Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.09,2024
ISSN 2178-6925

ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM UMA REGIÃO URBANA DE GURUPI, TOCANTINS, BRASIL.

ANALYSIS OF CARBON DIOXIDE CONCENTRATION IN AN URBAN AREA OF GURUPI, TOCANTINS, BRAZIL.

Tássio Silva Rodrigues

Discente em Engenharia Civil, Universidade de Gurupi, Brasil

E-mail: rodriguestassiosilve@gmail.com

Camila Ribeiro Rodrigues

Docente do Curso Superior de Engenharia Civil, Universidade de Gurupi, Brasil

E-mail: camilaribeiro@unirg.edu.br

Resumo

O dióxido de carbono (CO2) é um dos principais gases de efeito estufa (GEE) do nosso planeta. Presente naturalmente na atmosfera, suas altas concentrações são grandes contribuintes para as mudanças climáticas. Desde a revolução industrial, notou-se um aumento alarmante nos níveis de GEE. A construção civil, por exemplo, é citada como uma das áreas com a maior liberação desses gases de efeito estufa na atmosfera; só na Europa, as emissões de CO2 da indústria da construção representam cerca de 30% do total, com a indústria do cimento contribuindo com 7% desse montante. Apesar desses dados, no Brasil existem poucos estudos voltados para a análise da concentração de dióxido de carbono nas cidades. O objetivo deste artigo é mensurar e avaliar de forma quantitativa a concentração dos níveis de dióxido de carbono em uma região urbana da cidade de Gurupi, Tocantins, Brasil. Além disso, foi realizada uma comparação entre o CO2 presente em dois canteiros de obras com os níveis encontrados na região central e o outro em uma área mais arborizada da cidade. Para a coleta dos dados, foi utilizado o JD-3002 Air Quality Tester, um dispositivo multifuncional capaz de medir os níveis de CO2 na atmosfera. Com os resultados obtidos, observou-se uma média de 404 ppm na concentração de dióxido de carbono nos quatro locais avaliados. Embora exista uma diferença entre os níveis de CO2 nos canteiros de obras em relação à área periférica com alta arborização, essa diferença não foi considerada significativa. Contudo, observou-se uma estreita relação entre os níveis de CO2 presentes no ar e a ventilação do local. Por exemplo, o prédio em construção com circulação de ar limitada apresentou os mais altos níveis desse gás em seu microclima, além de ficar suspenso no ar por um longo período.

Palavras Chaves: Dióxido de Carbono; Construção Civil; Canteiro de Obras.

Abstract

Carbon dioxide (CO2) is one of the main greenhouse gases (GHGs) on our planet. Naturally present in the atmosphere, its high concentrations contribute significantly to climate change. Since the industrial revolution, there has been an alarming increase in GHG levels. For instance, the construction industry is cited as one of the major sources of greenhouse gas emissions in the atmosphere; in Europe alone, CO2 emissions from the construction industry account for about 30% of the total, with the cement industry contributing 7% of that amount. Despite this data, there are few studies in Brazil focused on analyzing carbon dioxide concentrations in cities. The objective of this article is to quantitatively measure and evaluate the concentration of carbon dioxide levels in an urban area of Gurupi, Tocantins, Brazil. Additionally, a comparison was made between CO2 levels in two construction sites and those found in the central region and a more wooded area of the city. Data collection was done using the JD-3002 Air Quality Tester, a multifunctional device capable of measuring CO2 levels in the atmosphere. The results showed an average concentration of 404 ppm of carbon dioxide across the four evaluated locations. Although there was a difference in CO2 levels between the construction sites and the peripheral area with high vegetation, this difference was not considered significant. However, a close relationship was observed between airborne CO2 levels and ventilation. For example, a building under construction with limited air circulation exhibited the highest levels of this gas in its microclimate, remaining suspended in the air for longer periods.
Keywords: Carbon Dioxide; Civil Construction; Construction Site.

1. Introdução

O gás carbônico (CO2) também conhecido como dióxido de carbono, é um composto químico essencial para diversos processos naturais e industriais no planeta Terra, ele está presente naturalmente na atmosfera terrestre, sendo vital para a vida e participando do processo de fotossíntese das plantas. Contudo, na atmosfera ele é um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global quando presente em altas concentrações (JUNGES et al., 2018).

Segundo o IPCC (2021), o CO2 é classificado como um Gás de Efeito Estufa (GEE) de longa duração, isso significa que ele pode permanecer por séculos na atmosfera e nos oceanos. Entretanto, mesmo que parte desse gás seja proveniente de processos naturais, sua maior parte ainda provém de fatores antropogênicos, através de indústrias e a queima de combustíveis fósseis.

Conforme citado por Stachera (2008), a indústria da construção civil é um dos setores com a maior emissão de gases causadores do efeito estufa, sendo o setor com um consumo médio de 75% dos recursos naturais disponíveis no planeta, nas cidades europeias por exemplo a emissão de CO2 pelas indústrias da construção correspondem aproximadamente a 30% do total de emissões, somente a indústria da produção do cimento é responsável por 7% das emissões de CO2. Já no Brasil, há poucos estudos relevantes sobre as emissões provenientes do setor de produção de materiais de construção, mesmo com várias instituições que analisam e se preocupam com as questões ambientais e sustentáveis no país.

Uma dessas instituições é a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que oficializou o compromisso nacional para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa, onde estabeleceu metas para o Brasil até o ano de 2020. Essa mesma lei orienta as necessidades e objetiva compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com as questões ambientais, como a diminuição das emissões antropogênicas de diferentes fontes desses gases.

O acúmulo excessivo de CO2 na atmosfera não prejudica somente a fauna e a flora, ele pode comprometer também a saúde humana, causando várias patologias pulmonares e até mesmo cardíacas, podendo levar o ser humano a hospitalizações ou até à morte, como mencionado por Silva et al (2016). No campo da construção civil também podemos citar prejuízos para as construções, como é o caso da carbonatação, que é o fenômeno onde ocorre a diminuição do pH dos materiais cimentícios do concreto, causada pela reação físico-química entre os compostos hidratados do cimento e o gás carbônico presente na atmosfera, levando à despassivação do concreto e à corrosão do aço.

Visando à constante expansão da construção civil, e o déficit na mensuração dos GEE na atmosfera, é possível perceber a extrema importância da realização de estudos que visem minimizar os danos causados pela área. Desta forma, o presente estudo tem o intuito de mensurar quantitativamente o nível de CO2 presente na atmosfera, para a coleta dos dados, quatro locais foram escolhidos na cidade de Gurupi, Tocantins, Brasil.

Gurupi é a terceira maior cidade do estado do Tocantins, sendo o polo regional de todo Sul do estado. As principais fontes de renda do município são a pecuária, a agricultura e o comércio. Localiza-se ao sul do Tocantins, a 214 km de Palmas, Capital do Estado do Tocantins, e a 596 km de Brasília. Fica no limite divisório de águas entre o Rio Araguaia e o Rio Tocantins, às margens da BR-153. Em 2022, a área do município era de 1.844,164 km², o que o coloca na posição 48 de 139 entre os municípios do estado e 813 de 5570 entre todos os municípios. Em 2021, o PIB per capita era de R$ 29.950,02. Na comparação com outros municípios do estado, ficava nas posições 51 de 139 entre os municípios do estado e na 2137 de 5570 entre todos os municípios. Em relação ao meio ambiente ele apresenta 42% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 88,7% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0,4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada segundo o site do IBGE (2022).

O presente artigo trata-se de um estudo de campo com uma abordagem quantitativa, pois visa mensurar o nível de CO2 presente na atmosfera em quatro pontos específicos da cidade de Gurupi-To. Devido ao gás carbônico ser o mais importante dos GEE, e sua estreita relação com a construção civil o mesmo escolhido como objeto de estudo. Outro fator preponderante para a escolha desse tema é a falta de análises da concentração desses gases em municípios de pequeno porte, levando em consideração que a maioria dos artigos tem seu foco em grandes cidades ou em regiões rurais do país.

Contudo, apesar de uma maior preocupação ambiental a nível global e nacional, a indústria brasileira da construção civil está “longe” do que seria um processo que desenvolva produtos ecologicamente corretos para o mercado consumidor. Mesmo com algumas iniciativas como normas legislativas para a separação e reciclagem de entulho (Resolução 307/2002 do CONAMA).

A construção civil possui uma parcela significativa na economia e geração de empregos, porém nesse setor existe uma utilização intensa de recursos naturais e geração de poluentes. Já no que se refere às emissões de GEE na produção de materiais de construção, os impactos ambientais causam problemas tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento (STACHERA, 2008).

2. Revisão da Literatura

A preocupação com a sustentabilidade e os impactos ambientais já vem sendo discutida há muito tempo, porém ganhou notoriedade na década de 1980, quando a influência antrópica nas mudanças climáticas foi objeto de estudo no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernamental Panel on Climate Change – IPCC). Criado em 1988 pela Organização das Nações Unidas (ONU), o IPCC tornou-se referência para que países elaborem inventários de emissão de gases de efeito estufa. Já em 1997 durante a Convenção-Quadro das Nações Unidas surgiu o Protocolo de Quioto, quando mais de 30 países se comprometeram a diminuir a emissão de gases causadores do processo de aquecimento global (KOZLOSKI, 2020).

No Brasil, a poluição atmosférica é determinada pela quantificação das substâncias poluentes presentes no ar, conforme a Resolução CONAMA n° 491 de 19 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018), que define como poluente qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que possam tornar o ar impróprio à saúde, danoso aos materiais, à fauna, flora ou prejudicial à segurança nas atividades normais da comunidade.

Segundo Stoco (2022), dentre as recomendações publicadas pelo IPCC, podemos citar as subdivisões de fontes emissoras de gases de efeito estufa (GEE), sendo elas: O setor de energia, que compreende todas as emissões de poluentes, onde podemos apontar as emissões oriundas da área da construção civil; Setor de processos industriais, que engloba a indústria mineral, química, metalúrgica, solventes e eletrônicos; Agropecuária, que engloba o manejo de animais, cultivo de arroz entre outros; Uso de terras, mudanças do uso de terras e florestas e o Setor de resíduos, que contempla as emissões geradas pelas disposições de resíduos sólidos, tratamento biológico, incineração e queima.

Contudo, mesmo com o efeito estufa sendo um fenômeno natural e necessário para a manutenção da vida na Terra, e também sendo ele responsável por captar e reter parte da energia emitida pelo sol, o aumento desordenado dos

GEE, em quantidades maiores que as absorvidas pelos sistemas naturais, vem sendo a principal causa do fenômeno do aquecimento global. Os gases internacionalmente reconhecidos como gases de efeito estufa regulados pelo Protocolo de Quioto, a saber, são: dióxido de carbono (CO2); metano (CH4); óxido nitroso (N2O); hexafluoreto de enxofre (SF6); hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs) (SILVA, 2014).

Segundo Peixoto (2022), o gás carbônico é o mais importante GEE, contribuindo com 66% do aumento dos GEE de longa duração, de acordo com o IPCC as concentrações desse gás vêm aumentando desde a década de 1750, devido às atividades humanas. No ano de 2018 a concentração global de CO^2 foi de 407,8 partes por milhão (ppm), atingindo assim 147% do nível pré-industrial que era de 278 ppm, tendo como principais causas a queima de combustíveis fósseis, desmatamento, mudanças no uso da terra e a produção de cimento.

As principais causas das mudanças climáticas desde a revolução industrial são majoritariamente causadas por fontes energéticas poluentes não renováveis, fomentadas pelos processos industriais. Nesse sentido, o setor da construção civil destaca-se como um dos maiores emissores de GEE entre as fontes antropogênicas, principalmente quando se refere à produção dos materiais utilizados nas construções das edificações, sendo considerado desde a extração da matéria prima, transporte, manufatura do material até o resultado da obra pronta (PEREIRA, 2014).

Seja nas etapas iniciais, desde a extração da matéria prima como na construção ou nas etapas finais do projeto, a construção civil é um setor produtivo com alta demanda de recursos naturais, apresentando um consumo de 30% de energia direta e 50% de energia indireta. Em relação a sua participação na emissão de GEE globais, a construção civil é responsável por aproximadamente 30% do total de CO^2 emitido à atmosfera. Na indústria o Brasil registrou uma emissão de 22,048 milhões de toneladas de CO^2, só na produção de cimento, perdendo somente para a produção de ferro-gusa e aço, com aproximadamente 35,437 milhões de toneladas de CO^2eq (SILVA, 2014).

Já no Rio de Janeiro, como meta para mitigar a emissão de poluentes atmosférico, foi o primeiro estado brasileiro a aderir a Campanha das Cidades pela Proteção do Clima, lançada em 1998 pelo Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais (ICLEI), a campanha já havia definido nível de 10% como meta de redução das emissões de poluentes atmosféricos. Uma das ações imediatas à divulgação do Protocolo de intenções foi à exigência legal da compensação das emissões de GEE pelo setor da construção civil e a instituição do ano de 2007 como o ano da arborização com a criação do Programa Municipal de Arborização Urbana (LAERA et al, 2012).

Na saúde, a ação desse gás pode causar prejuízos irreversíveis, os produtos provenientes da queima de combustível fóssil ficam dispersos na atmosfera podendo ser inalados, comprometendo o bom funcionamento de todo um sistema respiratório. Os efeitos da exposição a esses poluentes atmosféricos sobre o corpo humano podem provocar internações ou até mesmo patologias graves que podem levar o indivíduo a morte (JASINSKI et al, 2011; BUENO et al, 2010).

Já na construção civil o CO^2 também pode ser danoso para as edificações, como é o caso da carbonatação, que em termos gerais pode ser descrito como o processo que ocorre quando o dióxido de carbono (CO_2) do ar penetra no concreto e reage com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) presente na pasta de cimento. Isso resulta na formação de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), reduzindo o pH do concreto e comprometendo a camada passiva que protege o aço da corrosão. O processo de carbonatação avança do exterior para o interior do concreto, e quando atinge as armaduras, pode iniciar a corrosão do aço diminuindo assim sua seção (VALENÇA, 2016).

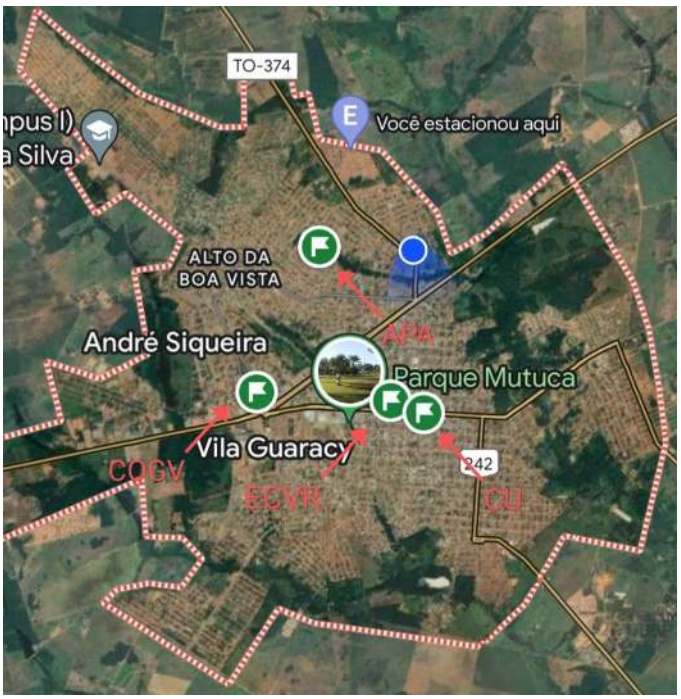
Para mitigar os danos ocasionados pela poluição atmosférica, é crucial que se identifique as principais fontes de contaminação e monitorar os seus níveis de emissão a que a população está exposta. A Organização Mundial da Saúde (OMS) tem estabelecido valores limites de exposição, contudo, foi dada a cada país a autonomia de construir suas próprias referências. Para a elaboração desses critérios, cada nação tem que levar em consideração não somente os danos à saúde populacional, como também os perigos que estes poluentes podem oferecer

para a fauna, a flora, corpos d'agua e ao patrimônio público e privado, pois alguns desses exemplos, seja ele natural ou feito pelo homem, podem ser mais vulneráveis a certas quantidades de poluentes do que o próprio homem (PEIXOTO, 2022).

3. Metodologia

Realizou-se as medições de qualidade do ar em quatro locais distintos em Gurupi-TO para capturar uma gama representativa das condições ambientais da cidade. A primeira medição ocorreu no centro urbano, caracterizado por sua densidade e atividade. A segunda, em uma área periférica com alta arborização, reflete uma região menos desenvolvida, mas com benefícios de vegetação. As duas últimas medições foram conduzidas em canteiros de obras: uma ao ar livre em um galpão bem ventilado, e a outra em um prédio em construção, onde a circulação de ar é limitada.

FIGURA 01: Mapa de Gurupi-TO com os pontos de pesquisa.



FONTE: Google Maps.

As amostras foram coletadas em três datas distintas: 19 de abril, 25 de abril e 03 de maio de 2024, sempre no intervalo das 15h às 16h. Para que se tenha

uma maior precisão da coleta, o detector de qualidade do ar foi ativado por um período de 10 minutos para garantir a consistência dos dados e uma boa análise estatística.

Para a coleta de dados foi utilizado o jd-3002 Air Quality Tester, um dispositivo multifuncional capaz de medir CO2, HCHO, TVOC, temperatura e umidade. O aparelho também classifica a qualidade do ar em três categorias: excelente, bom e poluído. No entanto, para este estudo, somente foi utilizado medição dos níveis de CO2.

FIGURA 02: Jd-3002 Air Quality Tester dispositivo multifuncional que analisa a qualidade do ar.



FONTE: Próprio autor.

No cálculo da média foi utilizada a seguinte formula: ∑n/n. Para o desvio padrão, que é considerada a medida de dispersão geralmente mais empregada,

pois leva em consideração a totalidade dos valores da variável que estão no estudo foi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(xi - \overline{x})^2}{2}}$$

O desvio padrão é uma métrica que avalia a dispersão dos valores em relação à média. Ele nos diz o quanto os dados se afastam da média. Quando o desvio padrão é igual a 0, significa que todos os valores são idênticos à média, ou seja, não há variabilidade (SILVA et al, 2015)

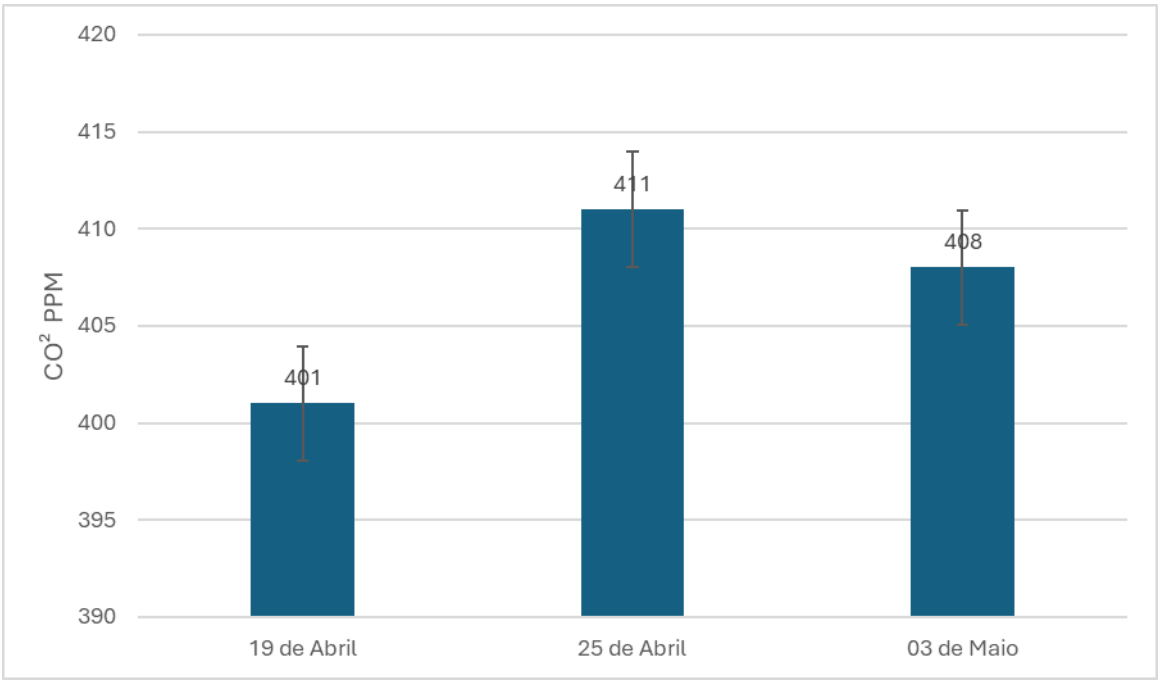
Quanto ao método, trata-se de um estudo de campo com uma abordagem quantitativa. Para a análise estatística foi utilizado o Microsoft Excel para a elaboração de gráficos e tabelas. Uma revisão bibliográfica também foi realizada para contextualizar e discutir os resultados obtidos.

4. Resultados e Discussão

Para facilitar a interpretação dos dados adotaremos abreviações para cada ponto de coleta conforme a terminologia já estabelecida. Assim, temos: Centro Urbano (CU)**,** Área Periférica Arborizada (APA), Canteiro de Obras com Galpão Ventilado (COGV) e Edifício em Construção com Ventilação Restrita (ECVR)**.**

No Centro Urbano (CU), observou-se resultados variados nas medições de concentração de CO2. Em 19 de abril, registrou-se 401 ppm; em 25 de abril**,** 411 ppm; e em 03 de maio, 408 ppm. A média dessas medições foi de 406,67 ppm, com um desvio padrão de 4,18 ppm. Para melhor compreender a dinâmica das emissões de CO2 ao longo do período de coleta no CU, foi elaborado um gráfico que ilustra as flutuações observadas e possibilita a identificação de tendências ou padrões nas variações das concentrações.

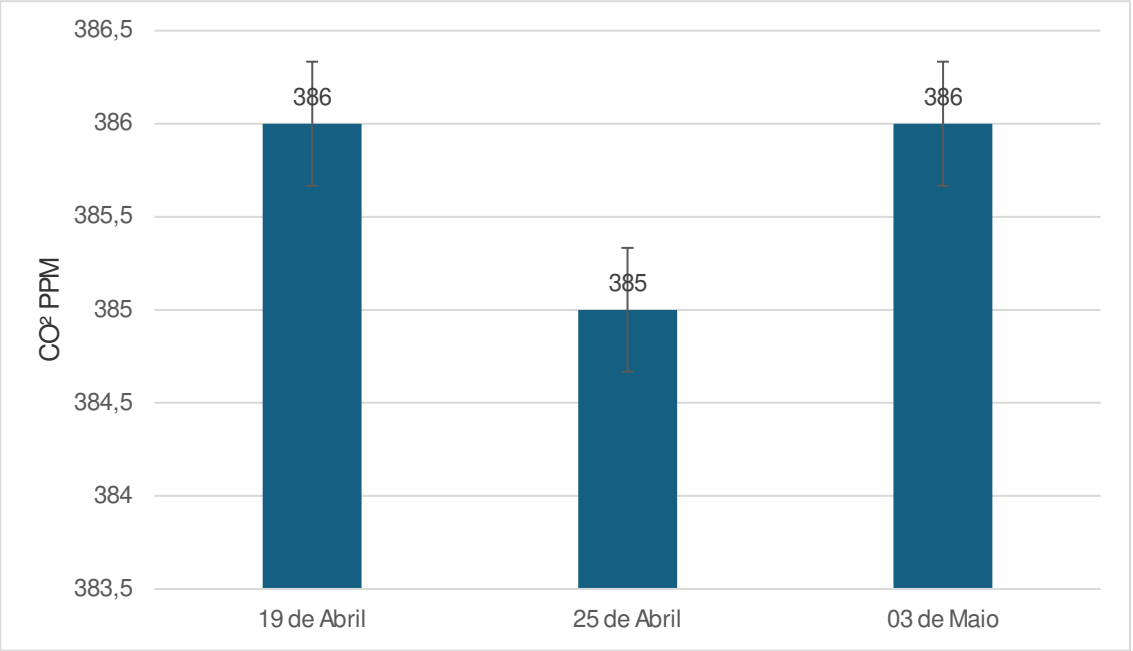
GRÁFICO 01: Concentração de gás carbônico no centro urbano (CU) de Gurupi-TO, por data de análise.



FONTE: Próprio autor

Na Área Periférica Arborizada (APA), as medições de dióxido de carbono apresentaram pouca variação, com 386 ppm registrados em 19 de abril, 385 ppm em 25 de abril, e novamente 386 ppm em 03 de maio. A média calculada desses valores foi de 385,67 ppm, e o desvio padrão ficou em 0,47 ppm. O Gráfico 02 oferece uma visualização detalhada dessas variações, permitindo uma análise mais aprofundada dos dados coletados.

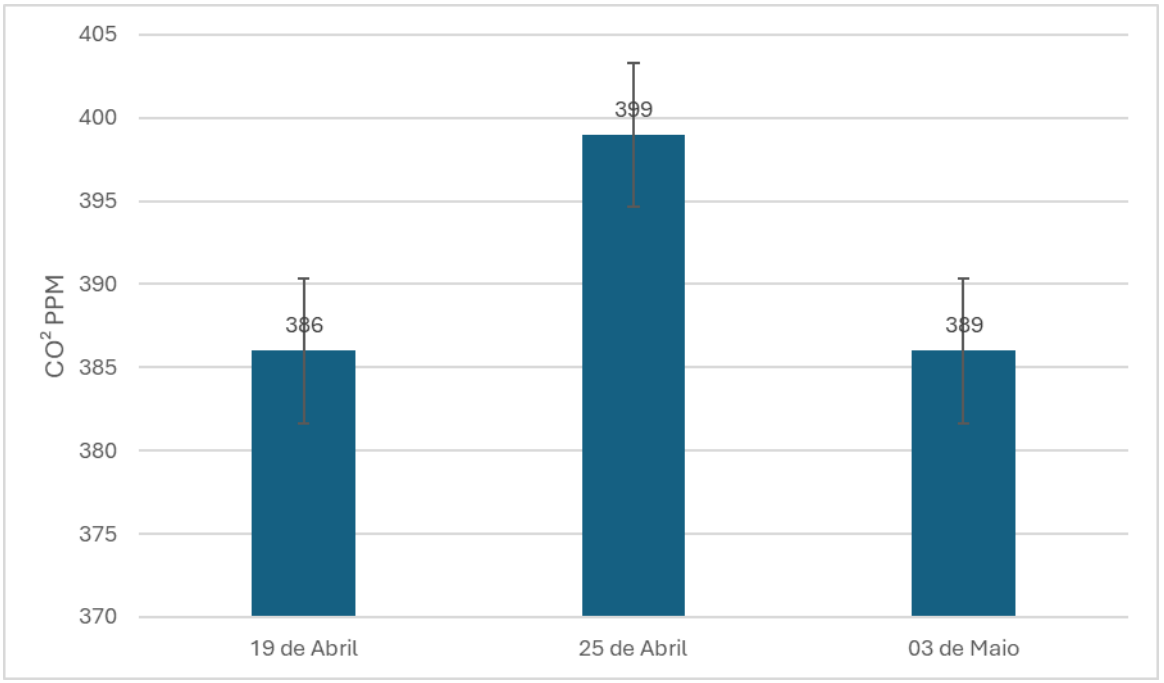
GRÁFICO 02: Concentração de gás carbônico em Área Periférica Arborizada (APA) de Gurupi-TO por data de análise.



FONTE: Próprio autor

No terceiro local de coleta, Canteiro de Obras com Galpão Ventilado (COGV), os valores encontrados para os três dias de observação foram de 386 ppm para o dia 19 de abril, 399 ppm para o dia 25 de abril e 389 ppm para o dia 03 de maio. A média entre os valores foi de 391,33 ppm, e o desvio padrão ficou de 5,56 ppm. Como mostra no gráfico 03.

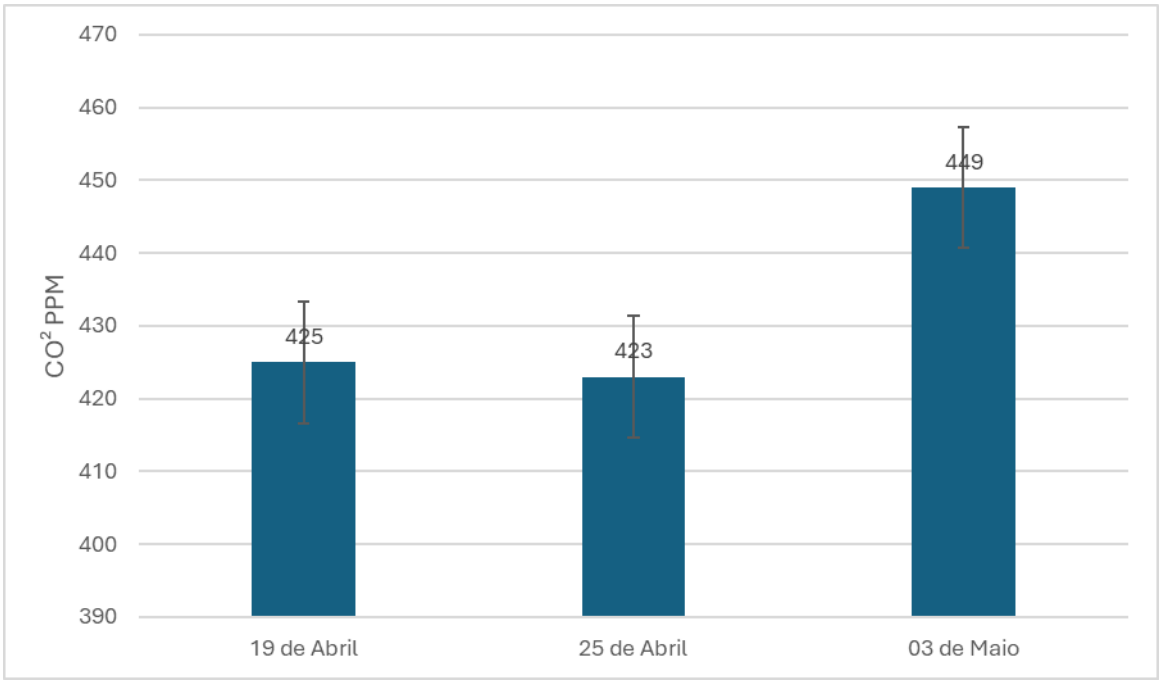
GRÁFICO 03: Concentração de gás carbônico em Canteiro de Obras com Galpão Ventilado (COGV) na cidade de Gurupi-TO por data de análise.



FONTE: Próprio autor

E por fim, o Edifício em Construção com Ventilação Restrita (ECVR)**,** que foi o quarto local de coleta de dados, ficando com os seguintes resultados, 425 ppm no dia 19 de abril, 423 ppm no dia 25 de abril e 449 ppm no dia 03 de maio. A média entre os valores ficou de 432,33 ppm, e o desvio padrão ficou de 11,81 ppm. Como mostra o gráfico 04.

GRÁFICO 04: Concentração de gás carbônico em um Edifício em Construção com Ventilação Restrita na cidade de Gurupi-TO por data de análise.



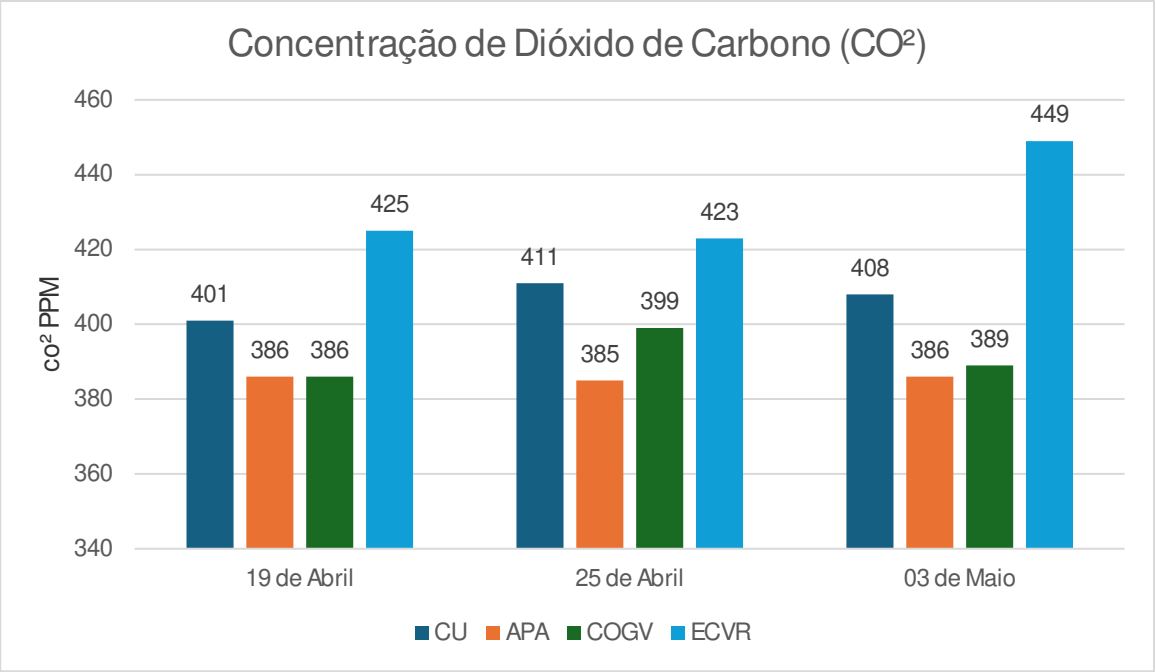
FONTE: Próprio autor

Nos quatro locais estudados, identificou-se uma concentração média de CO_2 de 404 ppm, com uma mediana de 400 ppm. O desvio padrão observado foi de 19,33 ppm. O local que apresentou os maiores níveis de CO_2 foi o edifício em construção com ventilação restrita, enquanto a área periférica arborizada registrou os menores valores. Interessante notar que não houve diferença significativa entre o centro urbano e o canteiro de obras com galpão ventilado.

Observamos que a concentração de CO_2 pode flutuar conforme a intensidade do vento. Ventos mais intensos tendem a dispersar o gás, reduzindo sua concentração no ambiente. Já em locais fechados, como o edifício em construção com ventilação restrita, a concentração de CO_2 se manteve mais alta e estável durante o período de análise.

Durante a coleta de dados no canteiro de obras com galpão ventilado, observou-se um aumento notável nos níveis de CO_2 quando os funcionários utilizaram uma combinação de thinner e óleo queimado para o desmolde das peças do calçamento. Especificamente, a concentração de CO_2 atingiu um pico de 1311 ppm, um nível significativamente elevado que se manteve estável por um intervalo de tempo antes de retornar aos padrões habituais.

GRÁFICO 05**:** Concentração de gás carbônico em todos os pontos avaliados.



FONTE: Próprio autor

Ao analisar os resultados e comparando com os obtidos por Castelo (2022), que avaliou a concentração atmosférica de dióxido de carbono em São Paulo, observou-se que ele registrou uma média de 418 ppm no final de 2021. Isso representa uma discrepância de 14 ppm em relação a esse estudo. Em contraste, Stoco (2022) realizou medições similares em dois locais diferentes na mesma cidade durante o ano de 2019, alcançando uma média de 416,7 ppm no primeiro local e 430,9 ppm no segundo. Esses resultados indicam que a concentração de CO2 em Gurupi permanece inferior à média de São Paulo. No entanto, é importante ressaltar que São Paulo é uma metrópole com uma população superior a 10 milhões de habitantes, o que influencia significativamente os níveis de poluição atmosférica.

5. Conclusão

Com os resultados encontrados, foi possível concluir que em locais com boa circulação de ar, não se observou uma mudança significativa na concentração de

dióxido de carbono. Contudo, em ambientes onde a circulação de ar é menos intensa, a concentração desse gás chegou a ser 14% maior que o valor médio encontrado no canteiro de obras com galpão ventilado. O que pode interferir na produtividade dos funcionários, pois, apesar de o dióxido de carbono não ser tão patogênico quanto o monóxido de carbono, conforme citado pela Industrial Scientific em 2018, essa concentração elevada pode causar sinais e sintomas como sonolência, cefaleias, enjoos ou até mesmo vômitos.

Embora a indústria da construção civil esteja entre as principais fontes de emissão de dióxido de carbono no mundo, é importante destacar que a maior parcela dessas emissões ocorre ainda na manufatura dos materiais, como na produção de aço e cimento. No entanto, a ventilação insuficiente em obras fechadas pode ocasionar astenia nos funcionários exposto ao gás carbônico, o que repercute desfavoravelmente na eficiência produtiva ao longo da jornada laboral.

Uma solução simples, porém, bastante eficaz para essa problemática é a instalação de ventiladores e exaustores nos locais que apresentam pouca ventilação. Isso fará com que o ar circule de maneira mais eficiente, promovendo uma maior qualidade do ambiente e, consequentemente, uma maior produtividade dos colaboradores da empresa.

A quantificação precisa da concentração de poluentes atmosféricos, como o dióxido de carbono e outros gases resultantes de atividades antrópicas, é fundamental para antever as transformações futuras do planeta Terra. Atualmente, uma das técnicas mais recorrentes para deduzir a composição atmosférica de eras passadas é a execução de sondagens profundas nas camadas de gelo da Antártica. Contudo, graças aos avanços tecnológicos, agora dispomos de métodos que permitem mensurar e analisar a qualidade do ar com extrema exatidão, o que reduz a dependência de expedições científicas transcontinentais.

Esta reflexão sugere que, quanto maior for o número de pesquisas relacionadas a concentração de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, mais claros se tornarão os padrões futuros desses gases. Isso é crucial para que o Brasil possa desenvolver políticas públicas eficazes na redução da emissão de poluentes.

Embora já existam legislações que abordam essa questão, o país ainda anda em passos lentos no que tange ao controle das emissões de GEE.

Referências

Brasil, M. do M. A. (2018). RESOLUÇÃO No 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018 – Imprensa Nacional. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603. Acesso dia 24 de março de 2024.

Brasil. (2009). Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm Acesso dia 24 de março de 2024.

CASTELO, Daniel Prado. **Análise da concentração de dióxido de carbono nos sítios experimentais do projeto metroclima na cidade de São Paulo**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Acesso em: 20 maio 2024.

INDUSTRIAL SCIENTIFIC. MONÓXIDO DE CARBONO X DIÓXIDO DE CARBONO: UMA COMPARAÇÃO. Disponivel em: https://www.indsci.com/pt/blog/mon%C3%B3xido-de-carbono-vs-di%C3%B3xido-de-carbono-uma-compara%C3%A7%C3%A3o#:~:text=O%20excesso%20de%20di%C3%B3xido%20de,o%20CO2%20pode%20ser%20fatal. Acesso dia 15 de maio de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, IBGE Cidades, Gurupi-TO. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/gurupi/panorama Acesso dia 24 de março de 2024.

IPCC. 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte. V. P. Zhai. A. Pirani. S.L. Connors. C. Péan. S. Berger. N. Caud. Y. Chen. L. Goldfarb. M.I. Gomis. M. Huang. K. Leitzell. E. Lonnoy. J.B.R. Matthews. T.K. Maycock. T. Waterfield. O. Yelekçi. R. Yu. and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

JASINSKI. R., PEREIRA, L.A.A., BRAGA, A.L.F., **Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão**. São Paulo. Brasil. entre 1997 e 2004. Caderno de Saúde Pública. V. 27. n. 11. p. 2242-2252. 2011. BUENO. F. F. et al. Qualidade do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis. estado de Minas Gerais. Acta Scientiarum Health Sciences. V.32. n.2. p. 185-18. 2010.

JUNGES, L.A., **EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL A PARTIR DA FÍSICA PARA EDUCAÇÃO BÁSICA.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.5. 2018.

KOZLOSKI, C.L., **Emissão de co2 de materiais de construção civil no brasil: estimativas na etapa projetual de edificações.** Universidade federal de santa maria centro de tecnologia programa de pós-graduação em arquitetura, urbanismo e paisagismo. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 2020.

LAERA, L.H.N., MEIRELLES, M.S.P., TANIZAKI, K.F., **CONTROLE DE EMISSÕES DE CO2 NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS INSTRUMENTOS LEGAIS DISPONÍVEIS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.** R. Inter. Interdisc. INTERthesis, Florianópolis, v.9, n.1, p.223-242, Jan./Jul. 2012.

PEIXOTO, K.P., **Quantificação da concentração de dióxido de carbono (co2) na cidade de Ji-Paraná – Rondônia.** Fundação Universidade Federal de Rondônia Campus de Ji-Paraná Departamento de Engenharia Ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná. Ji-Paraná-RO, 2022.

PEREIRA, M. F. B. (2014). **Conteúdo Energético e Emissões de CO2 em coberturas verdes, de telha cerâmica e de fibrocimento**: Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, Brasil.

POTENZA, R.F., QUINTANA, G.O., CARDOSO, A.M., TSAI, D.S., **ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL.** Observatório do Clima. SEEG 10 anos. 2023.

SILVA, Diêgo Raffael Fernandes da. TELES, Euzébio Cardoso. BARROS, Enicléia Nunes de Sousa. **Patologias em estruturas de concreto armado em ambiente industrial**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 06, pp. 14-41. outubro de 2020.

SILVA, E.S., **Inventário de gases de efeito estufa na etapa de construção de edificações residenciais multifamiliares na região da grande Florianópolis-SC.** Universidade federal de Santa Catarina Centro Tecnológico PPGEC – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, PPGEC, da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2014.

SILVA, J.L.C., FERNANDES, M.W.,ALMEIDA, R.L.F., **Medidas de Dispersão ou de Variabilidade.** Estatísticas e Probabilidade. Capítulo 07. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalago/11402223032022Aula_07.pdf Acesso dia 21 de junho de 2024, às 10h00.

SILVA, M.M.M., SILVA, L.X., SILVA, A.M., DUARTE, T.G., OLIVEIRA, A.C.A., **Efeitos do dióxido de carbono na saúde e no meio ambiente.** 5° Seminário Pesquisar. Faculdade Alfredo Nasser, curso de Biomedicina. Goiânia-GO, 2016.

STACHERA JR., T., **Avaliação de emissões de co2 na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no paraná.** XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

STOCO, M.A., **Dióxido de carbono na cidade de São Paulo: medidas em superfície e análises sazonais.** Universidade de São Paulo instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas departamento de Ciências Atmosféricas. Dissertação apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. São Paulo - SP, 2022.

VALENÇA, D.V.C., **Análise da deterioração do concreto por carbonatação natural com exposição às classes de agressividade ambiental marinha e respingos de maré.** Universidade tecnológica federal do paraná, departamento acadêmico de construção civil, engenharia civil. Curitiba-PR, 2016.