ISSN: 2358-8829

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO MATERIAL PARTICULADO EM TERRA INDÍGENA IMPACTADA PELA FERROVIA DE MINÉRIO: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE QUÍMICA PARA O POVO GAVIÃO

Milena kawane rodrigues rosa[1]
Jhulio Cesar Ferreira Mezzomo[2]
Raimunda Dayane Silva[3]
Adriane Damasceno Vieira de Souza[4]
Claudio Emidio-Silva[5]

INTRODUÇÃO

A Serra dos Carajás, no sudeste do Pará, abriga a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, e o escoamento da produção depende da Estrada de Ferro Carajás (EFC), com 892 km de extensão até o Porto de Ponta da Madeira, em São Luís (MA) (Stropasolas, 2024). Cerca de 17 a 18 km desse traçado atravessam a Terra Indígena (TI) Mãe Maria, no município de Bom Jesus do Tocantins, próximo a Marabá (Stropasolas, 2024; Agência Infra, 2026).

A TI Mãe Maria é habitada pelos povos Gavião Parkatêjê, Kyikatêjê e Akrãtikatêjê. Desde que o trem passou a cortar o território, em 1985, lideranças indígenas relatam efeitos sobre a saúde, a alimentação e o ambiente, incluindo a contaminação do lago e dos frutos pela poeira do minério (Stropasolas, 2024). Em 2026, o Ministério Público Federal apontou, entre os impactos registrados no trecho, a degradação de recursos hídricos, a poluição sonora e a bioacumulação de mercúrio em cursos d'água e peixes (Agência Infra, 2026).

A poeira que se desprende dos vagões é um exemplo de material particulado (MP): mistura de partículas sólidas e líquidas em suspensão no ar, classificada pelo diâmetro aerodinâmico em MP10 (partículas inaláveis, com diâmetro igual ou inferior a 10 μm) e

[1] Mestranda do programa de pós graduação no Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa, milena.kawane@unifesspa.edu.br;
[2] Mestrando do programa de pós graduação em Química, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa, jhuliocesar@unifesspa.edu.br;
[3] Professora Mestre da escola indígena Jukapi Krijohere, raimundasilva33099@gmail.com;
[4] Professora do Curso de Licenciatura em Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa, adrianedamasceno@unifesspa.edu.br;
[5] Professor do Curso de Licenciatura em Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa, emidiosilva@yahoo.com.br.

MP2,5 (partículas finas, com diâmetro igual ou inferior a 2,5 µm). Sua composição e seus efeitos dependem da fonte emissora, e os resultados de estudos sobre efeitos na saúde não devem ser transferidos para áreas com fontes distintas (Oliveira; Ignotti; Hacon, 2011). Crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares estão entre os grupos mais suscetíveis (Silva *et al.,* 2013).

A referência internacional para a exposição ao MP são as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), atualizadas em 2021, que recomendam para o MP2,5 médias de 5 µg/m³ (anual) e 15 µg/m³ (24 horas) e, para o MP10, de 15 µg/m³ (anual) e 45 µg/m³ (24 horas) (WHO, 2021). No Brasil, a Resolução CONAMA nº 506/2024 adota esses valores como padrão final, a ser atingido em etapas (BRASIL, 2024). Ainda assim, o monitoramento sistemático costuma se concentrar em áreas urbanas e industriais, o que torna relevante produzir, com a comunidade, informações sobre o ar do território.

Essa demanda dialoga com o direito a uma educação escolar diferenciada, assegurado às comunidades indígenas pela Constituição Federal (arts. 210, § 2º, e 231) (BRASIL, 1988), pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (arts. 78 e 79) (BRASIL, 1996) e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena (BRASIL, 2012).

No ensino de Química, a contextualização não se resume a exemplificar conteúdos com o cotidiano: é preciso problematizar os contextos para que os estudantes busquem compreendê-los (Wartha; Silva; Bejarano, 2013). Essa perspectiva aproxima-se da formação para a cidadania (Santos; Schnetzler, 2010) e da aprendizagem significativa, segundo a qual o novo conhecimento ganha sentido quando se relaciona com o que o estudante já sabe (Ausubel, 2003; Moreira, 2011). Para estudantes que convivem com a poeira da ferrovia, o MP deixa de ser um tema abstrato e passa a ser um problema vivido.

O presente trabalho integra o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), subprojeto de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), e é desenvolvido na escola da aldeia Jukapi Krijohere, na TI Mãe Maria. A proposta articula-se a três Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (GT AGENDA 2030): a educação de qualidade (ODS 4), por promover uma aprendizagem crítica e contextualizada; a energia limpa e acessível (ODS 7), por discutir a matriz energética associada à queima de diesel nas locomotivas; e a ação contra a mudança global do clima (ODS 13), por relacionar emissões atmosféricas e

conscientização ambiental. Esses temas foram debatidos na COP 30, realizada em Belém (PA) em novembro de 2025, o que reforça a atualidade do projeto.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é descrever e analisar uma intervenção pedagógica de Química Ambiental contextualizada, voltada a estudantes indígenas da aldeia Jukapi Krijohere, tendo como tema o material particulado associado à ferrovia de minério. Os objetivos específicos são: (i) levantar os conhecimentos prévios e as percepções dos estudantes sobre poluição do ar, saúde e Química; (ii) apresentar o conceito de material particulado por meio de uma maquete representativa da aldeia; e (iii) instalar pontos de coleta de material particulado na escola, na aldeia e próximo à ferrovia, para posterior análise química.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, desenvolvida como projeto de intervenção pedagógica. A abordagem qualitativa é adequada quando se busca compreender significados, percepções e práticas a partir da perspectiva dos sujeitos envolvidos, valorizando o contexto em que vivem (Mól, 2017; Guerra *et al.*, 2024). O planejamento partiu de discussões entre os bolsistas do PIBID sobre como articular Química Ambiental e educação contextualizada à realidade local dos estudantes.

Local e participantes

A pesquisa foi realizada na escola indígena da aldeia Jukapi Krijohere, situada na TI Mãe Maria, povo Gavião, município de Bom Jesus do Tocantins (PA), em 2025. Na roda de conversa participaram cerca de 8 estudantes de turmas variadas, do ensino fundamental e do ensino médio, com idades aproximadas entre 9 e 15 anos. As atividades foram conduzidas pelos bolsistas do PIBID do subprojeto de Licenciatura em Química da Unifesspa, com o acompanhamento da professora supervisora do PIBID, Raimunda Dayane Silva, que atuava na escola.

Etapas no desenvolvimento da atividade

Etapa 1: Roda de conversa diagnóstica - A primeira etapa consistiu em uma roda de conversa para levantar conhecimentos prévios e percepções dos estudantes sobre Química e sobre os impactos da poluição atmosférica no cotidiano, em coerência com a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2023), sendo elaboradas dez

perguntas norteadoras (Tabela 1). No qual, as falas dos estudantes foram registradas pelos bolsistas em caderno de campo, as falas foram analisadas de forma descritiva e organizadas por temas: percepção sobre a poluição do ar, relação entre poeira e saúde e conhecimentos de Química mobilizados pelos estudantes. Essas informações foram discutidas à luz da literatura sobre material particulado e saúde.

Quadro 1: Perguntas norteadoras, feitas aos estudantes indígenas.

No.	Perguntas norteadoras
01	Você acredita que o ar da comunidade é limpo? Porque?
02	O que você sente ou percebe quando o trem passa perto da sua casa ou comunidade?
03	Você acredita que o ar da comunidade é limpo? Porque?
04	Essa poeira que o trem levanta entra nas casas ou na escola? Ela afeta de alguma forma o seu dia a dia?
05	Você ou alguém que você conhece já teve algum problema de saúde relacionado a poeira, como tosse, alergia, irritação nos olhos?
06	Na sua opinião, qual a relação entre a Química e o que acontece com o ar aqui na comunidade?
07	Você já estudou sobre o que compõe o ar que a gente respira? O que você lembra disso?
08	Você sabia que certos gases e partículas invisíveis podem estar no ar mesmo quando ele parece limpo? O que você acha disso?
09	Você acha que o que acontece aqui com o trem e a poeira acontece em outros lugares também? Por que?
10	O que gostaria de aprender sobre esse assunto na escola?

Fonte; Autores, 2025.

Etapa 2: Maquete ilustrativa - Na roda de conversa, os bolsistas apresentaram uma maquete da aldeia, com miniaturas das moradias, da ferrovia e do trem e com esferas identificadas pelos símbolos do ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e alumínio (Al), suspensas por hastes para representar partículas metálicas no ar. A maquete foi confeccionada com isopor, palitos de picolé, estofado de colchão descartado e tintas para a pintura. A apresentação foi dialogada e discutiu-se como as partículas se dispersam na atmosfera, como podem ser inaladas e depositada no solo, na água e na vegetação, alcançando animais que se alimentam das plantas locais ou bebem da água.

Etapa 3: Instalação dos filtros para coleta de material particulado - Foram instalados filtros em três pontos: (P1) na escola indígena; (P2) na aldeia; e (P3) nas proximidades da ferrovia. Utilizou-se filtro comum de laboratório, acondicionado em suporte feito de garrafa PET cortada e fixado com barbante em árvores, em pontos fixos de cada local. Os filtros foram fixados a cerca de 1,20 m de altura em relação ao solo e permaneceram expostos por aproximadamente um mês.

Análise do difratograma de raio X

As amostras de material particulado coletadas no interior da comunidade indígena (Amostra 01) e nas proximidades da ferrovia (Amostra 02) foram submetidas à análise

por difração de raios X (DRX). Após a preparação dos materiais, realizada sob o mesmo procedimento para ambas as amostras, os difratogramas obtidos foram analisados comparativamente, considerando as posições e as intensidades dos picos de difração, com o objetivo de observar possíveis fases cristalinas presentes nos materiais coletados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizar esta atividade na escola indígena Jukupi Krijohere, situada na Terra Indígena Mãe Maria, possibilitou estabelecer um diálogo entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conceitos científicos relacionados à poluição atmosférica. A roda de conversa (Figura 1), conduzida a partir das questões norteadoras reuniu relatos de estudantes de diferentes estampas da escolarização, sendo assim, possível identificar suas percepções sobre a qualidade do ar, a presença de poeira no território e as possíveis relações entre esses fenômenos e a saúde da comunidade onde vivem.

Figura 1: Roda de conversa com discentes da escola indígena Jukupi Krijohere.



Fonte: Autores, 2025.

Logo de início, foi possível observar que os estudantes associaram a poluição atmosférica principalmente à presença de poeira, fumaça e queimadas. Entretanto, os discentes demonstraram uma compreensão limitada em relação à composição química presente. A presença da poeira foi frequentemente mencionada como um elemento presente no cotidiano, percebido por eles nas residências e espaços da comunidade. Ao serem questionados sobre a qualidade do ar, alguns discentes demonstraram considerar que ele estava limpo, indicado que a percepção da poluição estava frequentemente associada à não visibilidade da poluição. Essa percepção é um aspecto muito importante ao ensino de química, pois permite discutir que a aparência do ar não é suficiente para

ISSN: 2358-8829

determinar suas qualidades. A presença de materiais particulados e de determinadas substâncias na atmosfera pode não ser perceptível visualmente, o que evidencia a importância de conhecimentos científicos e de procedimentos de investigação para compreender os fenômenos ambientais, relacionados.

Ao continuar a discussão com os discentes, eles também compartilharam uma observação sobre possíveis consequências da exposição à poeira: foram relatados problemas respiratórios, tosse e irritação. Um dos participantes, de 12 anos, relatou a presença de coceira frequente nos olhos e levantou a possibilidade de relação com a poeira presente no ambiente. Embora esses relatos não apresentam uma associação clínica entre esses sintomas e a exposição ao material eles evidenciam preocupação dos moradores com as condições ambientais e de saúde no território.

Ao olharmos para estas manifestações dos estudantes, podemos observar a importância de abordar a poluição atmosférica considerando as experiências vivenciadas pela comunidade. Nesse contexto, a discussão sobre os efeitos da exposição a partículas suspensas no ar possibilita trabalhar conceitos dos materiais e dispersão de partículas, sem desconsiderar a necessidade de investigação específicas para avaliar os riscos à saúde. Outro ponto identificado durante a conversa foi o interesse demonstrado pelos discentes em compreender a composição do ar. Quando questionados sobre os componentes atmosféricos um deles chegou a mencionar o oxigênio e a partir desta resposta, fomos discutindo a composição atmosférica e a possibilidade de existência de partículas e substâncias que não podem ser identificadas apenas pela observação visual. Neste momento, essa abordagem permitiu aproximar os conteúdos químicos de situações presentes no cotidiano dos estudantes.

A contextualização foi importante pois também favoreceu a reflexão sobre a ocorrência de problema ambiental em outras localidades. Um dos participantes estabeleceu uma relação entre as situações vivenciadas na comunidade e os territórios onde existem atividades de extração e transporte de minério, afirmando: “O que acontece na comunidade ou próximo ao trem, acontece em locais que têm transporte e extração de minério”. Essa manifestação demonstra que os estudantes começaram a relacionar suas experiências locais a questões ambientais mais amplas. Já quando questionados sobre o que gostariam de aprender a respeito da temática, os discentes apresentaram diferentes interesse entre eles “Aprender a encontrar mais soluções”; “o modo de evitar”; “Como descobrir se tem mercúrio nos animais”; “Descobrir como a água está contaminada”; e

"Saber quantos quilômetros a poeira pode alcançar". A partir destas respostas podemos observar as curiosidades destes discentes em relação à identificação de contaminação, aos possíveis efeitos de poluição e às alternativas para enfrentar os problemas ambientais.

Além da roda de conversa, foi utilizado uma maquete (Figura 2) representativa da comunidade para discutir a presença de partículas no ambiente. A representação de partículas contendo ferro, cobre, manganês e alumínio permitiram apresentar visualmente conceitos relacionados à composição dos materiais e à dispersão de partículas atmosféricas. Durante a conversa, um dos estudantes relacionou a discussão à preservação ambiental, afirmando: "Reduzir as queimadas e a passagem do trem com o minério reduz a poluição, entre a gente que continua preservando a natureza". Essas manifestações são importantes pois demonstram o potencial das atividades contextualizadas para estimular questionamentos e aproximar os conhecimentos químicos das questões vivenciadas pelos estudantes. Nesse contexto, a experiência não se limitou a apresentar conceitos científicos, e possibilitou discutir a problemática ambiental a partir da percepção dos próprios participantes, valorizando suas experiências e suas formas de compreender o território.

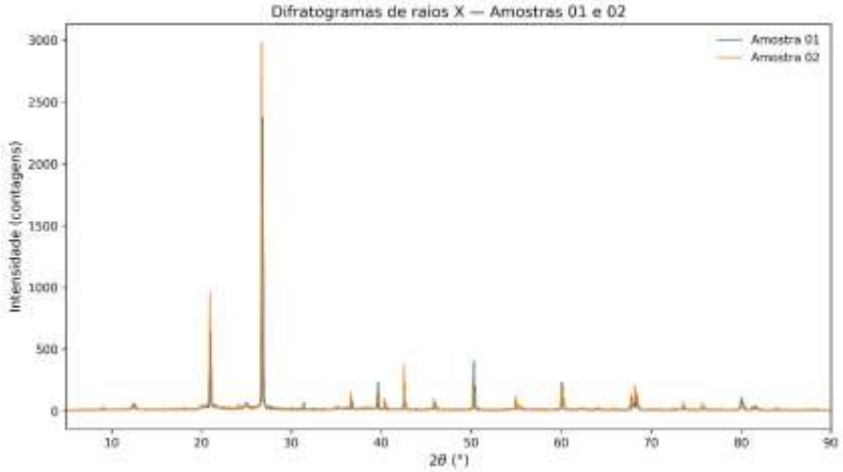
Figura 2: Maquete ilustrativa da comunidade Indígena da Escola Jukupi Krijohere com destaque para a representação das partículas metálicas.



Fonte: Autores, 2025.

Já no desdobramento em relação à investigação sobre o material particulado presente no território, foram realizadas análises por difração de raio X (DRX) (Figura 3) em duas amostras coletadas em diferentes pontos; a amostra 01, proveniente do interior da comunidade e a Amostra 02, coletadas próximo a férrea de transporte de minério. Embora também tenha sido previsto um ponto de coleta na escola indígena, a caracterização por DRX apresentada nessa etapa contemplou somente as duas amostras mencionadas, pois a que seria coletada na escola foi contaminada.

Figura 3: Difratograma de raio x amostra 1 e 2



Fonte: Autores, 2026.

A comparação dos difratogramas (Figura 3) permitiu observar perfis de difração com algumas semelhanças, especialmente pela presença de reflexões em posições angulares próximas. Entre os sinais observados, destaca-se o pico localizado em aproximadamente 26,6° (2θ), identificado nas duas amostras e preliminarmente compatível com a fase cristalina do quartzo (SiO_2). A presença dessa reflexão constitui um indicativo inicial da possível ocorrência de quartzo nos materiais analisados. Entretanto, sua identificação definitiva requer a comparação do conjunto de reflexões do difratograma com padrões cristalográficos de referência, uma vez que a atribuição de uma fase mineral não deve se fundamentar exclusivamente em um único pico.

Também foi possível observar uma reflexão próxima de 20,9° (2θ), além de outros sinais distribuídos ao longo da faixa angular analisada. Essas ocorrências indicam a necessidade de uma investigação mais detalhada para identificar as demais fases cristalinas eventualmente presentes nas amostras. Na comparação entre os materiais, a Amostra 02, coletada nas proximidades da ferrovia, apresentou maior intensidade no pico próximo de 26,6° em relação à Amostra 01, proveniente do interior da comunidade. Diferenças de intensidade também foram observadas em outras regiões do difratograma. Considerando que as duas amostras foram submetidas ao mesmo procedimento de preparação, essa observação permite registrar uma diferença na resposta difratométrica dos materiais analisados. Contudo, a intensidade dos picos não representa, isoladamente, a concentração de determinada fase mineral, pois está também pode sofrer influência de fatores relacionados à composição, à estrutura cristalina, à orientação preferencial dos grãos e às condições instrumentais. Desse modo, embora a reflexão em aproximadamente 26,6° seja preliminarmente compatível com o quartzo, os resultados disponíveis não

permitem estabelecer uma relação conclusiva entre a presença desse mineral e a atividade de transporte ferroviário. A identificação das fases minerais e a avaliação de suas possíveis origens demandam análises complementares e informações instrumentais mais detalhadas.

Além da roda de conversa, a utilização de uma maquete representativa da comunidade constituiu um recurso didático para discutir a presença de partículas no ambiente. A representação de partículas contendo ferro, cobre, manganês e alumínio permitiram apresentar visualmente conceitos relacionados à composição dos materiais e à dispersão de partículas atmosféricas. Durante a atividade, um dos estudantes relacionou a discussão à preservação ambiental, afirmando: “Reduzindo as queimadas e a passagens do trem com minério reduz a poluição, então a gente tem que continuar preservando a natureza”. Esse posicionamento, apesar dos alunos terem pouco influência nas decisões da comunidade, mostra a contribuição do projeto/atividade para a formação crítica da pessoa indígena. O processo de construção de Alfabetização Científica desde a educação básica pode ser o início da transformação social crítica, onde futuramente esses estudantes possam ser agentes importantes de mudança em suas comunidades.

As manifestações demonstram o potencial das atividades contextualizadas para estimular questionamentos e aproximar os conhecimentos químicos das questões vivenciadas pelos estudantes. Nesse sentido, a experiência não se limitou à apresentação de conceitos científicos, mas possibilitou discutir a problemática ambiental a partir das percepções dos próprios participantes, valorizando suas experiências e suas formas de compreender o território.

A caracterização por DRX representa, portanto, um avanço na investigação, pois acrescenta uma dimensão experimental à discussão inicialmente desenvolvida a partir das percepções dos estudantes. Enquanto os relatos evidenciaram a presença cotidiana da poeira e as preocupações da comunidade com suas possíveis consequências ambientais, a análise instrumental possibilitou observar características estruturais dos materiais coletados, ampliando as possibilidades de discussão sobre a composição mineralógica do material particulado. Do ponto de vista educacional, essa articulação permite explorar conteúdos de Química relacionados à composição e à estrutura dos materiais, à identificação de substâncias e às técnicas de caracterização. Também possibilita discutir os limites e as potencialidades das análises científicas diante de problemas ambientais que fazem parte da realidade dos estudantes.

ISSN: 2358-8829

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação evidenciou a importância de aproximar o ensino de Química das questões ambientais vivenciadas pelo povo Gavião. As atividades realizadas permitiram identificar as percepções dos estudantes sobre a presença de partículas do minério transportado pela Vale no território, suas preocupações com possíveis consequências para a saúde e o interesse em compreender os processos envolvidos na poluição atmosférica. Utilizar a estratégia pedagógica baseada no diálogo, na problematização e na representação visual para relacionar os conhecimentos químicos às experiências cotidianas dos estudantes foram bastante desafiadores, mas também muito promissor.

As perguntas e manifestações apresentadas durante as atividades demonstraram o interesse em compreender a composição dos materiais presentes no ambiente, identificar possíveis contaminantes e discutir alternativas para a preservação territorial. Nesse contexto, o projeto desenvolvido reforça o potencial de um ensino de Química contextualizado, que considera as especificidades socioculturais da comunidade e valoriza seus conhecimentos e suas formas de interpretar o ambiente. Já no âmbito experimental, a análise por difração de raios X das duas amostras de material particulado possibilitou identificar posições angulares semelhantes, com destaque para o pico próximo de 26,6° (2θ), preliminarmente compatível com o quartzo (SiO_2). A maior intensidade desse pico foi observada na amostra coletada nas proximidades da ferrovia. Entretanto, os resultados ainda não permitem estabelecer a concentração das fases minerais presentes e nem determinar a origem dos materiais identificados, sendo necessárias análises complementares para aprofundar a caracterização mineralógica.

Dessa forma, a articulação entre as atividades pedagógicas e a investigação experimental amplia as possibilidades de abordagem da problemática ambiental no ensino de Química, demonstrando que os conhecimentos científicos podem contribuir para a compreensão de questões presentes no território. Ressalta-se, ainda, a importância de desenvolver novas investigações que aprofundem a identificação dos constituintes do material particulado e suas possíveis implicações ambientais, em diálogo com as experiências e os conhecimentos da comunidade indígena. Por fim, conclui-se que a aproximação entre ciência, educação e realidade territorial constitui uma possibilidade relevante para fortalecer a educação científica em contextos indígenas, favorecendo

práticas pedagógicas que reconheçam os estudantes como participantes ativos na construção do conhecimento e na reflexão sobre as questões socioambientais que envolvem seu território.

Palavras-chave: Ensino de Química; Poluição Atmosférica; Material Particulado; Minério de ferro.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos pelo apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) - Unifesspa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INFRA. **MPF pede paralisação de trecho da ferrovia Carajás no PA**. 4 mar. 2026. Disponível em: https://agenciainfra.com/blog/mpf-pede-paralisacao-de-trecho-da-ferrovia-carajas-no-pa/. Acesso em: 31 out. 2026.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa, 2003.

BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A.; PROCÓPIO, M.; ANDRÉ, P. A.; SALDIVA, P. H. N. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, **Brasil. Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, supl. 4, p. S570-S578, 2007. DOI: 10.1590/s0102-311x2007001600017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996)**. Brasília: MEC, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 19 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CEB nº 5, de 22 de junho de 2012. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena na Educação Básica**. Diário Oficial da União, Brasília, 25 jun. 2012, Seção 1, p. 7.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024. **Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação.** Diário Oficial da União, Brasília, 9 jul. 2024, Seção 1, p. 133.

GT AGENDA 2030. ODS. Disponível em: https://gtagenda2030.org.br/ods/. Acesso em: 30 out. 2026.

GUERRA, A. L. R.; STROPARO, T. R.; DA COSTA, M.; CASTRO JÚNIOR, F. P.; LACERDA JÚNIOR, O. S.; BRASIL, M. M.; CAMBA, M. Pesquisa qualitativa e seus

fundamentos na investigação científica. **Revista de Gestão e Secretariado – GeSec**, v. 15, n. 7, p. 1-15, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i7.4019.

MÓL, G. S. Pesquisa qualitativa em ensino de química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 495-513, 2017.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. LFeditorial, 2023.

OLIVEIRA, B. F. A.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S. Revisão sistemática das características físico-químicas dos poluentes atmosféricos provenientes das queimadas e combustíveis fósseis e efeitos na saúde no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 9, p. 1678-1698, 2011. DOI: 10.1590/S0102-311X2011000900003.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 4ª ed, 2010.

SILVA, A. M. C.; MATTOS, I. E.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 47, n. 2, p. 345-352, 2013.

STROPASOLAS, P. **Vale se beneficiou de violações contra povo indígena Gavião pela ditadura para construção da Estrada de Ferro Carajás**. Brasil de Fato, São Paulo, 6 maio 2024. Republicado em: IHU Unisinos, 7 maio 2024. Disponível em: https://ihu.unisinos.br/639179-vale-se-beneficiou-de-violacoes-contra-povo-indigena-gaviao-pela-ditadura-para-construcao-da-estrada-de-ferro-carajas. Acesso em: 31 out. 2026.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2. 5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary**. World Health Organization, 2021.