazônia Central, de COSTA (2000).

A área utilizada no estudo Fluxos de dióxido de carbono em uma área de floresta na Amazônia Central é localizada dentro da Reserva Biológica do Rio Cuieiras, na bacia do rio Tarumã-açu, situado na região central do Amazonas, com coordenadas de 2° 36' S, 60° 7' W, 52m, distante aproximadamente 57 km ao norte de Manaus (COSTA, 2000).

A Reserva Biológica possui características de terra firme e solo da classe Latossolo amarelo-argiloso, bastante comum na região amazônica, em que 80% é composto por argila e 10% de areia, possui ainda uma vegetação

de grande porte, com uma média de altura do dossel de 30m e a presença de algumas árvores emergentes, com altura variando entre 40 e 45m (COSTA,2000).

Costa (2000) analisou as concentrações de CO<sub>2</sub> em dois meses (outubro de 1995 e fevereiro de 1996), para representação do período seco e chuvoso, respectivamente. O período seco compreendeu os dias 21 a 28 de outubro de 1995, já o período chuvoso de 15 a 22 de fevereiro de 1996 (Tabela 1), no qual foram utilizados os dados pluviométricos para distinção dos períodos.

Na determinação das concentrações de CO<sub>2</sub> foram coletadas amostras de ar próximo a um anemômetro e levadas por meio de um tubo de teflon Dekabon, com 10 m de comprimento e 6 mm de diâmetro, com fluxo de 6 dm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>, para o interior de um analisador infravermelho de gás de resposta rápida LI6262, equipamentos estes instalados sobre uma torre meteorológica, a uma altura de 46,5 m. Apesar das maiores e menores concentrações de CO<sub>2</sub> terem sido registradas em horários diferentes ao presente estudo, se considerou os maiores índices de CO<sub>2</sub> para os horários de 9 e 14 horas.

Quanto aos dados coletados na área preservada da caatinga, estes também foram divididos em dois grupos distintos, tendo como base a caracterização do regime das precipitações de cada grupo, disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A).

Assim foram definidos os períodos: seco (novembro de 2019) e chuvoso (fevereiro de 2020) que foram analisados detalhadamente. Para o período seco, as medições foram realizadas do dia 4 a 28 de novembro, entretanto o período chuvoso compreendeu do dia 3 a 28 de fevereiro. Medições estas realizadas de segunda a sexta, nos horários de 9 e 14 horas, com exceção das sextas em que foram apenas no turno da manhã.

Na área da caatinga, foi utilizado o mês de novembro como representativo do período seco, tendo em vista que o mesmo também está entre os meses com os menores índices pluviométricos na região do semiárido, ou seja, está incluso na estação seca, bem como devido à realização das poucas medições no mês de outubro.

**TABELA 1.** Distribuição dos dias de medições para área da Caatinga e área da Floresta Amazônica – Período seco e chuvoso.

Dias Representados nos Gráficos	Área da Caatinga		Área de Floresta Amazônica	
	Período Seco (Dias)	Período Chuvoso (Dias)	Período Seco (Dias)	Período Chuvoso (Dias)
1	4	3	21	15
2	5	4	22	16
3	6	5	23	17
4	7	6	24	18
5	8	7	25	19
6	11	10	26	20
7	12	11	27	21
8	13	12	28	22
9	14	13		
10	15	14		
11	18	17		
12	19	19		
13	20	20		
14	21	21		
15	22	24		
16	25	25		
17	26	26		
18	27	27		
19	28	28		

Fonte: Autoria própria, 2021.

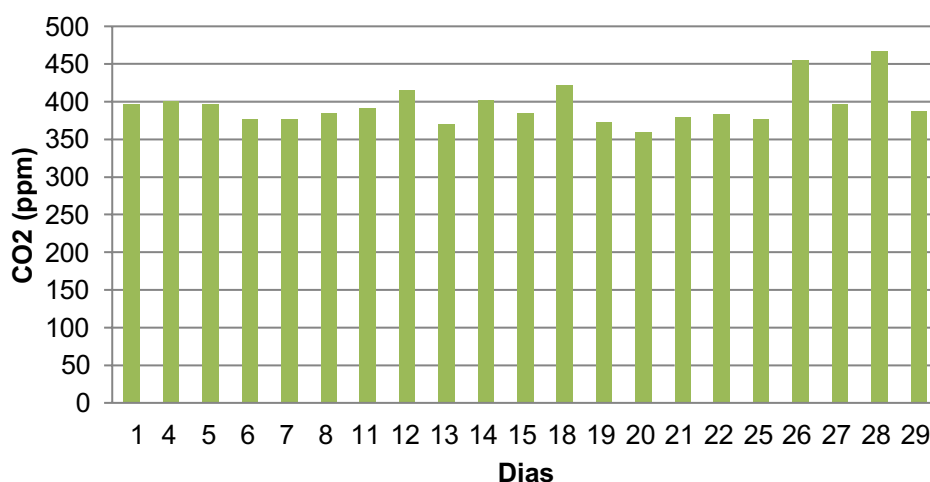
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições das concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presentes na área preservada mostraram variações conforme os horários das medições para os meses de Novembro e Dezembro de 2019 e Janeiro, Fevereiro e Março de 2020, as medições foram então suspensas devido à pandemia pelo COVID-19. O mês de novembro faz parte do período seco da região, os demais meses fazem parte da estação úmida da região. No entanto o mês de dezembro, que é o início do período chuvoso, esteve com umidade muito baixa no período da tarde.

### 5.1 Níveis de Dióxido de Carbono

Observa-se que no Gráfico 1, os valores de CO<sub>2</sub> na área preservada apresentaram variações nos vinte e um dias de medições. Nos dias 12, 18, 26 e 28 as concentrações de CO<sub>2</sub> foram superiores aos 400 ppm. Foram realizadas no decorrer das medições anotações com relação à nebulosidade e intensidade do vento, se foi fraco ou moderado. A diferença das concentrações de CO<sub>2</sub> observadas nesses dias pode ser justificada pela velocidade do vento. Quando analisada a influência da velocidade do vento na concentração de CO<sub>2</sub>, é possível perceber uma relação inversa, ou seja, quanto maiores os valores de CO<sub>2</sub> no ambiente menor terá sido a velocidade dos ventos, conforme também foi percebido por Silva Junior et al. (2004).

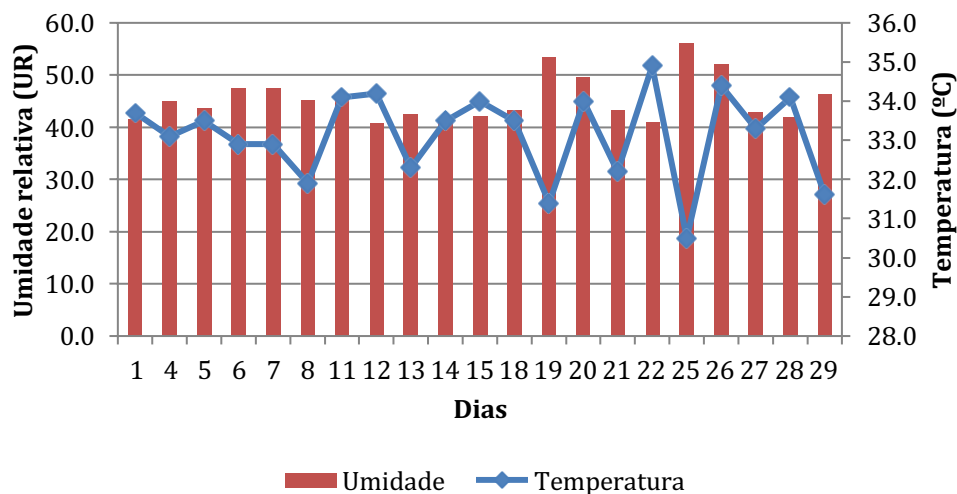
**GRÁFICO 1.** Níveis de Dióxido de Carbono em área com vegetação preservada – Manhã em Novembro/2019.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Conforme Araujo (2005) o processo de evolução das concentrações de CO<sub>2</sub> varia ao longo do dia. Verificou-se no Gráfico 2, para o mês de novembro no turno da manhã, que a temperatura do ar variou entre 30 e 35 °C em todos os dias de medição. Nos dias 19, 25 e 26, os índices de umidade ultrapassaram os 50%. O maior índice de umidade relativa do ar foi registrado no dia 25, bem como a menor temperatura para o mês também foi registrada no valor de 30,5°C.

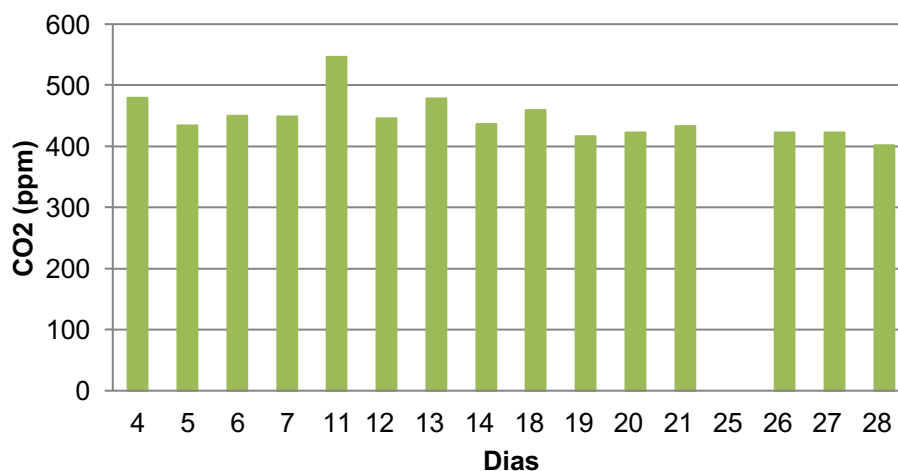
**GRÁFICO 2.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Novembro/2019.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 3, é possível observar algumas variações, principalmente no dia 11, com altas concentrações de CO<sub>2</sub> quando comparada ao turno da manhã. No qual, o céu estava parcialmente nublado, com ventos fracos, possibilitando então, a área preservada apresentar elevadas concentrações de dióxido de carbono. É notório que em todos os dias de medição para o turno da tarde, os níveis de CO<sub>2</sub> estiveram acima de 400 ppm.

**GRÁFICO 3.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Tarde em Novembro/2019.

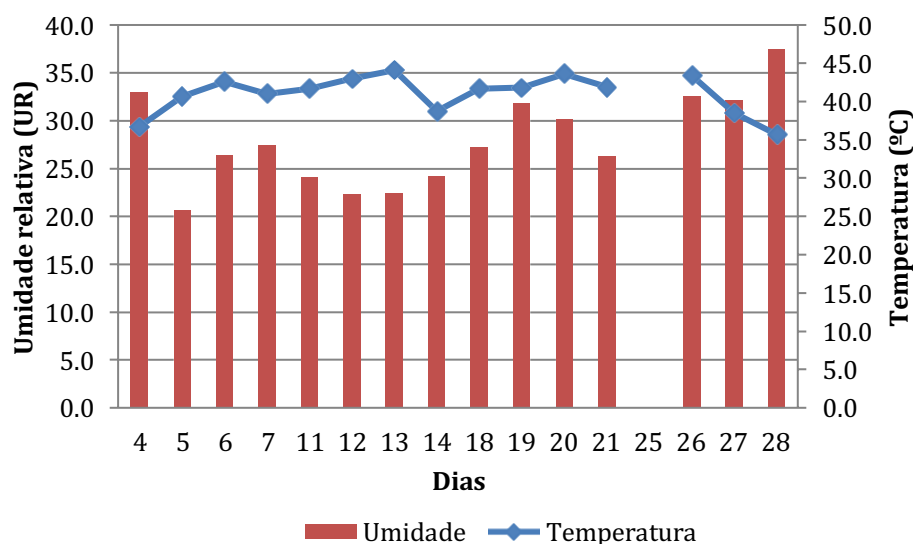


Fonte: Autoria própria, 2021.

Nos quinze dias de medições, onze apresentaram níveis de temperaturas entre 40 e 44,5 °C (Gráfico 4). De acordo com Souto et al. (2009), há evidência que na região semiárida os microrganismos aumentam sua atividade entre 40 e 45 °C, e quando esses valores chegam próximos aos 50 °C, ocorre o processo de inibição da atividade microbiana e, de forma, menor produção de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

É possível observar que não houve a obtenção de dados do dia 25, por problemas técnicos do equipamento.

**GRÁFICO 4.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Novembro/2019.

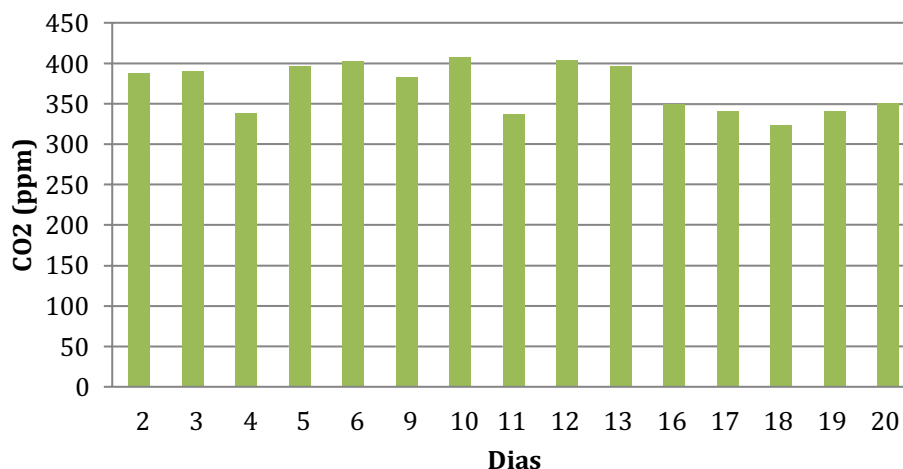


Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 5, estão os dados para o mês de dezembro de 2019, verificou-se que na maioria dos dias, os níveis de dióxido de carbono mantiveram-se acima dos 350 ppm. Tendo em vista, que as concentrações de dióxido de carbono aumentam ao longo do dia, assim o turno da manhã tende a apresentar menores concentrações em comparação ao turno da tarde.



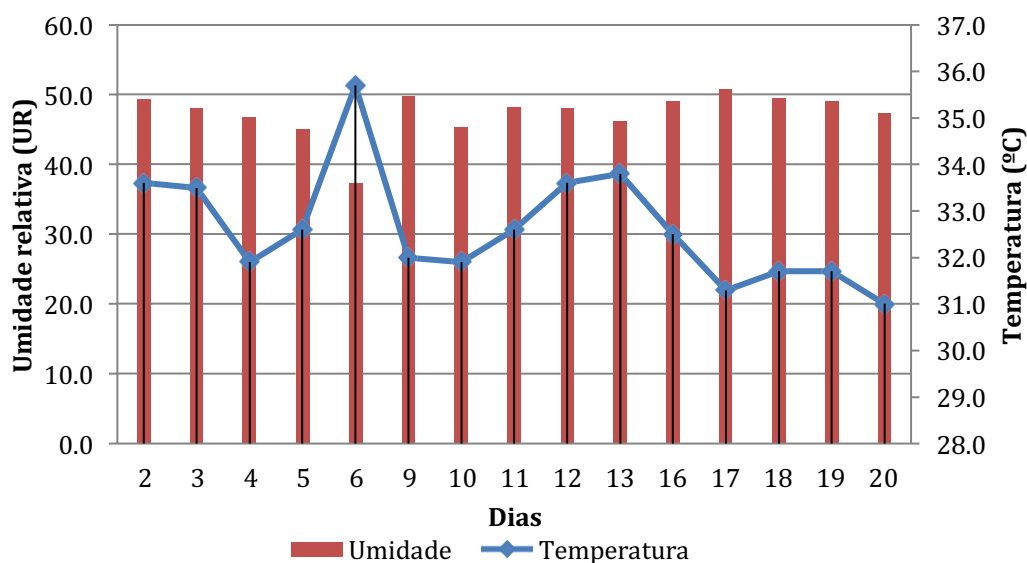
**GRÁFICO 5.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Manhã em Dezembro/2019.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Já no Gráfico 6, observou-se que a temperatura do ar se manteve elevada, com valores oscilando entre 31°C e 35,5°C, e os valores de umidade acima dos 45%. No dia 6, foi registrada a maior temperatura do mês e a umidade esteve abaixo dos 40%, com céu parcialmente nublado e ventos fracos.

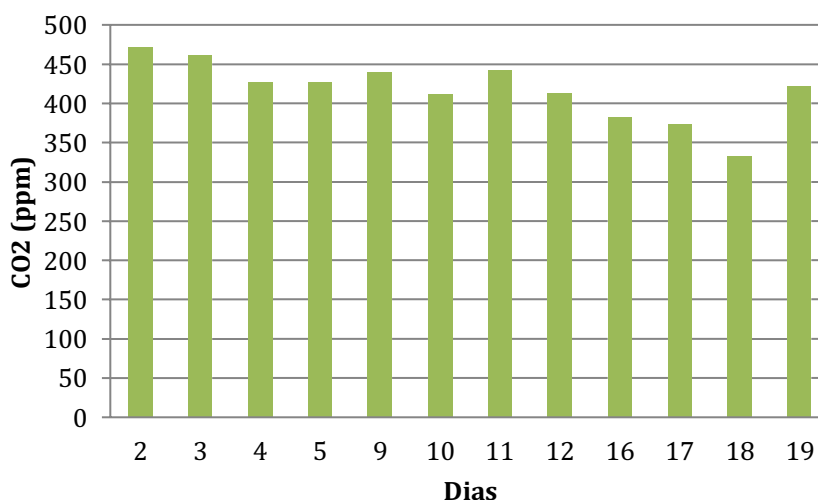
**GRÁFICO 6.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Dezembro/2019.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 7, estão os dados dos níveis de CO<sub>2</sub> para o mês de dezembro no ano de 2019, no turno da tarde. Na maioria dos dias a área preservada registrou valores acima dos 400 ppm, resultante do processo de fixação de CO<sub>2</sub> realizado pelas plantas através da fotossíntese, possibilitando na área preservada apresentar altos valores de concentração de dióxido de carbono, para o turno da tarde.

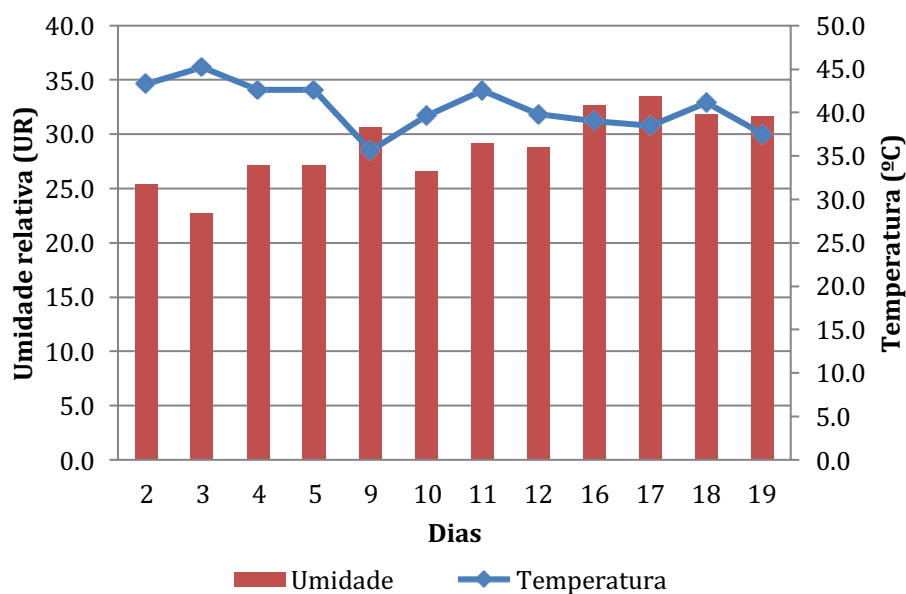
**GRÁFICO 7.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Tarde em Dezembro/2019.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Dentre os doze dias de medições, apenas três dias apresentaram variações significativas, com valores de CO<sub>2</sub> abaixo de 400 ppm, relacionadas possivelmente pela influência tanto da temperatura quanto da umidade do ar. Nesses dias 16, 17, e 18, a umidade esteve abaixo dos 35% e temperaturas próximas aos 40°C (Gráfico 8).

**GRÁFICO 8.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Dezembro/2019.

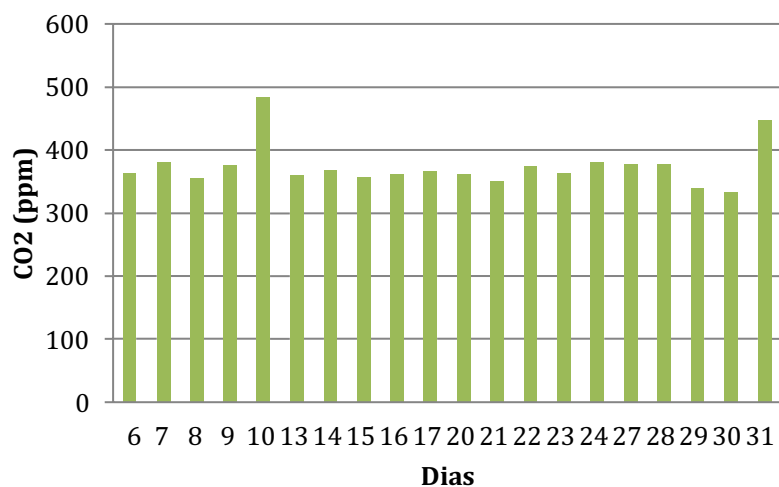


Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 9, encontra-se as medições referentes ao mês de janeiro de 2020. Percebe-se que a área preservada apresentou a maioria dos valores de CO<sub>2</sub> estão abaixo dos 400 ppm, entretanto nos dias 10 e 31, as diferenças foram bastante significativas com relação aos demais dias, com uma concentração de CO<sub>2</sub> de 484 ppm e 448 ppm, respectivamente.

Esses dados foram influenciados pela direção do vento, pois para ambos os dias a intensidade do vento se manteve fraco. Fatores como incidência solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento implicam no processo de fotossíntese, responsável pela absorção do carbono presente no dióxido de carbono (RODRIGUES, 2010; BESSA et al., 2019).

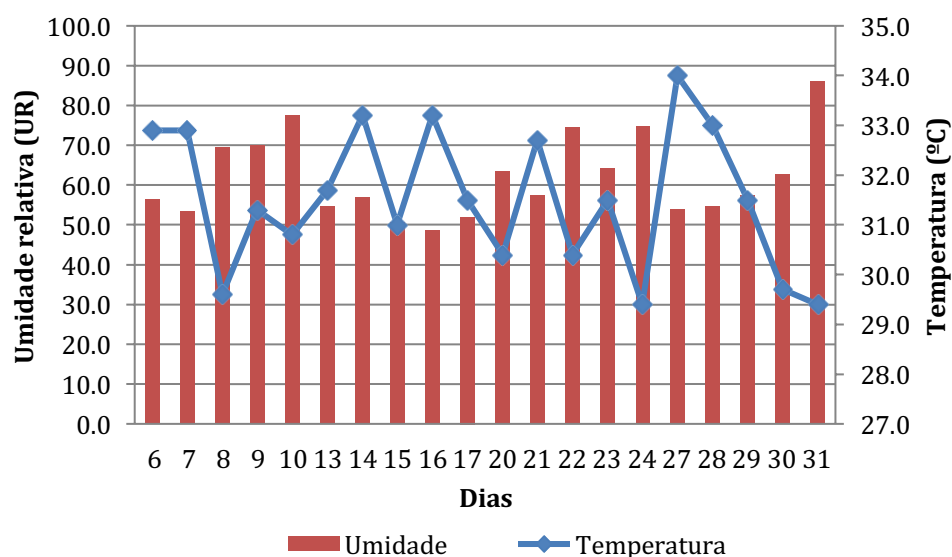
**GRÁFICO 9.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Manhã em Janeiro/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Conforme o Gráfico 10, o dia 31 apresentou o maior índice de umidade relativa com valor acima de 80%, com céu nublado resultando em baixas temperaturas, e houve ocorrência de chuva na noite anterior. Já o dia 16 foi o dia mais seco do mês, em termos de umidade, no período da manhã.

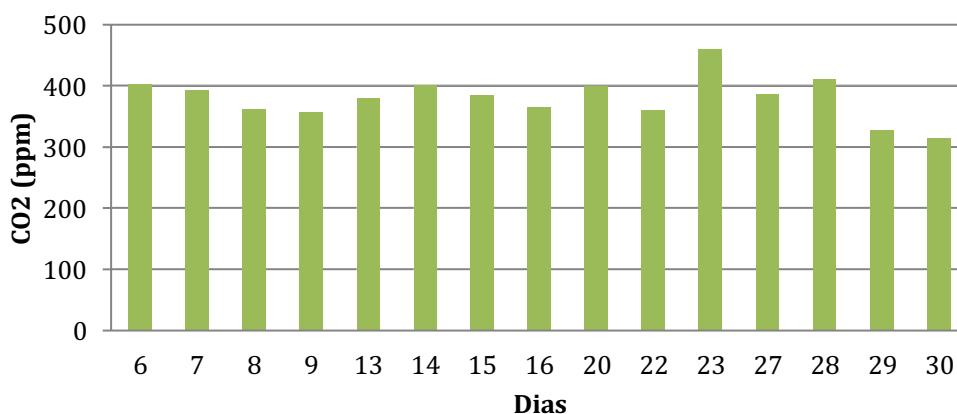
**GRÁFICO 10.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Janeiro/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Ilustra-se no Gráfico 11, os níveis de CO<sub>2</sub> para o mês de janeiro de 2020, no período da tarde. Verificou-se que na maioria dos dias a área preservada da Caatinga apresentou valores acima de 350 ppm de CO<sub>2</sub>, com exceção dos dias 29 e 30, com valores de 327 ppm e 315 ppm, respectivamente. A maior concentração de CO<sub>2</sub> foi encontrada no dia 23, acredita-se que pela influência da alta umidade e vento calmo. Logo, altas concentrações de CO<sub>2</sub> estarão também relacionadas com baixas incidências de ventos no ambiente.

**GRÁFICO 11.** Níveis de Dióxido de Carbono em área com preservada da Caatinga – Tarde em Janeiro/2020.



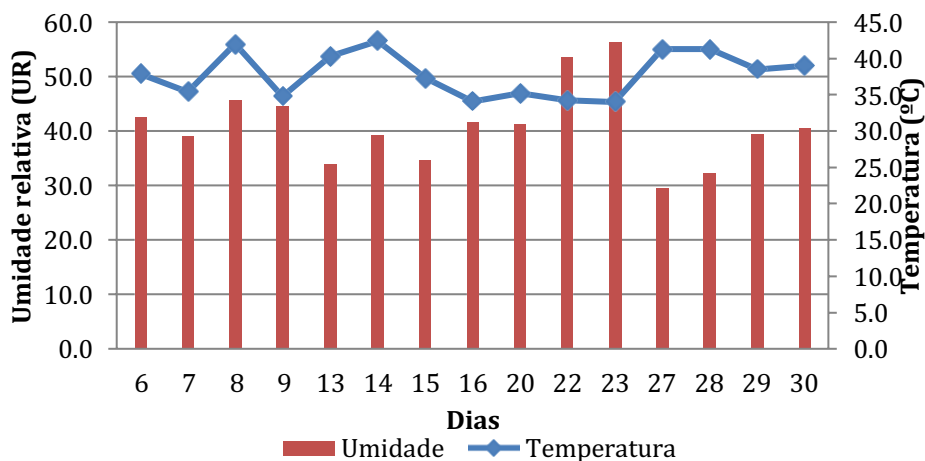
Fonte: Autoria própria, 2021.

Conforme Da Fonseca, Barros e Da Silva Barbosa (2020) o processo de evolução do dióxido de carbono varia ao longo do dia, conforme os índices de temperaturas. Verifica-se no Gráfico 12, para mês de janeiro no período da tarde, que a temperatura do ar se manteve na maioria dos dias abaixo dos 40 °C, todos os dias em que as temperaturas estiveram acima dos 40°C os valores de CO<sub>2</sub> foram elevados.

Nos dias 22 e 23, os índices de umidade ultrapassassem os 50% e as temperaturas estiveram abaixo dos 35°C, influenciando diretamente na redução do processo de respiração do solo, devido à diminuição das atividades microbianas, e conseqüente menor quantidade de CO<sub>2</sub> foi emitido para atmosfera (MIRANDA, 2018). Justificando então, a maior concentração de CO<sub>2</sub> no dia 23.

No dia 21 não foi possível a realização da medição no turno da tarde, em decorrência de estar chovendo no horário da medição, impossibilitando o uso do aparelho.

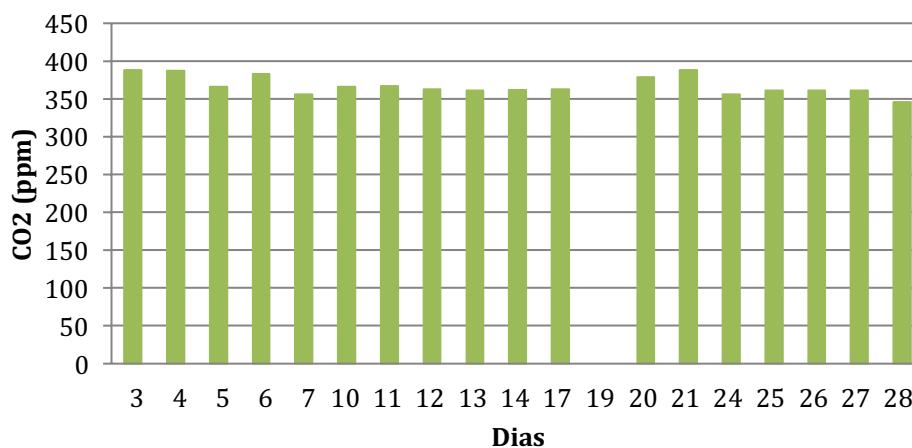
**GRÁFICO 12.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Janeiro/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 13, verificou-se que nos 18 dias de medição de CO<sub>2</sub> para o mês fevereiro de 2020, no turno da manhã, as concentrações de CO<sub>2</sub> estiveram na maioria dos dias acima de 350 ppm. Com exceção do dia 28 em que foi registrado a concentração no valor de 346 ppm. No dia 19, não possível a realização das medições em decorrência de problemas técnicos no aparelho.

**GRÁFICO 13.** Níveis de Dióxido de Carbono em área com preservada da Caatinga – Manhã em Fevereiro/2020.

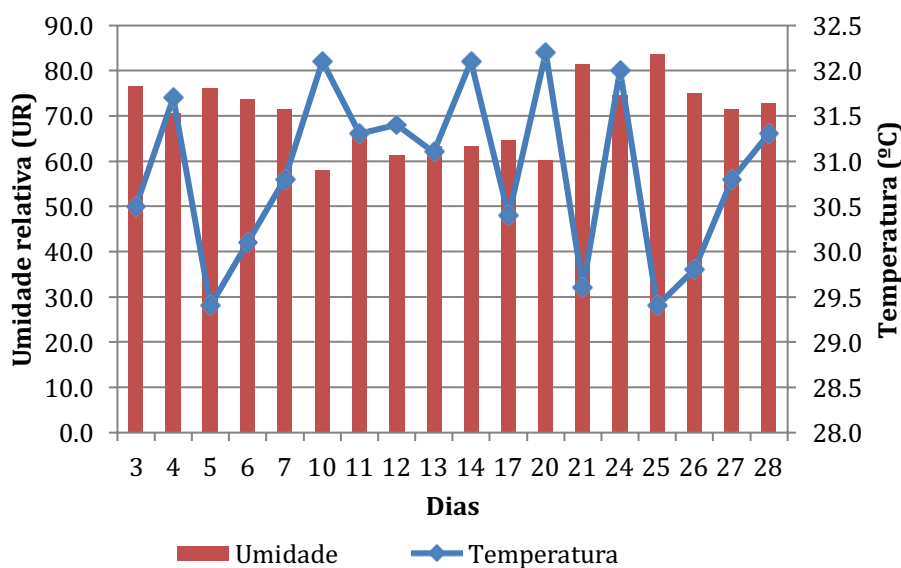


Fonte: Autoria própria, 2021.

Verificou-se no Gráfico 14, que nos dezoito dias de medições na maioria dos dias os índices de umidade relativa do ar estiveram acima de 60%, com exceção do dia 10, que registrou umidade no valor de 58%, com céu ensolarado e vento fraco.

As menores temperaturas do ar para o mês de fevereiro foi registrada nos dia 5 e 25, com valores de 29,4°C.

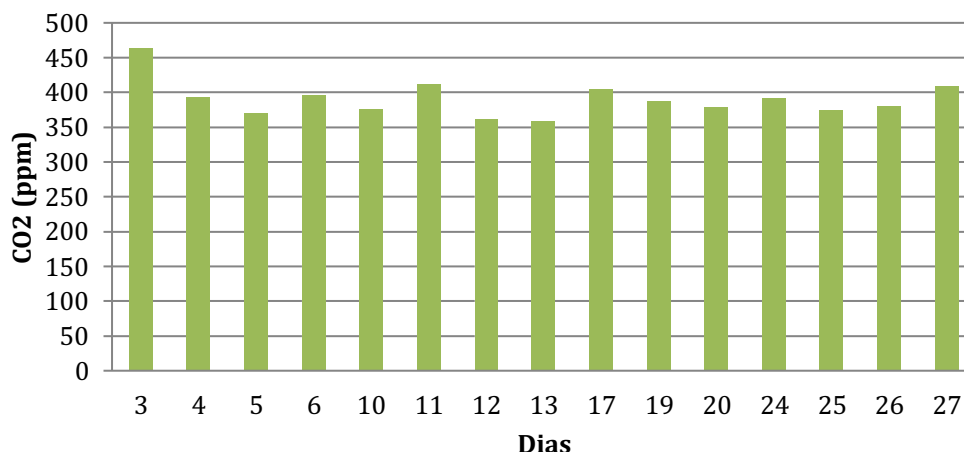
**GRÁFICO 14.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Fevereiro/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 15, verificou-se que nos 15 dias de medição para o mês de fevereiro de 2020, no turno tarde, as concentrações de Dióxido de Carbono estiveram acima de 350 ppm. A maior concentração de CO<sub>2</sub> foi registrada no dia 3 com valor de 464 ppm, com vento fraco, influenciando diretamente na concentração de dióxido de carbono.

**GRÁFICO 15.** Níveis de Dióxido de Carbono em área com preservada da Caatinga – Tarde em Fevereiro/2020.

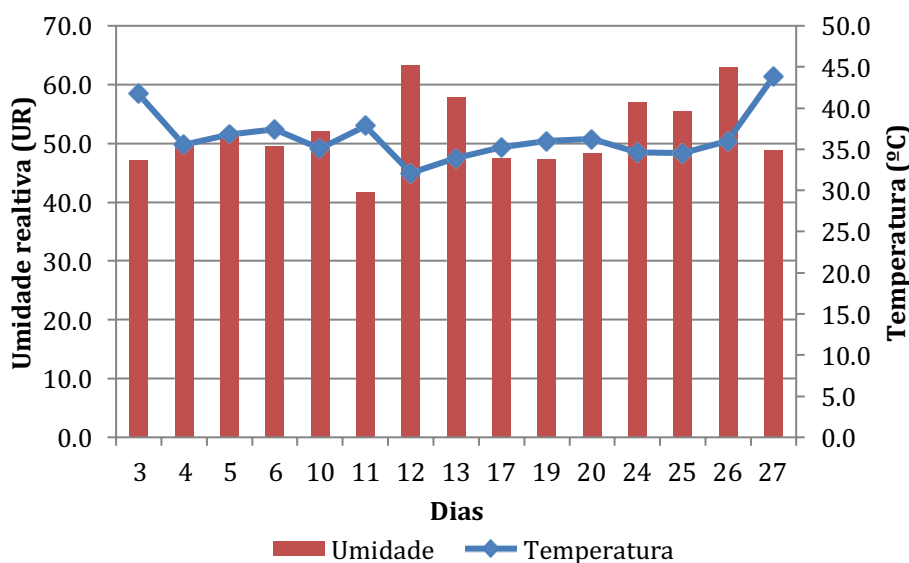


Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se no Gráfico 16, que na maioria dos dias os índices de umidade relativa do ar estiveram acima dos 50% e temperaturas do ar entre 30 e 40°C. O dia mais seco registrado para o mês de fevereiro de 2020, no turno da tarde foi no dia 11, com valor de umidade relativa do ar de 41,8%.

O maior índice de umidade relativa do ar foi registrado no dia 12, com valor de 63,3%, em dia parcialmente nublado e vento fraco.

**GRÁFICO 16.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Fevereiro/2020.

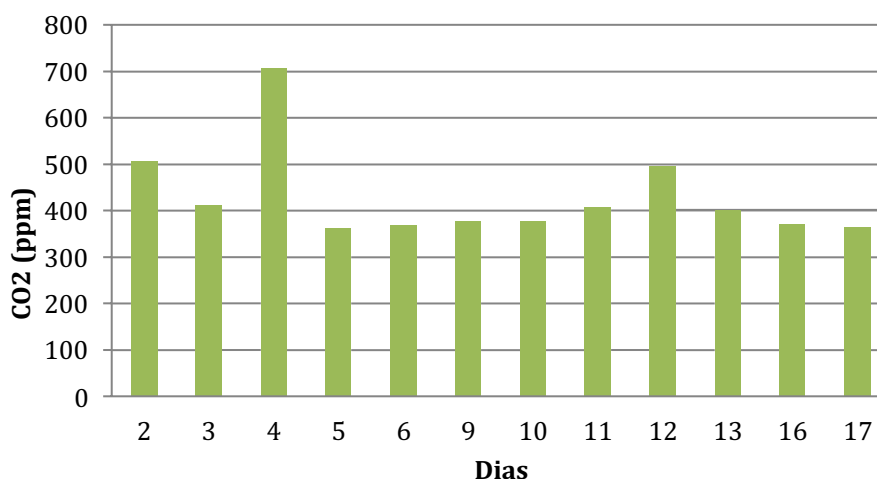


Fonte: Autoria própria, 2021.



No Gráfico 17, observa-se os níveis de dióxido de carbono no período da manhã para o mês de março de 2020. Foram 12 dias de medição, no qual verificou-se que na maioria dos dias as concentrações de CO<sub>2</sub> estiveram entre 360 ppm e 412 ppm. Entretanto, nos dias 2, 4 e 12 ocorreram variações significativas com elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> na área preservada, com níveis acima de 450 ppm, principalmente no dia 4. Neste dia, foi registrado a maior concentração de CO<sub>2</sub> dentre todos os meses de medição para o turno da manhã, com 708 ppm. Seja influenciada pelas condições de nebulosidade, bem como velocidade do vento e umidade do ar.

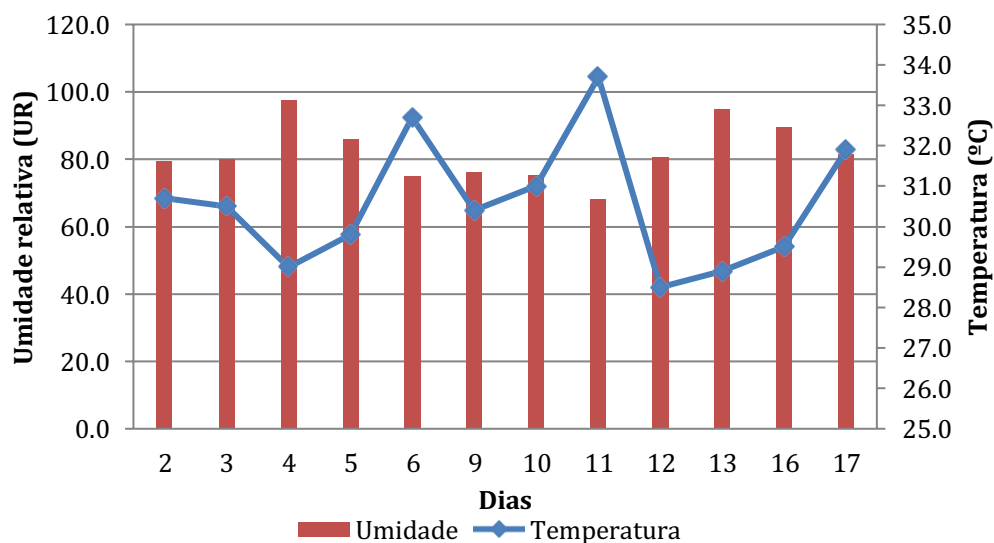
**GRÁFICO 17.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Manhã em Março/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se no Gráfico 18, que dentre os 12 dias de medições foram registradas em 7 dias índices de umidade a partir dos 80%. Principalmente no dia 4, em que foi registrado uma umidade de 97,4%, justificando a elevada concentração de CO<sub>2</sub> para esse dia. Segundo Pinotti (2017) a umidade pode contribuir ou desfavorecer a produção de CO<sub>2</sub>, pois o nível ótimo de umidade potencializa o processo de respiração, permitindo melhores condições para atividade microbiana, resultando no aumento da emissão de CO<sub>2</sub> do solo para atmosfera.

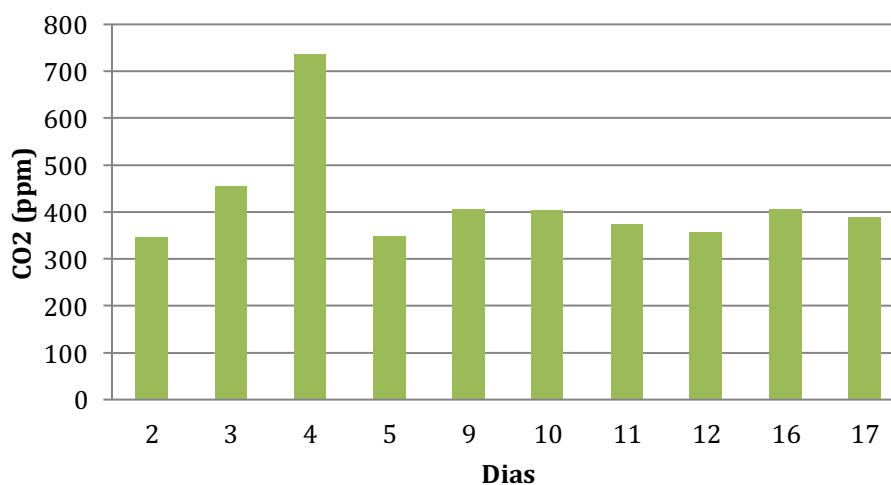
**GRÁFICO 18.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Manhã em Março/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No Gráfico 19, nota-se que durante nos 10 dias de medições de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) o comportamento foi semelhante aos dos outros meses, em que na maioria dos dias, a área apresentou elevados valores de CO<sub>2</sub>. Assim, como no turno da manhã, o dia com maior concentração de CO<sub>2</sub> foi ao dia 4, com 737 ppm.

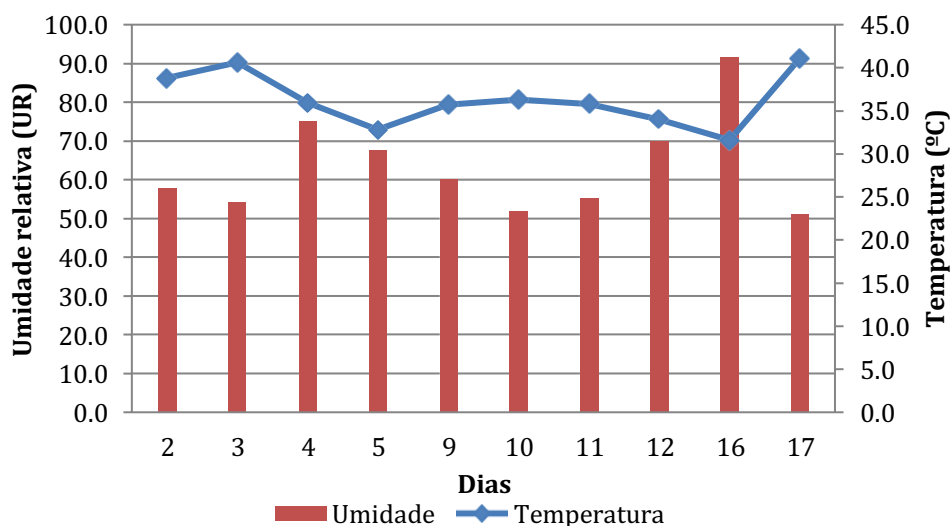
**GRÁFICO 19.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – Tarde em Março/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Observa-se no Gráfico 20, que no dia 4 o índice de umidade foi de 75,1%, e temperatura de 34°C é possível que a justificativa esteja relacionada com ausência de vento e alta nebulosidade no momento da medição. O dia 16 registrou o maior índice de umidade relativa com valor acima de 90%. Neste dia o céu estava nublado, resultando em baixas temperaturas. Tendo em vista, que umidade é um fator ambiental de grande influência tanto na atividade biológica como na decomposição da matéria orgânica, processos esses importantes para a emissão do CO<sub>2</sub> para a atmosfera (BRITO et al., 2017).

**GRÁFICO 20.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Março/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

## 5.2 Comparativo Entre o Estudo no Bioma Caatinga com realizado na Floresta Amazônia

### 5.2.1 Precipitação Pluviométrica

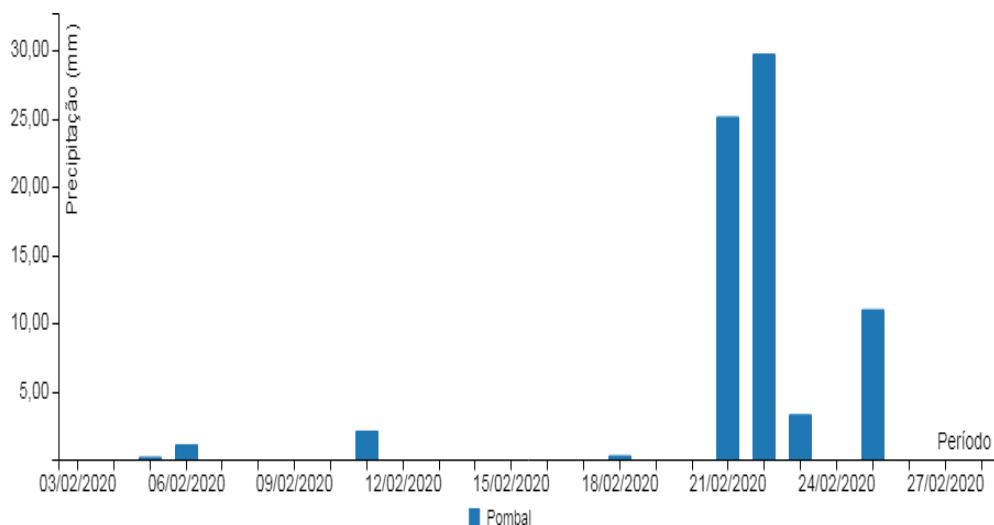
A chuva é componente de grande importância na classificação climática de uma região. A água é resultante de eventos de chuvas, com fundamental papel no desenvolvimento de uma floresta, no qual qualquer modificação no ciclo hidrológico terá influência direta no crescimento da biomassa e acúmulo de carbono (ROQUETTE, 2018).

Na área da Caatinga, os dois períodos escolhidos para esta análise apresentaram diferentes características quanto aos níveis de precipitação. O período de 4 a 28 de novembro de 2019, representante do período seco não registrou nenhum evento de chuva.

Por outro lado, o mês de fevereiro está inserido no período mais chuvoso da área de estudo (sertão paraibano). O período correspondente em 2020 para esta análise, entre os dias 3 e 28 de fevereiro foi registrado um total de 72,8 mm de chuva, distribuídos em oito dos vinte e seis dias analisados (Figura 5). Durante esse período os maiores acumulados diários foram registrados nos dias 21, 22 e 25 com valores de 25,1 mm, 29,7 mm e 11,0 mm, respectivamente, totalizando 65,8 mm que representa 90% das chuvas deste mês. Essas precipitações influenciaram fortemente nas concentrações de CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera, fato esse que se repetiu nos dias 5, 6 e 11.

Foi possível concluir que as diferenças nas precipitações se mostraram consideráveis para os períodos estudados. No qual, o mês de novembro de 2019 apresentou baixos índices pluviométricos, ou quase nada de chuvas. Por outro lado, o mês de fevereiro de 2020 está no centro da época mais chuvosa na região do semiárido, entretanto para o ano de 2019, houve pouca ocorrência de chuvas em comparação há anos anteriores, ficando concentradas em dias específicos.

**FIGURA 5.** Precipitação pluviométrica durante o período chuvoso, entre 3 a 28 de fevereiro de 2020.



Fonte: AESA – PB, 2020.

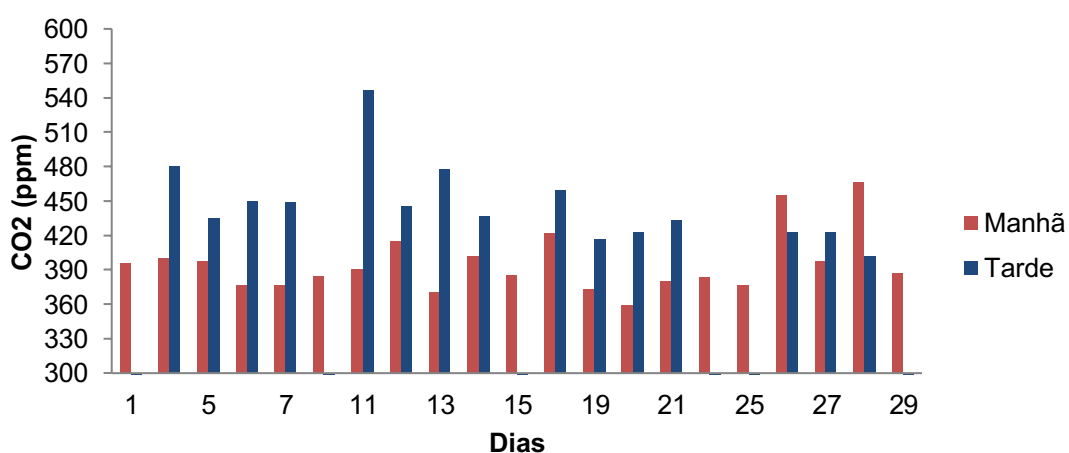
### 5.2.2 Concentrações de CO<sub>2</sub> em período seco e chuvoso

Os dados utilizados para o Gráfico 13 são dos meses de novembro de 2019 (estação seca) e fevereiro de 2020 (estação chuvosa), na região da Caatinga, considerando as maiores concentrações durante o dia. Para se realizar o comparativo, utilizou-se os dados dos meses de outubro de 1995 (estação seca) e fevereiro de 1996 (estação chuvosa), para região Amazônica (Figura 4), obtidos de Costa (2000).

#### Área da Caatinga

No período seco, a região da caatinga apresentou sua maior concentração de CO<sub>2</sub> de 547 ppm às 14 h do dia 11 de novembro (Gráfico 21), sendo essa a mais elevada para os dois períodos em análise. Entretanto, a menor concentração de CO<sub>2</sub> para estação seca, foi registrada no dia 20 às 9 h da manhã, com valor de 359 ppm. A concentração média para esse período foi de 413,5 ppm. É possível concluir que as maiores concentrações foram no turno da tarde, com exceção dos dias 26 e 28 nos quais o vento calmo no período da manhã favoreceu a maior concentração em relação à tarde.

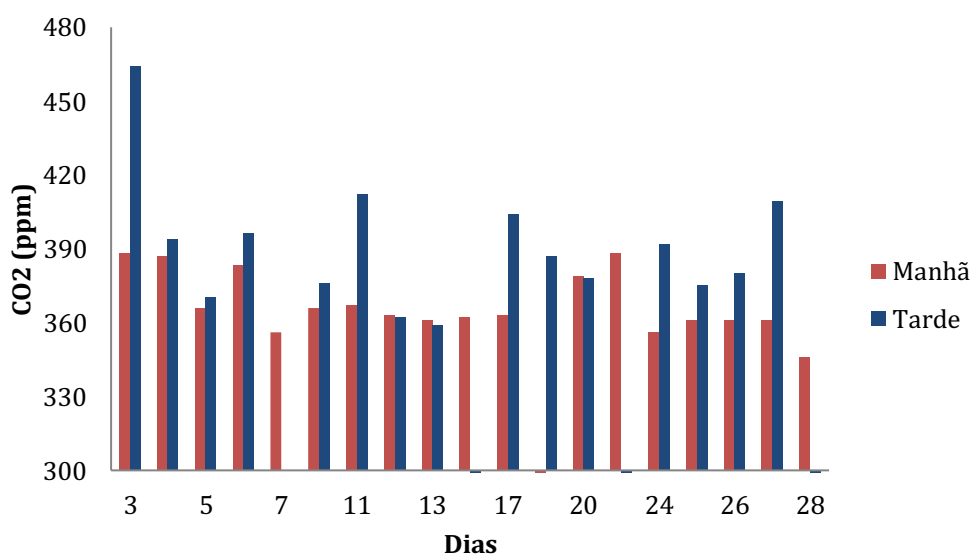
**GRÁFICO 21.** Níveis de Temperatura do ar (°C) e Umidade relativa do ar (UR) em área preservada da Caatinga – Tarde em Março/2020.



Fonte: Autoria própria, 2021.

No período chuvoso, a região da caatinga registrou sua maior concentração de CO<sub>2</sub> foi de 464 ppm, no dia 3 de fevereiro às 14 h (Gráfico 22). O menor índice de concentração de CO<sub>2</sub> ocorreu no dia 28 de fevereiro, às 9 h da manhã, com valor de 346 ppm. Sendo então, a menor concentração de CO<sub>2</sub> registrado nos dois períodos do estudo. Com uma concentração média de 374 ppm.

**GRÁFICO 22.** Níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga para mês de fevereiro – Turno manhã e tarde.



Fonte: Autoria própria, 2021.

### **Comparativo entre a área da Caatinga e a área de Floresta Amazônica**

Na área de floresta amazônica, foram registradas variações temporais nas concentrações de CO<sub>2</sub> nos mais elevados conteúdos durante as últimas horas da noite e nas primeiras horas do dia. A maior concentração de CO<sub>2</sub> registrada foi no dia 25 de outubro de 1995, no horário de 9 horas no valor de aproximadamente 385 ppmv (Figura 6).

Tendo em vista que a maior concentração de CO<sub>2</sub> registrada na área da Caatinga foi de 547 ppm, verificou-se uma diferença entre as duas áreas de aproximadamente 162 ppm, representando o período seco (Gráfico 23).

Já no período chuvoso a maior concentração de CO<sub>2</sub> registrada na floresta amazônica ocorreu às 9 horas no dia 16 de fevereiro de 1996 no valor de aproximadamente 405 ppmv. Considerando que a maior concentração de CO<sub>2</sub> registrada na área da Caatinga foi de 464 ppm, verificou-se uma diferença entre ambas as áreas de 59 ppm.

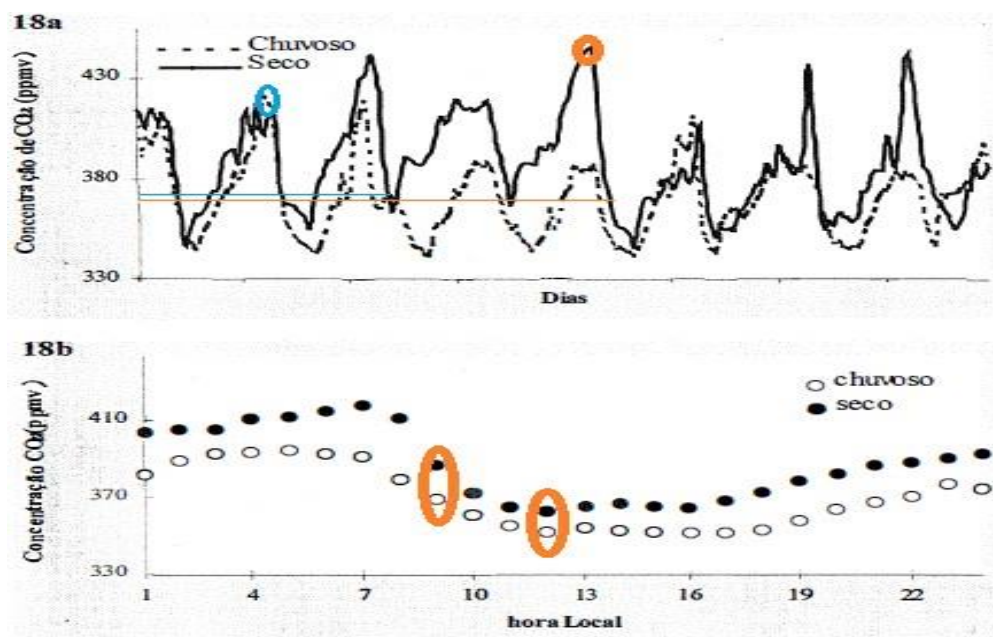
Portanto, foi observada que nos dois períodos de estudo a área preservada da Caatinga apresentou maior concentração de carbono em relação à área de floresta amazônica. Possivelmente influenciado pela altura (46,5m) onde foi realizado as medições das concentrações de CO<sub>2</sub> na floresta amazônica, na parte superior do dossel da vegetação, já na área de Caatinga às medições foram realizadas a 1,5m do solo, sofrendo maior influência desse.

Conforme Silva et al. (2015) a razão na qual as concentrações de CO<sub>2</sub> é superior na parte próxima a superfície do solo é decorrente a dois fatores: a) à colaboração da respiração do solo; b) à redução na velocidade do vento na parte inferior da vegetação, impossibilitando o processo de trocas gasosas entre o interior da área com a atmosfera. No qual, ocorre baixa influência de radiação solar, elevada concentração de vapor d'água no ar e ainda menor condutância estomática, dessa forma contribuindo para baixa taxa fotossintética, e assim possibilitando acúmulo de CO<sub>2</sub>.

A diferença sazonal das concentrações médias para região da Caatinga foi de 39,5 ppm, considerando que a concentração média para o período seco foi de 413,5 ppm e para o período chuvoso de 374 ppm. Já para região de floresta amazônica foi de 17 ppmv, tendo em vista que a concentração média do período seco foi de 387 ppmv e para o período chuvoso de 370 ppmv. Mostrando que para ambas as regiões as concentrações de CO<sub>2</sub> foram 10,6% (Caatinga) e 4,6% (Amazônia) maiores no período seco.

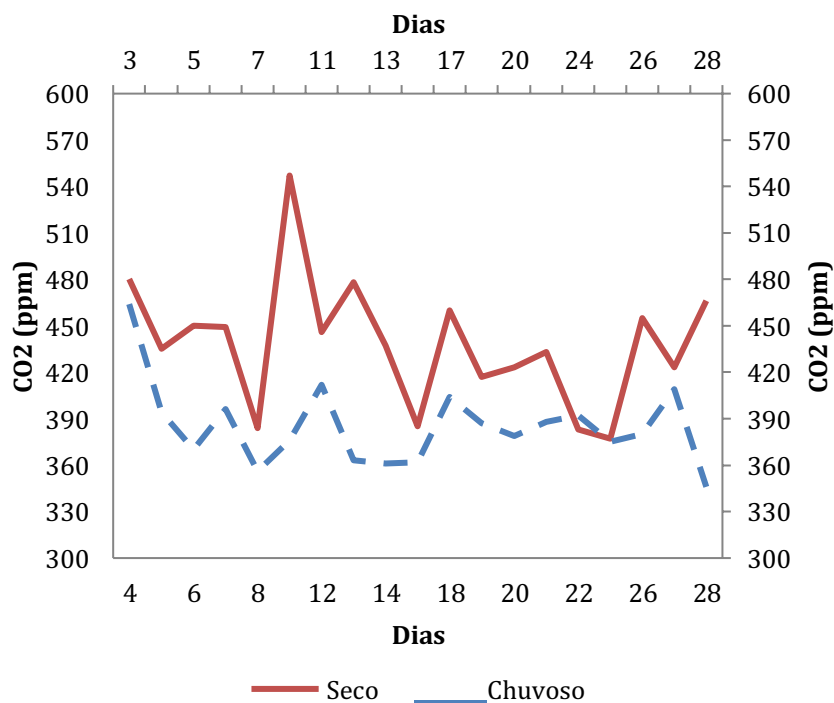
No período seco as concentrações foram maiores em decorrência do consumo de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) durante o processo de fotossíntese ser maior, devido à abertura estomática das plantas, bem como do processo de convecção, que resulta em maiores temperaturas (SOUZA FILHO et al., 2005). Ainda segundo Silva et al. (2015), outro fator a influenciar seria o processo de decomposição da matéria orgânica presente no solo, que intensificado por elevadas temperaturas e diminuição da umidade, resultaria em maiores concentrações de CO<sub>2</sub>.

**FIGURA 6.** Concentrações de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para período seco e chuvoso na região da Amazônia Central – 1995.



Fonte: Costa, 2000.

**GRÁFICO 23.** Médias dos níveis de Dióxido de Carbono em área preservada da Caatinga – período seco e chuvoso.



Fonte: Autoria própria, 2021.



## 6. CONCLUSÃO

Foi observado que a evolução da concentração do dióxido de carbono se alterou ao longo do dia, os horários utilizados de medição foram representativos para os períodos da manhã e tarde.

A área preservada da Caatinga apresentou elevadas concentrações de CO<sub>2</sub>, em quase todos os dias de medições, com exceção daqueles que foram influenciadas pelos fatores temperatura do ar, umidade relativa do ar, nebulosidade e intensidade dos ventos.

O vento fraco sempre esteve relacionado a maiores concentrações de CO<sub>2</sub>. Dias mais úmidos, assim como dias nublados também tenderam a influenciar positivamente as concentrações. Quanto às temperaturas, não apresentam uma relação direta ou inversa com as concentrações, sempre estiveram associadas a outras variáveis para influenciar nas concentrações.

Foi verificado que na área da Caatinga as concentrações de Dióxido de Carbono foram maiores no turno da tarde com temperaturas mais elevadas, no período seco (no mês analisado), com exceção dos dias que influenciados pela intensidade do vento, permitiram maior concentração no turno da manhã. O período seco apresentou as maiores concentrações de CO<sub>2</sub> (novembro) que o período chuvoso (fevereiro).

Observou se que no comparativo entre a área da Caatinga e da floresta Amazônica, a região do sertão paraibano apresentou maiores concentrações de CO<sub>2</sub>, em decorrência, possivelmente, das medições terem sido realizadas na área próxima a superfície do solo, influenciando diretamente em maiores níveis de dióxido de carbono.

**Sugestão de Trabalhos Futuros:**

Analisar uma média de três meses como representativo do período seco e de três meses do período chuvoso para fazer o comparativo.

Analisar outras áreas de Caatinga preservada, sem influência da área de bordadura.

## REFERÊNCIAS

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAPB). Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id\\_municipio=150&date\\_chart=2021-04-30&period=week](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id_municipio=150&date_chart=2021-04-30&period=week). Acesso em: 19 abr. 2021.

AMBIENTE, Ministério do Meio. **Protocolo de Quioto**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>. Acesso em: 08 fev. 2021.

ARAUJO, Kallianna Dantas et al. Cinética de evolução de dióxido de carbono em área de caatinga em São João do Cariri-PB. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1099-1106, 2011.

ARAÚJO, SMS de. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, v. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.

BARBOSA, Roberto et al. Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.

BLANK, Dionis Mauri Penning. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 2, p. 157-172, 2015.

BERLATO, Moacir Antonio; CORDEIRO, Ana Paula Assumpção. Sinais de mudanças climáticas globais e regionais, projeções para o século XXI e as tendências observadas no Rio Grande do Sul: uma revisão. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de dezembro de 2009, Edição extra.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso pulico e coletivo. 2003.

BRITO MORAIS, Ygor Cristiano et al. Análise do Sequestro de Carbono em áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 585-599, 2017.

CAIN, Michael L.; BOWMAN, William D.; HACKER, Sally D. **Ecologia**. Artmed Editora, 2017.

CAVALCANTI, Marília Costa. Estoque de carbono e nitrogênio sob diferentes usos do solo no semiárido brasileiro. 2019. 66 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

COAN, B. DE P.; BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Precipitação mensal e anual provável no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, 2014.

CONWAY, Thomas; TANS, Pieter. **Atmospheric Carbon Dioxide Mixing Ratios from the NOAA CMDL Carbon Cycle Cooperative Global Air Sampling Network (2009)**. Environmental System Science Data Infrastructure for a Virtual Ecosystem; Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Oak Ridge, TN (United States), 2009.

COSTA, Rafael Ferreira. **Fluxos de dióxido de carbono em uma área de floresta na Amazônia Central**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DA FONSECA, Weleson Barbosa; BARROS, Emerson Serafim; DA SILVA BARBOSA, Alex. EFLUXO DO DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EM SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1, 2019, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande, 2020.

DE SOUZA, Jacimar Luis; PREZOTTI, Luiz Carlos; GUARÇONI M, André. Potencial de seqüestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia (Arica)**, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2012.

DOS SANTOS, Alécio Marcelo Lima et al. **ANÁLISE DE METODOLOGIA DA CINÉTICA DE EVOLUÇÃO DO CO<sub>2</sub> SOB INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO**, p. 1-388–416, 2020.

FERREIRA JUNIOR, Miércio Jorge Alves et al. **Avaliação do impacto dos diferentes usos do solo nas emissões de C-CO<sub>2</sub> na região de planalto de Santarém, Pará**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará.

FONSECA, Sérgio de Mattos et al. Avaliações diárias e sazonais das concentrações de co<sub>2</sub> em um ecossistema de manguezal: dimensões micrometeorológicas e econômicas. 2010

FUNG, I. Y.; TUCKER, C. J.; PRENTICE, K. C. Application of advanced very high resolution radiometer vegetation index to study atmosphere-biosphere exchange of CO<sub>2</sub>. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 92, n. D3, p. 2999-3015, 1987.

GIONGO, Vanderlise et al. Carbono no sistema solo-planta no Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

GOMES, Cristovão; SILVA, Michael Lima; DA SILVA, Adeildo Cabral. Monitoramento da qualidade do ar e conforto ambiental urbano da avenida treze de maio em Fortaleza, Ceará. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 22589-22602, 2019.

IMAFLORAI. Análise da evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970–2013): setor agropecuário. São Paulo: **Observatório do Clima**, 2015.

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A.Meyer (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014, 151p.

ISMAEL, Fernanda Carolina Monteiro et al. Diagnóstico da erosão do solo na área do Campus da UFCG em Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 11, 2013.

JUNGES, Alexandre Luis et al. O “Efeito Estufa” na Sala de Aula: um experimento de baixo custo para demonstrar a absorção de radiação infravermelha por gases estufa como o dióxido de carbono. **Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis. Vol. 37, n. 2 (ago. 2020), p. 849-864, 2020.**

LACERDA, Aldenice Correia et al. Influência topoedafoclimática na produção primária bruta no semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 06, p. 3119-3135, 2020.

LEITE, Luiz Fernando Carvalho; PETRERE, V. G.; SAGRILO, Edvaldo. Sequestro de carbono em solos da região Semiárida brasileira estimado por modelo de simulação em diferentes sistemas produtivos. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL: CLIMA, SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS-ICID+ 18, 2., 2010, Fortaleza. Clima, sustentabilidade e desenvolvimento em regiões semiáridas. Fortaleza: BND-ETENE: MMA, 2010., 2010.

LIMA, T. A. R. F. **Modelagem do mapeamento das emissões e remoções de carbono decorrentes de mudanças no uso da terra**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 115, 2017.

LOPES, Rosimeire Batista; MIOLA, Deise Tatiane Bueno. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. **SYNTHESIS| Revista Digital FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 127-143, 2010.

MIRANDA, Alexandre Amadeu Cerqueira de et al. Relação entre indicadores de qualidade de solo sob diferentes sistemas de manejo. 2018.

MOGNON, Francelo. Dinâmica do estoque de carbono como serviço ambiental prestado por um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana localizada no Sul do Estado do Paraná. 2013.

NOAA Solar Calculator – Global Monitoring Laboratory, Earth System Research Laboratories. Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>. Acesso em: 04 mar. 2021.

NÓBREGA, Ranyére Silva et al. REFLEXÕES SOBRE O SEMIÁRIDO. 2017.

PINOTTI, Carla Regina. Variabilidade espaço-temporal da emissão de CO<sub>2</sub> do solo em área de eucalipto no Cerrado do Mato Grosso do Sul. 2017.

PIRES, Wilis Neiva et al. Fluxos de radiação, energia, CO<sub>2</sub> e vapor d'água em uma área de caatinga em regeneração. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2018.

RIBEIRO, K.; SOUZA-NETO, E. R.; CARVALHO-JUNIOR, J.A.; LIMA, J.R.S.; MENEZES, R.S.C.; DUARTE-NETO, P.J.; GUERRA, G.S.; OMETTO, J.P.H.B. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 1048–1057, 2016.

ROQUETTE, José Guilherme. Distribuição da biomassa no cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1350-1363, 2018.

SÁNCHEZ, Antonio Santos et al. Alternative biodiesel feedstock systems in the Semi-arid region of Brazil: Implications for ecosystem services. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 2744-2758, 2018.

SANTOS, Samira de Azevedo et al. Análise do controle ambiental nas trocas de energia, vapor d'água e CO<sub>2</sub> em área de caatinga. 2011.

SILVA, Aldenice Correia da. **Estimativa de sequestro de carbono no bioma caatinga: estudo do balanço de carbono sob a influência da altitude**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

SILVA, B.B. Estimativa de sequestro de carbono por sensoriamento remoto. In: GALVÍNCIO, J.D (Ed.). Mudanças climáticas e modelos ambientais: caracterização e aplicações. Recife, BRA: Editora Universitária da UFPE, 2012. P. 51-70.



SILVA JÚNIOR, Rosiberto Salustiano da et al. Estudo da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico em área de pastagem na região amazônica. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 3, p. 259-270, 2004.

SILVA, MICHELLE FERREIRA et al. Analysis of drought severity by orbital data: Effects in northeastern of the Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 7, n. 4, p. 242-249.

SILVA, Mylena Vieira et al. Análise do perfil vertical de CO<sub>2</sub> em uma área de floresta na Amazônia central. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 22-26, 2015.

SOUZA, Bartolomeu Israel de; ARTIGAS, Rafael Cámara; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Caatinga e desertificação. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUZA, Bruna Vieira de et al. Estoque de carbono em diferentes fisionomias de Caatinga do Seridó da Paraíba. 2012.

SOUZA FILHO, José Danilo da Costa et al. Mecanismos de controle da variação sazonal da transpiração de uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 223-229, 2005.

SPIELHAGEN, Robert F. Hotspots in the Arctic: Natural archives as an early warning system for global warming. **Geology**, v. 40, n. 11, p. 1055-1056, 2012.

TONIOLO, João Cláudio; CARNEIRO, Celso Dal Ré. Processos geológicos de fixação de carbono na Terra e aquecimento global. **Terrae Didactica**, v. 6, n. 1, p. 31-56, 2010.

VALENTINI, R. et al. Seasonal net carbon dioxide exchange of a beech forest with the atmosphere. **Global Change Biology**, v. 2, n. 3, p. 199-207, 1996.

WILLS, William. Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de emissão de gases de efeito estufa na economia do Brasil. **DSc.**, **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2013.

XIE, Jing et al. Ten-year variability in ecosystem water use efficiency in an oak-dominated temperate forest under a warming climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218, p. 209-217, 2016.