

**RELATÓRIO SOBRE TRABALHO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL  
COMUNITÁRIO EM ÁREA PRÓXIMA DE GRANDE COMPLEXO SIDERÚRGICO NA  
LOCALIDADE DE PIQUIÁ (AÇAILÂNDIA/MA)**

**Autores:**

Leandro Vargas Barreto de Carvalho (Cesteh/Ensp/Fiocruz-RJ)

Gerliane da Silva Chaves (IFMA/Imperatriz-MA)

João Paulo Alves da Silva (Uninter)

**ABRIL/2021**

## SUMÁRIO

Preâmbulo .....	3
Introdução .....	4
Contextualização do local de estudo.....	12
Objetivos .....	15
Metodologia .....	16
Resultados e Discussão .....	21
Considerações finais .....	29
Agradecimentos .....	31
Referências bibliográficas .....	32

## PREÂMBULO

O trabalho apresentado a seguir trata-se de um desdobramento das ações de Vigilância Popular Ambiental (VPA) e Monitoramento Ambiental Comunitário (MAC) desenvolvidas entre outubro/2016 e setembro/2017 pelo Instituto Pacs (Políticas Alternativas para o Cone Sul), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e Rede Justiça nos Trilhos (JnT), nas localidades de Santa Cruz/Rio de Janeiro (RJ) e Piquiá/Açailândia (MA), que resultaram na produção do “[Relatório sobre Trabalho de Vigilância Popular em Saúde e Ambiente em Áreas Próximas de Grandes Complexos Siderúrgicos](#)”.

Uma vez que a nova etapa do MAC apresentada neste novo relatório é uma continuidade desse trabalho prévio, o texto a seguir reproduz diversas partes do relatório em epígrafe. Principalmente os tópicos ‘Introdução’, ‘Contextualização do local de estudo’, ‘Objetivos’ e ‘Metodologia’ foram reproduzidos em sua quase totalidade, com algumas atualizações e adaptações: a ‘Introdução’ descreve o problema relacionado a poluição do ar; o item ‘Contextualização’ apresenta o local de estudo, sua história e características, e a ‘Metodologia’ de coleta usada no MAC foi exatamente a mesma usada anteriormente, reproduzindo as mesmas técnicas de coleta em ambas as oportunidades de realização deste trabalho (2016-2017 e 2020-2021).

## INTRODUÇÃO

A atmosfera pode ser considerada o local onde, permanentemente, ocorrem reações químicas. Ela absorve uma grande variedade de sólidos, gases e líquidos, provenientes de fontes, tanto naturais como antrópicas, que podem se dispersar, reagir entre si, ou com outras substâncias já presentes na própria atmosfera. Estas substâncias, ou o produto das reações das mesmas, finalmente encontram seu destino num sorvedouro, como o oceano, ou alcançam um receptor, tais como seres humanos, outros animais, plantas e materiais<sup>1</sup>.

A poluição do ar está ligada à alteração da composição natural da atmosfera, degradando sua qualidade. Desse modo, são estabelecidos níveis de referência para diferenciar o ar de boa qualidade daquele que traz prejuízos à saúde. A intensidade da poluição é medida pela quantificação das substâncias consideradas poluentes na atmosfera<sup>1</sup>.

Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar<sup>2</sup>:

- I. Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II. Inconveniente ao bem-estar público;
- III. Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- IV. Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Esta definição de poluente atmosférico da resolução do Conama<sup>2</sup> vai ao encontro da perspectiva de poluição da Política Nacional do Meio Ambiente<sup>3</sup>, onde, entende-se por poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) Afetem desfavoravelmente a biota;
- d) Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A relação entre efeitos à saúde e poluição atmosférica ganhou notoriedade pública a partir de episódios agudos de contaminação do ar e estudos sobre a ocorrência de milhares de mortes registradas em Londres, em 1948 e 1952<sup>4</sup>.

De acordo com o diretor-geral da Organização Mundial de Saúde (OMS), Tedros Adhanom Ghebreyesus, a poluição atmosférica é, neste momento, uma das maiores ameaças à saúde mundial, por isso, considera que é “necessário tomar medidas urgentes”. O representante cita que “a poluição do ar mata 7 milhões de pessoas todos os anos” e que “nove em cada 10 pessoas respiram ar poluído”<sup>5</sup>.

A poluição do ar exterior tem inúmeras fontes, naturais e antrópicas, e é constituída por uma mistura de substâncias contaminantes que varia muito no espaço e no tempo, refletindo a variação em suas fontes, o tempo, as transformações atmosféricas e outros fatores. Em qualquer lugar particular, a poluição no ar exterior decorre não só de fontes locais, mas também de fontes que afetam a qualidade do ar regionalmente, e mesmo globalmente<sup>1</sup>.

A concentração real dos poluentes no ar depende tanto dos mecanismos de dispersão, como da produção e remoção destes. Normalmente, a própria atmosfera dispersa o poluente, misturando-o eficientemente num grande volume de ar, o que contribui para que a poluição se mantenha em níveis aceitáveis. A velocidade de dispersão varia de acordo com a topografia local e com as condições meteorológicas reinantes. Em suma, é a interação entre as fontes de poluição (emissões atmosféricas) e a atmosfera que vai definir a qualidade do ar. As condições meteorológicas determinam uma maior ou menor diluição dos poluentes, determinando a concentração dos mesmos no ar, mesmo que as emissões não variem<sup>1</sup>.

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. Para facilitar esta classificação, os poluentes são divididos em duas categorias<sup>4</sup>: *Poluentes Primários* - aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão e *Poluentes Secundários* - aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.

A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento. O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são<sup>4</sup>:

- ✓ Material Particulado (MP)
- ✓ Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)
- ✓ Monóxido de Carbono (CO)

- ✓ Oxidantes Fotoquímicos, como o Ozônio (O<sub>3</sub>)
- ✓ Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)
- ✓ Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

De acordo com a Resolução Conama nº 03/90<sup>2</sup>: “São padrões de qualidade do ar (PQAR) as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

Os padrões de qualidade do ar correspondem aos níveis de poluentes prescritos para o ar exterior, que não podem ser excedidos num determinado tempo e numa certa área. Esses parâmetros devem ser respeitados para a proteção da saúde dos habitantes, das edificações e dos recursos ambientais<sup>1</sup>.

O ar poluído pode conter uma vasta gama de agentes e a fração de material particulado é conhecida por conter várias substâncias que podem iniciar a formação de tumores através de danos genéticos e mutações (por exemplo, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos-HPA's e metais de transição), bem como constituintes menos nocivos que induzem respostas que contribuem para a promoção de tumores (por exemplo, inflamação). Em suma, existem evidências convincentes entre espécies e sistemas experimentais de que a exposição à poluição do ar e material particulado está associada a níveis aumentados de dano ao DNA, mutações e danos cromossômicos<sup>6</sup>.

Este relatório apresentou em sua parte inicial um panorama da poluição do ar, seus principais conceitos e informações. Entretanto, vai focar em um tipo específico de poluente: o material particulado (MP), principalmente o material particulado de 2,5 micrômetros - µm (MP<sub>2,5</sub>). Este tipo de MP tem uma grande capacidade de penetração no sistema respiratório, gerando maiores riscos à saúde humana, e é um dos elementos presentes no tipo de emissão atmosférica gerada pela atividade siderúrgica.

Ao longo dos últimos anos, houve um aumento substancial nas descobertas de que a poluição atmosférica por MP não só exerce um grande impacto à saúde, mas também está associada a um maior número de doenças. Os dados sugerem que os efeitos negativos à saúde podem ocorrer mesmo em baixos níveis. O efeito final da poluição do ar na saúde pública é provocar a morte prematura. Estudos recentes, de longo prazo, mostram associações consistentes e significativas entre MP e mortalidade em níveis bem abaixo do atual nível anual de referência da qualidade do ar da OMS para MP<sub>2,5</sub>. Evidências epidemiológicas sugerem que as exposições de curto prazo a MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> estão

associadas a efeitos adversos sobre a saúde, principalmente nos sistemas cardiovascular, e respiratório, incluindo a mortalidade prematura<sup>7</sup>.

Os efeitos sobre a saúde são influenciados pelo tamanho das partículas atmosféricas (diâmetro aerodinâmico). Estas podem ter um diâmetro que varia de 1 nanômetro a 100  $\mu\text{m}$ . Em termos de avaliação da qualidade do ar e efeitos à saúde, podemos citar alguns tipos de partículas com grande importância, como as partículas totais em suspensão (PTS), as partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$ ) e 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ), respectivamente, e as partículas ultrafinas ( $\text{MP}_{0,1}$ ), com um diâmetro inferior a 0,1  $\mu\text{m}$ <sup>4,8,9</sup>.

As frações de partícula  $\text{MP}_{2,5}$  são denominadas "partículas finas ou respiráveis", enquanto que as partículas com diâmetro entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  são chamadas de "partículas inaláveis". A concentração, tamanho, composição química e toxicológica dos poluentes, incluindo MP, são determinados pela fonte de emissão<sup>8,9</sup>.

Há evidência suficiente em seres humanos para a carcinogenicidade da poluição do ar e exposição a MP, provocando câncer de pulmão. A poluição do ar, assim como partículas na poluição, é classificada como cancerígena para os seres humanos (Grupo 1). Essa classificação da Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer (*Iarc*, na sigla em inglês) abrange substâncias comprovadamente cancerígenas para seres humanos. A poluição do ar em todo o mundo é mutagênica e cancerígena para os seres humanos, via genotoxicidade, termo que representa os efeitos de exposições ao material genético (DNA). Exposições humanas à poluição do ar, ao ar livre ou partículas no ar poluído, estão associadas com aumentos no dano genético, o que se mostra ser preditivo de câncer em seres humanos<sup>6,10</sup>.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb)<sup>4</sup>, tem um sistema de avaliação da qualidade do ar que será mostrado a seguir, como importante orientação para discutir os resultados encontrados por nós, trabalhando apenas as informações relativas ao  $\text{MP}_{2,5}$ , objeto de estudo desse relatório. Este tipo de programa será aqui apresentado dado sua importância em termos de monitoramento ambiental da qualidade do ar, sendo um exemplo de ação neste sentido.

Em 2005, a OMS publicou um documento com a revisão dos valores-guia para os poluentes atmosféricos visando à proteção da saúde da população, à luz dos conhecimentos científicos adquiridos até então. Segundo essa publicação, os padrões de qualidade do ar variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que, por sua vez, dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade do Estado de gerenciar a qualidade do ar. As diretrizes recomendadas pela

OMS levam em conta esta heterogeneidade e, em particular, reconhecem que, ao formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais. A OMS também preconiza que o processo de estabelecimento de padrões visa atingir as menores concentrações possíveis no contexto de limitações locais, capacidade técnica e prioridades em termos de saúde pública<sup>4,11</sup>.

Em 2008, o Estado de São Paulo iniciou um processo de revisão dos padrões de qualidade do ar, baseando-se nas diretrizes estabelecidas pela OMS, com participação de representantes de diversos setores da sociedade. Este processo culminou na publicação do Decreto Estadual (DE) nº 59.113 /2013<sup>12</sup>, estabelecendo novos padrões de qualidade do ar, por intermédio de um conjunto de metas gradativas e progressivas para que a poluição atmosférica seja reduzida a níveis desejáveis ao longo do tempo<sup>4</sup>.

O DE 59.113/2013 estabeleceu que a administração da qualidade do ar no território do Estado de São Paulo será efetuada através de Padrões de Qualidade do Ar (PQAR), observados os seguintes critérios:

1. Metas Intermediárias (MI) – estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável. As MI devem ser obedecidas em 3 etapas até o alcance dos PF;
2. Padrões Finais (PF) – Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo, em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

A Tabela 1 apresenta os padrões de qualidade do ar para MP<sub>2,5</sub> estabelecidos no decreto, sendo que os padrões vigentes estão assinalados em vermelho.

Tabela 1: Padrões estaduais de Qualidade do Ar estabelecidos para São Paulo pelo DE nº 59.113/2013 para partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>).

Amostragem	MI1	MI2	MI3	PF
Concentrações médias de 24 hs consecutivas	60	50	37	25
Concentrações médias aritméticas anuais	20	17	15	10



É importante destacar que os PF para MP<sub>2,5</sub> adotados pelo DE 59.113/2013 tem como meta final os mesmos valores recomendados pela OMS em 2005, ou seja, 10 µg/m<sup>3</sup> como limite máximo recomendado (LMR) para concentração média anual, e 25 µg/m<sup>3</sup> como LMR para concentração média diária.

Mais recentemente, em 2018, saiu a Resolução N<sup>o</sup> 491 do Ministério do Meio Ambiente (MMA)<sup>13</sup>, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar como parte estratégica do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). Ela também atualiza a definição de padrão de qualidade do ar, como sendo “um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica”.

Esta resolução do MMA de 2018 usa quase todos os mesmos padrões do decreto estadual (SP) de 2013, sendo exatamente os mesmos valores recomendados para MP<sub>2,5</sub>. Na resolução é usado o termo ‘padrões de qualidade do ar intermediários’ (PI), ao invés de ‘metas intermediárias’ (MI), como no decreto, mas que no fim tem a mesma finalidade.

A Resolução N<sup>o</sup> 491/2018 também destaca algumas outras definições atualizadas:

- ✓ Poluente atmosférico é qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade;
- ✓ Padrões de qualidade do ar intermediários (PI) são padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;
- ✓ Padrão de qualidade do ar final (PF) são valores guia definidos pela OMS em 2005.

A Resolução N<sup>o</sup> 491/2018 também define que os Padrões de Qualidade do Ar serão adotados sequencialmente, em quatro etapas, sendo que a primeira etapa, que entra em vigor a partir da publicação da Resolução, em 2018, compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1. Já os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários e Final (PI-2, PI-3 e PF) serão adotados, cada um, de forma subsequente, levando em consideração os planos de controle de emissões atmosféricas e os relatórios de avaliação da qualidade do ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente.

Ainda citando o sistema da Cesteb, a companhia criou o “Índice de Qualidade do Ar”, uma ferramenta matemática desenvolvida para simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar<sup>14</sup>. Esse índice foi criado usando como base uma longa experiência

desenvolvida nos EUA. Os parâmetros contemplados são: Partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>), Partículas inaláveis finas (MP<sub>2,5</sub>), Fumaça (FMC), Ozônio (O<sub>3</sub>), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>).

Para cada poluente medido é calculado um índice, que é um valor adimensional. Dependendo do índice obtido, o ar recebe uma qualificação, que é uma nota para a qualidade do ar, além de uma cor, conforme apresentado na Tabela 2, somente para MP<sub>2,5</sub>:

Tabela 2: Estrutura do índice de qualidade do ar, para MP<sub>2,5</sub>, da Cetesb.

Qualidade	Índice	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 24h
N1 – Boa	0 – 40	0 – 25
N2 – Moderada	41 – 80	> 25 – 50
N3 – Ruim	81 – 120	> 50 – 75
N4 – Muito Ruim	121 – 200	> 75 – 125
N5 – Péssima	>200	> 125

Quando a qualidade do ar é classificada como *Boa*, os valores-guia para exposição de curto prazo estabelecidos pela OMS, que são os respectivos padrões finais estabelecidos no DE 59.113/2013, estão sendo atendidos.

Para efeito de divulgação, utiliza-se o índice mais elevado, isto é, embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada pelo maior índice (pior caso). Esta qualificação do ar está associada a efeitos à saúde, portanto independe do padrão de qualidade/meta intermediária em vigor, e será sempre realizada conforme a Tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Qualidade do ar e efeitos à saúde

Qualidade	Índice	Significado
N1 Boa	0 – 40	---
N2 Moderada	41 – 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 Ruim	81 – 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 Muito Ruim	121 – 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 Péssima	> 200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Neste sistema, individualmente, cada poluente apresenta diferentes efeitos sobre a saúde humana, para faixas de concentração distintas, identificados por estudos epidemiológicos desenvolvidos dentro e fora do país. Tais efeitos sobre a saúde requerem medidas de prevenção a serem adotadas pela população afetada.

Este tipo de sistema mostra como o monitoramento do ar é uma importante ferramenta para avaliar riscos à saúde humana. Apesar de não ser um sistema que usaremos como base para qualquer ação deste trabalho, ele é um importante exemplo nacional de como funciona um programa de monitoramento ambiental oficial, com rico detalhamento técnico e preocupado com a Saúde Pública.

Este relatório tem por objetivo apresentar e discutir os resultados encontrados em um monitoramento ambiental comunitário executado na localidade de Piquiá (Açailândia/MA), utilizando um equipamento (monitor de coleta) simples e de baixo custo, e conduzido por jovens moradores do local de estudo.

## CONTEXTUALIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O crescimento da exploração de minério de ferro e da produção siderúrgica (produção de ferro gusa e de aço) tem agravado os problemas e conflitos ambientais no Brasil. Isso vem fazendo com que diversas entidades, movimentos sociais e populações atingidas estejam se mobilizando em torno desses conflitos e demandando estudos e assessoria técnica para melhor compreender e atuar frente aos problemas gerados de saúde, meio ambiente e ameaças aos direitos humanos fundamentais<sup>15,16</sup>.

### *A atividade siderúrgica: riscos socioambientais e características da expansão recente no Brasil*

A expansão da atividade siderúrgica no Brasil reflete o papel do país no comércio internacional enquanto produtor de *commodities* agrícolas e metálicas, as quais estão baseadas em formas de uso intensivo de recursos naturais e exploração do trabalho muitas vezes inaceitáveis nos padrões dos países mais ricos. Estes, por sua vez, vêm se especializando na produção de aços especiais produzidos a partir da importação de produtos semiacabados de menor valor agregado, caso do ferro gusa e do aço bruto. Portanto, o crescimento recente do setor siderúrgico no Brasil faz parte de uma nova divisão internacional do trabalho, com a chamada “fase quente” da siderurgia sendo transferida dos países mais ricos para os países emergentes, como o Brasil, China, Índia, Rússia, Coreia do Sul, Ucrânia, Turquia e México, os quais possuem um crescente papel na exportação mundial do aço enquanto “*commodity*” metálica. A denominada fase quente é a fase em que ocorrem os principais processos termodinâmicos de transformação do minério de ferro - e posteriormente ferro-gusa - para a obtenção do aço semiacabado, e engloba as unidades mais energo-intensivas, poluentes e perigosas da siderurgia<sup>17,18,19</sup>.

Além de ser considerada uma atividade com uso intensivo de energia e altamente poluente, a produção de ferro-gusa e aço demanda uma enorme quantidade de carvão. Na chamada “siderurgia verde” que não usa o carvão mineral (caso do polo guseiro de Açailândia), a utilização do carvão vegetal provocou ao longo de mais de uma década, desmatamento de floresta nativa, e mesmo a plantação de árvores nas denominadas “florestas plantadas” (espécies clonadas de eucalipto), que também pode representar uma ameaça aos ecossistemas e, conseqüentemente, às populações, principalmente as tradicionais e rurais que vivem nos locais onde os “desertos verdes” estão a se expandir. Além disso, a redução de alguns dos perigosos gases de coqueria, existentes nas

siderúrgicas a base de carvão vegetal, não eliminam inúmeros outros riscos ambientais e ocupacionais, como a poluição atmosférica envolvendo materiais particulados, metais e outras substâncias tóxicas<sup>20</sup>.

### *A atividade siderúrgica em Piquiá de Baixo - Açailândia/MA*

Piquiá de Baixo é uma comunidade localizada na cidade de Açailândia, no Maranhão, que tem uma população estimada em 113.000 habitantes, de acordo com o IBGE (2021)<sup>21</sup>.

A maior parte das informações a seguir foram baseadas no relatório da Federação Internacional dos Direitos Humanos, publicado em 2011, que traz diversos dados e fatos importantes sobre a região e sua história<sup>22</sup>. Apesar do texto ser de 2011, ele tem detalhes ainda atuais da região, além de que, informações mais recentes, com essa riqueza de detalhes, são difíceis de serem obtidas, dada a realidade humilde da região.

A comunidade é um dos primeiros bairros de Açailândia, formado nos anos 70. Ao final dos anos 80, instalaram-se neste bairro cinco siderúrgicas operando com catorze altos-fornos. Atualmente Piquiá de Baixo abriga ao redor de 320 famílias e a população está estimada em cerca de 1.200 pessoas.

As empresas siderúrgicas se concentram em todo o entorno do bairro, e seus veículos responsáveis pelo transporte de produtos como carvão, minério, ou até mesmo ferro-gusa líquido, trafegam livremente pela rodovia que corta o bairro, expondo os moradores de todas as idades, principalmente crianças que circulam na via rodoviária para ir à escola.

Há 4 empresas instaladas na região do povoado de Piquiá de Baixo (preexistente) desde o final dos anos 80, e outras mais recentes: siderúrgicas tem a Aço Verde do Brasil (AVB) e Viena Siderúrgica SA, há também a fábrica Cimento Verde do Brasil (CVB) e a VALE SA, um entreposto de minério, relacionado a estrada de ferro Carajás.

A comunidade de Piquiá possui um rio que durante muito tempo foi fonte de renda para famílias que moravam nas margens e faziam do local (região conhecida como 'banho do 40) uma área de lazer, recebendo visitantes da cidade. Porém a água desse mesmo rio é utilizada nos processos industriais, em atividades como o resfriamento de altos-fornos, e devolvida à natureza sem ou com tratamento insuficiente, poluindo assim, também a água do rio, que deixa de ser atrativo para os banhistas que visitam o bairro, principalmente nos fins de semana e por conseguinte, prejudicando as famílias que dependiam disso.

Mas o principal problema enfrentado pelos moradores diz respeito à poluição do ar. Os altos-fornos lançam gases poluentes na atmosfera, além da fumaça, isso tudo sem contar com a poeira carregada de um ponto a outro pelos caminhões das empresas que circulam na rodovia. Ao cair da tarde, dependendo do ponto de localização que se esteja no bairro, é possível notar que a atmosfera possui uma coloração diferente, algo que transita entre laranja e cinza, resultado da concentração de gases e fumaça sobre o bairro. Tudo isso é alarmante quando se sabe que as pessoas que estão ali, moradores do local, estão respirando aquele “*ar cinza*”.

Embora a empresa Gusa Nordeste SA tenha fechado um de seus polos nessa região, e filtros foram colocados nas outras empresas, a situação ainda exige atenção. Os relatos sobre emissão de gás são constantes. Os moradores continuam a reclamar de problemas respiratórios e de alergia, provocados por poluentes oriundos das atividades relacionadas à mineração.

O direito à saúde fez-se pauta constante nas reuniões e assembleias do povoado de Piquiá desde 2004. O diagnóstico feito pelos moradores em diversos encontros confirma problemas de saúde e de acesso aos serviços de saúde destacados durante este processo.

Os impactos sociais, culturais e ambientais das operações das companhias de mineração e siderurgia sobre as comunidades locais e o meio ambiente são amplamente conhecidos e vêm sendo progressivamente objeto de estudos. Este quadro é agravado em casos como o de Açailândia e tantos outros, onde se encontra, por um lado, uma situação de pobreza e desigualdade, falta de políticas públicas de moradia, saúde e saneamento básico, e por outro, empresas com forte poder econômico. Não bastasse isso, tais impactos configuram-se como violações de direitos humanos ainda mais graves e sistemáticas quando a indústria poluente encontra no Estado, um ente que não fiscaliza e regula devidamente suas atividades extrativas e industriais. Nestes casos, em que se configura um quadro de fragilidade, ausência ou permissividade do Estado, as autoridades locais estabelecem com o empreendimento econômico uma relação de dependência e muitas vezes de subserviência. Além de disponibilizar de forma facilitada, inclusive mediante incentivos econômicos, de serviços e fiscais, os recursos naturais ao ator privado, o poder público (em suas distintas instâncias), de forma intencional ou não, falha na fiscalização das atividades econômicas destas empresas, principalmente no que se refere às condições de trabalho e aos impactos na vida e na saúde dos trabalhadores e das comunidades.

## **OBJETIVOS**

### *OBJETIVO GERAL*

Realizar uma investigação exploratória de uma área exposta a poluição ambiental, no município de Açailândia/MA, nas regiões de Piquiá (de Baixo e de Cima), Vale do Açaí e Plano da Serra), gerada por indústrias siderúrgicas, por meio do monitoramento ambiental comunitário (MAC) de material particulado de 2,5 µm (MP<sub>2,5</sub>), realizado por jovens locais, no período de outubro/2020 a março/2021, utilizando um equipamento monitor simples e de baixo custo.

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- Apresentar os resultados obtidos no MAC, realizado por uma equipe de jovens moradores da localidade de estudo, exposta a poluição ambiental gerada por um complexo de indústrias siderúrgicas e outras atividades, considerado como fonte emissora;
- Analisar os níveis de poluição ambiental gerados por MP<sub>2,5</sub>, obtidos nas amostragens feitas nas localidades do estudo, utilizando um equipamento monitor simples e de baixo custo;
- Comparar os resultados obtidos neste trabalho, nos diferentes meses ao longo de 2020 a 2021 com valores recomendados por leis nacionais e órgão internacionais, e ainda comparar os resultados atuais com os resultados obtidos nas campanhas de MAC realizadas na mesma localidade, entre 2016 e 2017;
- Avaliar a importância das ações de um programa de Vigilância Popular Ambiental (VPA), através do MAC.

## METODOLOGIA

Para realização do monitoramento ambiental foi utilizado o equipamento monitor de qualidade do ar Dylos, modelo DC1700 (*Dylos Corporation, CA/EUA*).

O equipamento exibe a concentração de partículas (material particulado – MP, ou *particulate matter* - PM, sigla em inglês) pequenas e grandes, ao mesmo tempo, no visor LCD. A concentração de partículas pequenas é sempre apresentada à esquerda do visor, e a concentração de partículas grandes à direita.

As partículas pequenas são todas as partículas detectadas pelo DC1700 até o seu limite de detecção de 0,5 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) → Pequeno =  $\text{MP}_{>0,5}$ .

As partículas grandes são todas as partículas detectadas acima do limiar de partícula grande, que é tipicamente cerca 2,5 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) → Grande =  $\text{MP}_{>2,5}$ .

Para determinar a quantidade de partículas entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 2,5  $\mu\text{m}$ , basta fazer o cálculo de  $\text{MP}_{>0,5} - \text{MP}_{>2,5}$ .

O manual de instruções técnicas do equipamento Dylos apresenta o seguinte exemplo de partículas típicas que podem estar presentes nestes intervalos de tamanho ( $\text{MP}_{>2,5}$  e  $\text{MP}_{>0,5}$ ):

*Pequenas Partículas ( $\text{MP}_{>0,5}$ ):* Pó fino, bactérias, mofo, fumo, poluição atmosférica, etc.

*Grandes Partículas ( $\text{MP}_{>2,5}$ ):* Pó grosso, pólen, bactérias maiores, esporos de plantas, fezes de ácaros de poeira, etc.

Os valores de leitura do equipamento representam a concentração de partículas ( $n^\circ$  de partículas por volume de ar) em aproximadamente 0,01 pés cúbicos ( $\text{ft}^3$ ) de ar amostrado. Multiplicando o valor da leitura obtida por 100, obtemos o resultado em 1 pé cúbico, que equivale a aproximadamente 0,03 metros cúbicos ( $\text{m}^3$ ).

Os parâmetros usados nacional e internacionalmente para avaliação da qualidade do ar usam a unidade  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração em massa). De acordo com recomendação do fabricante (empresa Dylos Corporation), para fazer uma conversão aproximada para  $\text{MP}_{2,5}$ , em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi usada a diferença entre as duas leituras (partículas pequenas - grandes) do equipamento, e depois o valor foi dividido por 100. Desta forma é possível converter, aproximadamente, a leitura de  $n^\circ$  de partículas por volume de ar para massa por volume de ar.

Ainda de acordo com fabricante, é importante estar ciente, como em todos os instrumentos de dispersão de luz, que esta é uma aproximação, mas que tem funcionado adequadamente para avaliar a poluição do ar.



O seguinte protocolo, construído na oficina de Vigilância Popular em Saúde e Ambiente, realizada em outubro de 2016 em Piquiá de Baixo, foi seguido pelas equipes de jovens para execução das coletas de ar:

1. Conferir que a bateria esteja completamente carregada, ou deixar o equipamento ligado a uma fonte de alimentação de energia;
2. Anotar local e horário de coleta;
3. Fazer avaliação do local de coleta evitando deixar o equipamento diretamente exposto ao sol, num lugar com muita circulação de pessoas ou próximo de uma parede;
4. Se chover, tirar da chuva, desligar, parar a medição e continuar a medição depois;
5. O aparelho não deve ficar próximo de campos eletromagnéticos ou de lâmpadas fluorescentes ligadas (distanciar de 2 a 3 m);
6. Garantir que, seja na hora de ligar ou desligar o equipamento, algum participante do trabalho, capacitado, esteja disponível. Garantir que, durante o tempo todo da medição, alguém de confiança (mesmo não capacitado) cuide da segurança do equipamento;
7. Colocar o equipamento numa altura a cerca de 1,5 m do chão;
8. Ligar o equipamento e zerar o histórico;
9. Anotar informações necessárias (coordenadas, temperatura, umidade, coleta indoor ou outdoor e observações sobre o clima);
10. No final da medição, anotar os dados obtidos em um caderno e zerar o histórico do aparelho;
11. Limpar o equipamento com um pano seco, se estiver com muita poeira na parte externa;
12. Chegando em casa, transferir os dados coletados do caderno para uma planilha. Salvar o arquivo e criar uma cópia de segurança.

As seguintes recomendações para o monitoramento ambiental foram adotadas, buscando garantir a representatividade dos dados e segurança da equipe:

- ✓ Realizar coletas de, no mínimo, 6h, três vezes por semana, todas as semanas, alternando o período de manhã, tarde, noite e madrugada;
- ✓ Escolher lugares diferenciados em volta das empresas e das casas (construir um mapa de previsão de coleta). Minimamente definir uma estratégia de 4 pontos (norte, sul, leste e oeste, com respeito às empresas) e repetir as medições nos mesmos locais nas etapas

seguintes;

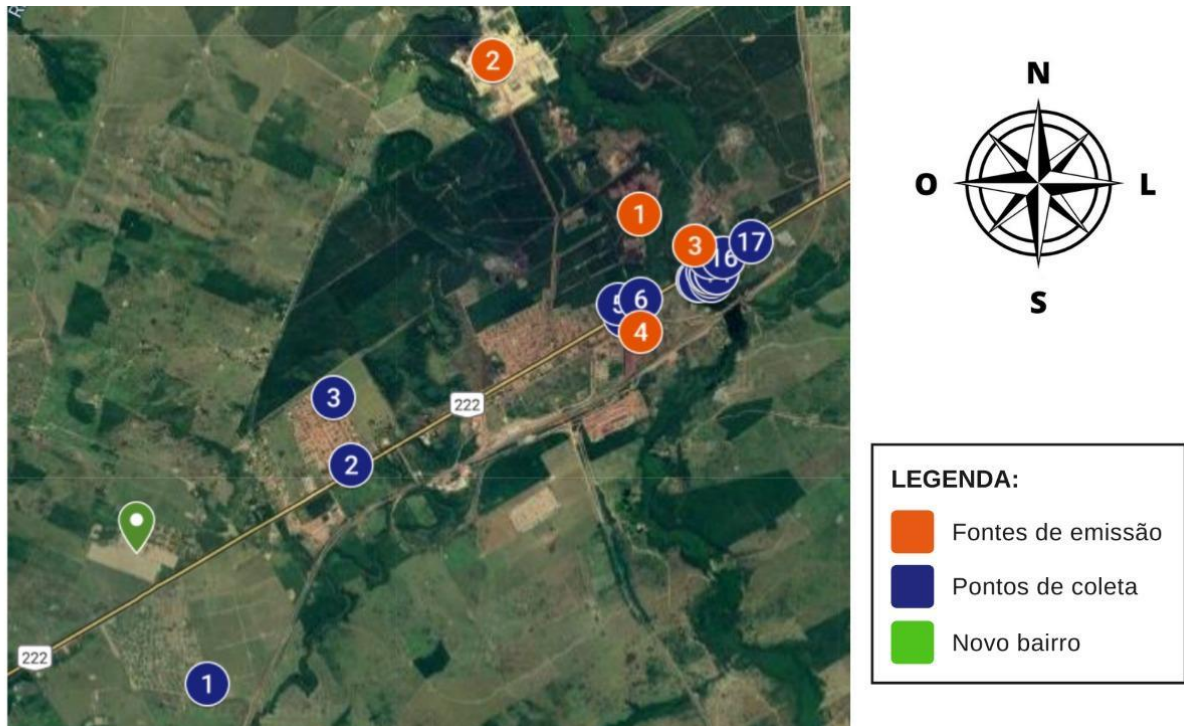
- ✓ Definir um raio progressivo de distância das empresas ou das vias de circulação (três níveis: próximo, médio e distante);
- ✓ Realizar medições em locais abertos (outdoor) e fechados (indoor);
- ✓ Evitar expor o processo de coleta à observação dos funcionários das empresas e outras pessoas não conhecidas, por questões de segurança;
- ✓ Se interrogados por algum transeunte, informar que está sendo feito uma coleta de ar para verificar níveis de poluição da região;
- ✓ Pelo menos uma vez a cada mês fazer a coleta em um lugar que seja considerado como referência, ou seja, com pouca poluição (em tese);
- ✓ Caso aconteça algum episódio de danos ao equipamento (por exemplo quedas, problemas elétricos, etc) ou roubo, comunicar imediatamente aos responsáveis do projeto.

Para verificar a exatidão dos dados obtidos com o equipamento Dylos, foram feitos testes de coleta de ar usando paralelamente um monitor de ar da marca TSI, modelo 3330. As coletas com os dois equipamentos foram executadas em ambientes indoor e outdoor, ao mesmo tempo, nas mesmas condições, e os dados obtidos foram comparados. Em geral, os resultados do TSI eram levemente maiores que os do Dylos. Essa observação era esperada, uma vez que o equipamento da TSI é um monitor de ar mais sensível, exato e robusto. Mesmo diferentes, os valores eram bem próximos, em termos de concentração. Isso mostra que os resultados obtidos pelo equipamento Dylos são confiáveis para este tipo de monitoramento<sup>23</sup>.

Nesta etapa, a 1ª campanha do MAC apresentado nesse relatório foi realizada entre outubro de 2020 e março de 2021. Chamamos de 1ª campanha pois o MAC continua sendo realizado, até setembro de 2021, no mínimo, para fechar um ciclo de 1 ano de monitoramento. Depois do fim da 2ª campanha, um novo relatório será apresentado.

Na região de Piquiá (de Baixo e de Cima), do Vale do Açaí e do Plano da Serra, os pontos de coleta foram as residências de moradores, localizadas próximas do complexo siderúrgico da região, no caso de Piquiá, e mais afastados da fonte emissora (Vale do Açaí e Plano da Serra), como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Mapa da região onde o MAC foi realizado, indicando todos os pontos de coleta de ar (Fonte: Google Maps).



Os pontos marcados em azul representam os locais de amostragem (pontos de coleta), que foram casas de moradores da região, principalmente das famílias e conhecidos dos jovens, que permitiram que a coleta ocorresse em suas residências. Os pontos azuis representam as seguintes localidades:

- 1 - Vale do Açaí (local de comparação)
- 2 e 3 - Plano da Serra (locais de comparação)
- 4, 5 e 6 - Piquiá de Cima
- 7 a 17 - Piquiá de Baixo

O ponto marcado em verde representa o local do novo bairro - Piquiá da Conquista, local onde irá ocorrer um reassentamento de parte da população de Piquiá de Baixo. O ponto de coleta mais próximo dessa região é o ponto 1 – Vale do Açaí.

Os pontos marcados em laranja representam a localização do complexo siderúrgico da região, que tem as seguintes indústrias:

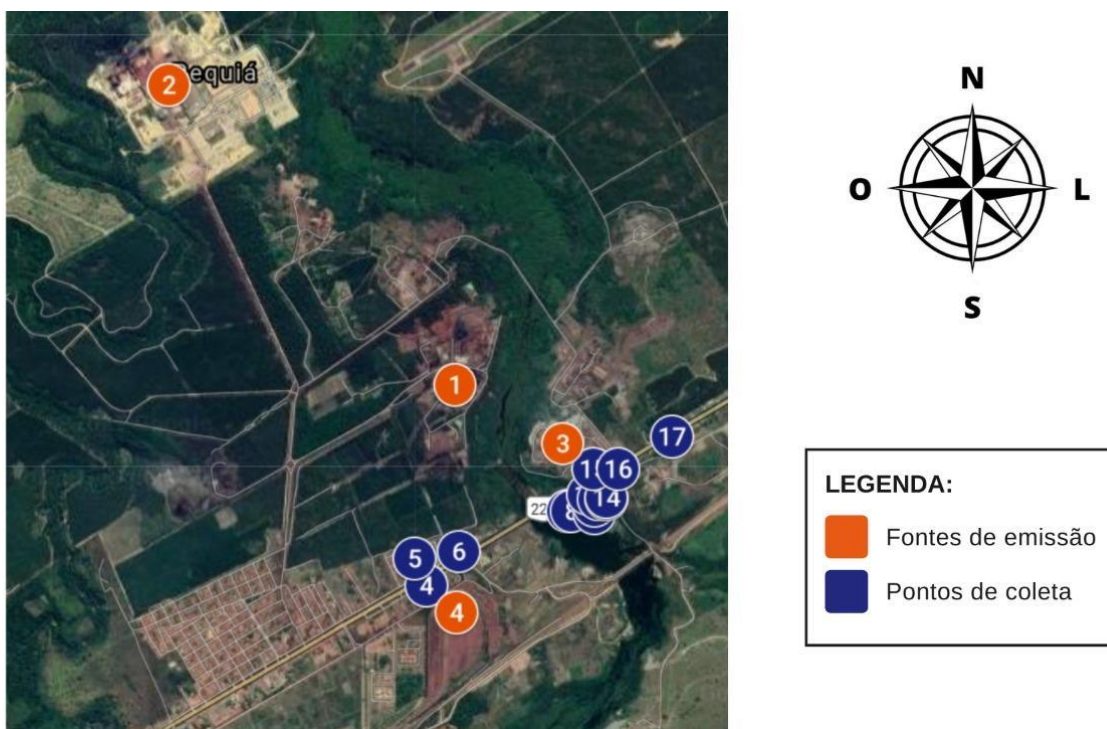
- 1 - Viena Siderúrgica
- 2 - AVB
- 3 - CVB
- 4 – VALE

O ponto que tem mais proximidade com a região de Piquiá (Ponto 3 - CVB) foi utilizado como ponto inicial de medição, para estimar as distâncias entre o complexo considerado como fonte emissora de poluição e os pontos de coleta. Assim, as distâncias aproximadas dos pontos de coleta para a região do ponto de referência são:

- Vale do Açaí e Piquiá da Conquista (ponto 1): 7,5 km
- Plano da Serra (pontos 2 e 3): 5 km
- Piquiá de Cima (pontos 4, 5 e 6): 1,2 km
- Piquiá de Baixo (pontos 7-17): 0,7 km

A Figura 2 traz uma imagem mais aproximada da região de Piquiá de Baixo e de Cima, mostrando com maior resolução a geografia do local, pois esta região foi a que concentrou a maior parte dos pontos de coleta, uma vez que é a região com maior proximidade das fontes emissoras considerados nesse trabalho, o complexo siderúrgico, principalmente os pontos laranjas 1, 3 e 4.

Figura 2: Mapa da região de Piquiá de Baixo e de Cima (Fonte: *Google Maps*).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados apresentados na Figura 3 são representativos dos pontos de coleta (4-17) apresentados na Figura 1.

As coletas foram feitas nos períodos da manhã, tarde, noite e madrugada, porém os resultados de cada dia são apresentados como uma média diária, uma vez que este valor confere maior representatividade ao processo de coleta do dia, e permite atenuar as variações de resultados ao longo do período de amostragem.

Figura 3: Resultados do MAC para MP<sub>2,5</sub>, em µg/m<sup>3</sup>, para cada dia de coleta realizada entre os meses de outubro/2020 e março/2021.

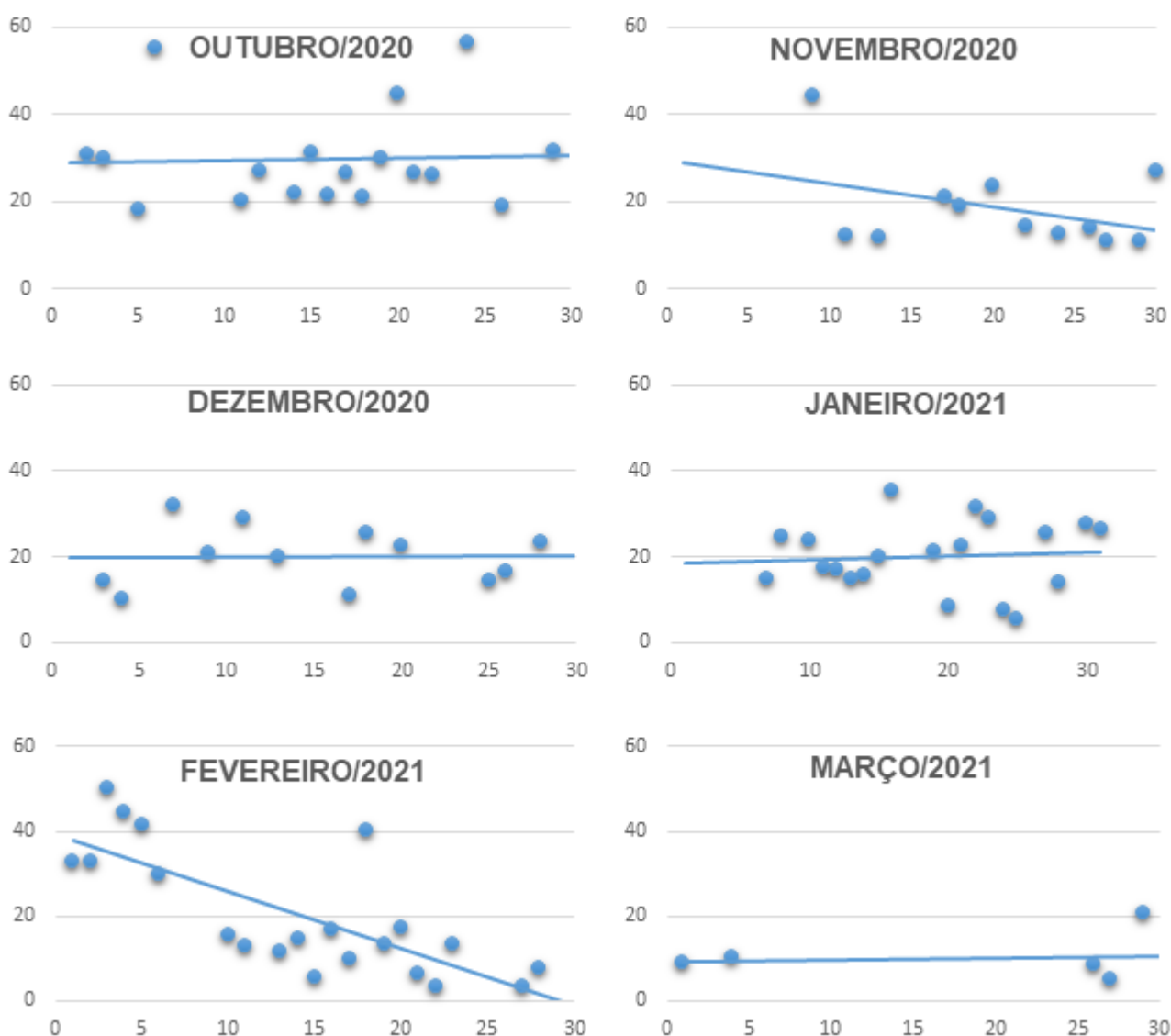
OUT/2020		NOV/2020		DEZ/2020		JAN/2021		FEV/2021		MAR/2021	
Dia	MP <sub>2,5</sub>	Dia	MP <sub>2,5</sub>	Dia	MP <sub>2,5</sub>	Dia	MP <sub>2,5</sub>	Dia	MP <sub>2,5</sub>	Dia	MP <sub>2,5</sub>
2	30,8	9	44,2	3	14,4	7	15,0	1	32,8	1	9,0
3	30,1	11	12,4	4	10,3	8	24,7	2	33,1	4	10,3
5	18,0	13	12,0	7	31,9	10	24,1	3	50,1	8	17,3
6	55,4	17	21,0	9	20,8	11	17,4	4	44,5	9	16,5
11	20,1	18	19,2	11	29,0	12	17,0	5	41,6	10	15,5
12	26,9	20	23,7	13	19,9	13	15,0	6	30,0	12	27,1
14	21,8	22	14,4	17	11,0	14	15,6	10	15,6	13	16,9
15	31,2	24	12,7	18	25,7	15	20,1	11	12,7	15	10,9
16	21,6	26	13,8	20	22,6	16	35,4	13	11,7	19	12,0
17	26,8	27	11,1	25	14,3	19	21,4	14	14,5	20	9,2
18	21,0	29	11,0	26	16,8	20	8,7	15	5,6	26	8,7
19	30,0	30	27,0	28	23,7	21	22,4	16	16,8	27	4,9
21	26,6	<b>Média 18,5</b>		<b>Média 20,0</b>		22	31,8	17	10,1	29	20,6
22	26,0					23	29,3	18	40,0	31	7,1
24	56,5					24	7,6	19	13,5	<b>Média 13,3</b>	
26	19,1					25	5,4	20	17,0		
29	31,6					27	25,5	21	6,6		
<b>Média 29,0</b>						28	14,0	22	3,4		
						30	27,9	23	13,3		
						31	26,4	27	3,2		
						<b>Média 20,2</b>		28	7,6		
								<b>Média 20,2</b>			

As médias (mensais e diárias) obtidas no MAC foram comparadas com os valores limites recomendados pela OMS para qualidade do ar para MP<sub>2,5</sub> - 10 e 25 µg/m<sup>3</sup> (LMR para concentração média anual e diária, respectivamente), os mesmos valores recomendados atualmente pela Resolução Nº 491/2018 para avaliar a qualidade do ar, para este mesmo poluente.

Nos dias de coleta que o resultado do monitoramento foi superior ao limite diário de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 3), os resultados estão grifados em vermelho, para destacar a quantidade de dias ao longo do mês que o limite diário foi ultrapassado.

A Figura 4 apresenta os gráficos de dispersão dos resultados diários do MAC, obtidos para cada mês. Adicionalmente, uma linha de tendência foi colocada para dar uma noção do perfil dos resultados ao longo do mês, se aumentam, diminuem ou se mantêm.

Figura 4: Gráficos de dispersão dos resultados dos resultados diários do MAC. No eixo vertical (eixo Y) está representada a concentração de  $\text{MP}_{2,5}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) enquanto que no eixo horizontal (eixo X) estão representados os dias do mês.



Apesar de os resultados diários variarem significativamente ao longo do mês, como pode ser observado na Figura 4, as médias mensais são bem representativas, pois, de uma forma geral, observa-se que os resultados diários tendem a se dispersar dentro de uma faixa mais estreita de concentração. O número de amostragens varia bastante mês a mês,

pois esse tipo de monitoramento ambiental de base comunitária depende da disponibilidade dos participantes do trabalho em poder realizar a amostragem, mais ainda sim, conforme observado da Figura 3, o número mínimo de coletas realizadas num mês foi de 12 (novembro e dezembro/2020) e o máximo foi de 21 coletas (fevereiro/2021).

A Tabela 4 apresenta, de forma simplificada, os resultados das concentrações médias mensais (totais) obtidas no MAC.

Tabela 4: Concentrações médias mensais obtidas no MAC para MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>), entre os meses de outubro/2020 e março/2021.

2020		2021			Média Final	
Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro		Março
29,0	18,5	20,0	20,2	20,2	13,3	<b>20,2</b>

A Tabela 4 deixa evidente que todas as médias mensais obtidas foram superiores a 10 µg/m<sup>3</sup>. Não há nas normas vigentes citadas neste trabalho um LMR para concentração média mensal, portanto, a comparação dos resultados mensais foi feita com base no LMR da OMS<sup>11</sup> e Resolução N<sup>o</sup> 491/2018<sup>13</sup>, para concentração média anual, de 10 µg/m<sup>3</sup>. Isso é viável, pois os resultados obtidos mês a mês, e sua variação, darão uma boa perspectiva do resultado que será obtido futuramente para a média anual, uma vez que este monitoramento continuará sendo executado ao longo de 2021, até setembro, totalizando 1 ano de MAC, e permitindo o cálculo real da média anual, pois o valor obtido hoje (Média Final) é uma aproximação, baseada na média dos valores já obtidos em cada mês.

Cabe destacar que esses valores de MP<sub>2,5</sub> igual a 10 e 25 µg/m<sup>3</sup> (limite anual e diário, respectivamente) são padrões de qualidade do ar final, ou seja, que ainda devem ser alcançados. Porém, desde 2005 a OMS trabalha com estes valores, e já em 2013 a Cetesb adotou-os também como padrão final a atingir, e a Resolução N<sup>o</sup> 491/2018, ratifica os mesmos valores em 2018 como padrão de qualidade do ar final, mostrando como que o uso deles representa o conhecimento mais atual sobre o tema, e permite uma discussão com perspectiva de prevenção.

Uma vez que este trabalho de MAC já foi desenvolvido na mesma localidade de Piquiá de Baixo, entre 2016 e 2017, os resultados obtidos nesse primeiro MAC são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados de concentração média mensal de MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) obtidos nas 2 campanhas do MAC em Piquiá de Baixo, realizadas entre 2016 e 2017.

Média de concentração de MP 2,5 (µg/m <sup>3</sup> )	Novembro	Dezembro	Janeiro
1ª campanha	32,22	18,38	16,26
	Março	Abril	Maio
2ª campanha	15,96	18,17	22,27

Na comparação dos resultados obtidos em 2016-2017 e 2020-2021 (Tabela 6), nos mesmos meses, podemos ver que os valores obtidos foram bem próximos, exceto em novembro, onde em 2020 foi quase o dobro. Isso mostra que as condições locais relacionadas à poluição atmosférica em relação ao poluente MP<sub>2,5</sub> se mantiveram as mesmas, sendo este um problema grave, que merece a atenção das autoridades competentes e carece de uma solução que melhore as condições ambientais da região.

Tabela 6: Comparação de resultados do MAC nas comunidades de Piquiá, realizadas entre 2016-2017 e 2020-2021.

Novembro	Dezembro	Janeiro	Março
18,5	20,0	20,2	13,3
32,2	18,4	16,3	16,0

Como destacado na metodologia, havia três pontos de coleta que foram utilizados como ‘locais de comparação’: Ponto 1 – Vale do Açaí e Pontos 2 e 3 – Plano da Serra, distantes 7,5 e 5 km, respectivamente, do ponto de referência das fontes de emissão. Nessa perspectiva, eles estão relativamente bem afastados da fonte, e devido a isso, esperava-se resultados inferiores aos encontrados na região mais próxima da fonte. Apenas para efeito de discussão nesse relatório, usaremos o termo ‘*Controles*’ para os pontos 1-3 e ‘*Expostos*’ para os pontos de coleta 4-17, que são os mais próximos da fonte emissora, até 1,5 km de distância. É importante salientar que em termos epidemiológicos essa categorização não é adequada, uma vez que este não se trata de um estudo de caso-controle. Apenas a usaremos aqui para facilitar o debate.

A Tabela 7 apresenta os resultados do MAC usando essa categorização.



Tabela 7: Resultados do MAC, em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , categorizados como 'Controles' e 'Expostos'

	2020			2021			Média Final
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	
MP <sub>2,5</sub> - TOTAL	29,0*	18,5	20,0*	20,2	20,2	13,3	<b>20,2</b>
MP <sub>2,5</sub> - CONTROLES	---	17,2	---	18,7	10,5	10,1	<b>14,1</b>
MP <sub>2,5</sub> - EXPOSTOS	29,0	20,3	20,0	20,9	23,2	15,7	<b>21,5</b>
Diferença percentual (Expostos-Controles)	---	18,1	---	11,4	121,5	55,4	52,3

\*Esses valores de MP<sub>2,5</sub> – TOTAL são uma repetição dos mesmos valores para EXPOSTOS, pois nesses dois meses somente pontos de coleta categorizados como EXPOSTOS foram amostrados.

De acordo com a Tabela 7, o resultado de MP<sub>2,5</sub> – TOTAL representa todos os resultados obtidos ao longo do mês, sem distinção de local de coleta, ou seja, todos as médias diárias dos pontos de coleta amostrados ao longo do mês tiveram seus resultados computados para o cálculo da média mensal de concentração. Os resultados apresentados como MP<sub>2,5</sub> – CONTROLES levaram em conta para o cálculo da média mensal apenas as amostragens realizadas nos pontos de coleta mais distantes da fonte emissora (pontos 1, 2 e 3). Já os resultados apresentados como MP<sub>2,5</sub> – EXPOSTOS levaram em conta para o cálculo da média mensal apenas as amostragens realizadas nos pontos de coleta mais próximos da fonte emissora (pontos 4 a 17).

Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram que as médias da localidade 'Controles' tendem a ser menores que a localidade 'Expostos', algo já esperado, com uma diferença percentual de 10-20%, em média, superior nos 'Expostos', nos meses de novembro/2020 e janeiro/2021. O que chama a atenção nessa comparação é que a partir de fevereiro/2021 essa diferença aumenta muito. Uma vez que essa comparação não pôde ser feita em outubro e dezembro/2020, pois só houve coleta de 'Expostos', essa avaliação mais detalhada do porquê isso ocorreu deverá ser feita de forma mais representativa nas próximas coletas de 2021, quando será possível interpretar melhor os dados, ao longo dos meses, para essa situação em específico.

Um outro detalhe que também deve ser considerado quando da avaliação da Tabela 7 é que, mesmo havendo diferenças entre 'Controles' e 'Expostos', sendo que 'Controles' apresentam médias de concentração mensais menores, ainda sim todas elas foram superiores ao valor base para comparação das médias mensais, que é a média anual de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Isso pode ser explicado pelo fato de que o MP<sub>2,5</sub> fica em suspensão no ar por um longo tempo e se dispersa por grandes regiões, devido a sua relação tamanho/peso<sup>24</sup>. Isso salienta o fato de que, mesmo as comunidades mais afastadas da fonte emissora, estão sob o risco da poluição atmosférica gerada pelo complexo siderúrgico em estudo.

A comparação dessas médias é complexa devido a todos os diferentes aspectos envolvidos em cada dia coleta: ao longo de cada mês a coleta foi realizada em dias distintos, onde uns meses tem mais dias de coleta e outros menos; os horários de cada dia de coleta são diferentes; os pontos de coleta mudam a cada dia, de acordo com a possibilidade de cada participante em executar a amostragem; as variações temporais dos aspectos climáticos locais (temperatura, umidade, precipitação e direção dos ventos); e o número de amostragens em locais 'Controles' e 'Expostos' variando em cada mês. Tudo isso dito, ainda assim a comparação de médias é viável, pois todos os aspectos citados fazem parte de um processo de monitoramento ambiental de base comunitária, uma vez que todos eles são inerentes ao processo, porém não reduzem a importância de uma ação como esta.

Em caso diferente, num programa de monitoramento ambiental oficial, todas essas variáveis seriam padronizadas num método de coleta de ar automático ou semiautomático, onde todas condições climáticas são avaliadas e registradas, o monitoramento ocorre 24h por dia, ao longo de todo o ano, sendo os pontos de amostragens fixos e com distribuição espacial calculada conforme a geografia da região. Nosso trabalho de MAC é feito da forma mais rigorosa possível, dentro das limitações inerentes a essa proposta, mas certamente traz dados importantes e confiáveis sobre a questão relacionada à poluição ambiental por MP<sub>2,5</sub> na região de Piquiá.

Como houve atualização da norma brasileira, em 2018, e para deixar mais evidentes os valores internacionais, é apresentada a Tabela 8, com os LMR para concentração média diária e anual pela legislação brasileira (considerando os padrões finais a alcançar), pela OMS e Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA, na sigla em inglês):

Tabela 8: Limites máximos recomendados para concentração média diária e anual de MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) por diferentes órgãos.

Amostragem	MMA/Brasil	OMS	EPA
Média Diária	25	25	35
Média Anual	10	10	12

É importante destacar que os valores apresentados da EPA refletem os padrões primários, que fornecem proteção à saúde pública, incluindo a proteção da saúde de populações "sensíveis", como asmáticos, crianças e idosos<sup>25</sup>.

Para este tipo de trabalho, um monitoramento ambiental de base comunitária, devemos prezar pelos limites que permitam discutir o tema em termos de prevenção e não apenas, debater se o resultado encontrado está acima ou abaixo de um número, como na letra da lei em vigor nesse momento. Assim, reiteramos a importância do uso dos valores

limites recomendados mais baixos possíveis (10 e 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para concentração média de  $\text{MP}_{2,5}$  anual e diário, respectivamente), usados como base para toda a discussão comparativa dos resultados obtidos nessa campanha do MAC, pois eles permitem um debate focado na importância desse cenário de exposição da população local, ou seja, um debate de Saúde Pública.

Ao longo dos últimos anos, houve um aumento substancial nas descobertas de que a poluição atmosférica por MP não só exerce um grande impacto à saúde, mas também está associada a um maior número de doenças. Os dados sugerem que os efeitos negativos à saúde podem ocorrer mesmo em baixos níveis<sup>26,27</sup>. O efeito final da poluição do ar na saúde pública é provocar a morte prematura. Estudos recentes, de longo prazo, mostram associações consistentes e significativas entre MP e mortalidade em níveis bem abaixo do atual nível anual de referência da qualidade do ar da OMS para  $\text{MP}_{2,5}$ <sup>7</sup>.

O fato de a comunidade de Piquiá ficar tão próxima de um complexo industrial assim é, por si só, um risco à população dessa região, pois é sabido dos efeitos adversos para a saúde humana e o meio ambiente gerados pelas atividades de produção de cimento e siderurgia<sup>18,28</sup>. A Figura 1 mostra o mapa da região em estudo, ficando muito evidente as 4 empresas que atuam na região (Viena Siderúrgica, AVB, CVB, VALE) e são consideradas como as fontes emissoras de poluição para esta avaliação. Idealmente, esse complexo não deveria ter comunidades humanas tão próximas, assim como, deveria ter um cinturão verde no seu entorno, como forma de isolamento e proteção, o que não é a realidade da região. Portanto, este complexo industrial é sim uma fonte de poluição do ar e coloca em risco a saúde de todos os moradores da região, assim como de todo o ambiente em seu entorno.

Uma observação importante deve ser feita com relação aos dados obtidos pelo equipamento *Dylos*. Como mencionado na “Metodologia”, testes comparativos mostraram que os resultados do *Dylos* são ligeiramente menores quando comparados a um monitor de ar mais sensível e robusto. Desta forma, os valores aqui discutidos poderiam ser superiores, gerando uma preocupação maior ainda com os resultados obtidos nesse MAC, que, mesmo com esta leve tendência em apresentar valores de concentração menores que os valores reais, ainda assim apresentou médias diárias e mensais de  $\text{MP}_{2,5}$  acima do recomendado pela OMS, em diversas ocasiões<sup>23</sup>.

O envolvimento de jovens da localidade de estudo no trabalho favorece a inserção desses dentro do processo de monitoramento, o que permite continuidade. Caso isso não fosse feito, uma vez que a região não possui um programa oficial de monitoramento da qualidade do ar, não seria possível fazer esse monitoramento de forma regular com pessoas de fora da região, por exemplos pesquisadores e técnicos de instituições de ensino

e pesquisa, pois acessar a região frequentemente, sem ser morador da localidade, apenas para fazer as coletas de ar, não é uma tarefa simples e prática, e também é dispendiosa.

A capacitação de jovens locais, realizada em 2016, e sua atuação no processo de MAC, contribui para a formação de um olhar crítico sobre questões relativas à Saúde e Ambiente. Assim, destaca-se não somente a importância dos resultados obtidos com os dados coletados, mas o processo de formação pelo qual passaram os jovens moradores das áreas atingidas. A experiência de VPA propiciou a transformação de atores locais em agentes de mudança e multiplicadores de conhecimento, com influência ampliada na região impactada e capazes de participar de maneira mais qualificada, do ponto de vista técnico, dos processos decisórios públicos a respeito da gestão ambiental local<sup>23</sup>.

Isso ainda permite que as ações iniciadas no passado possam continuar sendo realizadas até hoje, de forma independente, e considerando os jovens já treinados como multiplicadores do conhecimento, permite também a continuidade dessas ações para o futuro, com o envolvimento de mais atores locais, a exemplo do que já aconteceu nessa nova campanha de MAC, onde os primeiros jovens que participaram das ações iniciadas em 2016-2017 voltaram a participar dessa nova fase em 2020-2021, envolvendo e capacitando novos atores locais, jovens também, que se somaram a esse trabalho.

Mesmo com limitações técnicas inerentes, as atividades de MAC mostraram-se uma importante ação em termos de vigilância ambiental, pois foram executadas a partir da participação ativa, ou seja, do protagonismo dos sujeitos locais atingidos. Neste sentido, contrapõe-se a ideia de que o fazer científico deve concentrar-se na esfera acadêmica, nas universidades ou institutos de pesquisa. A experiência da VPA mostra que o conhecimento científico pode ser popularizado e apreendido por agentes de diferentes áreas e distintas particularidades, assim como para diferentes meios, como neste caso, que desempenhou o papel de contra hegemonia à um discurso mercadológico, desenvolvimentista e que favorece processos geradores de injustiça ambiental<sup>23</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição do ar traz grande preocupação e riscos à saúde humana, pois, além de diversos efeitos à saúde, é reconhecidamente cancerígena. No caso específico do material particulado, há um grande potencial de danos à saúde humana, devido a sua capacidade de penetrar no sistema respiratório, principalmente o MP<sub>2,5</sub>.

O engajamento de jovens da comunidade na coleta ambiental permite uma atividade com continuidade, ou seja, a execução de um efetivo monitoramento. Além disso, favorece o desenvolvimento de um olhar crítico sobre questões relativas à Saúde e Ambiente.

Mesmo utilizando um equipamento monitor de qualidade do ar de simples manuseio e baixo custo, resultados confiáveis e expressivos podem ser obtidos neste tipo de monitoramento ambiental, de base comunitária, o que é de grande valia para ações de VPA.

As médias mensais dos níveis de poluição do ar, avaliados pela concentração de MP<sub>2,5</sub>, nas localidades de Piquiá, Vale do Açaí e Plano da Serra (Açailândia/MA) são elevadas e preocupantes, pois ultrapassaram a média anual recomendada pela OMS de 10 µg/m<sup>3</sup>, e por várias vezes ultrapassaram a média diária recomendada de 25 µg/m<sup>3</sup>.

O tipo de trabalho realizado apresenta algumas limitações técnicas, relativas ao tipo de poluição avaliada (somente um poluente), a relação com a fonte emissora, a representatividade da área do estudo, e a metodologia usando um equipamento de “uso comum”. Apesar disto, é uma importante ação em termos de vigilância ambiental, pois é executada por atores locais e conduzida de forma simples e barata.

No relatório de 2017 foi dito que: *“A continuidade do monitoramento ambiental nas duas regiões do estudo, no decorrer de outras estações do ano, pode gerar concentrações médias mais homogêneas e específicas, obtendo médias mais representativas, em termos de variações climáticas ao longo do ano.”*. Assim, esta nova campanha do MAC realizado em Piquiá é uma continuidade deste trabalho, mostrando que mesmo após esses anos a região continua apresentando níveis preocupantes de poluição gerado por MP<sub>2,5</sub>.

Anteriormente, concluímos o relatório fazendo uma reflexão sobre o seguinte fato: *“o mais importante deste tipo de trabalho não é o resultado em si, mas o processo de formação de jovens moradores da área, pois estes passam a ter uma percepção diferenciada do ambiente que o cerca, e como este tem relação com sua saúde, e de quem mora na localidade. Isto propicia um desenvolvimento de atores locais que se tornam agentes de mudança e multiplicadores de conhecimento, com influência ampliada na região avaliada.”* Desta forma, repetir o MAC três anos depois com os mesmos jovens moradores da região, que treinaram outros jovens, e estes passaram a integrar o grupo e participar das ações de

vigilância, mostra o quanto essa reflexão foi válida e gerou resultados concretos e positivos ao longo do tempo.

Os resultados obtidos na localidade de Piquiá, mais uma vez, apresentaram dados sobre poluição do ar que merecem atenção, devido aos riscos à saúde causados por este tipo de exposição, principalmente da parcela mais sensível da população (crianças e idosos), uma vez que estes dados estão acima dos valores limite recomendados por agências ambientais nacionais e internacionais.

Esse relatório é uma ferramenta que busca dar subsídios técnicos-científicos para ações mais eficazes e contundentes, que devem ser discutidas e colocadas em prática, por parte dos legisladores e governantes locais, buscando transformar esse cenário de risco em que vive a população de Piquiá.

## **AGRADECIMENTOS**

A construção desse relatório precisou do trabalho coletivo de diversas pessoas, envolvidas em todas as etapas dessa iniciativa. Agrademos a equipe da Justiça nos Trilhos (JnT), por apoiar estas ações e a toda(o)s a(o)s jovens listada(o)s abaixo, que foram a(o)s responsáveis por executar as coletas ambientais do MAC:

- Gabriela Lima Lacerda
- Lucicleia Santos Cardoso
- João Paulo Alves da Silva
- Gerliane da Silva Chaves
- Kelly Silva Barbosa
- Genilson Oliveira de Souza

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INEA. Instituto Estadual do Ambiente, RJ. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/%20MegaDropDown/%20Monitoramento/Monitoramentodoar-EmiQualidade/index.htm>. Acesso em 16/04/2021.
2. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 003 de 28 de junho de 1990.
3. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.
4. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/>. Acesso em 16/04/2021.
5. OMS pede combate urgente à poluição atmosférica. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2018/10/1645342>. Acesso em 16/04/201.
6. IARC. International Agency for Cancer Research. Outdoor air pollution/ IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, volume 109. 2013.
7. KELLY, FJ.; FUSSELL, JC. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environ Geochem Health*. 37: 631–649. 2015.
8. OLIVEIRA, BFA.; IGNOTTI, E.; HACON, SS. A systematic review of the physical and chemical characteristics of pollutants from biomass burning and combustion of fossil fuels and health effects in Brazil. *Cad. Saúde Pública*, 27 (9): 1678-1698, 2011.
9. EPA. United States Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Pollution. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#P>. Acesso em 16/04/2021.
10. VALENTE, D. et al. Utilização de biomarcadores de genotoxicidade e expressão gênica na avaliação de trabalhadores de postos de combustíveis expostos a vapores de gasolina. *Rev Bras Saude Ocup*. 42 (supl 1): e2s. 2017.
11. OMS. Organização Mundial de Saúde. Air Quality Guidelines, Global Update 2005.
12. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo - Decreto Estadual Nº 59.113, de 23 de abril de 2013.
13. Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 491, de 19 de novembro de 2018.
14. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em 16/04/2021.



15. Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e saúde no Brasil: MA – Poluição causada por atividade siderúrgica ameaça existência da Comunidade Piquiá de Baixo, em Açailândia. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/ma-industria-guseira-contaminacao-da-agua-falta-de-seguranca-e-condicoes-improprias-a-vida-e-a-saude-dos-moradores-do-distrito-industrial-de-pequia-acailandia/>. Acesso em 16/04/2021.
16. FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Avaliação dos Impactos Socioambientais e de Saúde em Santa Cruz decorrentes da Instalação e Operação da Empresa TKCSA. Relatório elaborado em conjunto pelos Grupos de Trabalho das Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP) e Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV). 2011. Disponível em: [https://www.epsjv.fiocruz.br/upload/d/Relatorio\\_TKCSA.pdf](https://www.epsjv.fiocruz.br/upload/d/Relatorio_TKCSA.pdf). Acesso em 16/4/2021.
17. PORTO, MFS.; MILANEZ, B. Eixos de desenvolvimento econômico e geração de conflitos socioambientais no Brasil: desafios para a sustentabilidade e a justiça ambiental. *Ciência & saúde coletiva* 14(6): 1983-1994, 2009.
18. MILANEZ, B.; PORTO, MFS. Gestão ambiental e siderurgia: limites e desafios no contexto da globalização. *Revista de Gestão Social e Ambiental* 3(1): 4-21, 2009.
19. MILANEZ, B.; SCOTTO, G.; SANT'ANA JÚNIOR, HA.; BOSSI, D.; KATO, K. Injustiça Ambiental, Mineração e Siderurgia. In: PORTO, MF.; PACHECO, T.; LEROY, JP. comps. *Injustiça ambiental e saúde no Brasil: o Mapa de Conflitos* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2013, pp. 175-205. ISBN 978-85-7541-576-4.
20. PORTO, MFS.; MENEZES, MAC. Injustiça ambiental e avaliação da poluição decorrente da produção de ferro gusa na comunidade de Pequiá de Baixo, Açailândia, Maranhão - Relatório preliminar de cooperação. Ensp/Fiocruz, 2014.
21. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/acailandia.html>. Acesso em 16/04/2021.
22. FIDH. Federação Internacional dos Direitos Humanos. Brasil quanto valem os direitos humanos? Os impactos sobre os direitos humanos relacionados à indústria da mineração e da siderurgia em Açailândia. Maio/2011. Disponível em: <http://www.global.org.br/wp-content/uploads/2015/09/Relatorio-Brasil-Quanto-Valem-os-Dieriros-Humanos.-Os-impactos-sodre-os-direitos-humanos-relacion--dos---ind--stria-da-minera---o-e-da-sider--rgica-em-A--ail--ndia.2011..2011.pdf>. Acesso em 16/04/2021.
23. CARVALHO, L.V.B, ROCHA, F, FINAMORE, R. Vigilância Popular Ambiental e Siderurgia: As experiências de Piquiá de Baixo (MA) e Santa Cruz (RJ). *Cien Saude Colet* [periódico na internet] (2019/Dez). NO PRELO. Disponível em: <https://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/vigilancia-popular-ambiental-e-siderurgia-as-experiencias-de-piquia-de-baixo-ma-e-santa-cruz-rj/17475?id=17475&id=17475>. Acesso em 16/04/2021

24. KIM, K-H.; KABIR, E.; KABIR, S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int*; Jan 1; 74:136–143. 2015.
25. EPA National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Disponível em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Acesso em 16/04/2021.
26. WHO. World Health Organization. Health effects of particulate matter - Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. 2013.
27. WHO. World Health Organization. WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). 2016.
28. Santi AMM. Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: Investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química [tese]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/263912>. Acesso em: 22/04/2021.