

## **Avaliação do comportamento das partículas inaláveis em área ocupada por atividade de mineração a céu aberto: um estudo de caso em Paracatu – MG**

### **Assessment of the behavior of inhalable particles in area occupied by open pit mining activity: a case study in Paracatu – MG**

DOI:10.34117/bjdv7n3-750

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 29/03/2021

#### **Arthur Pereira dos Santos**

Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 - Santa Mônica, Uberlândia - MG, 38408-100

E-mail: arthurpdosantos@outlook.com

#### **Fernando Luiz de Paula Santil**

Prof. Dr. no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia

Endereço: Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Artes, Filosofia e Ciências Sociais, Curso Engenharia de Agrim. e Cartográfica. Rodovia LMG 746, km 01 –

Trevo. 38500000 - Monte Carmelo, MG - Brasil

E-mail: fernando.santil@ufu.br

#### **Samara Carbone**

Prof. Dra. no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 - Santa Mônica, Uberlândia - MG, 38408-100

E-mail: samara.carbone@ufu.br

## **1 INTRODUÇÃO**

Dentre os setores básicos da economia do Brasil, pode-se destacar a atividade de mineração, sendo a sua contribuição, desde que operada com responsabilidade social e ambiental, fundamental para o desenvolvimento da sociedade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2001). Porém, essa atividade é caracterizada por ocasionar impactos, negativos, no solo, na vegetação, nos recursos hídricos e no bem-estar da sociedade (LONGO et al., 2011), ocasionando, conseqüentemente, em alterações na superfície (MECHI; SANCHEZ, 2010). Esses impactos e alterações, por sua vez, são passíveis de observações e correlações a partir de dados de monitoramento do ar, do solo, da água e de saúde pública (AMORIM et al., 2016).

A poluição atmosférica existente na atividade de mineração está presente ao longo de todas as fases do empreendimento, pois essa, produz vários tipos de poluentes

atmosféricos, dentre os quais se destaca o Material Particulado (MP), por apresentar um grande potencial poluidor (FREIRE; PRESCHOLDT, 2015) e se tornar, ainda, mais nocivo à saúde quando está associado a metais tóxicos (MAGALHÃES, 2010).

O MP é proveniente tanto de fontes naturais, quanto de atividades antrópicas (BRAGA et al., 2005), portanto, com relação ao monitoramento ambiental em áreas de atividade de mineração a céu aberto, pode-se destacar o monitoramento da poluição do ar, pois o principal transtorno na saúde daqueles afetados pelo segmento mineral são as doenças respiratórias decorrentes da emissão desses particulados (AMORIM et al., 2016).

Assim sendo, um dos maiores desafios da mineração – em especial aquela que é exercida próxima às aglomerações urbanas – está no máximo aproveitamento da exploração, salvaguardando os aspectos ambientais e das comunidades locais (AMORIM et al., 2016).

Diante do cenário exposto, encontra-se a atividade de mineração situada no município de Paracatu – MG, área escolhida para abordagem deste estudo e que possui o objetivo principal de avaliar, por meio do cumprimento da legislação vigente no Brasil, uma possível interferência da exploração mineral a céu aberto na qualidade do ar em estações meteorológicas localizadas entre o perímetro urbano do município e a mineradora, pois, de acordo com Bidone et al., (2018), devido à expansão da atividade minerária, atualmente, existe uma série de relações sociais conflituosas envolvendo o meio ambiente e o território.

Como objetivos específicos, têm-se: a) verificar se houve ultrapassagem dos padrões anuais e diários de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 491/2018, para o poluente atmosférico MP10, nas estações de qualidade do ar localizadas no município; b) realizar um estudo de caso para os dias que ultrapassaram os padrões diários permitidos pela legislação vigente; c) verificar se há um comportamento sazonal do MP10 e se há associações com as concentrações pluviométricas do município e; c) constatar se houve diferença significativa entre os valores de MP10 das estações de monitoramento.

## **2 MATERIAL E MÉTODO**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

Localizada a 220 km da capital federal, Brasília - DF, Paracatu - MG é a única cidade histórica da mesorregião noroeste de Minas Gerais. Além de ser destaque no turismo, juntamente com a cultura barroca em igrejas, becos e ruas, o município se destaca

pela exploração e riqueza mineral, que ocasionou em sua criação em 1744 (PIMENTEL, 2020). Conforme a última estimativa do IBGE, Paracatu conta com uma população atual de, aproximadamente, 92 mil habitantes (IBGE, 2020).

A Kinross Gold Corporation, uma das mineradoras localizadas no município, atua nas atividades de pesquisa e desenvolvimento mineral, mineração, beneficiamento e comercialização de ouro. É uma das maiores produtoras de ouro do Brasil, responsável por 22% da produção nacional (KINROSS, 2020).

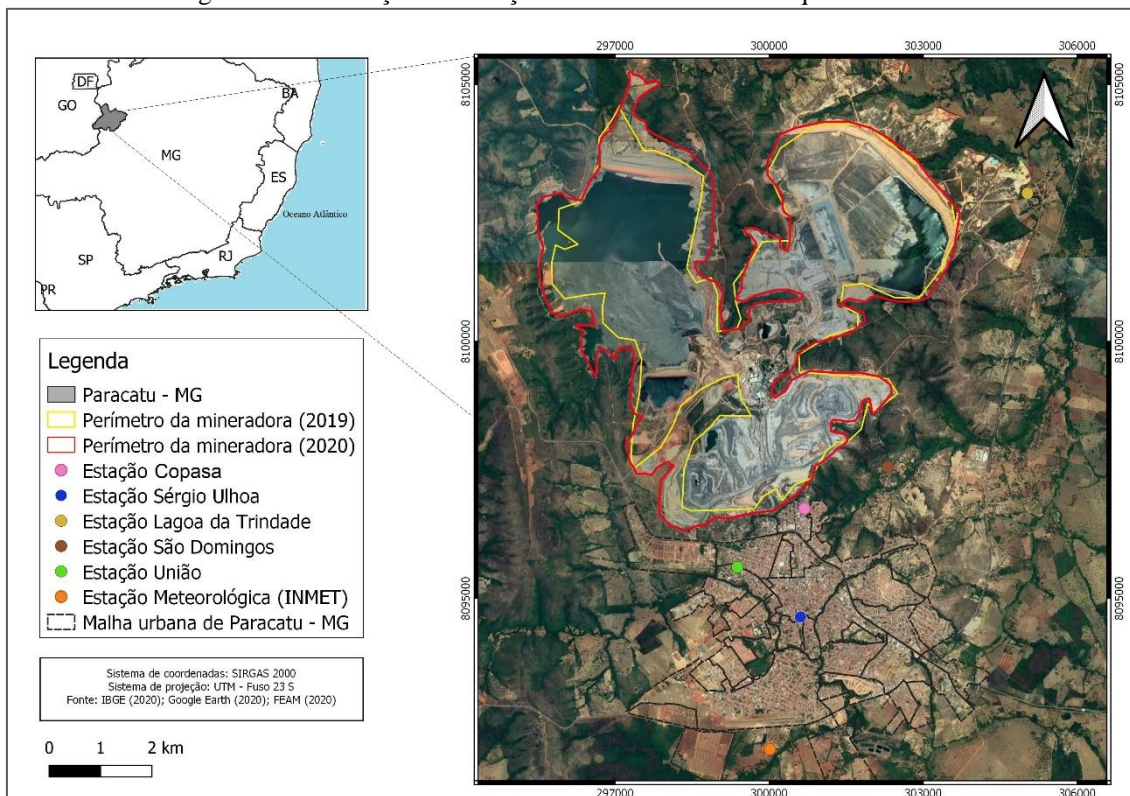
## 2.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE QUALIDADE DO AR E COMPARAÇÃO COM OS VALORES VIGENTES NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Com relação aos dados de MP10 disponibilizados nas estações de qualidade do ar (Figura 1), esses estão disponíveis gratuitamente, conforme a Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Essa lei regula o acesso à informação da Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (GESAR), e torna público os dados de monitoramento contínuo da qualidade do ar desde 2015.

A obtenção dos dados ocorreu por meio do sítio eletrônico da FEAM. Como os dados são disponibilizados a cada hora, é possível compará-los com dois períodos de referência distintos vigentes na legislação brasileira, sendo esses: a) de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para a média aritmética anual aceita pelo CONAMA, e o recomendado, para esse período, pela OMS ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); b) de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para a média aritmética diária aceita pelo CONAMA e de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o recomendado pela OMS.

Atualmente, no município de Paracatu-MG, existem 05 estações de monitoramento da qualidade do ar: estação União (1), estação Copasa (2), estação Sérgio Ulhoa (3), estação São Domingos (4) e estação Lagoa da Trindade (5). Convém ressaltar neste ponto que, até a presente pesquisa, apenas os dados de 2015, 2016 e 2017 foram disponibilizados pela FEAM.

Figura 1 - Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar.



Fonte: Os autores (2021).

### 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VALORES DAS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DO AR

A fim de verificar se existe diferença significativa entre os valores anuais medidos nas estações de qualidade do ar localizadas no município, organizou-se os dados referentes a cada uma das estações e aos respectivos anos estudados (2015, 2016 e 2017) no software de análise de dados da Microsoft, Power BI. Posteriormente, foi utilizado o software de estatística livre Action Stat versão 2.9 (EQUIPE ESTATCMP, 2014) para realizar a análise de variância e o teste de comparações múltiplas (TK) a um nível de significância de 5%.

### 2.4 MÉDIA DA CONCENTRAÇÃO MENSAL DO MP10 E O ACÚMULO PLUVIOMÉTRICO MENSAL NO MUNICÍPIO DE PARACATU - MG

No intuito de verificar uma possível relação entre o comportamento mensal do MP10 com a concentração pluviométrica, considerou-se os dados de MP10 dos 3 anos da série estudada. A normal climatológica do município em estudo foi obtida no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Com relação aos dados de precipitação, esses estão disponíveis por meio da estação convencional 83479, situada sob as coordenadas geográficas 17°13'08" S e 46°52'08" W. Dessa forma, foi obtido a precipitação mensal acumulada.

## 2.5 PREDOMINÂNCIA DA DIREÇÃO E DA VELOCIDADE DO VENTO NOS DIAS QUE ULTRAPASSARAM O VALOR LIMITE PERMITIDO NA LEGISLAÇÃO

Para verificar o comportamento predominante da velocidade e da direção do vento nos dias que ultrapassaram o valor limite permitido pela legislação, elaborou-se uma rosa dos ventos com o ponto fixado na estação de monitoramento. Esses dados estão disponíveis em cada estação de monitoramento da qualidade do ar e são medidos a cada hora. Analisou-se os dados utilizando o software Lakes Environmental WRPLOT e, posteriormente, exportados, via coordenada geográfica, para o Google Earth (GOOGLE, 2020). Vale ressaltar que, dentre as estações localizadas no município, a única que não mede a direção e a velocidade do vento é a estação 3.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação às médias anuais de MP10 nas cinco estações de qualidade do ar (Figura 2) foi observado, com relação à estação 1, que, de acordo com a Resolução 491/2018 do CONAMA, apenas o ano de 2015 apresentou valores acima do padrão anual de qualidade do ar. Nos demais anos, as médias anuais não ultrapassaram o padrão. O cenário apresentado por essa estação – de diminuição dos valores com o decorrer dos anos – também é verificada na estação 2, e isso pode estar associado à variabilidade das condições meteorológicas, considerando a influência dos fenômenos de El Niño (2015 e 2016) e La Niña (2017), que possuem a capacidade de ocasionar anomalias climáticas em várias regiões do mundo (MINUZZI et al., 2010), e/ou à eficácia no monitoramento de poluentes atmosféricos, a qual serve como um instrumento de gestão no âmbito da fiscalização ambiental. Convém ressaltar que essas estações não estão localizadas no centro urbano do município, mas sim em zonas periféricas.

Com relação à estação 3, o mesmo cenário não pode ser verificado, visto que, em 2015, apresentou valor médio anual muito próximo ao permitido pela legislação brasileira, valor esse que foi alcançado no ano posterior e voltou a diminuir em 2017. Porém, vale enfatizar que essa estação está localizada no centro urbano do município, podendo ser impactada por veículos automotores e pelas atividades comerciais. Em estudo similar, Torres (2005) concluiu que houve diferença entre os valores encontrados



nas estações de monitoramento de qualidade do ar no município de Juiz de Fora – MG, sendo os maiores valores encontrados no centro urbano do município e relacionados com o tráfego automotivo na região. Contudo, segundo esse mesmo autor, medidas mitigadoras poderiam ser tomadas por parte de órgãos fiscalizadores municipais e estaduais a fim de amenizar o efeito da poluição atmosférica nessa área do município.

Com relação ao transporte coletivo em regiões centrais dos municípios, segundo Torres (2005), dentre as alternativas para mitigar os impactos da poluição ambiental em centros urbanos, destaca-se a implantação de terminais de integração entre regiões estratégicas do município para receber as linhas dos bairros, sendo que essa ligação seria realizada por uma linha troncal com ônibus de grande capacidade. Com isso, além do aperfeiçoamento do transporte, poderia ocorrer, consideravelmente, a diminuição do fluxo de ônibus na região central do município, minimizando, a emissão de poluentes. As medidas mitigadoras propostas pelo autor também poderiam ser tomadas pelo município de Paracatu – MG, isso porque, devido ao crescimento urbano e populacional do município, a tendência é que ocorra o aumento do fluxo de veículos, bem como a movimentação desses no centro urbano municipal. Considerando o valor médio anual de MP10 muito próximo ao permitido pela legislação brasileira, a tendência é que esse limite seja alcançado. Além disso, atualmente, o município não possui bancos, grandes comércios e serviço hospitalar público distribuídos pelo município, ou seja, a concentração desses setores se dá toda no centro urbano municipal, o que acarreta o aumento do fluxo de veículos. Vale ressaltar que, de acordo com informações coletadas no sítio da prefeitura do município, a fim de, dentre outros fatores, melhorar a situação do trânsito do município, no ano de 2020, tanto a prefeitura como todas as demandas que envolvem as secretarias municipais foram alocadas para um centro administrativo situada em uma zona periférica do município.

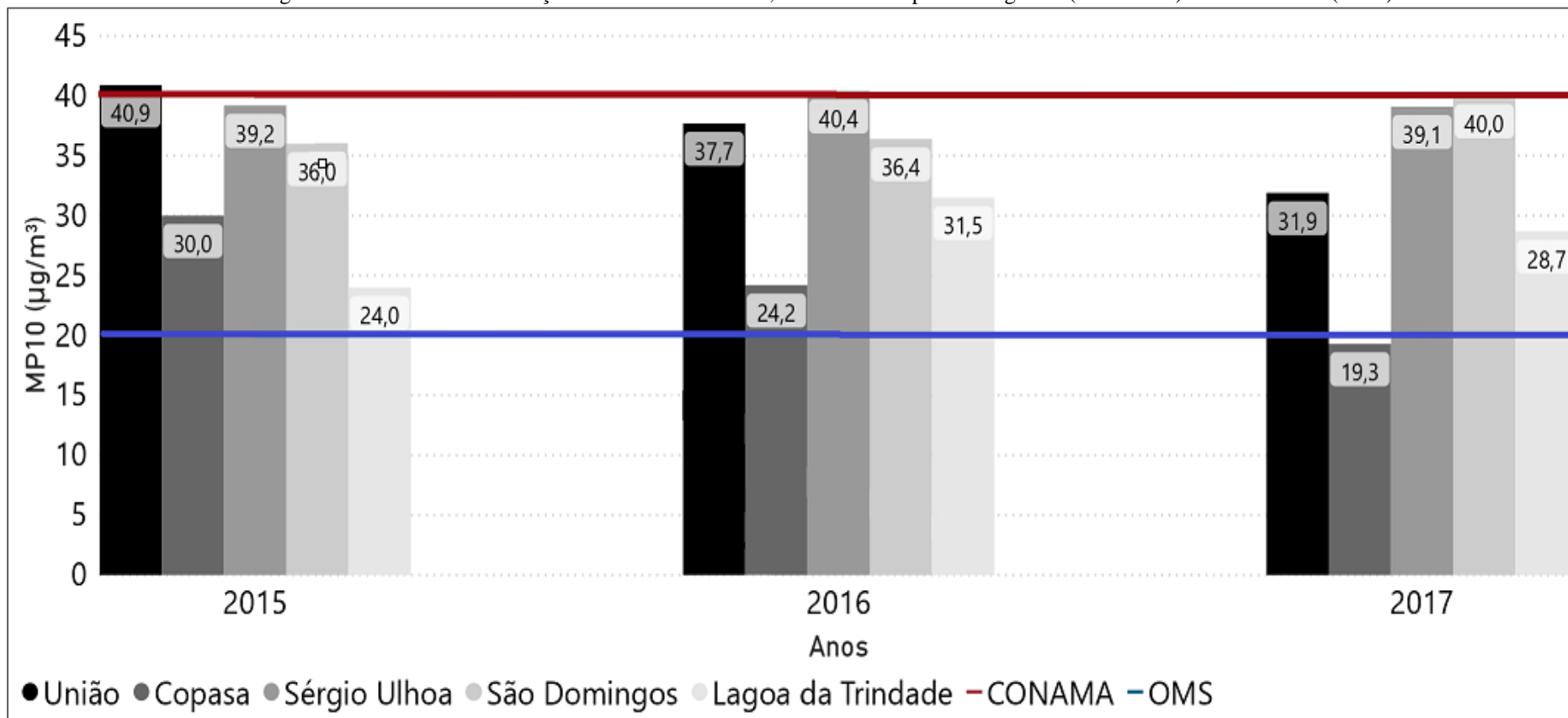
Com relação à estação 4, essa apresentou alto valor médio anual em todos os anos analisados, alcançando o limite permitido pela legislação em 2017. Essa estação está localizada em uma comunidade quilombola afastada da malha urbana de Paracatu, porém, encontra-se muito próxima à atividade de exploração mineral. Portanto, é importante frisar a importância de que, nesta estação, ocorram estudos futuros que relacionem o comportamento do MP10 com os parâmetros meteorológicos da área. Cabe destacar que a análise das relações entre os parâmetros meteorológicos e a poluição do ar é de suma importância, pois, dessa forma, é possível verificar o comportamento dos poluentes,

principalmente durante episódios críticos de poluição atmosférica (MIRLEAN et al., 2000; TORRES, 2005).

Quanto à estação 5, essa se encontra mais afastada da malha urbana do município de Paracatu e mais distante da área de extração a céu aberto. Porém, seu monitoramento torna-se importante por se tratar de uma área próxima a uma das barragens de rejeito da mineradora. Apesar de não sofrer influência direta da área de extração a céu aberto, essa estação apresentou valores medianos entre o exigido pelo CONAMA e o recomendado pela OMS, visto que, por se tratar de uma área rural, a poluição por ações antrópicas é, praticamente, nula.

Cabe salientar que, de forma geral, apesar de a maioria das estações não apresentarem ultrapassagens do padrão primário de qualidade do ar pela legislação brasileira, todas as 5 estações ultrapassaram os padrões médios anuais recomendados pela OMS (Figura 2), com exceção da estação Copasa em 2017. Ademais, um estudo realizado por Matos (2016) verificou que uma estação localizada próxima à estação 1 deste trabalho estava entre as que obtiveram maiores valores médios de concentração do elemento químico Arsênio (As). O autor concluiu que a proximidade da extração de ouro a céu aberto e a direção do vento foram determinantes na variabilidade da concentração de As no MP.

Figura 2 - Média das concentrações de MP10 entre 2015, 2016 e 2017 e padrões vigentes (CONAMA) e recomendado (OMS).



Fonte: Autores (2021).



Em relação aos dias em que a média aritmética de MP<sub>10</sub> ultrapassou o limite exigido pela legislação, esses estão descritos na Tabela 1. Na Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 são apresentados os comportamentos horários de MP<sub>10</sub> nesses dias. Apenas duas, dentre as cinco estações de monitoramento localizadas no município tiveram dias que ultrapassaram os valores limites diários permitidos pela legislação brasileira. Porém, ao se verificar os valores recomendados pela OMS (50 µg/m<sup>3</sup>), é notório que a situação do município se encontra bem distante dessa realidade, pois, durante o período analisado, aproximadamente 60% dos dias (Tabela 2) ultrapassaram esses padrões.

Convém destacar que os padrões recomendados pela OMS são os considerados, atualmente, seguros para a saúde e o bem-estar da população exposta ao poluente, sendo que, a sua ultrapassagem, de forma rotineira, por uma sequência de anos, pode ocasionar em efeitos adversos à saúde dessa população. Além do mais, os padrões de qualidade do ar não são um limite abaixo do qual se está absolutamente seguro e muito menos que se adoecerá automaticamente caso o padrão seja ultrapassado, mas, a probabilidade de adoecer aumenta, principalmente em pessoas mais sensíveis a poluentes, como crianças e idosos. Nesse sentido, estudo realizado por Cançado et al. (2016) encontrou risco aumentado de mortalidade relacionada à poluição do ar, que variou de 8% a 18% para diversos tipos de doenças cardíacas. Já um estudo feito em Dublin, Irlanda, concluiu que a redução dos níveis de poluentes do ar ocorrida na cidade implicou em significativa redução da mortalidade por doenças cardiopulmonares, sugerindo a importância da adoção de medidas preventivas de âmbito coletivo (CLANCY et al., 2002).

Tabela 1 - Dias em que houve ultrapassagem do valor limite de MP10 exigido pelo CONAMA.

<b>Dia</b>	<b>Estação</b>	<b>Concentração encontrada (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valor permitido (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Recomendado pela OMS (µg/m<sup>3</sup>)</b>
03/10/2015	São Domingos	120,5	120	50
18/10/2015	São Domingos	138,56	120	50
15/09/2016	Sérgio Ulhoa	138,04	120	50
16/06/2016	Sérgio Ulhoa	122,41	120	50

Fonte: Autores (2021).

Tabela 2 - Dias em que houve ultrapassagem do valor limite de MP10 recomendado pela OMS.

<b>Ano</b>	<b>Estação</b>	<b>Quantidade de dias em que houve ultrapassagens do recomendado pela OMS (50 µg/m<sup>3</sup>)</b>
2015	São Domingos	52
2016	São Domingos	52
2017	São Domingos	76
2015	Sérgio Ulhoa	74

2016	Sérgio Ulhoa	93
2017	Sérgio Ulhoa	82
2015	União	68
2016	União	35
2017	União	17
2015	Lagoa da Trindade	13
2016	Lagoa da Trindade	32
2017	Lagoa da Trindade	35
2015	Copasa	37
2016	Copasa	15
2017	Copasa	4
2015, 2016, 2017	Total	648

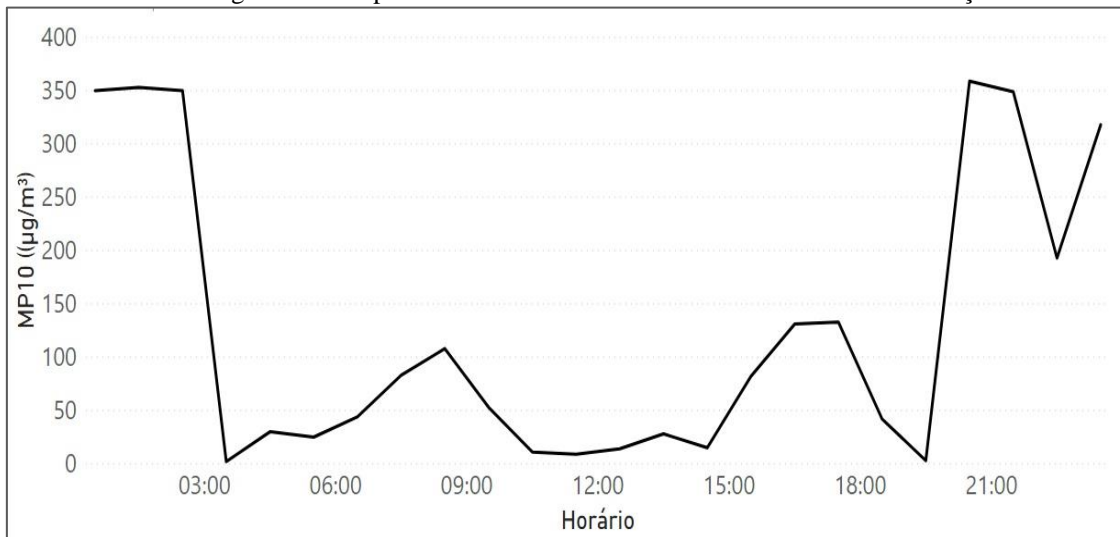
Fonte: Autores (2021).

Em relação ao dia 03/10/2015 (sábado) e 18/10/2015 (domingo) (estação 4), ambas apresentaram comportamento similar, com picos na concentração de  $MP_{10}$  no período noturno. Ao se considerar que no dia 03/10 houve a predominância da direção norte (que é onde está localizada a atividade de exploração a céu aberto), muito possivelmente, algum tipo de atividade na mineradora possa ter ocasionado o arraste de partículas para essa direção. Vale salientar que a mineradora explora ouro a céu aberto e que, diariamente, entre 15h e 16h, ocorrem explosões nas rochas para o processo de extração. Além disso, a presença de caminhões pesados no solo exposto pode influenciar, também, no desprendimento e arraste de partículas do solo. Esse cenário não é similar ao encontrado no dia 18/10, pois houve uma maior heterogeneidade nas direções do vento, porém, o desprendimento de partículas provenientes da atividade de mineração e do solo exposto encontrado ao redor da estação podem ter influenciado na concentração encontrada.

Em relação aos dias 15/09/2016 (quinta-feira) e 16/06/2016 (quinta-feira) (estação 3), ambas apresentaram comportamento similar na hora do rush (após às 18 h), o que pode estar diretamente relacionado ao fluxo de veículos automotores. Além disso, ambas as datas estão situadas no inverno (período considerado como seco no município), ou seja, a dispersão do poluente torna-se difícil. Verificou-se também “picos” no período da manhã, o que reforça a possibilidade de que, nesses dias (secos), com o início/aumento do fluxo de veículos automotores, ocorre o aumento da concentração de  $MP_{10}$ . Porém, como essa estação não mede a direção e a velocidade do vento, qualquer tipo de correlação para essa torna-se difícil. Em estudo similar, Silva et al., (2020) verificaram que, no ano de 2016, em Uberlândia – MG, os meses entre julho a setembro foram os de menos precipitação e baixa umidade do ar no município. Os autores associaram às

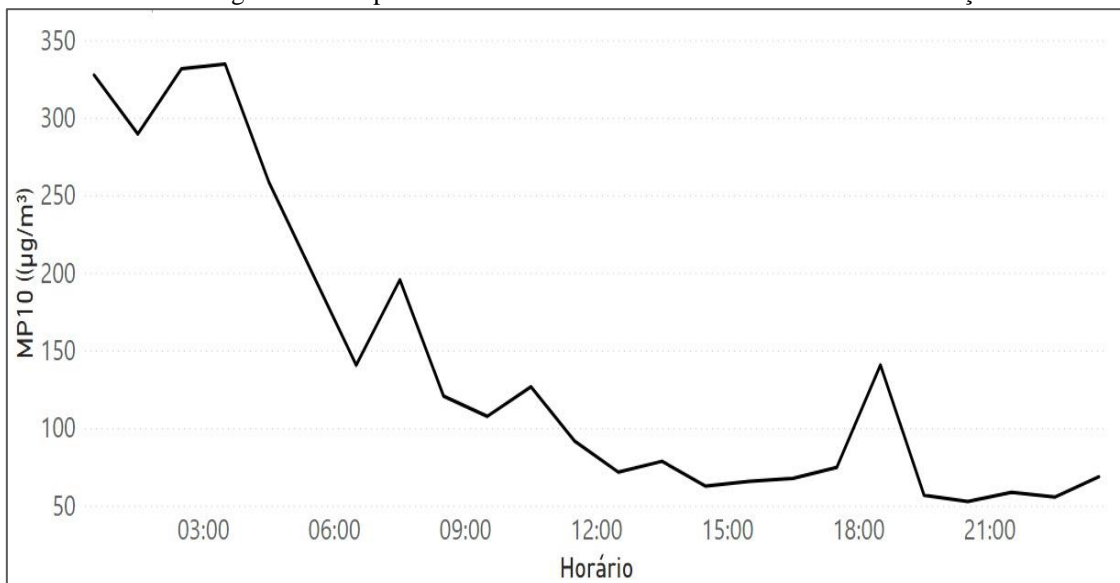
condições climáticas, desfavoráveis para a remoção de poluentes, aos maiores valores da concentração de  $MP_{10}$  daquele ano.

Figura 3 - Comportamento horário de  $MP_{10}$  no dia 03/10/2015 na estação 4.



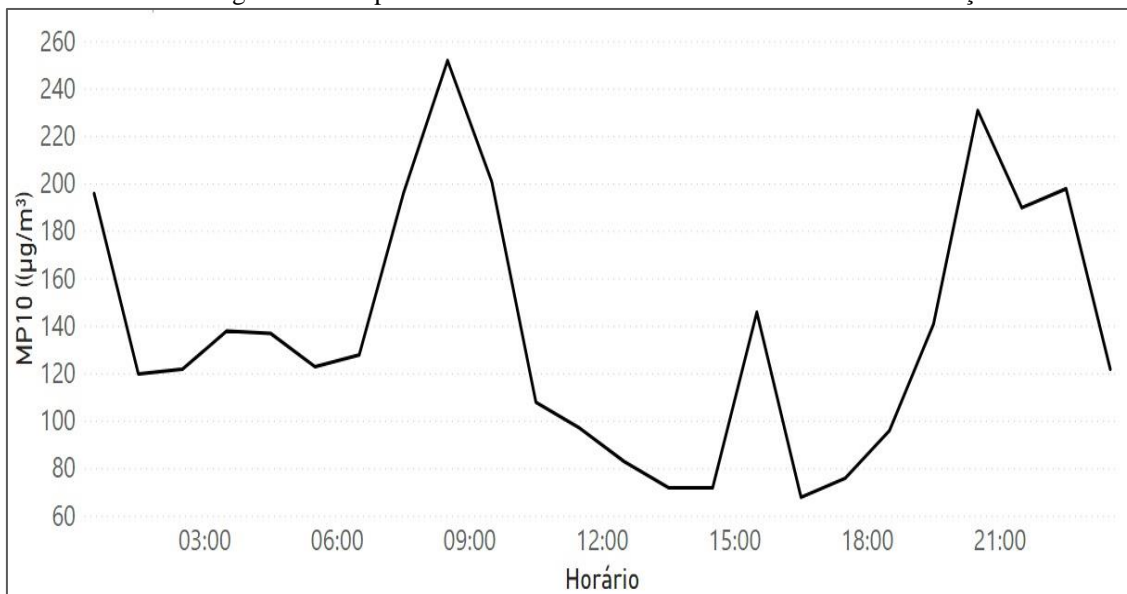
Fonte: Autores (2021).

Figura 4 - Comportamento horário de  $MP_{10}$  no dia 18/10/2015 na estação 4.



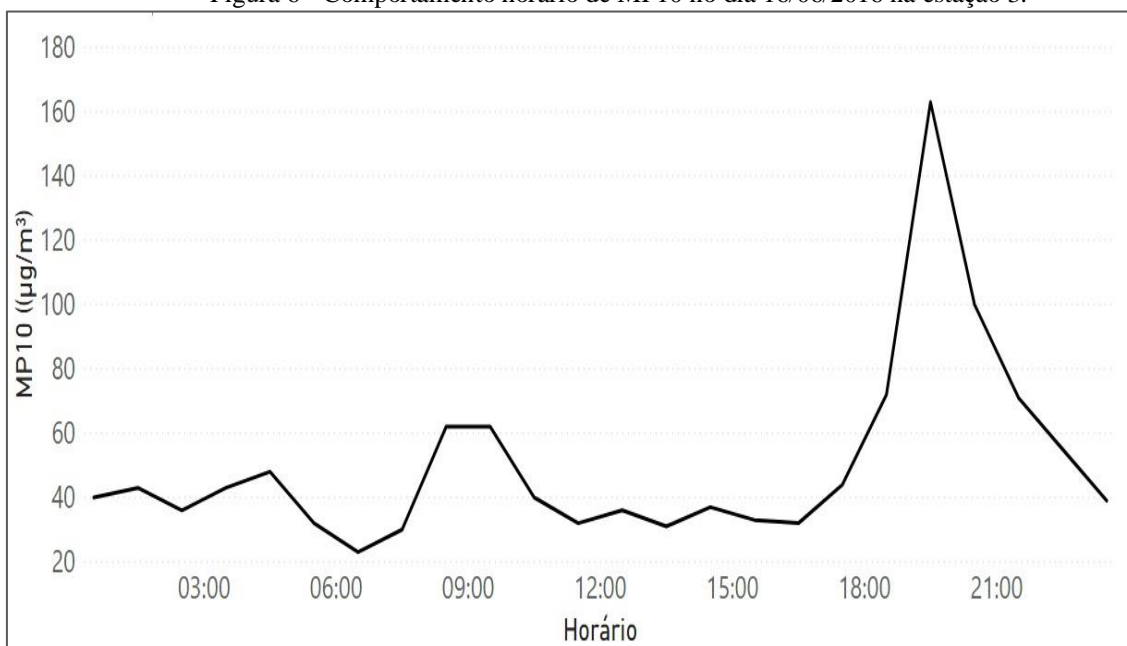
Fonte: Autores (2021).

Figura 5 - Comportamento horário de MP10 no dia 15/09/2016 na estação 3.



Fonte: Autores (2021).

Figura 6 - Comportamento horário de MP10 no dia 16/06/2016 na estação 3.



Fonte: Autores (2021).

Com relação à predominância do vento nesses dias (Figura 7 e Figura 8), essa etapa foi feita apenas para a estação 4, haja vista que a estação 3 não mede esse tipo de parâmetro.

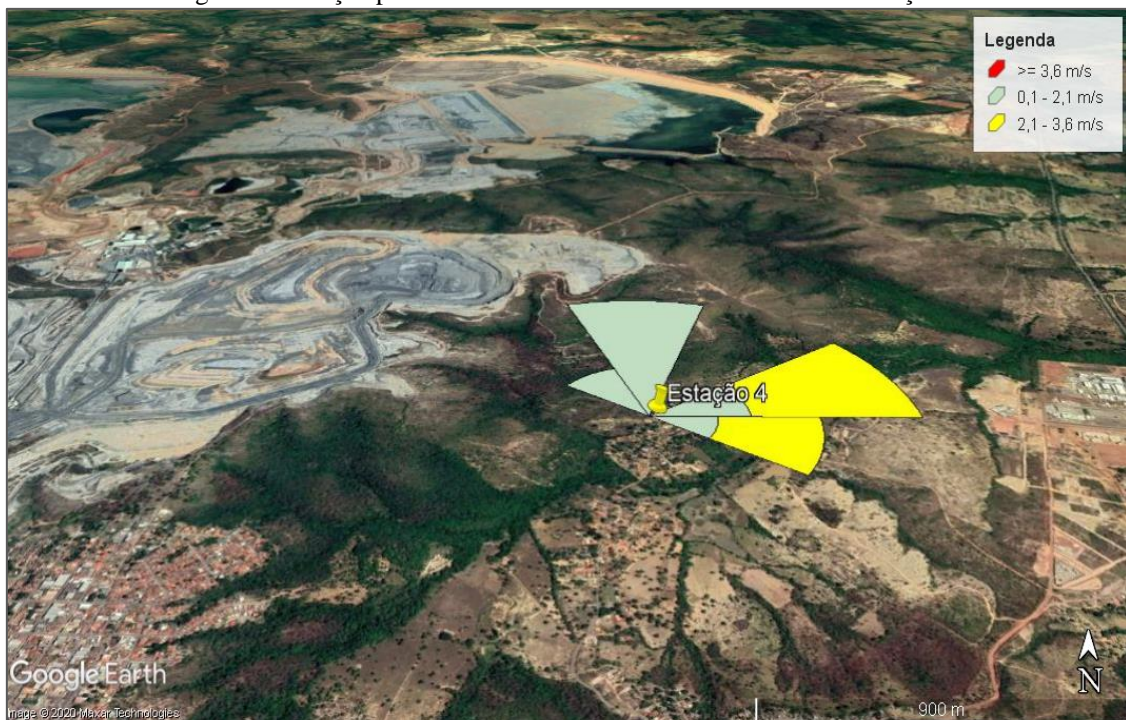


Figura 7 - Direção predominante do vento no dia 03/10/2015 na estação 4.



Fonte: Autores (2021).

Figura 8 - Direção predominante do vento no dia 18/10/2015 na estação 4.



Fonte: Autores (2021).

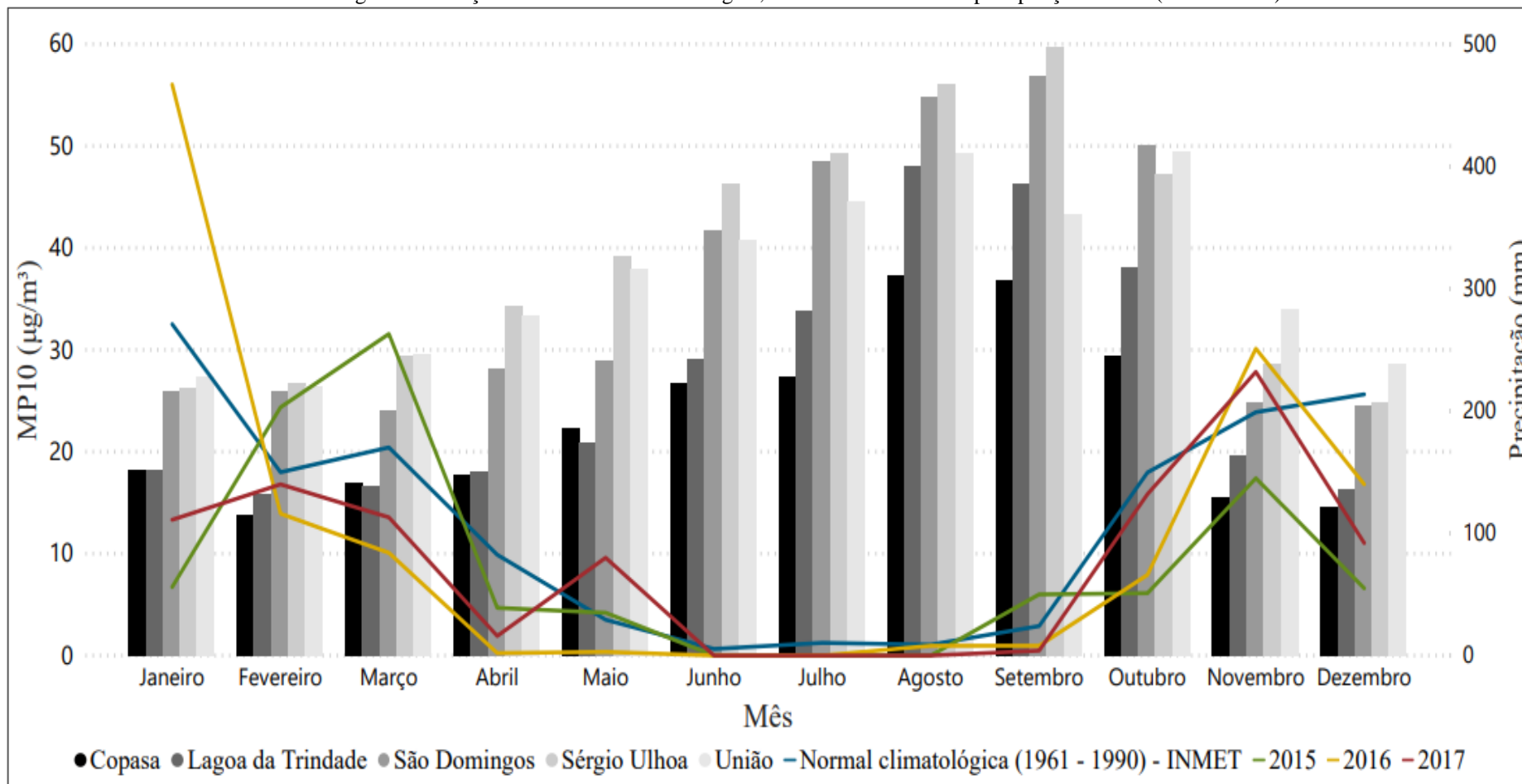
Com relação ao comportamento mensal do MP<sub>10</sub> nas estações de qualidade do ar do município, durante os 3 anos analisados, esse é abordado na Figura 9, bem como o comportamento pluviométrico do município nesse período, verificado por estação convencional, e a sua normal climatológica. É possível verificar que existe uma relação entre o comportamento sazonal do MP<sub>10</sub> e as concentrações pluviométricas, ou seja, a variável climatológica interfere na dispersão dos poluentes. Vale destacar que a precipitação se destaca dentre as variáveis climatológicas capazes de concentrar ou dispersar os poluentes do ar (TORRES; MARTINS, 2005).

Situação similar foi encontrada no estudo de Válio (2015), em que as menores concentrações obtidas para o MP<sub>10</sub> no município de São Carlos - SP foram, em grande parte, verificadas em dias chuvosos e, ao se considerar apenas os dias não chuvosos, o autor verificou as médias de MP<sub>10</sub> acima do limite permitido pela legislação. Vale frisar que as medidas de precipitações, neste estudo, são representativas do total acumulado e que, portanto, esse valor deve ser considerado como um indicativo de tendência da precipitação ao longo do ano.

Em relação ao comportamento pluviométrico da série analisada, esse se mostrou similar ao da normal climatológica do município. Paracatu apresenta temperaturas elevadas e precipitações concentradas no período de outubro a abril, quando chove em média 93% do total anual (MULHOLLAND, 2009), porém, notou-se discrepâncias em meses isolados, o que pode estar relacionado com os fenômenos de El Niño (2015-2016) e La Niña (2017) (NOAA, 2020). Em seu estudo de comparativo da pluviosidade em anos que ocorreram fenômenos de El Niño e La Niña com anos normais, Ramos et al. (2015) concluíram que a fase de La Niña foi a que mais alterou a distribuição temporal das chuvas em relação aos anos neutros, apresentando os maiores valores precipitados do quarto decêndio do ano ao sétimo e, os anos de El Niño, apresentaram as maiores precipitações diárias no período compreendido entre os meses de janeiro a março. Já Minaki e Montanher (2019) verificaram que, quanto maior a intensidade dos fenômenos, maior foi a diferença de precipitação com relação aos meses de neutralidade



Figura 9 - Relação entre a normal climatológica, MP10 e acumulado de precipitação mensal (2015 – 2017).



Fonte: Autores (2021).

Com relação aos diferentes valores encontrados entre as estações de qualidade do ar no município, houve diferença a um nível de significância de 5%, por meio do TK, entre as estações. Dentre essas, apenas as estações 1 e 4 não apresentaram diferença significativa (Tabela 3). A situação descrita pode estar relacionada com a proximidade dessas duas estações com a área de extração a céu aberto e com as explosões diárias que ocorrem no local de extração. Vale reforçar que a estação 4 não está localizada nas proximidades do centro urbano de Paracatu – MG. Porém, recomenda-se, neste ponto, que estudos envolvendo as concentrações de  $MP_{10}$  e os aspectos meteorológicos e climatológicos no município sejam avaliados em um estudo futuro.

Tabela 3 - Diferença significativa entre as estações de qualidade do ar.

Fator	Médias*
Estação Sérgio Ulhoa (3)	39,6a
Estação São Domingos (4)	37,1b
Estação União (1)	37,0b
Estação Lagoa Trindade (5)	27,7c
Estação Copasa (2)	24,5d

Fonte: Autores (2021).

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de significância.

#### 4 CONCLUSÃO

Em relação à legislação vigente, o parâmetro analisado ( $MP_{10}$ ) encontra-se, em sua maioria, cumprindo os padrões estabelecidos pela CONAMA, nº 491/2018. Porém, pode-se alegar que, mesmo abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecidos, o efeito da poluição atmosférica existe, embora estejam limitados a um nível aceito pela sociedade.

Foi possível concluir que as concentrações de  $MP_{10}$  na área de estudo apresentaram comportamento distinto dentre as estações de monitoramento e que possuem relação com o índice pluviométrico. Porém, todos os anos analisados foram anos do fenômeno El Niño (2015 e 2016) e La Niña (2017), o que pode acarretar diretamente em alterações na pluviosidade, direção e velocidade do vento e temperatura, havendo a necessidade de estudos comparativos com anos considerados normais.

Em relação as ultrapassagens dos padrões – anuais e diários – recomendados pela OMS no município de Paracatu, faz-se necessário a elaboração e a implementação de um

programa de acompanhamento e controle sistemático dos poluentes do ar nas estações de monitoramento localizadas entre o perímetro urbano do município e a atividade de mineração, pois um decréscimo das concentrações poluentes sempre significa um ganho na qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, N. A.; CONCEIÇÃO, T. L. A.; FERREIRA, P. A. Mineração de agregados e saúde pública: uma perspectiva socioambiental nas comunidades rurais sagui 1 e 2. Educação, Tecnologia e Cultura, [s.l.], n. 14, jun. 2016.

BAIRD, C. Química Ambiental. 2. ed. Porto alegre: Bookman, 2002.

BIDONE, E.; CESAR, R.; SANTOS, M. C.; SIERPE, R.; SILVA-FILHO, E. V.; KUTTER, V.; SILVA, L. I. D. S.; CASTILHOS, Z. Mass balance of arsenic fluxes in rivers impacted by gold mining activities in Paracatu (Minas Gerais State, Brazil). Environmental Science and Pollution Research, [s.l.], v. 25, n. 9, p. 9085-9100, 2018.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução a Engenharia Ambiental. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CANÇADO, J. E. D.; BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; ARBEX, M. A.; SALDIVA, P. H. N.; SANTOS, U. D. P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. Jornal Brasileiro de Pneumologia, São Paulo, v. 32, supl. 2, p. S5-S11, 2006.

CLANCY, L.; GOODMAN, P.; SINCLAIR H.; DOCKERY, DW. Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. Lancet. 360(9341):1210-4. 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, Diário oficial da República Federativa do Brasil. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. 1986.

EQUIPE ESTATCAMP. 2014. Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos, SP. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>. Acesso em: 08 ago. 2019.

FREIRE, L. M. B.; PRESCHOLDT, S. G. A. Desenvolvimento às avessas e depredação socioambiental por uma mineradora. Serviço Social e Sociedade, n. 123, p. 476-500, 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (MG). Dados da qualidade do ar. Belo Horizonte, 2015. Portal. Disponível em: <http://www.feam.br/qualidade-do-ar/dados>. Acesso em: 13 set. 2020.

IBGE. 2018. Banco de dados geográficos. Paracatu. [http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork\\_ibge/srv/por/main.home](http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/main.home). Acesso em: 18 fev. 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Monitoramento da qualidade das águas do Estado de Minas Gerais: Relatório Trimestral, 3º trimestre de 2009. Belo Horizonte: IGAM, 2009. Acesso em: 13 jul. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). Base de dados históricos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

KINROSS. Conheça a Kinross. Paracatu, 2019. Portal. Disponível em: <http://www.kinross.com.br/a-kinross/conheca/> Acesso em: 15 nov. 2019.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. Bragantia, [s.l.], v. 70, n. 1, p. 132-138, 2011.

MAGALHÃES, L. C.; HERMÍNIO JUNIOR, H. A. N.; LIMA, A. D. C.; COUTRIM, M. X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em Ouro Preto, Minas Gerais. Química Nova, [s.l.], v. 33, n. 3, 519-523. 2010.

MATOS, J. D. A. Variação espacial e temporal das concentrações de arsênio associado ao material particulado atmosférico em Paracatu (MG). 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral. Brasília, DF. 2001. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/MANUAL\\_mineracao.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/MANUAL_mineracao.pdf).

MINUZZI, R. B., SEDIYAMA, G. C., COSTA, J. M. N.; VIANELLO, R. L. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da região sudeste do Brasil. Geografia, Londrina, v. 15, n.2, pp.5-19. 2010. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/geografia>. Acesso em: 18 out. 2019.

MCCREANOR, J. et al. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. New England Journal of Medicine, [s.l.], v. 357, n. 23, p. 2348-2358, 2007.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos avançados, [s.l.], v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MINAKI, C.; MONTANHER, O. C. Influência do El Niño-Oscilação Sul na precipitação em Maringá-PR, no período de 1980 a 2016. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 20, n. 69, p. 266-281, 2019.

MIRLEAN, N.; VANZ, A.; BAISCH, P. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS. Química Nova, [s.l.] v. 23, n. 5, p. 590-593, 2000.

MULHOLLAND, D. S. Geoquímica Aplicada à Avaliação de Qualidade de Sistemas Aquáticos da Bacia do Rio Paracatu (MG). Dissertação de Mestrado. Brasília, DF: IG/UNB. 95p. 2009.

ESTADOS UNIDOS. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2020. Portal. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/> Acesso em: 13 set. 2020.

PADMANABAN, R.; BHOWMIK, A. K.; CABRAL, P. A remote sensing approach to environmental monitoring in a reclaimed mine area. *ISPRS*, [s.l.], v. 6, n. 12, p. 401, 2017.

PIMENTEL, H. U. A história de Paracatu. Paracatu, 2020. Portal. Disponível em: <http://paracatu.mg.gov.br/cidade>. Acesso em: 20 ago. 2019.

RAMOS, H.C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; SANTIANO JUNIOR, S.; QUEIROZ, T. M. Precipitação pluvial de diamantino-mt em anos de ocorrência de El-Niño, La-Niña e neutros. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 71-80, Mar. 2015.

RICH, D.; SCHWARTZ, J.; MURRAY, M.; LINK, M.; GIBSON, H.; CATALANO, F. S.; DOCKERY, D. Association of short-term ambient air pollution concentrations and ventricular arrhythmias. *American Journal of Epidemiology*, [s.l.], v. 161, n. 12, p. 1123-1132, 2005.

SANTOS, M. J. D. O Ouro e a Dialética Territorial em Paracatu: Opulência e Resistência. 197 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2012.

SANTOS, M. C. B. Avaliação da contaminação por arsênio em solos, sedimentos e águas fluviais na região da mina de ouro “Morro do Ouro”, Paracatu-MG. Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 160 pp, 2016.

SILVA, I. F. D., LIMA, E. A. P. D., SILVA, J. V. D.; RODRIGUES, L. B. Analysis of air quality in the central region of Uberlândia: inalable particles (MP<sub>10</sub>). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, [s.l.], v. 3, n. 1, pp.207-217. 2020.

TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora (MG). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 4, n. 16, p. 23-39, 2005.

VÁLIO, V.M. Análise do material particulado atmosférico em uma região de São Carlos-SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.