

A Influência das Queimadas na Qualidade do Ar da Cidade de Goiânia-GO

Núbia A. Campos, Tiago G. Ribeiro & Sandro M. Pimenta

A poluição atmosférica é a presença de substâncias que tornam o ar impróprio para a saúde e bem-estar. As queimadas, sejam naturais ou provocadas pelo homem, são fontes significativas de poluição do ar. A queima de biomassa libera gases e partículas suspensas que prejudicam a qualidade do ar e afetam a saúde humana. Este estudo analisou o impacto das queimadas no aumento das partículas suspensas em Goiânia. Os dados de concentração foram coletados pela SEMAD em 2018 e 2019, em três pontos da cidade. A análise revelou uma relação direta entre os focos de queimada e o aumento dos níveis de partículas suspensas. Estudos mais aprofundados são necessários para avaliar os efeitos dessas concentrações na saúde e garantir dados para um plano de gestão da qualidade do ar que atenda os padrões estabelecidos pela legislação atual.

Palavras-chave: *partículas totais em suspensão; poluição; queimadas; qualidade do ar.*

Air pollution is the presence of substances that render the air unfit for health and well-being. Natural and anthropogenic wildfires are significant sources of air pollution. Biomass burning releases gases and suspended particles that degrade air quality and impact human health. This study examined the impact of wildfires on the increase of suspended particles in Goiânia. Concentration data was collected by SEMAD in 2018 and 2019 at three locations in the city. The analysis revealed a direct relationship between wildfire occurrences and elevated levels of suspended particles. Further in-depth studies are required to assess the health effects of these concentrations and provide data for an air quality management plan that meets current legislative standards.

Keywords: *total particles in suspension; pollution; burned; air quality.*

Introdução

Entende-se por poluição atmosférica, toda e qualquer forma de matéria ou substância introduzida no ar com intensidade, concentração, tempo ou características capazes de torná-lo impróprio ou nocivo à saúde, prejudicial à fauna e à flora, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade.¹

Historicamente, nas áreas metropolitanas o problema da poluição do ar tem-se constituído numa das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes, sendo responsável pelo agravamento de doenças respiratórias e cardíacas.²

Dentre as principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos encontram-se as emissões industriais, o intenso tráfego de veículos automotores, a queima de lixo, e outras ações naturais ou antropogênicas, com destaque para as queimadas florestais ocorridas em grande escala. Embora seja bastante criticada por cientistas e ambientalistas, essa prática ainda é muito comum no Brasil.³⁻⁷

A queima de biomassa, pode ser caracterizada como uma combustão incompleta que tem como produtos iniciais dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e água. Após essa etapa, passa a liberar partículas orgânicas, dentre elas o Material Particulado em Suspensão (MPS).⁸

O MPS é um dos poluentes mais relevantes, isso se deve ao fato de que, suas características físicas e químicas abrangem uma gama de classes de poluentes constituídos por poeira, fumaça, partículas totais em suspensão (PTS) e todo material sólido e líquido resultante de reações químicas ocorridas na atmosfera a partir gases como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs) que, devido ao pequeno tamanho, mantém-se suspenso no ar.⁹

As Partículas Totais em Suspensão (PTS) podem ser divididas em dois grupos conforme seu tamanho, sendo: particulados com diâmetros maiores que $2,5\mu\text{m}$ e menores que $10\mu\text{m}$, denominados particulados da moda grossa (PM_{10}) e aqueles com diâmetros menores de $2,5\mu\text{m}$, chamados de particulados da moda fina ($\text{PM}_{2,5}$). Os efeitos na saúde também variam conforme o tamanho das partículas, sendo as menores mais nocivas. Isso porque quanto menor a dimensão e a densidade das partículas, maior sua permanência

no ar e maior sua capacidade de atingir os alvéolos pulmonares. As partículas mais grossas geralmente ficam retidas no nariz e garganta, enquanto as mais finas podem atingir os pulmões e causar doenças respiratórias, cardíacas e até mesmo câncer.¹⁰⁻¹²

As altas temperaturas produzidas pela queima da vegetação, faz com que os minerais contidos no solo se evaporem e ao entrar em contato com o oxigênio da atmosfera, transformem-se em óxidos em suspensão que podem ser introduzidos no organismo humano através da respiração. Esses compostos são capazes de atingir distintas porções das vias aéreas responsáveis pelas trocas gasosas nos pulmões.¹³⁻¹⁵

Os efeitos da concentração desses poluentes podem ser mais visíveis, principalmente durante o inverno, período em que ocorre um aumento significativo do número de internações por problemas cardiorrespiratórios. Um estudo realizado no centro da cidade de Goiânia, mostrou que: as concentrações de partículas finas ($\text{MP}_{2,5}$) e grossas (MP_{10}) apresentaram variação sazonal com uma redução de 80% no período chuvoso. No período de seca, as maiores concentrações de MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$ são influenciadas pela queima de vegetação e de resíduos. Apesar da poluição atmosférica por queimadas ser visível, os impactos relacionados neste âmbito, por não serem perceptíveis a curto prazo, culminam em diminuta atenção da sociedade trazendo consequências principalmente à saúde humana.^{16,17,8}

Desse modo, a qualidade do ar não depende somente da quantidade de poluentes lançados pelas fontes emissoras, mas também de como a atmosfera reage a esses poluentes, dispersando-os ou concentrando-os. Os fatores climáticos como velocidade e direção dos ventos, precipitação e temperatura determinam uma maior ou menor concentração ou diluição de poluentes no ar.¹⁸

Portanto, a poluição atmosférica é uma questão ambiental que não pode ser ignorada e continua a representar uma ameaça para a saúde a nível mundial. O ar livre de poluentes é um requisito básico para a saúde e o bem-estar da população, sendo considerado pela Organização das Nações Unidas como um dos objetivos da sustentabilidade.^{4,19-21}

Diante deste fato, a Legislação Brasileira estabeleceu padrões de qualidade do ar para concentrações de PTS para curtos e longos períodos. Para o período de 24 horas (curto), o padrão de qualidade é $240\mu\text{g}/\text{m}^3$, cujas concentrações de poluentes que ultrapassarem esse padrão poderão afetar a

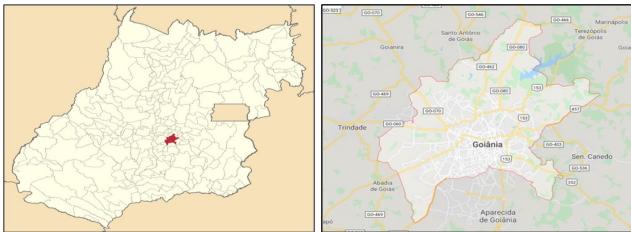
saúde da população. Para longos períodos foram definidas as médias geométricas anuais nos valores de 80 µg/m³. Os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela resolução.²²

Assim, o presente trabalho busca avaliar a influência das queimadas nas concentrações de PTS em áreas urbanas da cidade de Goiânia-GO, de forma a contribuir com a ampliação do conhecimento da comunidade técnico-científica e da população goiana sobre o tema.

Materiais e Métodos

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Goiânia (Figura 1), município brasileiro, capital do estado de Goiás. Dista 209 km de Brasília, localizada em pleno cerrado, um dos biomas mais devastados do Brasil, possui uma população estimada de 1.516.113 habitantes (IBGE, 2019).



Figuras 1 a e b. Localização do Município de Goiânia, onde o estudo foi realizado. Fonte: Wikipédia (2019).

De acordo com a classificação de Köppen²³, Goiânia está localizada em uma região de clima tipo Aw, tropical úmido, caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca, que corresponde ao outono e inverno, e outra úmida, com chuvas torrenciais, que correspondem ao período de primavera e verão. Os maiores índices de precipitação ocorrem de outubro a março e valores mínimos de abril a setembro, mostrando uma distribuição irregular da pluviosidade ao longo do tempo.²⁰

Coleta e Identificação dos Pontos de Amostragem

Os dados de concentração de PTS foram obtidos a partir da amostragem realizada pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD.

A coleta foi realizada utilizando o método do Amostrador de Grande Volume (AGV), neste método o ar é filtrado e as particuladas totais em suspensão ficam retidas no filtro de amostragem. A concentração do poluente é dada pela razão da diferença entre a massa final e inicial do filtro pelo volume total de ar amostrado, corrigido para 25°C e 760 mmHg, em um período de 24 horas.²⁴

A SEMAD, monitora três pontos da cidade, sendo os mesmos localizados: na Praça Cívica (PC), na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás (EE) e na Praça do Trabalhador (PT); todos os pontos encontram-se localizados no centro da cidade e são caracterizados pelo intenso tráfego de veículos.²⁴

Entretanto, devido a problemas no AGV, não foi possível obter os dados de monitoramento da Praça do Trabalhador. O Quadro 1 e a Figura 3 apresentam a localização dos pontos monitorados pela SEMAD.

Quadro 1. Localização dos pontos de monitoramento

Ponto de amostragem	Localização	Coordenadas dos pontos
Praça Cívica	Praça Dr. Pedro Ludovico Teixeira, Setor. Central, Goiânia - GO	16°40'51,90" S 49°15'17,30" O
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás -UFG	Avenida Universitária, Setor Leste Universitário, Goiânia - GO	16°40'37,89" S 49°14'30,45" O
Praça do Trabalhador	Praça do Trabalhador, Setor Central, Goiânia - GO	16°39'48,60" S 49°15'39,10" O

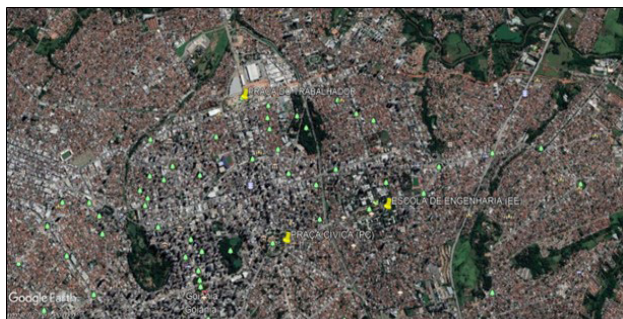


Figura 3. Localização dos pontos monitorados. Fonte: Google Earth (2020).

Método de Amostragem

Para medição dos particulados em suspensão no ar ambiente, foi utilizado o Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão com vazão variável, denominado AGV PTS ou simplesmente AGV. O equipamento foi instalado conforme as normas da Associação brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mais especificamente de acordo com a NBR 9547/97, nos pontos especificados.

O AGV, devidamente instalado no local de medição, puxa uma certa quantidade de ar ambiente que passa por um filtro instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas (nominais). A vazão imprimida pelo aparelho, dentro da faixa de 1,1 m³/min a 1,7 m³/min, bem como a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favorece a coleta de partículas de até 25-50 Qm (diâmetro aerodinâmico). Os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99 por cento para a coleta de partículas FDO (Ftalato de Dioctil) de 0,3 Qm.

O filtro é pesado (após equilibração de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em peso (massa). O volume de ar amostrado, corrigido para condições padrão (25°C, 760 mmHg), é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração das partículas totais em suspensão no ar ambiente é computada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado e é expressa em microgramas por metro cúbico (µg/m³).

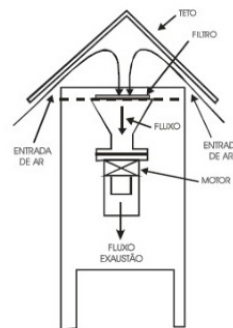


Figura 4. Esquema de funcionamento do AGV- PTS. Fonte: Manual do AGV-PTS.

Quantificação das Queimadas

Para a quantificação e mapeamento dos focos de queimadas dentro do município de Goiânia, nos períodos de 2018 e 2019, foram utilizados os dados disponibilizados pelo INPE. O INPE, tem entre seus objetivos desenvolver tecnologias e aplicações com satélites artificiais e produtos relacionados ao tempo e clima. Na plataforma são disponibilizadas dentre outras informações, o registro de focos de incêndio, estimativa e previsão de riscos de queima da vegetação, e as emissões produzidas pelas queimadas.

As imagens são obtidas por satélites, dentre quais destacam-se o AQUA-M-M, AQUA-M-T, tido como referência segundo pesquisadores do INPE, o GOES-13, GOES-16 e MSG-03. Os dados coletados pelos satélites são processados nas várias estações e disponibilizados ao público.

O banco de dados de queimadas do INPE é mantido em parceria com outros institutos e órgãos governamentais dentre eles, o Departamento de Meio Ambiente e Assuntos Rurais - DEFRA, o Banco Mundial, a Fundação de Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais- FUNCATE e o Ministério do Meio Ambiente - MMA.

De posse desses dados, buscou-se comparar os níveis de concentração de PTS coletados nos pontos de amostragem com o número de focos de queimadas registrados no período mais crítico, o que geralmente ocorre nos meses de julho a setembro, nos anos de 2018 e 2019 e avaliar a influência das queimadas no aumento da concentração de PTS e possivelmente na diminuição da qualidade do ar na cidade de Goiânia.

Resultados e Discussão

A Figura 5 apresenta os valores máximos diários das concentrações médias diárias de PTS na EE e na PC no período de 2018.

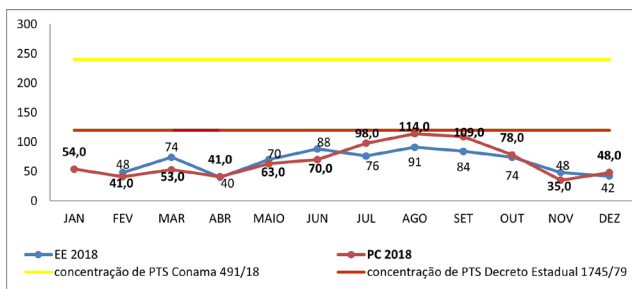


Figura 5. Concentrações máximas diárias de PTS na EE e na PC, no ano de 2018. Fonte: Goiás, 2018.

A Figura 6 apresenta os valores máximos diários das concentrações médias diárias de PTS na EE e na PC no período de 2019.

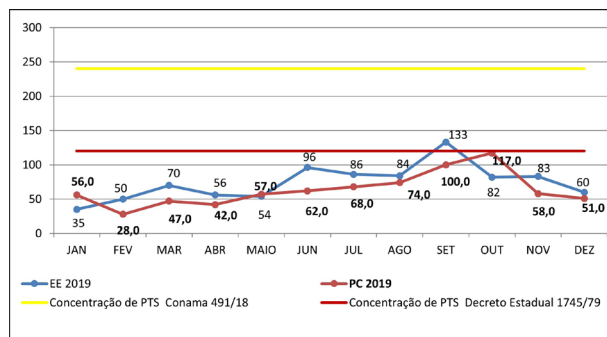


Figura 6. Concentrações médias mensais de PTS na EE e PC, no ano de 2019. Fonte: Goiás, 2019.

Nas Figuras 5 e 6 é possível observar a relação entre as máximas diárias das concentrações de PTS e os limites estabelecidos pelas legislações vigentes à época. Nesse período, os padrões de qualidade do ar em Goiás eram estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 e pelo Decreto Estadual nº 1745, de 06 de dezembro de 1979 que regulamenta a Lei 8.544/78 do Estado de Goiás. O artigo 33 do decreto 1745/79, dispõe sobre os padrões de qualidade do ar para PTS, sendo: Concentração média anual: $40\mu\text{g}/\text{m}^3$; Concentração máxima diária: $120\mu\text{g}/\text{m}^3$.²

Nota-se que a legislação estadual se mostrava mais restritiva em relação à Resolução CONAMA 03/90, a qual definia para o período de 24 horas (curto), o padrão de qualidade do ar primário ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$), cujas concentrações de poluentes que ultrapassarem esse padrão poderão afetar a saúde da população e o secundário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), no qual as concentrações de poluentes atmosféricos estão abaixo do que se prevê para o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à flora e a fauna. Para longos períodos foram definidas as médias geométricas anuais nos valores de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ (primário) e $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ (secundário).

Entretanto, a Resolução CONAMA 03/90 mencionada acima foi revogada em 2018 e substituída pela Resolução CONAMA 491/2018, a qual define valores de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ para períodos de 24 horas e $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a concentração média anual, mantendo o disposto na Resolução CONAMA 03/90. Enquanto a Lei 8.544/78 e o Decreto 1.745/79 foram revogados em 2019 e 2020 respectivamente.

Ao analisar os índices de concentração de partículas em suspensão na EE e na PC no ano de 2018 apresentados na Figura 5, nota-se que, embora ambos os locais sejam caracterizados pelo de intenso tráfego de veículos, os valores encontrados na PC no período de agosto a setembro superaram os valores da EE, chegando a quase alcançar o limite estabelecido pela lei estadual. Entretanto, a EE pode ter seus valores de concentração subestimados devido ao local contar com um nível de arborização mais elevado em comparação com a PC. A presença de vegetação tende a reduzir os níveis gasosos e as partículas em suspensão sobretudo no período de crescimento foliar, período no qual ocorrem as maiores taxas de fotossíntese e a interceptação ou deposição seca por meio dos estomas e das superfícies cuticulares.²⁵

Na Figura 6, os dados de 2019 apresentam níveis de concentração mais elevados em relação ao mesmo período de 2018, chegando a ultrapassar os limites estabelecidos no Decreto 1745/79. Um ponto importante a ser observado é o fato de que as maiores concentrações foram encontradas na EE, refutando a hipótese levantada para os resultados obtidos em 2018.

Nota-se que a concentração das PTS sofre um aumento de 36,85% na EE e de 26% na PC no período compreendido entre agosto e setembro, o que pode estar relacionado com a sazonalidade climática. Os níveis mais elevados de PTS coincidem com o período mais crítico de estiagem das chuvas.

As Figuras 7 e 8 demonstram os dados de precipitação dos anos de 2018 e 2019 respectivamente. Os maiores índices são registrados nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro. Ao comparar as Figuras 5, e 6 com as figuras 7 e 8, observa-se que nos períodos de maior precipitação pluviométrica, a concentração de PTS é menor. Esse comportamento inversamente proporcional pode ser explicado pelo fato de que muitas partículas em suspensão são removidas do ar pela ação das chuvas.²⁴ O que reafirma a estreita relação entre a qualidade do ar e as condições meteorológicas.



Figura 7. Precipitação média registrada no ano de 2018 pela Estação Goiânia A002. Fonte: Fonte INMET (2020).



Figura 8. Precipitação média registrada no ano de 2019 pela Estação Goiânia A002. Fonte INMET (2020).

Comparando a regularidade de chuvas dos anos de 2018 e 2019, pode-se afirmar que o ano de 2019, embora tenha registrado picos de maior volume, passou por períodos mais prolongados de estiagem em relação a 2018. Além do longo período de estiagem, Goiânia enfrenta anualmente, os efeitos provocados pelas queimadas, que ocorrem no mesmo período e contribuem expressivamente com a emissão de gases de efeito estufa e material particulado, causando alterações das características físicas e químicas da atmosfera.^{26,27}

Instrumento considerado indispensável por produtores rurais, a prática das queimadas é bastante utilizada no Brasil para os mais diversos fins. Dentre os quais destacam-se: a limpeza e renovação de pastagem, o preparo do solo para o plantio, o desfolhamento da cana-de-açúcar para o corte e nas práticas do desmatamento. No meio urbano, as queimadas são utilizadas principalmente na limpeza de lotes baldios. A queima da biomassa é considerada um dos principais fatores causadores de impactos sobre o clima. Em contrapartida, as alterações climáticas aumentam as condições de potenciais riscos de queimadas e incêndios acidentais na cobertura vegetal.²⁸

O Material Particulado emitido pelas queimadas e transportado pelos ventos, torna-se presente na atmosfera urbana podendo provocar alterações como: a diminuição da radiação solar, o aumento da concentração de núcleos de condensação, intensificando as precipitações e provocando o “smog” fotoquímico, que reduz a visibilidade, além de prejuízos materiais provocados pela sujeira e até corrosão nas superfícies de casas e edifícios, móveis e objetos.¹⁸ As Figuras 9 e 10 apresentam os focos de queimadas registrados e monitorados pelo INPE. Os dados se referem ao período de agosto a setembro dos anos de 2018 e 2019 respectivamente.

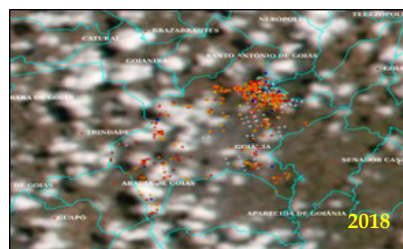


Figura 9. Focos de queimadas registrados em Goiânia no período de Ago a Set no ano de 2018. Fonte INPE (2020).

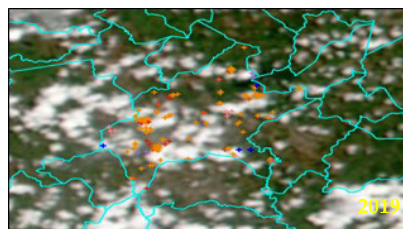


Figura 10. Focos de queimadas registrados em Goiânia no período de Ago a Set nos anos de 2018 e 2019. Fonte INPE (2020).

O período de menores índice de precipitação, somado ao aumento da temperatura, cria as condições propícias para o aparecimento de focos de queimadas.

No ano de 2019, observa-se uma maior quantidade e concentração de focos de queimadas em relação ao mesmo período de 2018. No Estado de Goiás, em todo o ano de 2018 foram detectados 3110 focos, sendo 1070 somente no mês de setembro. Enquanto em 2019 esses números chegaram a 7160 focos durante todo o ano, sendo 4149 só no mês de setembro (INPE, 2020). O grande aumento no número de focos de 2018 para 2019 é preocupante e reflete as consequências da negligência com a proteção ambiental que País enfrente por parte dos governantes.

As imagens a seguir apresentam os focos registrados pelo INPE ao longo do período de estiagem do ano de 2019. Na Figura 11, relacionam-se os focos registrados no período de maio a julho de 2019. Já a Figura 12 refere-se aos focos registrados no período de agosto a outubro de 2019.



Figuras 11. Focos de queimadas registrados em Goiânia (mai - Jul de 2019). Fonte: INPE (2020).



Figuras 12. Focos de queimadas registrados em Goiânia (Ago - Out de 2019). Fonte: INPE (2020).

Ao comparar a evolução dos focos de queimadas registrados pelo INPE é possível estabelecer uma relação de interdependência entre as variáveis, uma vez que, os meses que registraram

os maiores índices de queimadas são também os meses que apresentam os níveis mais elevados de concentração de PTS.

Além da emissão de particulados, as queimadas são responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa. Esses gases colaboram diretamente com o aumento da temperatura e do aquecimento global. A temperatura é um parâmetro diretamente relacionado com a poluição do ar uma vez que, sua correlação com a intensidade da luz solar, pode influenciar nas reações fotoquímicas e consequentemente na formação de poluentes secundários. As queimadas naturais ou antrópicas, geram externalidades negativas ao meio ambiente em razão do aumento da emissão de MP e de gases para a atmosfera, como o CO₂, CO, NO e N₂O, que prejudicam a qualidade do ar e ainda aumentam os efeitos danosos à saúde humana.²⁹⁻³¹

As Figuras 13 e 14 apresentam os gráficos com o comparativo entre as temperaturas média e máxima registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET dos anos de 1931 a 2010. Observa-se que nesse período houve um acréscimo nas temperaturas média e máxima de mais de 2 e 1 grau respectivamente, o que como já mencionado, contribui para o aparecimento de focos de queimada.

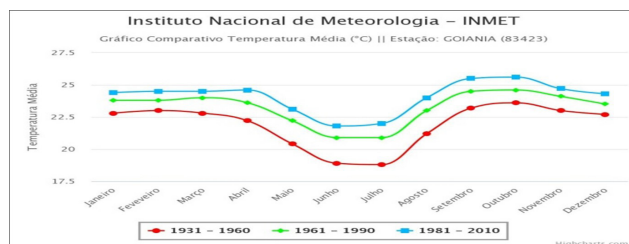


Figura 13. Temperaturas médias registradas pela Estação Goiânia (Cód. 83423). Fonte: INMET (2020).

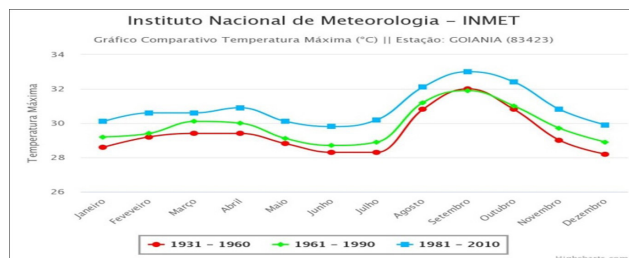


Figura 14. Temperaturas máximas registradas pela Estação Goiânia (Cód.83423).Fonte: INMET (2020).

Outra variável que não pode ser esquecida é a velocidade e direção do vento. O vento é o principal mecanismo de transporte dos poluentes atmosféricos. A velocidade e direção dos ventos, podem correlacionar informações que permitem o conhecimento da direção das massas de poluentes do ar, identificar as fontes contribuintes e avaliar os resultados de medições.³¹ De acordo com dados do INMET a velocidade do vento atinge níveis mais elevados no período compreendido entre os meses de agosto e setembro. As Figuras 15 e 16 apresentam a velocidade do vento referente aos períodos analisados.

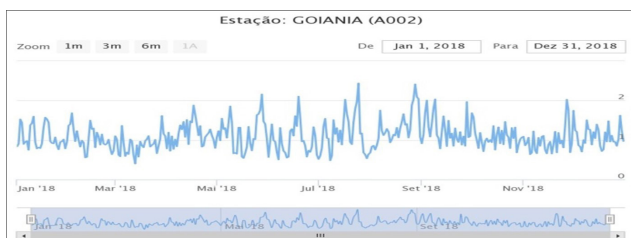


Figura 15. Velocidade do vento registrada em 2018 pela Estação Goiânia (Cód. A002). Fonte: INMET (2020).

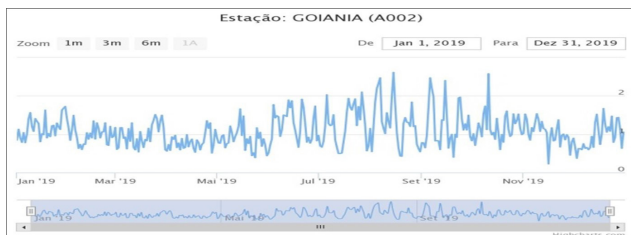


Figura 16. Velocidade do vento registrada em 2019 pela Estação Goiânia (Cód. A002). Fonte: INMET(2020).

O vento pode ainda transportar partículas suspensas de áreas mais distantes e mais acometidas pelas queimadas para os grandes centros urbanos. Os efeitos destas emissões excedem, portanto, a escala local e afetam regionalmente toda a composição e propriedades físicas e químicas da atmosfera.³² Desse modo, a combinação entre: as altas temperaturas, baixo índice de precipitação e o aumento da velocidade dos ventos registrados principalmente nos meses de agosto e setembro, é determinante para o aparecimento e propagação dos focos de incêndio na região de Goiânia.

O anexo I da resolução CONAMA 491/18 refere-se às concentrações máximas de poluentes atmosféricos. A comparação entre as máximas concentrações mensais de PTS, coletadas na EE e na PC nos anos de 2018 e 2019, com o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 491/18 são apresentadas nas Figuras 17 e 18.

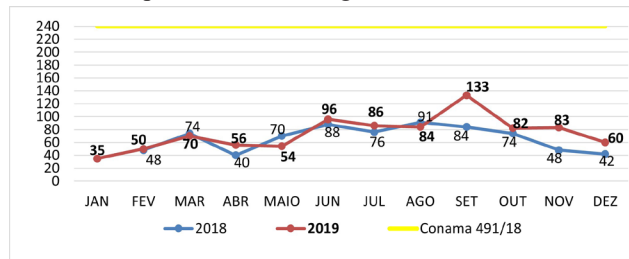


Figura 17. Concentrações médias mensais de PTS na EE no período analisado. Fonte: SEMAD (2019).

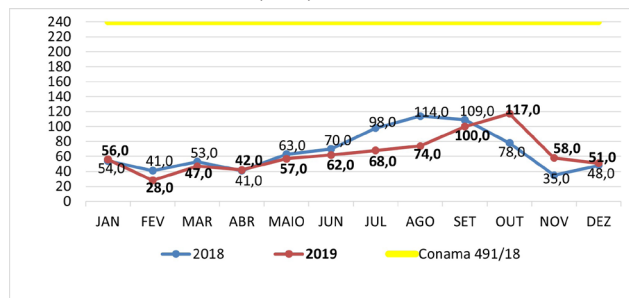


Figura 18. Concentrações médias mensais de PTS na PC no período analisado. Fonte: SEMAD (2019).

Muito embora os valores amostrados para o período de 24 horas se apresentem abaixo dos valores máximos de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/18, os *padrões de qualidade do ar* devem estar em consonância com o conhecimento científico a respeito dos riscos e impactos da poluição atmosférica sobre a saúde humana e o meio ambiente, devendo ser periodicamente revisados, com base em estudos aprofundados. Com relação aos valores médios anuais, os mesmos se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/18. Entretanto, ao comparar com o Decreto 1745/79, as concentrações médias anuais excedem os limites de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecidos, conforme se verifica na Figura 19.

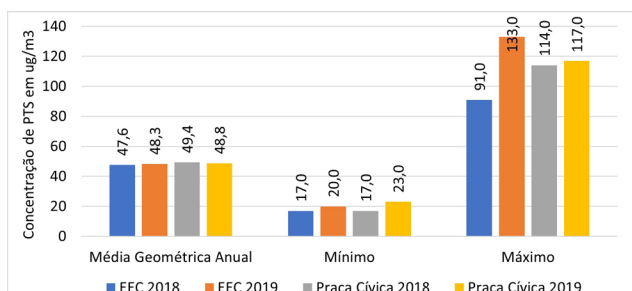


Figura 19. Concentrações médias de PTS na PC no período analisado. Fonte: SEMAD (2019).

A Organização Mundial da Saúde - OMS, defende que essa abordagem deve levar em consideração, os riscos à saúde, viabilidade técnica, fatores econômicos, políticos e sociais de cada País. As circunstâncias locais devem ser consideradas antes de se adotar os valores propostos como padrões nacionais.³³

Apesar dos níveis de concentração não ultrapassarem os valores médios diários de referência estabelecidos pela CONAMA 491/18, percebe-se nitidamente que as concentrações de PTS são mais elevadas nos meses em que também ocorrem o aumento dos focos de queimadas.

Ainda que em níveis abaixo dos padrões de qualidade do ar, as PTS podem causar efeitos negativos à saúde. O aumento do número de visitas hospitalares, o aumento de inalações e do uso de broncodilatadores, aumento no número de internações, são sintomas observados no período de maior incidência de queimadas.³⁴

A grande amplitude na variação da concentração de PTS em períodos relativamente curtos, altera as características naturais do ar. Desse modo, a elevação da concentração de PTS na atmosfera, principalmente no mês de setembro, faz com que nesse período, haja uma maior incidência de doenças respiratórias no município de Goiânia.^{20,35}

Considerações Finais

O comportamento evolutivo dos focos monitorados pelo INPE ao longo do período de estiagem, evidencia a relação direta entre os baixos índices de precipitação e o aparecimento dos focos de queimadas.

O período no qual se registra o maior número de focos de queimadas coincide com o período em que as concentrações de PTS chegam aos níveis mais elevados.

Embora os focos geralmente tenham origem em pontos mais distantes dos centros urbanos, os poluentes gerados na queima da biomassa são transportados até eles de acordo com a velocidade e direção do vento. Esses poluentes, em especial as partículas suspensas, permanecem no ar e podem ser facilmente inaladas.

Com relação à análise das concentrações coletadas nos dois pontos de monitoramento, verificou-se que os níveis aferidos se encontram dentro dos limites estabelecidos como padrões para a qualidade do ar pela Resolução CONAMA 491/18, tanto para o período de 24 horas, quanto para o padrão anual. Entretanto, quando comparados aos limites estabelecidos no Decreto 1.745/79, essas concentrações chegam a ultrapassar tais valores.

Ainda que em níveis abaixo dos limites estabelecidos, as PTS podem causar efeitos negativos à saúde. Fica evidente que a legislação se traduz em um aspecto meramente referencial. É de suma importância que levantamentos de PTS em ambientes de background sejam realizados. Dessa forma é possível manter um controle sistemático dos níveis de concentração e seus efeitos sobre o ar e a saúde.

Desse modo, evidencia-se a necessidade da realização de novas pesquisas na área de poluição atmosférica, sobretudo com relação às PTS, suas fontes de emissão e seus efeitos na saúde, contribuindo com o conhecimento científico e proporcionando uma melhor reflexão acerca do tema e colaborando para que as políticas e leis sobre padrões de qualidade do ar sejam mais eficientes e venham de encontro à saúde e à verdadeira qualidade de vida.

Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) disponível em: <https://mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.html>. acesso em: 27 de julho de 2020.
- HORA, K. E. R.; SOUZA, S. B. S. Características das condições de tempo e clima e poluição do ar em Goiânia. in: *Anais do III congresso brasileiro de gestão ambiental*. Goiânia. 1-14p. 2012.
- ALVARES JR, O. M.; LACAVA, C. I. V.; FERNANDES, P. S. Emissões atmosféricas: tecnologias e gestão ambiental. *Senai*. Brasília. 373p., 2002.

4. BORREGO, C.; COSTA, A. M.; GINJA, J.; AMORIM, M.; COUTINHO, M.; KARATZAS, K.; SIOUMIS, T. H.; KATSIFARAKIS, N.; KONSTANTINIDIS, K.; DE VITO, S.; ESPOSITO, E.; SMITH, P.; ANDRÉ, N.; GÉRARD, P.; FRANCIS, L. A.; CASTELL, N.; SCHNEIDER, P.; VIANA, M.; MINGUILLÓN, M. C.; REIMRINGER, W.; OTJES, R. P.; VON SICARD, O.; POHLE, R.; ELEN, B.; SURIANO, D.; PFISTER, V.; PRATO, M.; DIPINTO, S.; PENZA, M. Assessment of air quality microsenors versus reference methods: theunet air joint exercise. *Isevier, Atmospheric Environment*, v. 147, p. 246-263, **2016**.
5. FEARNISIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica*. Manaus, v.36, n. 3 p. 365-400, **2006**.
6. FISHBAIN, B.; LERNER U.; CASTELL N.; COLE-HUNTER T.; POPOOLA O.; BRODAY D. M.; IÑIGUEZ T. M.; NIEUWENHUIJSEN M.; JOVASEVIC-STOJANOVIC M.; TOPALOVIC D.; JONES R. L.; GALEA K. S.; ETZION Y.; KIZEL F.; GOLUMBIC Y. N.; BARAM-TSABARI A.; TAMAR YACOBI T.; DRAHLER D.; ROBINSON J. A.; KOCMAN D.; HORVAT M.; SVECOVA V.; ARPACI A.; BARTONOVA A. An evaluation tool kit of air quality micro-sensin gunits. *Elsevier: Science Of The Total Eenvironment*, v. 575, p. 639 - 648, **2017**.
7. FREIBERG, M. R.; PASQUALETTO, A. Diagnóstico da qualidade do ar de Goiânia-GO. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/arquivosupload/36/file/continua/diagn%c3%93stic o%20da%20qualidade%20do%20ar%20de%20goi%c3%82nia-go.pdf. Acesso em 15 nov. **2019**.
8. SILVA JUNIOR, J. L. R.; PADILHA, T. F.; REZENDE, J. E.; RABELO, E. C. A.; FERREIRA, A. C. G.; RABAHI, M. F. Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. *J. Bras. Pneumol.*, São Paulo, v. 37, n. 6, p. 759-767, **2011**. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1806-37132011000600009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 junho. **2020**.
9. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informações-Básicas/21-Poluentes>. Acessado em março de **2020**.
10. ANDRADE, V. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; CARMO, C. N. Influência do material particulado (pm2.5) de queimadas e variáveis meteorológicas na morbidade respiratória de crianças em Manaus, AM. *Revista Geonorte*, Edição Especial, v.1, n.4, p.744 -758, **2012**.
11. ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J. Bras. Pneumologia*, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v38n5/v38n5a15.pdf>. Acesso em: 20 abr. **2020**.
12. YANAGI, Y.; ASSUNÇÃO, V. J.; BARROZO, V. L. Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.28, n.9, p.1737-48, **2012**.
13. BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A. P.; SALDIVA, P.H. N. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, São Paulo, supl. 1, p. 10-16, **2001**.
14. DANNI-OLIVEIRA, I.M. Poluição do ar como causa de morbidade e mortalidade da população urbana. *Revista RA'E GA, Ed.UFRP*, Curitiba, n. 15, p. 113-126, **2008**.
15. GOUVEIA, N., FREITAS, C.U., MARTINS, L.C., MARCÍLIO, I. O. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, São Paulo, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, Dez. **2006**.
16. ANDRADE, D. O.; BOTELHO, C.; SILVA JR, J. L. R.; FARIA, S. S.; RABAHI, M. F. Sazonalidade climática e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com doença respiratória, Goiânia/GO. *Hygeia*, v. 11, n. 20,p. 99-105, Jun. 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/27623>. Acesso em: 25 jun. **2020**.
17. COSTA, E. C. Caracterização do material particulado inalável na atmosfera e na vegetação urbana da cidade de Goiânia. *Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, UFG*, Goiânia, 143 p., **2011**.
18. TORRES, F. T.P.; MARTINS, I.a. Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora (MG). *Revista Caminhos de Geografia*, Juiz de Fora - MG, v. 4, n. 16 p. 23 - 39, **2005**.
19. ONU. United Nations Open Working Group on Sustainable Development Goals. United Nations Copyright.; **2016**. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/>. Acesso em: 22 jul. 2019.
20. RIBEIRO, T.G.; BOAVENTURA, G.R.; CUNHA, L.S.; PIMENTA, S.M. Indicadores geoquímicos na avaliação da qualidade ambiental: bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia, Goiás. *Tese (doutorado em geociências aplicadas)* - Universidade de Brasília, Brasília, p. 160, **2017**.
21. RUSSO, P. R. A qualidade do ar no município do rio de janeiro: análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera. *Revista de Ciências Humanas*, v. 10, n.1, p. 78-93, **2010**.
22. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução CONAMA n. 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. acesso em: 18 set. **2020**.
23. Köppen, w 1931. Grundriss der Klimakunde. Berlim: Walter de Gruyter, 390 pp. in: *Ayoade* 2003. J. O. Introdução à Climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332 pp, **2003**.
24. PASSOS, F.F.C.; GODOI, E. L.; ARAÚJO, E.S. Poluição do ar: análise da concentração de partículas totais em suspensão em Goiânia, Goiás.in: *anais do XIV encontro nacional de estudantes de engenharia ambiental, blucher engineering proceedings*, São Paulo, v.3 n.2. p. 595-602. **2016**.

25. FELICIANO, M.; MAIA, F.; RODRIGUES, F.; RIBEIRO, A.; GONÇALVES, A.; NUNES, L. O papel da vegetação urbana no controle das concentrações de PM₁₀, in Feliciano, M.; Gonçalves, A.; Ribeiro, A.C.; Maia, F. Ed. 2009. Qualidade do ambiente urbano: novos desafios. Bragança: *Instituto Politécnico*. p. 39-45. ISBN 978-972-745-105-0, **2009**.
26. PAZ, R. L. F.; AMORIM, A. O.; MEDEIROS, R.M. Caracterização da velocidade e direção do vento na região sul na cidade de Goiânia – Goiás. *Apresentação no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Belo Horizonte, Minas Gerais, 22 a 25 de setembro de **2009**.
27. YAMASOE, M.A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A.H.; ALLEN, A. G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of biomass burnings in the Amazon Basin: Water-soluble species and trace elements. *Atmospheric Environment*, v. 34, pp. 1641-1653, **2000**.
28. JUSTINO, F. B; SOUZA, S.S; SETZER, A. Relação entre “focos de calor” e condições meteorológicas no Brasil. in: *Anais do XII congresso brasileiro de meteorologia*, Foz de Iguaçu-PR, 1-9 p. **2002**.
29. MENDONÇA, M. J. C.; DIAZ, M. C. V.; NEPSTAD, D.; MOTTA, R. S.; ALENCAR, A.; GOMES, J. C.; ORTIZ, R. A. The economic cost of the use of fire in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 49, p. 89-105, **2004**.
30. ROSEIRO, M. N. V. Morbidade por problemas respiratórios em Ribeirão Preto/SP, de 1995 a 2001, segundo indicadores ambientais, sociais e econômicos. *Dissertação (mestrado em enfermagem em saúde pública)* – escola de enfermagem de Ribeirão Preto, São Paulo, p. 150, **2002**.
31. VIEIRA, N. R. Poluição do ar: indicadores ambientais. *Editora E-Papers*, Rio de Janeiro. 220 p., **2009**.
32. FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos avançados*, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 167-185, Abr. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000100011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 02 out. **2020**.
33. OMS. Who air guidelines global update. Reported in a working group meeting, Scherfigsvej, DK 2100, Copenhagen, Denmark, 485 p., **2005**.
34. LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. *Rev. Bras. Epidemiologia*, v.9, n.2, p.215-25, **2006**.
35. SMS, Secretaria Municipal de Saúde de Goiânia. Informativo: com o período seco secretaria municipal de saúde atenta para cuidados com a saúde. SMS, Goiânia. 2017. Disponível em: <http://www.saude.goiania.go.gov.br/html/noticia/15/07/com-periodo-seco-sms-atentacuidados-saude.shtml>. Acesso em: 13 set. **2020**.

Núbia A. Campos¹, Tiago G. Ribeiro^{2*} & Sandro M. Pimenta¹

¹ Instituto Federal de Goiás – IFG, Câmpus Goiânia, Rua 75, nº 46, Centro, CEP 74.055-110, Goiânia, Goiás, Brasil.

² Instituto Federal de Goiás – IFG, Câmpus Aparecida de Goiânia, Avenida Universitária Vereador Vagner da Silva Ferreira (antiga Rua Mucuri), Qd 1, Lt 1-A, Parque Itatiaia, CEP: 74968-755, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil.

*E-mail: tiago.ribeiro@ifg.edu.br