

The text that follows is a TRANSLATION
O texto que segue é uma TRADUÇÃO

Ferrante, L., R.R. Marinho & P.M. Fearnside. 2025.
**A crise da fumaça em Manaus em
2023 e o papel da rodovia BR-319 em
um novo ciclo de incêndios na
Amazônia.** [Tradução]

Please cite the original article:
Favor citar o trabalho original:

Ferrante, L., R.R. Marinho & P.M. Fearnside. 2025. **The
2023 Manaus smoke crisis and the role of
Highway BR-319 in a new Amazon fire
cycle.** *Discover Sustainability*
<https://doi.org/10.1007/s43621-025-01850-1> [open
access] (in press).

ISSN: 2662-9984

Copyright: Springer Nature Switzerland AG

The original publication will be available at:
A publicação original estará disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s43621-025-01850-1>
<https://link.springer.com/journal/43621>

1
2 **A crise da fumaça em Manaus em 2023 e o papel da rodovia BR-319**
3 **em um novo ciclo de incêndios na Amazônia**

4
5 Lucas Ferrante ^{1,2*}, Rogério Ribeiro Marinho ² & Philip Martin Fearnside ³

6
7 Lucas Ferrante lucasferrante@hotmail.com

8 ¹ Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil

9 ² Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brasil

10 ³ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil

11
12
13 **Resumo** Em 2023, Manaus — a maior cidade da Amazônia brasileira — passou por uma
14 grave crise de fumaça ligada a incêndios florestais, seca extrema e avanço do
15 desmatamento. Usando imagens de satélite, dados atmosféricos e observações de
16 campo, identificamos os municípios de Manaquiri, Careiro e Autazes, ao longo das
17 rodovias BR-319 e AM-254, como as principais fontes de emissões de PM_{2,5}. Esses
18 incêndios, alimentados por uma governança ambiental fraca e pelo desmatamento
19 impulsionado pela infraestrutura, levaram a concentrações de PM_{2,5} superiores a 314
20 µg/m³ — mais de 20 vezes o limite da OMS. Nossos resultados mostram que os planos
21 de reconstrução da BR-319 ameaçam acelerar transições insustentáveis de uso da terra,
22 intensificar focos de incêndio e comprometer a estabilidade climática, a biodiversidade
23 e a saúde pública. As descobertas destacam a inviabilidade ambiental da expansão da
24 infraestrutura rodoviária nesta região e exigem estratégias alternativas de
25 desenvolvimento. Promover opções de baixo impacto, como transporte fluvial
26 aprimorado, é essencial para proteger a biodiversidade, a estabilidade climática e a
27 saúde pública na Amazônia.

28
29 **Palavras-chave** Poluição do ar, Brasil, Floresta tropical, Fogo, Mudança do uso da terra,
30 Incêndios florestais, Rodovias, PM_{2,5}, Amazônia

32 1 Introdução

33

34 Em 2023, uma combinação do El Niño e um dipolo atlântico causou uma grande seca na
35 Amazônia [1]. Secas extremas na Amazônia criam condições para incêndios florestais,
36 que liberam grandes quantidades de partículas de fumaça na atmosfera, agravando
37 ainda mais a seca. As partículas atuam como núcleos de condensação de nuvens e,
38 quando são muito abundantes, levam à formação de gotículas de água muito pequenas
39 para caírem como chuva [2–4]. Esse processo inibe a precipitação, prolonga os períodos
40 de seca e cria um ciclo de retroalimentação positiva no qual a falta de chuva intensifica
41 as condições de seca, promovendo mais incêndios florestais e, conseqüentemente, a
42 liberação de mais fumaça [5, 6].

43

44 Esses eventos afetaram a qualidade do ar e a saúde dos moradores da Amazônia e
45 destacaram a urgência de políticas ambientais mais eficazes para controlar o
46 desmatamento e os incêndios na Amazônia [7, 8]. Em média, uma pessoa inala cerca de
47 14 kg de ar diariamente, em contraste com o consumo de apenas cerca de 2 kg de água
48 e 1,5 kg de alimentos [9, 10]. Pessoas em regiões tropicais podem inalar uma quantidade
49 de ar maior do que a média global devido às altas temperaturas, que afetam seu
50 metabolismo [10]. Cada respiração que damos nos fornece oxigênio essencial, mas
51 também introduz pequenas quantidades de gases potencialmente perigosos e partículas
52 microscópicas [11, 12]. Esses elementos transportados pelo ar podem ter um impacto
53 direto em nossa saúde, muitas vezes sem que percebamos. Os efeitos nocivos à saúde
54 não se limitam a incidentes imediatos e agudos: a exposição prolongada ao ar poluído
55 pode prejudicar significativamente a saúde a longo prazo, levando a uma diminuição na
56 expectativa de vida [11]. Em média, esta redução excede oito meses, com o declínio a
57 atingir mais de dois anos em áreas que sofrem de poluição atmosférica grave, como
58 cidades densamente povoadas e regiões industriais em todo o mundo [12].

59

60 Em 2023, Manaus (população de 2 milhões), capital do estado do Amazonas, enfrentou
61 picos alarmantes de fumaça resultantes de incêndios na região amazônica [13, 14].
62 Durante a estação seca, especialmente entre julho e setembro, a cidade registrou altos
63 níveis de poluição do ar. O governador do estado do Amazonas e o Secretário de Meio
64 Ambiente do estado declararam que a fumaça que impactava Manaus não se originou
65 no Amazonas, mas sim vindo do leste, originando no estado vizinho do Pará [13].
66 Mostramos que é mais provável que a fumaça estivesse ligada a um novo ciclo de
67 pecuária que avançou da área ao sul de Manaus ao longo da rodovia BR-319 (Manaus-
68 Porto Velho) a partir do *hotspot* de desmatamento AMACRO (a área ao redor da junção
69 dos estados do Amazonas, Acre e Rondônia). Manaus está localizado na Amazônia
70 central, que ainda está relativamente intacta. A área da BR-319 está sofrendo rápido
71 desmatamento devido à ocupação ilegal de terras governamentais ao longo do traçado
72 da rodovia, estimulada pela promessa de reconstrução e pavimentação da estrada [15–
73 18]. Manaus, acostumada a desfrutar de ar de qualidade, exceto pela poluição gerada
74 por sua população urbana, enfrentou uma deterioração excepcional na qualidade do ar
75 [19].

76

77 Neste estudo, investigamos as causas e origens da fumaça que atingiu Manaus e
78 testamos a hipótese de que o evento foi impulsionado pela expansão de incêndios

79 criminosos e pela completa ausência de governança na região das rodovias BR-319 e
80 AM-254, bem como pela rede de ramais ilegais que se espalham a partir desses
81 corredores. Esta análise contribui para o debate mais amplo sobre o desenvolvimento
82 sustentável na Amazônia, ao destacar a necessidade urgente de políticas integradas que
83 considerem a inviabilidade ambiental de grandes projetos rodoviários e promovam
84 alternativas de baixo impacto, como a melhoria dos sistemas de transporte fluvial.

85

86 **2 Métodos**

87

88 Para analisar as causas dos picos de fumaça em Manaus, utilizamos dados do
89 Observatório da Torre Alta da Amazônia (ATTO) do Instituto Nacional de Pesquisas da
90 Amazônia (INPA), sensores da Universidade Estadual do Amazonas (UEA) disponíveis nas
91 plataformas AppSelva e PurpleAir [19], registros do Instituto Nacional de Meteorologia
92 (INMET) e dados do Projeto de Monitoramento de Queimadas do Instituto Nacional de
93 Pesquisas Espaciais (INPE). O ATTO é uma torre de 325 m de altura localizada a leste de
94 Manaus, perto do rio Uatumã, onde o INPA e parceiros alemães monitoram dados
95 atmosféricos desde 2015. A análise foi baseada em medições de material particulado
96 PM_{2,5}, incidentes de incêndios florestais, padrões de vento e anomalias de temperatura
97 da superfície do mar. Isso forneceu um conjunto abrangente de dados sobre as condições
98 climáticas, ambientais e meteorológicas que influenciaram os níveis observados de
99 fumaça em Manaus.

100

101 Para avaliar a influência dos fenômenos oceânicos, utilizamos dados de anomalias da
102 temperatura da superfície do mar (TSM) da Administração Oceânica e Atmosférica
103 Nacional dos EUA (NOAA) [20]. Os dados de concentração de PM_{2,5} foram obtidos de
104 sensores de monitoramento da qualidade do ar (PurpleAir) [19] e da plataforma
105 AppSelva [21], complementados por medições do ATTO. O PM_{2,5} foi escolhido como um
106 indicador relevante da poluição atmosférica relacionada a incêndios florestais devido ao
107 seu impacto na saúde humana [6, 11, 12, 22]. Os dados sobre focos de incêndio foram
108 coletados do banco de dados do Programa de Monitoramento de Incêndios do INPE [13]
109 usando imagens de satélite do sistema MODIS (Espectrorradiômetro de Imagem de
110 Resolução Moderada) para mapear a ocorrência e a intensidade dos incêndios florestais
111 durante o período do estudo. Os dados do METEORED foram usados para mostrar as
112 concentrações de emissões e a má qualidade do ar na Amazônia central e oriental [23].
113 As informações sobre padrões de vento e anomalias meteorológicas foram obtidas de
114 dados meteorológicos diários fornecidos pelo INMET [24–26].

115

116 Complementando os dados de sensoriamento remoto e atmosféricos, observações de
117 campo foram conduzidas de 2 a 5 de maio de 2024, nos municípios de Careiro e Autazes,
118 ao longo de segmentos das rodovias BR-319 e AM-254 — previamente identificadas
119 como as principais fontes de emissões de fumaça durante os episódios críticos de
120 poluição em Manaus. Essa janela temporal foi selecionada para permitir a avaliação in
121 loco das transformações da paisagem pós-incêndio, como a conversão de áreas
122 queimadas em pastagens, e para documentar a presença de máquinas e gado em zonas
123 recentemente desmatadas. A metodologia envolveu inspeções sistemáticas em pontos
124 de acesso ao longo de estradas ilegais e bordas de rodovias, documentação fotográfica
125 e conversas com moradores locais, incluindo líderes indígenas Mura. Essas observações

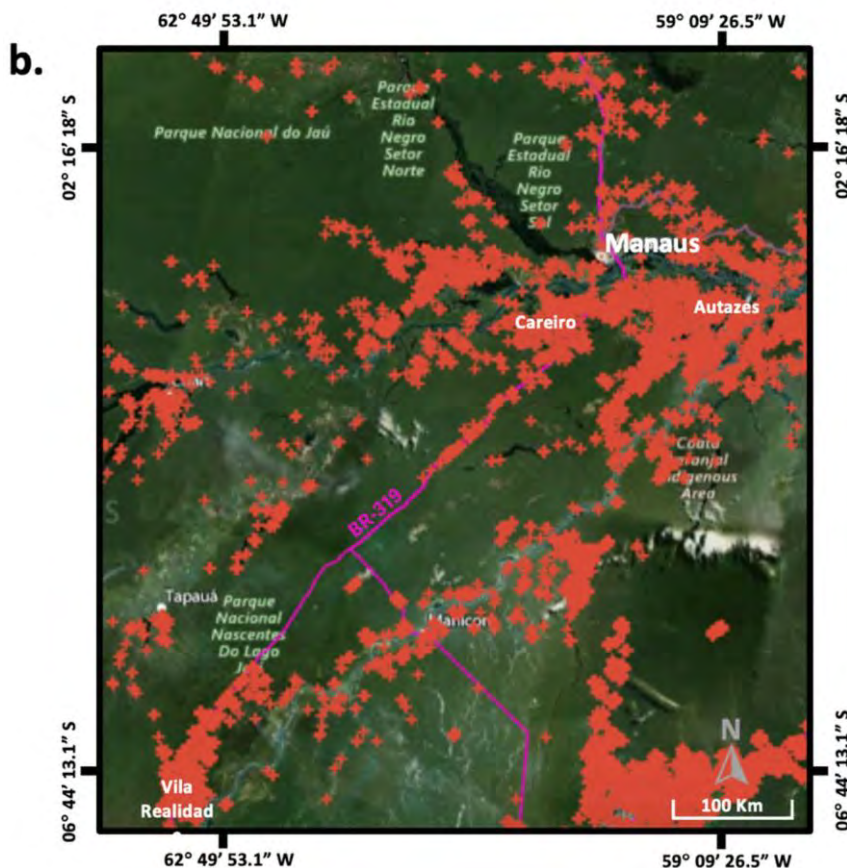
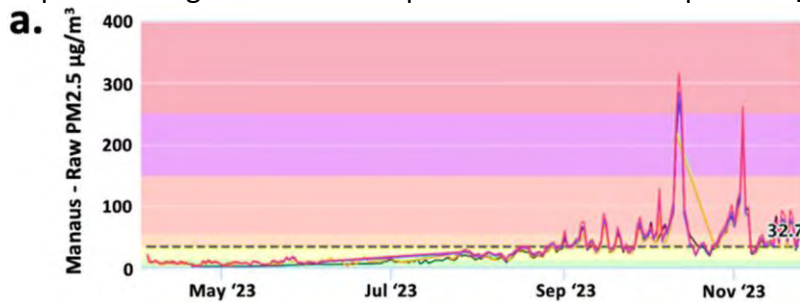
126 forneceram evidências qualitativas e visuais que corroboram os dados espaciais e
127 temporais de incêndio obtidos por sensoriamento remoto, permitindo uma associação
128 direta entre os focos de incêndio registrados em 2023 e as mudanças subsequentes no
129 uso da terra observadas em 2024.

130

131 3 Resultados e discussão

132

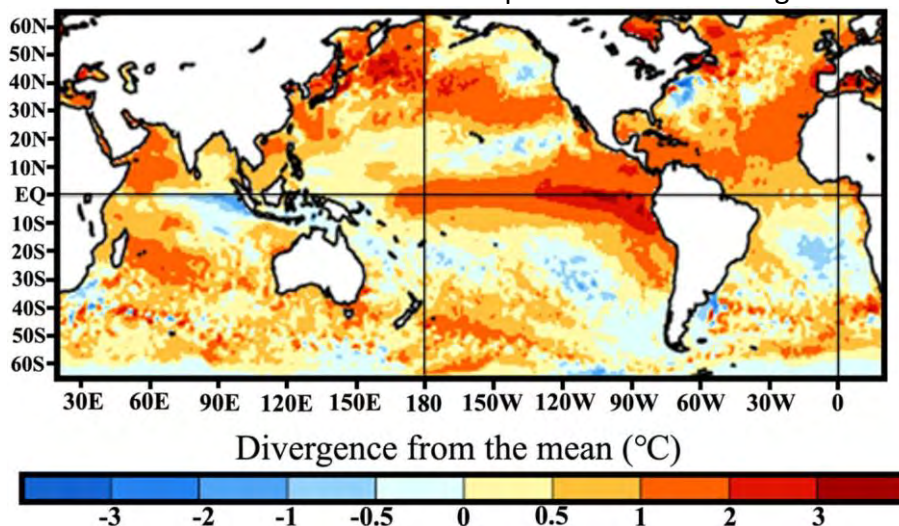
133 Em 12 de outubro de 2023, Manaus apresentou uma concentração de material
134 particulado PM_{2,5} atingindo 314,99 µg por metro cúbico de ar (µg/m³) (Fig. 1a),
135 superando até mesmo a crise de 2023 em Nova Délhi, Índia, onde esse valor atingiu 306
136 µg/m³ [27]. O valor máximo considerado aceitável pela Organização Mundial da Saúde
137 é de 15 µg/m³. De setembro a novembro de 2023, a população de Manaus conviveu com
138 a fumaça que obrigou os moradores a retomarem o uso de máscaras, como durante a
139 pandemia da COVID-19. Eventos como esses são extremamente raros em Manaus,
140 contrastando com as experiências dos habitantes do "arco do desmatamento" no sul da
141 Amazônia, onde a fumaça nessa escala é normal por vários meses do ano e tem
142 impactado negativamente a expectativa de vida das pessoas [8].



143

144 **Fig. 1 a** Níveis de material particulado PM_{2,5} (o mais nocivo à saúde humana) em
145 Manaus, segundo a rede de sensores da Universidade Estadual do Amazonas (UEA)
146 (PurpleAir, [19]). O valor máximo recomendado pela Organização Mundial da Saúde é de
147 15 µg/m³. **b** Porção norte da BR-319, situada ao sul da cidade de Manaus: Focos de
148 incêndio na área da rodovia BR-319 entre 1º de janeiro e 30 de novembro de 2023. O
149 mapa mostra dois focos significativos: um localizado entre Careiro e Autazes, ao sul de
150 Manaus, e o outro mais ao sul na BR-319, próximo à Vila Realidade (Dados do INPE, [14])
151

152 A maioria dos incêndios mais próximos de Manaus estavam localizados ao sul da cidade,
153 na área ao sul do Rio Amazonas (Fig. 1b). Em um ano "normal", a fumaça dos incêndios
154 não chega a Manaus, sendo carregada para o oeste, em direção ao Peru, pelos ventos
155 predominantes. Mas 2023 não foi um ano "normal". Dois tipos de El Niño (oriental e
156 central) causaram uma seca severa na Amazônia central, incluindo a região de Manaus,
157 o que aumentou significativamente o número de incêndios. Além do El Niño, causado
158 pela água quente no Oceano Pacífico, também houve efeitos de um dipolo atlântico que
159 reduziu as chuvas no sul da Amazônia [28]. O dipolo resulta da formação de uma mancha
160 de água quente na porção tropical do Oceano Atlântico Norte e de uma mancha de água
161 mais fria no Oceano Atlântico Sul. O dipolo é evidente na Figura 2.



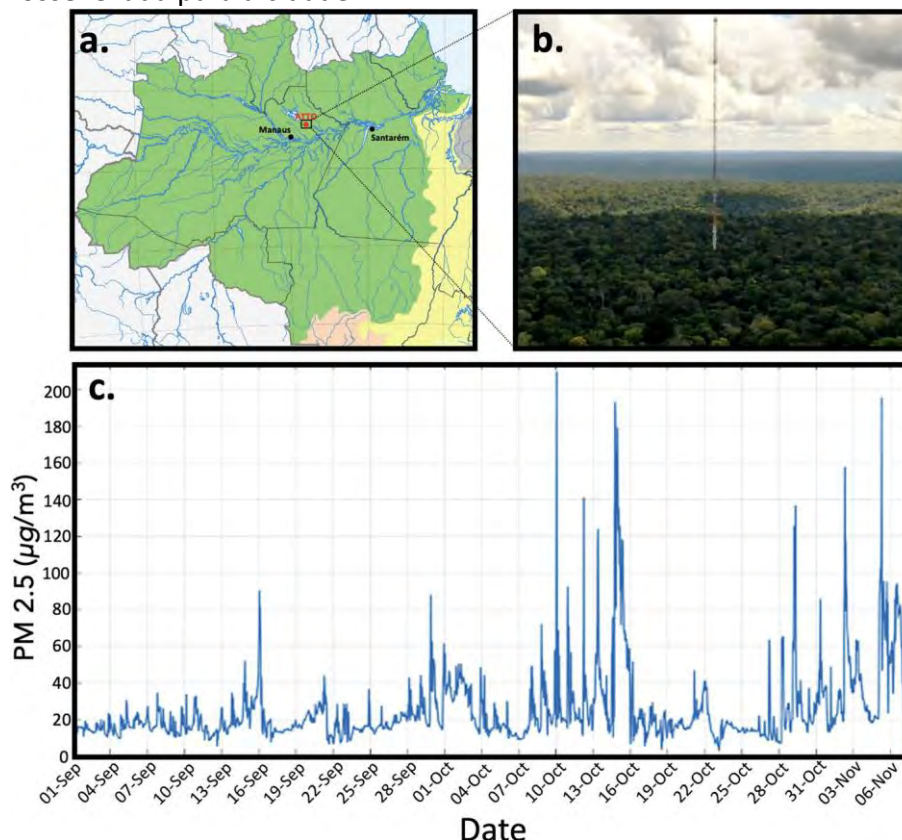
162 **Fig. 2** Anomalias (divergência da média) na temperatura da superfície do mar (TSM) nos
163 oceanos de 24 de setembro a 21 de outubro de 2023. O Pacífico tropical oriental (El Niño
164 oriental) está muito quente, e a área de águas quentes está se expandindo para o Pacífico
165 central (El Niño central). O Atlântico Norte tropical está quente, enquanto o Atlântico Sul
166 está mais frio, formando o dipolo atlântico. Dados do Centro Nacional de Previsão
167 Climática dos EUA (NCEP) [28]
168

169 Um dipolo atlântico (com maior TSM no Atlântico Norte tropical do que no Atlântico Sul
170 tropical) pode alterar os padrões de vento que trazem umidade para Manaus, causando
171 uma reversão na direção do vento. Isso ocorreu durante o desastroso dipolo atlântico
172 em 2005, quando o sudoeste da Amazônia foi atingido por uma seca severa [29, 30],
173 levando a incêndios florestais no estado do Acre [22] e no sul do Amazonas [31]. Manaus
174 sofreu rajadas de vento de oeste que derrubaram áreas florestais [32].
175

176 Os ventos predominantes em Manaus sopram de leste a oeste. Isso resulta da rotação
177 da Terra e do efeito do movimento do ar em baixas altitudes, do sul para o norte, na
178

179 maior parte da Amazônia (o trecho de retorno da circulação de Hadley). À medida que o
180 ar se move em direção à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), próxima ao equador,
181 a velocidade com que a superfície da Terra se move à medida que o planeta gira
182 aumenta, puxando o ar para o oeste à medida que é atraído em direção à ZCIT. A ZCIT é
183 uma linha que segue a latitude onde o sol atinge diretamente a superfície da Terra,
184 aquecendo o ar e fazendo com que ele suba, puxando assim o ar do sul e do norte. A
185 direção exata do vento depende da estação, que determina a posição mais ao sul ou ao
186 norte da ZCIT. Para chegar a Manaus, os ventos predominantes de leste a oeste passam
187 por uma grande área de floresta com pouco desmatamento ao norte do Rio Amazonas.
188

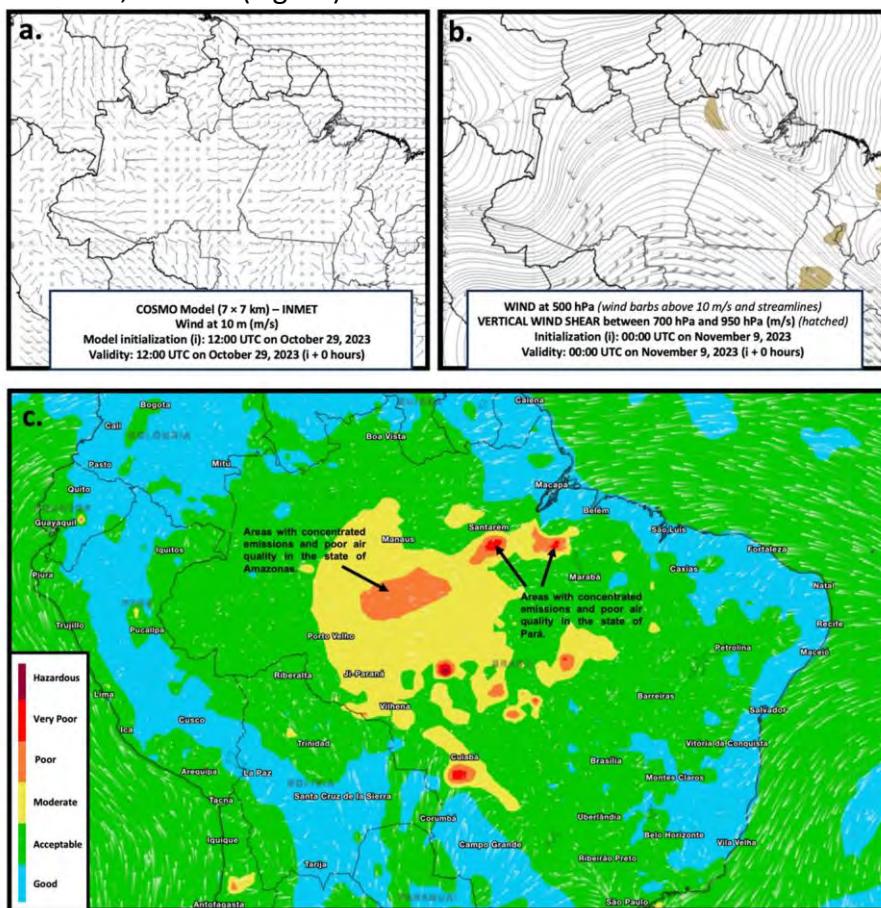
189 Dados do Projeto ATTO confirmam o papel dos incêndios perto de Manaus na explicação
190 do grande pico de fumaça na cidade. O maior pico de fumaça em Manaus foi registrado
191 em 12 de outubro de 2023, com uma concentração de partículas PM_{2,5} de 314 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
192 na parte sul da cidade, de acordo com sensores da Universidade Estadual do Amazonas
193 (UEA), acessíveis pela plataforma PurpleAir (ver Fig. 1a). Na mesma data, o Projeto ATTO
194 registrou 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 3). Mesmo se assumirmos que a fumaça no ATTO em 10 de
195 outubro (o maior recorde do ATTO) levou dois dias para chegar a Manaus, as amostras
196 na cidade excederam o pico mais alto do ATTO em mais de 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Portanto, fica
197 claro que a fumaça do Pará (estado vizinho ao Amazonas a leste) não explica os altos
198 níveis de fumaça em Manaus, mesmo que toda a fumaça detectada pelo Projeto ATTO
199 fosse levada para a cidade.



200 **Fig. 3a** Mapa da região da floresta amazônica brasileira (em verde) e as localizações de
201 Manaus, Santarém e da torre ATTO. **b.** A torre ATTO. **c.** Partículas PM_{2,5} medidas em
202 2023 na torre ATTO. A média sazonal normal é de 4,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
203

204

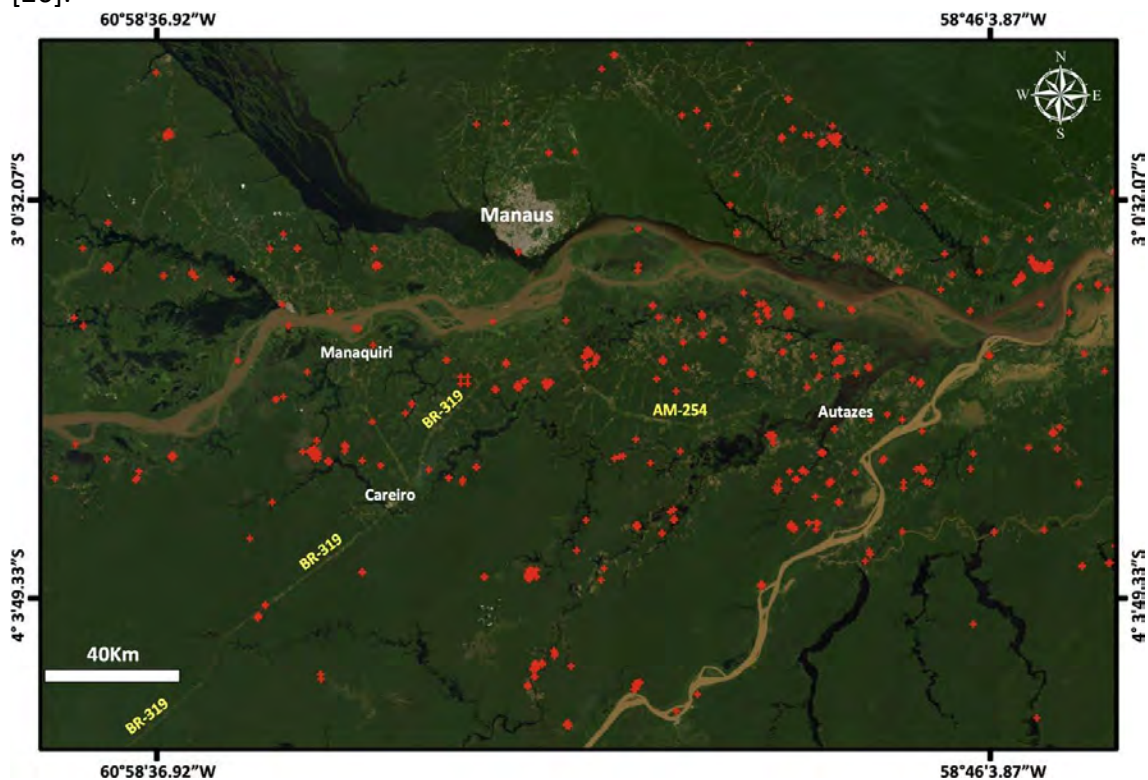
205 Além disso, os sensores PurpleAir em Santarém, Pará, registraram o primeiro pico após
 206 12 de outubro, em 13 de outubro, atingindo $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$, um nível muito menor do que
 207 o máximo em Manaus. Se a fumaça do Pará fosse responsável pelos níveis observados
 208 em Manaus, o pico lá teria que ser um ou mais dias antes e não um dia depois do pico
 209 em Manaus, e a quantidade de partículas registradas para Santarém teria que ser muito
 210 maior do que a registrada em Manaus. O mapa de ventos de 29 de outubro produzido
 211 pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET) mostra Manaus no meio de
 212 uma grande área de ar quase estacionário (Fig. 4a). Esse padrão já havia mudado para
 213 uma configuração mais normal com ventos soprando de leste a oeste em 9 de novembro
 214 de 2023 (Fig. 4b). Nesta data, Manaus apresentou índices de qualidade do ar
 215 melhorados, e o céu sobre a cidade estava claro e limpo (PurpleAir, [19]). Dados de
 216 emissão de partículas e qualidade do ar mostram uma grande coluna de fumaça
 217 originária da região ao sul de Manaus. Esta estava claramente separada da coluna sobre
 218 Santarém, no Pará (Fig. 4c).



219 **Fig. 4 a** Circulação atmosférica em 29 de outubro de 2023. As setas indicam o fluxo de
 220 vento e os círculos indicam a ausência de fluxo (INMET, [24]). **b** Ventos em 9 de novembro
 221 de 2023, indicando uma mudança de padrão, com o ar de Santarém atingindo Manaus
 222 (INMET, [25]). **c** Dados do METEORED mostrando concentrações de emissões e má
 223 qualidade do ar sobre a Amazônia central e oriental. Cores quentes indicam maiores
 224 emissões e cores mais frias indicam áreas com menor concentração de partículas
 225 (Imagem de 3 de novembro de 2023 extraída do METEORED [23]).
 226

227
 228 Os focos de incêndio entre 1 e 6 de novembro indicam incêndios em Autazes, Careiro e
 229 outros locais a sudeste de Manaus (Fig. 5). O município de Autazes, conhecido pelo

230 desmatamento e incêndios florestais [33], foi proeminente como local de incêndios [34].
231 O Sistema Eletrônico de Vigilância Ambiental (Selva) da Universidade Estadual do
232 Amazonas (UEA) indicou que a fumaça em Manaus veio desses incêndios ao sul de
233 Manaus, em vez de se originar no Pará [35]. Por outro lado, alguns pesquisadores do
234 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) destacaram a quantidade
235 impressionante de fumaça sobre o Pará e pensaram que ela poderia de fato ser
236 transportada para Manaus, além da fumaça produzida pelos incêndios ao redor da
237 cidade [36]. No entanto, esses pesquisadores apontaram que as imagens que possuíam
238 do pico de fumaça em 6 de novembro de 2023 indicavam que: “Após a fumaça ‘estourar’
239 os limites da escala, o equipamento e o sensor MODIS não conseguiam mais identificar
240 o que era fumaça e o que era nuvem” [36]. Dados do INMET corroboram a presença de
241 nuvens sobre a região, onde Manaus registrou chuva das 8h às 14h do dia 7 de novembro
242 [26].



243
244 **Fig. 5** Porção norte da BR-319, situada ao sul da cidade de Manaus. Imagem de alertas
245 do satélite de referência do Projeto Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas
246 Espaciais (INPE), entre 1 e 6 de novembro de 2023 [14]. Focos de incêndio aparecem nos
247 municípios de Manaquiri, Careiro e Autazes, área impactada pela Rodovia BR-319.

248
249 Dados do Projeto de Monitoramento de Queimadas do INPE confirmam que as chuvas
250 na região extinguiram os focos de incêndio, não havendo novos registros de incêndios
251 em 7 de novembro [14]. A filial de Manaus do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e
252 dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) indicou que os locais com focos de incêndio
253 ao sul de Manaus foram a fonte da nuvem de fumaça que cobriu a cidade [37], mas
254 quando a sede do IBAMA em Brasília foi questionada sobre o assunto, o porta-voz não
255 respondeu à pergunta, apenas forneceu uma lista das ações do órgão no combate aos
256 incêndios em toda a Amazônia [36].
257

258 do PurpleAir mostram que, dentre todas as 14 estações de monitoramento da qualidade
259 do ar em Manaus, a estação mais a leste da cidade (na direção dos ventos do Pará)
260 apresentou índices diários mais baixos em comparação à média ponderada das quatro
261 estações mais ao sul de Manaus [19], que receberiam maior impacto da fumaça
262 proveniente de locais ao longo da rodovia BR-319 (Fig. 5). A fumaça proveniente de
263 incêndios no Pará pode, de fato, atingir alguns pontos do estado do Amazonas, visto que
264 a atmosfera é fluida, mas os dados demonstram que a crise de fumaça de 2023 em
265 Manaus não pode ser atribuída a incêndios no Pará.

266

267 As áreas ao sul do rio Amazonas, onde os incêndios geravam fumaça que atingia Manaus,
268 vêm recebendo migração populacional da região da AMACRO (por exemplo, Assayag,
269 2016 [38]). Isso pode ser apenas o começo, pois o impacto será muito maior se a rodovia
270 BR-319 for reconstruída e pavimentada. O desmatamento próximo a Manaus é
271 minúsculo em comparação às áreas desmatadas na região da AMACRO, no extremo sul
272 da rodovia BR-319 [39]. A população de Manaus desconhece os riscos e impactos do
273 desmatamento que podem ser gerados pela rodovia BR-319, visto que a ausência de
274 pavimentação é um fator que contribui para a proteção ambiental da Amazônia Central
275 [17].

276

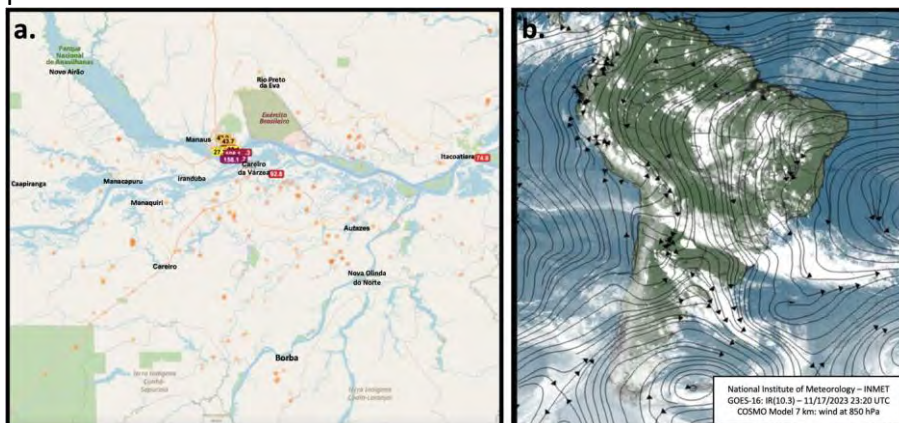
277 A BR-319 foi construída entre 1972 e 1975, inaugurada em 1976 e abandonada em 1988;
278 desde 2015, um programa de “manutenção” tornou a estrada transitável durante a
279 estação seca, mas o projeto de “reconstrução” proposto ainda não recebeu uma licença
280 ambiental para iniciar a construção [40]. A proposta de reconstrução da BR-319 traria os
281 processos e atores da região da AMACRO para a área de Manaus e para todas as áreas
282 já conectadas a Manaus por estradas, como o estado de Roraima, através da rodovia BR-
283 174 (Manaus-Boa Vista) [41]. Grandes áreas de floresta primária também seriam abertas
284 por estradas planejadas que se conectariam à BR-319, como a AM-366, que daria acesso
285 à vasta região de Trans-Purus de floresta tropical intacta a oeste do rio Purus, que flui
286 paralelamente à BR-319 [42–44]. Claramente, esses impactos podem repercutir em
287 Manaus, com uma fumaça semelhante à que atinge a região da AMACRO todos os anos.
288 Em 2023, Manaus estava recebendo um pequeno alerta sobre o impacto esperado caso
289 a BR-319 fosse reconstruída.

290

291 Um estudo realizado no trecho central da rodovia BR-319 em 2021 demonstrou que a
292 taxa de desmatamento em um raio de 40 km da rota da rodovia era 2,5 vezes maior do
293 que a média da Amazônia brasileira [18]. O mesmo estudo também demonstrou intensa
294 grilagem de terras (reivindicação ilegal de terras governamentais) na área afetada pela
295 rodovia BR-319 [18]. Um segundo estudo mostrou que o Instituto de Proteção Ambiental
296 do Amazonas (IPAAM) estava emitindo ilegalmente licenças para planos de manejo
297 florestal em terras públicas não designadas na área da BR-319, facilitando assim essa
298 cadeia de grilagem de terras [45]. A rodovia BR-319 favoreceu uma nova onda de
299 desmatamento impulsionada pela pecuária na parte sul do estado do Amazonas [46]. O
300 avanço dos incêndios nos municípios de Autazes e Careiro em setembro e outubro de
301 2023 resultou da expansão dessa onda de desmatamento para a Amazônia central (perto
302 de Manaus).

303

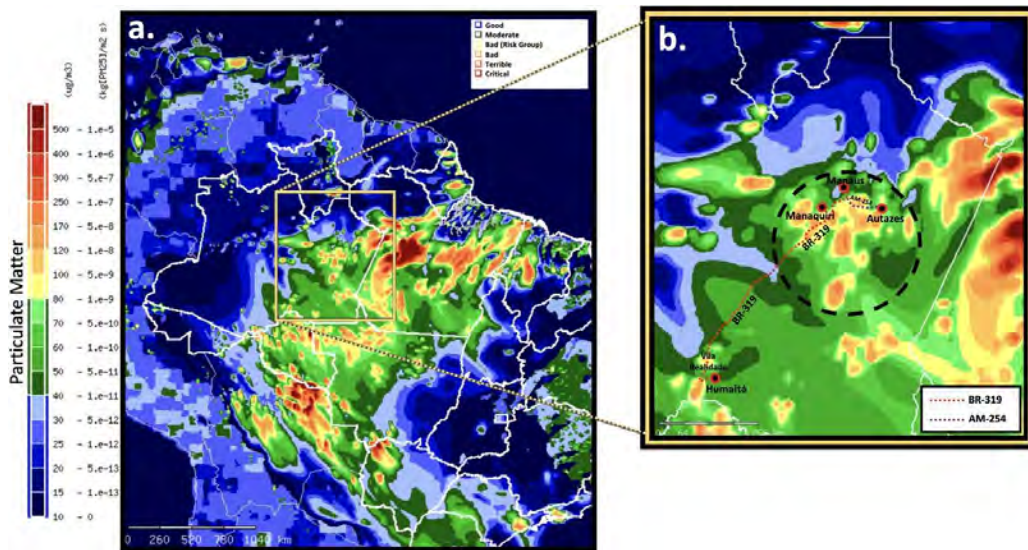
304 Em 17 de novembro de 2023, Manaus sentiu novamente os efeitos da fumaça,
 305 registrando níveis de partículas PM_{2,5} classificados como "muito insalubres" a
 306 "perigosos" em algumas partes da cidade. Novamente, os dados mostraram uma alta
 307 concentração de incêndios florestais ao sul da cidade e no interflúvio entre os rios Purus
 308 e Madeira que é cortado pela rodovia BR-319, especialmente nos municípios de Careiro
 309 e Autazes (Fig. 6a). Os dados mostraram novamente que as estações de amostragem de
 310 ar mais ao sul na área de Manaus, que são as mais influenciadas pelos incêndios em
 311 Careiro e Autazes, registraram níveis de partículas PM_{2,5} mais altos do que as outras
 312 estações. Além disso, uma estação de controle no município de Itacoatiara mediu níveis
 313 de partículas PM_{2,5} mais baixos do que as estações ao sul, indicando que a fumaça não
 314 estava vindo do leste (estado do Pará). Dados do ATTO também apontaram para níveis
 315 mais baixos do que os registrados em Manaus. Dados de fluxo de vento para o mesmo
 316 período também descartam a possibilidade de que a fumaça possa ter vindo do Pará
 317 (Fig. 6b). Em 21 de novembro, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Amazonas
 318 (SEMA) emitiu um comunicado em sua página oficial afirmando que imagens de satélite
 319 do INPE mostraram que incêndios no oeste do Pará e na Região Metropolitana de
 320 Manaus (RMM) foram responsáveis pela fumaça que atingiu a capital do Amazonas [47].
 321 As imagens em questão não indicam a origem dessa fumaça, como a SEMA alegou, mas
 322 apenas mostram os locais dos focos de incêndio em todo o Brasil. Conforme
 323 demonstrado pelos dados discutidos acima do leste de Manaus em Itacoatiara e pelo
 324 ATTO, é implausível que o pico de fumaça observado em meados de novembro de 2023
 325 possa ser atribuído aos incêndios no Pará.



326
 327 **Fig. 6 a** Dados do AppSelva de 17 de novembro de 2023, coletados às 23h36. Os dados
 328 de incêndios são dos bancos de dados NOAA20 e Suomi. **b** Dados do modelo COSMO do
 329 INMET de 17 de novembro de 2023.

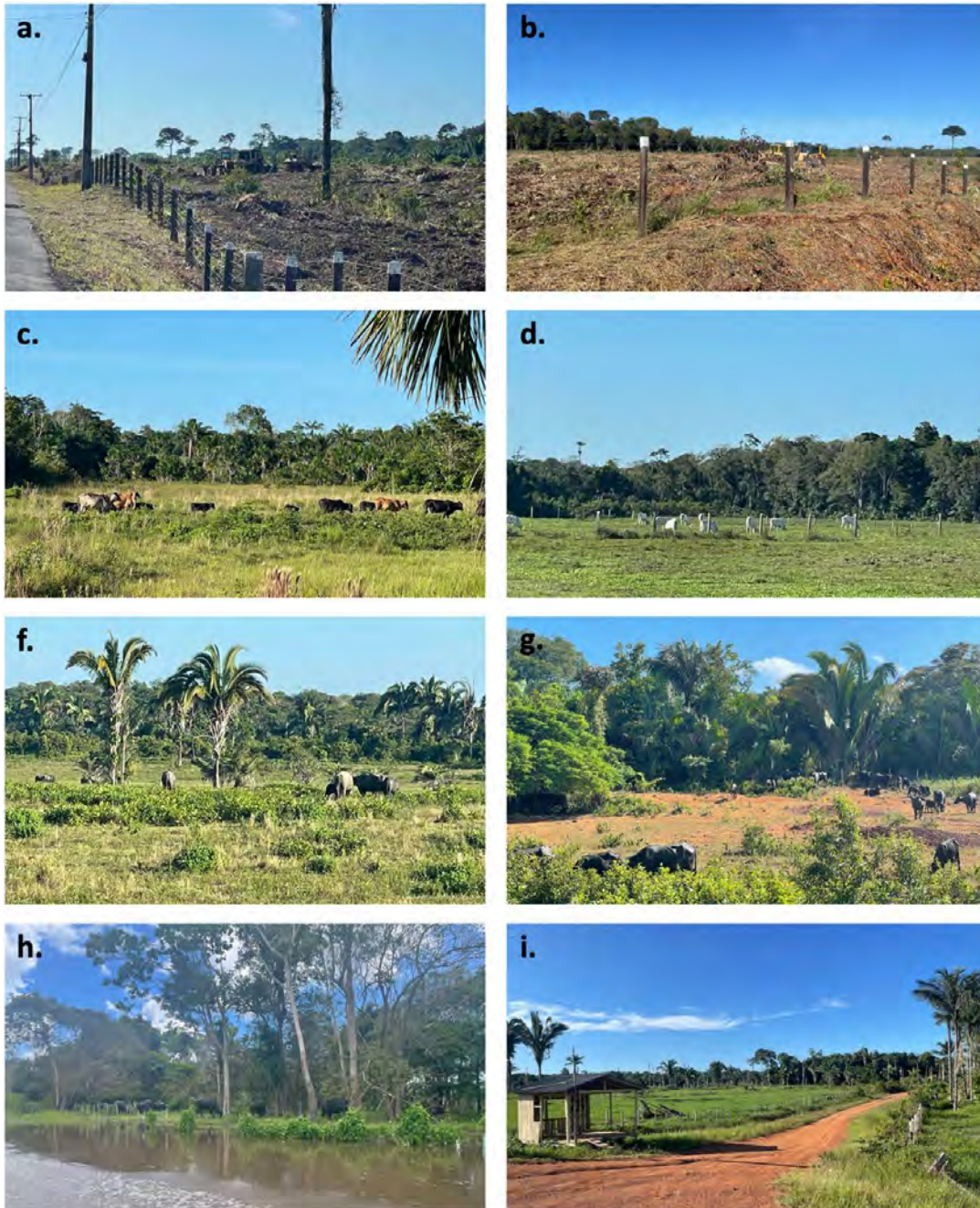
330
 331 Estimativas das concentrações de partículas PM_{2,5} feitas pelo INPE em 17 de novembro
 332 de 2023, quando o novo aumento de partículas em Manaus começou, mostram que a
 333 nuvem de emissões que afeta Manaus estava claramente dissociada das emissões de
 334 partículas PM_{2,5} dos incêndios no Pará, tendo como centro real os incêndios em Careiro
 335 e Autazes (Fig. 7). Assim, a declaração oficial da SEMA de que as imagens do INPE
 336 indicaram que a fumaça que afeta Manaus veio do Pará [47] não coincide com o que os
 337 dados do INPE mostram. A análise dos dados de emissão do Instituto Nacional de
 338 Pesquisas Espaciais (INPE) indica que a pluma de fumaça que cobre Manaus se originou
 339 no estado do Amazonas, particularmente nos municípios de Careiro e Autazes, bem
 340 como ao longo do corredor das rodovias BR-319 e AM-254 (Fig. 7). A SEMA só solicitou

341 oficialmente o apoio do Governo Federal no dia 4 de outubro, quando a situação já era
342 extremamente grave, coincidindo com a visita oficial a Manaus da Ministra do Meio
343 Ambiente e Mudanças Climáticas, Marina Silva [48].
344



345
346 **Fig. 7** Dados do INPE sobre emissões e qualidade do ar para 17 de novembro de 2023. **a**
347 Os dados mostram que a nuvem de fumaça sobre Manaus foi dissociada das emissões
348 de particulados do Pará. **b** A imagem das emissões sobre a região do Amazonas confirma
349 que a pluma de fumaça é distinta das emissões originárias do Pará e, em vez disso,
350 provém de incêndios ocorridos ao redor das rodovias BR-319 e AM-254. A porção sul do
351 Amazonas — particularmente as áreas de Vila Realidade e Humaitá — também
352 apresenta outras fontes significativas de emissão. Esses dados demonstram que zonas
353 com maior fluxo de tráfego e trechos pavimentados ao longo da BR-319 concentram os
354 focos de incêndio responsáveis pela fumaça que afetou Manaus.

355
356 Nossos resultados corroboram a hipótese de que o evento de fumaça que impactou
357 Manaus se originou predominantemente da atividade de incêndios em áreas
358 influenciadas pelas rodovias BR-319 e AM-254 (Fig. 7b). A atribuição da pluma de fumaça
359 ao estado do Pará é inequivocamente refutada pelos dados de emissão (Fig. 7b) e, na
360 prática, serviu como uma manobra política do governo do estado do Amazonas para
361 desviar a atenção dos incêndios que ocorrem dentro de sua própria jurisdição. Os dados
362 destacam falhas sistêmicas de governança e negligência institucional que permitiram a
363 propagação generalizada de incêndios durante uma estação excepcionalmente seca,
364 exacerbada pelas condições do El Niño (Fig. 2). Levantamentos de campo subsequentes
365 confirmaram que extensas porções da paisagem queimada foram posteriormente
366 convertidas em pastagens, ressaltando o papel instrumental do fogo como mecanismo
367 de apropriação de terras e expansão da pecuária na região (Fig. 8).



368
 369 **Fig. 8 a e b** Área com remanescentes de incêndios na AM-254 com uma escavadeira e
 370 um par de tratores de rodas limpando a área, município de Autazes; **c** Área com gado ao
 371 longo da rodovia BR-319, município de Careiro; **d** Área com gado ao longo da AM-254,
 372 município de Autazes. **f** Criação de búfalos ao longo da BR-319, município de Careiro; **g**
 373 Criação de búfalos ao longo da AM-254, no município de Autazes. **h** Criação de búfalos
 374 em uma área invadida na terra indígena Mura, município de Autazes. **i** Estrada lateral
 375 que se ramifica da AM-254, dando acesso a terras públicas não designadas. (Fotos: L.
 376 Ferrante).

377
 378 Visitas in loco realizadas em maio de 2024 nas áreas ao longo das rodovias BR-319 e AM-
 379 254 nos municípios de Careiro e Autazes confirmaram que as áreas que sofreram
 380 incêndios florestais de setembro a novembro de 2023 sofreram desmatamento e
 381 queimadas recentes (Fig. 8a). Ao longo da BR-319 no município de Careiro e na área ao

382 longo da AM-254, que conecta a BR-319 a Autazes, tratores de esteira e carregadeiras
383 de rodas foram observados limpando terras onde os restos deixados pelos incêndios
384 indicavam que haviam sido queimados (Fig. 8a, b), e algumas áreas já tinham gado (Fig.
385 8c, d) ou búfalos (Fig. 8e, f). Muitas dessas áreas se sobrepõem a terras indígenas e áreas
386 de uso tradicional indígena (Fig. 8g). Os caciques do povo Mura no município de Autazes
387 nos disseram que os criadores de búfalos estão cada vez mais invadindo suas terras.

388
389 O acesso a essas áreas está sendo facilitado por estradas ilegais que se ramificam da já
390 pavimentada AM-254 (Fig. 8i), cortando terras públicas não destinadas e se aproximando
391 do rio Madeira. Essas descobertas contradizem a narrativa de que a pavimentação de
392 estradas na Amazônia reduz o desmatamento por meio do aumento do monitoramento,
393 já que qualquer efeito desse tipo é superado pela facilitação da abertura de estradas
394 ilegais e subsequentes invasões de terras e desmatamento ilegal que passam
395 despercebidos pelas autoridades. Esses dados confirmam que a floresta está sendo
396 queimada e substituída por uma nova onda de pecuária na Amazônia Central. O governo
397 do estado do Amazonas vem promovendo o projeto de reconstrução da BR-319 e o
398 "desenvolvimento" (ou seja, desmatamento para pecuária) na área.

399
400 O bloco de floresta cortado pela rodovia BR-319 e estradas secundárias associadas
401 desempenha um papel fundamental na formação de células de alta pressão que
402 alimentam os ventos conhecidos como "rios voadores" que transportam vapor de água
403 da Amazônia para as regiões sul e sudeste do Brasil [49]. O aumento do fogo e a
404 conversão de floresta em pastagem nesta área podem agravar ainda mais as mudanças
405 climáticas na Amazônia central, o que está impulsionando um processo contínuo de
406 extinção de espécies [50]. A continuação dessas tendências climáticas também corre o
407 risco de colapso da floresta na Amazônia central e ocidental [51], o que sacrificaria o
408 serviço ecossistêmico essencial desta floresta na reciclagem de água que é transportada
409 para as regiões sul e sudeste do Brasil, onde é crucial para a biodiversidade, agricultura
410 e o abastecimento de água das maiores cidades do Brasil [49].

411
412 A magnitude desses impactos, para os quais a "crise da fumaça" de 2023 em Manaus foi
413 um alerta, indica que a proposta de reconstrução da BR-319 não deve ser licenciada [52,
414 53]. A "crise do fogo" de 2024 no Brasil forneceu um segundo alerta, com níveis
415 perigosos de fumaça em Manaus e em muitas outras partes do Brasil [54]. Iniciativas
416 legislativas que essencialmente forçam a aprovação do projeto da rodovia precisam ser
417 derrotadas se ainda não foram promulgadas ou revogadas se já foram promulgadas.
418 Estas incluem o projeto de lei PL 4994/2023 que foi aprovado pela Câmara dos
419 Deputados [55] e aguarda aprovação pelo Senado [52] e a lei estadual 6465/2023, que
420 já foi promulgada pela Assembleia Legislativa do Amazonas [55].

421
422 Em 25 de junho de 2025, o governador do estado do Amazonas, Wilson Lima, desafiou
423 publicamente o presidente Lula sobre a pavimentação da rodovia BR-319, afirmando:
424 "Não faz sentido para mim argumentar que não devemos pavimentar porque não pode
425 ser controlada. Como o governo federal pode ser incapaz de fiscalizar uma rodovia na
426 Amazônia?" [56]. No entanto, o governo estadual não solicitou ao governo federal que
427 respondesse aos crescentes focos de incêndio na região da BR-319, o que era de sua
428 responsabilidade [48]. Além disso, o governo estadual não implementou a fiscalização

429 ambiental mesmo em trechos pavimentados de fácil acesso, como o "Lote B" entre
430 Manaus e Careiro e a AM-254 entre Careiro e Autazes (Fig. 1). Isso permitiu que a
431 grilagem de terras avançasse descontroladamente nessa região (Fig. 8).

432

433 Em 6 de agosto de 2025, o governador do Amazonas (Wilson Lima) assinou o Decreto nº
434 52.216, apresentado oficialmente como uma medida de “regularização ambiental” e
435 restauração florestal. O governo estadual alega que o decreto se aplica apenas a imóveis
436 com passivos ambientais preexistentes, registrados e validados no Cadastro Ambiental
437 Rural (CAR), e localizados em municípios com mais de 50% de seu território sob proteção
438 [57, 58]. Argumenta também que nenhum novo desmatamento será autorizado e que o
439 único propósito da medida é restaurar a vegetação nativa. No entanto, nossos resultados
440 de campo documentados neste estudo contradizem essa narrativa [57, 58]. O decreto
441 abre uma brecha significativa para a legalização do desmatamento ilegal já consolidado,
442 inclusive em áreas adjacentes a Terras Indígenas e Unidades de Conservação em áreas
443 ecologicamente sensíveis ao longo da rodovia BR-319. Ele permite a “regularização” de
444 passivos ambientais com base unicamente no CAR, um sistema autodeclaratório sem
445 verificação de campo, favorecendo assim a grilagem de terras (apropriação e venda ilegal
446 de terras governamentais), amplamente documentada no Amazonas [18, 45]. O texto
447 também permite a redução da reserva legal mínima de 80% para apenas 50%, com base
448 no Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) [57, 58]. Nos municípios de Autazes, Careiro,
449 Careiro da Várzea e Manaquiri, afetados pelo decreto ao longo da BR-319, as pastagens
450 se expandiram nos últimos cinco anos, ocupando 34%, 25%, 33% e 33% de seus
451 territórios, respectivamente [59]. Isso revela um processo sistêmico e institucionalizado
452 de inação estadual no monitoramento, seguido pela subsequente legalização de áreas
453 ocupadas ilegalmente. Embora o governo federal mantenha um discurso pró-ambiental
454 [60], dados de monitoramento do Projeto de Monitoramento de Incêndios do Instituto
455 Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que os focos de incêndio se
456 intensificaram no estado do Amazonas, com um número recorde de focos de incêndio
457 em 2024, atingindo o nível mais alto desde o início do programa de monitoramento em
458 1998 [14]. Nossos dados revelam uma falta de governança ambiental tanto no nível
459 federal quanto estadual, bem como a inviabilidade de controlar incêndios nessa área se
460 o governo federal reconstruir e pavimentar a rodovia BR-319. Isso implica tanto impactos
461 ambientais em uma vasta área da floresta amazônica quanto impactos na saúde pública
462 em Manaus e outras cidades.

463

464 Esta crise da fumaça exemplifica como projetos de infraestrutura que desconsideram os
465 limites ecológicos — como a proposta de reconstrução da Rodovia BR-319 —
466 representam ameaças sistêmicas à sustentabilidade na Amazônia. Em um ecossistema
467 onde a estabilidade climática, a biodiversidade e o bem-estar das populações
468 tradicionais estão profundamente interligados, a promoção da construção de estradas
469 em larga escala fomenta o desmatamento, a grilagem de terras e focos recorrentes de
470 incêndios. Estudos recentes documentaram um declínio generalizado na biodiversidade
471 brasileira, impulsionado pelas mudanças climáticas e anomalias associadas ao El Niño
472 [49, 51, 61]. Tanto as perturbações climáticas induzidas por regimes de incêndio em
473 escala paisagística quanto os elevados níveis de emissão relatados no presente estudo
474 contribuem diretamente para as alterações climáticas [61], que por sua vez aceleraram
475 a perda de biodiversidade na Amazônia Central [51, 62] e em outras regiões do Brasil

476 [61]. Essas dinâmicas exemplificam padrões sistêmicos mais amplos de degradação
477 ecológica, enraizados em falhas de governança e no avanço contínuo da fronteira do
478 desmatamento [62]. Além dos impactos dos incêndios florestais e das alterações
479 climáticas associadas [61, 62], as alterações estruturais na paisagem — como a expansão
480 de pastagens e outras culturas, juntamente com a utilização de agroquímicos — poderão
481 intensificar a perda de biodiversidade regional [63, 64].

482

483 Essa dinâmica também prejudica a governança ambiental e a saúde pública em centros
484 urbanos como Manaus. Enfrentar essas crises interligadas exige políticas integradas que
485 vão além da prevenção reativa de incêndios. Os fatores subjacentes à degradação
486 ambiental devem ser confrontados. Isso inclui reconhecer a inviabilidade ecológica de
487 expandir as principais redes rodoviárias através de paisagens florestais intactas e, em vez
488 disso, priorizar alternativas de menor impacto, como a melhoria das hidrovias
489 navegáveis, que oferecem caminhos de menor impacto para a integração regional e o
490 desenvolvimento econômico.

491

492 **4 Conclusão**

493

494 A crise de fumaça de 2023 em Manaus foi causada principalmente por incêndios
495 na região sul da cidade, especialmente nos municípios de Careiro e Autazes. Os níveis
496 alarmantes de fumaça em Manaus refletem a falta de governança, especialmente na
497 área de influência da Rodovia BR-319. Se reconstruída e pavimentada, a Rodovia BR-319
498 provavelmente intensificará os incêndios na região, aumentando os motivos para
499 reconsiderar este projeto rodoviário proposto. Os dados também indicam a falta de
500 esforços suficientes do governo do estado do Amazonas para controlar os incêndios na
501 região entre os rios Purus e Madeira, onde o estado tem incentivado a expansão da
502 pecuária.

503

504 A crise da fumaça de 2023 em Manaus serve como um prenúncio de como
505 projetos de infraestrutura como a Rodovia BR-319 podem catalisar transições
506 insustentáveis de uso do solo, alimentando o desmatamento, focos de incêndios e
507 emergências de saúde pública. Os dados ressaltam como a fraca governança ambiental
508 e a promoção da expansão rodoviária ameaçam não apenas a biodiversidade e a
509 estabilidade climática, mas também a sustentabilidade dos centros urbanos que
510 dependem da integridade ecológica da Amazônia.

511

512 **Agradecimentos**

513 Os autores agradecem a Carlos Alberto Nobre Quesada e Paulo Artaxo pelo
514 fornecimento dos dados da Torre ATTO. Contribuições dos autores: LF projetou a
515 pesquisa; LF conduziu o trabalho de campo; LF conduziu as análises estatísticas; LF e PMF
516 interpretaram as análises; LF, RRM e PMF redigiram o manuscrito; LF, RRM e PMF
517 revisaram o manuscrito.

518

519 **Financiamento**

520 A LF agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo
521 projeto nº 01.02.016301.04319/2023-42 e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado
522 de São Paulo (FAPESP) nº 2021/10639-5 e nº 2023/06677-4. A PMF agradece ao

523 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 312450/2021-4,
524 406941/2022-0), à FAPEAM (nº 01.02.016301.02529/2024-87) e à Rede Brasileira de
525 Pesquisa em Mudanças Climáticas (FINEP/Rede Clima 01.13.0353-00).

526

527 **Disponibilidade dos dados:** Todos os dados estão disponíveis mediante solicitação ao
528 autor correspondente.

529

530 **Conflitos de interesse:** Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

531

532 Referências

533

534 1. Fearnside PM, Silva RA. Amazon drought: Much damage still to come (commentary).
535 Mongabay. 2023. [https://news.mongabay.com/2023/11/amazon-drought-much-](https://news.mongabay.com/2023/11/amazon-drought-much-damage-still-to-come-commentary/)
536 [damage-still-to-come-commentary/](https://news.mongabay.com/2023/11/amazon-drought-much-damage-still-to-come-commentary/)

537

538 2. Andreae MO, Rosenfeld D, Artaxo P, Costa AA, Frank GP, Longo KM, Silva-Dias MAF.
539 Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*. 2004; 303:1337–40.
540 <https://doi.org/10.1126/science.1092779>.

541

542 3. Koren I, Kaufman YJ, Remer LA, Martins JV. Measurement of the effect of Amazon
543 smoke on inhibition of cloud formation. *Science*. 2004;303:1342–5.

544

545 4. Pöschl U, Martin ST, Sinha B, Chen Q, Gunthe SS, Huffman JA, Borrmann S, Farmer DK,
546 Garland RM, Helas G, Jimenez JL, King SM, Manzi A, Mikhailov E, Pauliquevis T, Petters
547 MD, Prenni AJ, Roldin P, Rose D, Schneider J, Su H, Zorn SR, Artaxo P, Andreae MO.
548 Rainforest aerosols as biogenic nuclei of clouds and precipitation in the Amazon. *Science*.
549 2010;329:1513–6.

550

551 5. Rosenfeld D, Lohmann U, Raga GB, O’Dowd CD, Kulmala M, Fuzzi S, Reissell A, Andreae
552 MO. Flood or drought: how do aerosols affect precipitation? *Science*. 2008;321:1309–
553 13. <https://doi.org/10.1126/science.1160606>.

554

555 6. Lohmann U, Feichter J. Global indirect aerosol effects: a review. *Atmos Chem Phys*.
556 2005;5(3):715–37.

557

558 7. Artaxo P, Martins JV, Yamasoe MA, Procopio AS, Pauliquevis TM, Andreae MO, Guyon
559 P, Gatti LV. Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic
560 to biomass burning conditions. *Front Environ Sci*. 2013;165:203–35.
561 <https://doi.org/10.1039/C3FD00052D>.

562

563 8. Rocha R, Santanna AA. Winds of fire and smoke: air pollution and health in the
564 Brazilian Amazon. *World Dev*. 2022;151:105722.
565 <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105722>.

566

567 9. Copernicus. Air quality. 2024. <https://atmosphere.copernicus.eu/air-quality>. Acessado
568 30 de set. de 2024.

569

- 570 10. WHO (World Health Organization). Air Quality Guidelines: Global Update 2005. WHO
571 Regional Office for Europe. 2006. [http s://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-](http://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-)
572 [PHE-OEH-06.02](http://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-OEH-06.02)
573
- 574 11. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F.
575 Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific
576 statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(21):2331–78.
577 <https://doi.org/10.1161/cir.0b013e3181d8e311>.
578
- 579 12. Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A. The contribution of outdoor
580 air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*. 2015;525:367–
581 71. <https://doi.org/10.1038/nature15371>.
582
- 583 13. Ferrante L. Dados mostram que fumaça em Manaus não veio do Pará, como diz
584 governo do AM. *Ecoa UOL*, 2023. [https://](https://www.uol.com.br/ecoa/colunas/opiniaio/2023/11/17/estudo-mostra-que-fumaca-em-manau-)
585 [www.uol.com.br/ecoa/colunas/opiniaio/2023/11/17/estudo-mostra-que-fumaca-em-](https://www.uol.com.br/ecoa/colunas/opiniaio/2023/11/17/estudo-mostra-que-fumaca-em-manau-)
586 [manaus-nao-veio-do-para-como-di-z-governo-do-am.htm](https://www.uol.com.br/ecoa/colunas/opiniaio/2023/11/17/estudo-mostra-que-fumaca-em-manau-)
587
- 588 14. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Programa Queimadas do INPE, INPE,
589 2023. <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>
590
- 591 15. Ferrante L, Fearnside PM. Amazon’s road to deforestation. *Science*. 2020;369:634.
592
- 593 16. Ferrante L, Fearnside PM. Brazilian government violates Indigenous rights: what
594 could induce a change? *DIE ERDE J Geograph Soc Berlin*. 2021;152(3):200–11.
595 <https://doi.org/10.12854/erde-2021-584>.
596
- 597 17. Ferrante L, de Andrade MBT, Leite L, Silva Junior CA, Lima M, Coelho Junior MG, et
598 al. Brazil’s Highway BR-319: The road to the collapse of the Amazon and the violation of
599 indigenous rights. *DIE ERDE J Geogr Soc Berlin*. 2021;152(1):65–70.
600 <https://doi.org/10.12854/erde-2021-552>.
601
- 602 18. Ferrante L, Andrade MBT, Fearnside PM. Land grabbing on Brazil’s highway BR-319
603 as a spearhead for Amazonian deforestation. *Land Use Policy*. 2021;108: 105559.
604 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105559>.
605
- 606 19. PurpleAir. Dados das estações em Manaus para Raw PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). 2023.
607 [https://map.purpleair.com/1/a/ls/mPM25/a1440/p2592000/cC0#11.06/-3.1319/-](https://map.purpleair.com/1/a/ls/mPM25/a1440/p2592000/cC0#11.06/-3.1319/-60.0182)
608 [60.0182](https://map.purpleair.com/1/a/ls/mPM25/a1440/p2592000/cC0#11.06/-3.1319/-60.0182)
609
- 610 20. CPC (Climate Prediction Center). ENSO: Recent Evolution, Current Status and
611 Predictions. Climate Prediction Center (CPC), National Centers for Environmental
612 Prediction (NCEP) / National Weather Service (NWS), 2023. [https://www.cpc.ncep.noaa](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf)
613 [.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf)
614
- 615 21. Selva. Sistema Eletrônico de Vigilância Ambiental. 2023. <https://appselva.com.br/>
616

617 22. da Silva SS, Fearnside PM, Graça PMLA, Brown IF, Alencar A, de Melo AWF. Dynamics
618 of forest fires in the southwestern Amazon. For Ecol Manag. 2018;424:312–22.
619 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>.
620
621 23. METEORED. METEORED, 2023. <https://www.meteored.com/>. Acessado 03 de nov. de
622 2023.
623
624 24. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Previsão numérica. 2023.
625 <https://vime.inmet.gov.br/>
626
627 25. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Ventos em 500 hPa. 2023.
628 <https://vime.inmet.gov.br/>
629
630 26. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Tabela de Dados das Estações (Manaus
631 A101), 2023. <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A101>
632
633 27. BBC (British Broadcasting Corporation). Air pollution: Delhi air turns very poor but
634 'worst is yet to come'. BBC, 2023. [http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-india-](http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-india-67166585)
635 [67166585](http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-india-67166585)
636
637 28. Fearnside PM, Silva RA. Amazon region hit by trio of droughts in grim snapshot of the
638 century to come. The Conversation, 2023. [https://theconversation.com/amazon-region-](https://theconversation.com/amazon-region-hit-by-trio-of-droughts-in-grim-snapshot-of-the-century-to-come-217652)
639 [hit-by-trio-of-droughts-in-grim-snapshot-of-the-century-to-come-217652](https://theconversation.com/amazon-region-hit-by-trio-of-droughts-in-grim-snapshot-of-the-century-to-come-217652)
640
641 29. Cox PM, Harris PP, Huntingford C, Betts RA, Collins M, Jones CD, Jupp TE, Marengo
642 JA, Nobre CA. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution.
643 Nature. 2008;453:212–5. <https://doi.org/10.1038/nature06960>.
644
645 30. Lewis SL, Brando PM, Phillips OL, van der Heijden GMF, Nepstad DC. The 2010
646 Amazon drought. Science. 2011;31:554. <https://doi.org/10.1126/science.1200807>.
647
648 31. Vasconcelos SS, Fearnside PM, Graça PMLA, Nogueira EM, de Oliveira LC, Figueiredo
649 EO. Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia: estimates of area and potential
650 carbon emissions. For Ecol Manag. 2013;291:199–208. [https://doi.org/10.10](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.044)
651 [16/j.foreco.2012.11.044](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.044).
652
653 32. Araújo RF, Nelson CBW, Chambers JQ. Regional distribution of large blowdown
654 patches across Amazonia in 2005 caused by a single convective squall line: distribution
655 of Amazonia blowdown damage. Geophys Res Lett. 2017;44(15):7793–8.
656 <https://doi.org/10.1002/2017GL073564>.
657
658 33. dos Reis M, Graça PMLA, Yanai AM, Ramos CJP, Fearnside PM. Forest fires and
659 deforestation in the central Amazon: effects of landscape and climate on spatial and
660 temporal dynamics. J Environ Manag. 2021;88: 112310.
661 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112310>.
662

- 663 34. Felizardo N. Avô de tiktoker da capivara está entre os causadores da fumaça em
664 Manaus. The Intercept-Brasil. 2023.
665 [https://www.intercept.com.br/2023/11/06/fumaca-manaus-esses-sao-desmatadores-](https://www.intercept.com.br/2023/11/06/fumaca-manaus-esses-sao-desmatadores-que-contribuiram-por-anos/)
666 [que-contribuiram-por-anos/](https://www.intercept.com.br/2023/11/06/fumaca-manaus-esses-sao-desmatadores-que-contribuiram-por-anos/)
667
- 668 35. Sassini V. Cidade mais populosa da Amazônia vive de onda em onda de fumaça, e
669 cotidiano é de área degradada. Folha de São Paulo, 2023.
670 [https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2023/11/cidade-mais-populosa-da-](https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2023/11/cidade-mais-populosa-da-amazonia-vive-de-onda-em-onda-de-fumaca-e-cotidiano-e-de-area-degradada.shtml)
671 [amazonia-vive-de-onda-em-onda-de-fumaca-e-cotidiano-e-de-area-degradada.shtml](https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2023/11/cidade-mais-populosa-da-amazonia-vive-de-onda-em-onda-de-fumaca-e-cotidiano-e-de-area-degradada.shtml)
672
- 673 36. Fatim B. Encoberta desde agosto, Manaus teve pico de fumaça na segunda (6),
674 aponta Inpe. g1, 2023.
675 [https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/11/07/encoberta-desde-agosto-](https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/11/07/encoberta-desde-agosto-manaus-teve-pico-de-fumaca-na-segunda-6-aponta-inpe.ghtml)
676 [manaus-teve-pico-de-fumaca-na-segunda-6-aponta-inpe.ghtml](https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/11/07/encoberta-desde-agosto-manaus-teve-pico-de-fumaca-na-segunda-6-aponta-inpe.ghtml)
677
- 678 37. Castro M. Fumaça que encobre Manaus vem da região metropolitana da capital e é
679 causada por agropecuaristas, diz Ibama. g1, 2023.
680 [https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/10/11/fumaca-que-encobre-](https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/10/11/fumaca-que-encobre-manaus-vem-da-regiao-metropolitana-da-capital-e-e-causada-por-agropecuaristas-diz-ibama.ghtml)
681 [manaus-vem-da-regiao-metropolitana-da-capital-e-e-causada-por-agropecuaristas-diz-](https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/10/11/fumaca-que-encobre-manaus-vem-da-regiao-metropolitana-da-capital-e-e-causada-por-agropecuaristas-diz-ibama.ghtml)
682 [ibama.ghtml](https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/10/11/fumaca-que-encobre-manaus-vem-da-regiao-metropolitana-da-capital-e-e-causada-por-agropecuaristas-diz-ibama.ghtml)
683
- 684 38. Assayag Y. MPF/AM cobra de órgãos ambientais e da polícia providências sobre
685 denúncia de invasão na BR-319. Amazonas em Tempo, 2016.
686 [http://www.emtempo.com.br/mpfam-cobra-de-orgaos-ambientais-e-da-policia-](http://www.emtempo.com.br/mpfam-cobra-de-orgaos-ambientais-e-da-policia-providencias-sobre-denuncia-de-invasao-na-br-319/)
687 [providencias-sobre-denuncia-de-invasao-na-br-319/](http://www.emtempo.com.br/mpfam-cobra-de-orgaos-ambientais-e-da-policia-providencias-sobre-denuncia-de-invasao-na-br-319/)
688
- 689 39. Lima W. Queimadas batem recorde em agosto na Amazônia. Amazônia Real, 2022.
690 <https://amazoniareal.com.br/queimadas-batem-recorde-em-agosto-na-amazonia/>
691
- 692 40. Ferrante L. Estradas. In: Atlas da Amazônia Brasileira: Fatos, dados e saberes da maior
693 floresta tropical do mundo. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2025. pp. 46–47.
694 <https://br.boell.org/sites/default/files/2025-04/atlas-da-amazonia-brasileira.pdf>
695
- 696 41. Barni PE, Fearnside PM, Graça PMLA. Simulating deforestation and carbon loss in
697 Amazonia: impacts in Brazil's Roraima state from reconstructing Highway BR-319
698 (Manaus-Porto Velho). Environ Manage. 2015;55:259–78.
699 <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0408-6>.
700
- 701 42. Fearnside PM. Oil and gas project threatens Brazil's last great block of Amazon forest
702 (commentary). Mongabay, 2020. [http://news.mongabay.com/2020/03/oil-and-gas-](http://news.mongabay.com/2020/03/oil-and-gas-project-threatens-brazils-last-great-block-of-amazon-forest-commentary/)
703 [project-threatens-brazils-last-great-block-of-amazon-forest-commentary/](http://news.mongabay.com/2020/03/oil-and-gas-project-threatens-brazils-last-great-block-of-amazon-forest-commentary/)
704
- 705 43. Fearnside PM. Amazon environmental services: why Brazil's highway BR-319 is so
706 damaging. Ambio. 2022;51:1367–70. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01718-y>.
707
- 708 44. Fearnside PM, Ferrante L, Yanai AM, Isaac Júnior MA. Trans-Purus: Brazil's last intact
709 Amazon forest at immediate risk (commentary). Mongabay, 2020.

710 <https://news.mongabay.com/2020/11/trans-purus-brazils-last-intact-amazon-forest-at->
711 [immediate-risk-commentary/](https://news.mongabay.com/2020/11/trans-purus-brazils-last-intact-amazon-forest-at-)
712
713 45. Andrade M, Ferrante L, Fearnside PM. Brazil's highway BR-319 demonstrates a crucial
714 lack of environmental governance in Amazonia. *Environ Conserv.* 2021;48:161–4.
715 <https://doi.org/10.1017/S0376892921000084>.
716
717 46. Ferrante L, Fearnside PM. Countries should boycott Brazil over export-driven
718 deforestation. *Nature.* 2022;601:318.
719
720 47. SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Amazonas). Imagens de satélites do
721 Inpe mostram que queimadas do oeste do Pará e RMM são responsáveis por fumaça que
722 atinge capital do Amazonas. Sema Amazonas, 2023.
723 [https://meioambiente.am.gov.br/imagens-de-satelites-do-inpe-mostram-que-](https://meioambiente.am.gov.br/imagens-de-satelites-do-inpe-mostram-que-queimadas-do-oeste-do-para-e-rmm-sao-responsaveis-por-fumaca-que-atinge-capital-do-amazonas/)
724 [queimadas-do-oeste-do-para-e-rmm-sao-responsaveis-por-fumaca-que-atinge-capital-](https://meioambiente.am.gov.br/imagens-de-satelites-do-inpe-mostram-que-queimadas-do-oeste-do-para-e-rmm-sao-responsaveis-por-fumaca-que-atinge-capital-do-amazonas/)
725 [do-amazonas/](https://meioambiente.am.gov.br/imagens-de-satelites-do-inpe-mostram-que-queimadas-do-oeste-do-para-e-rmm-sao-responsaveis-por-fumaca-que-atinge-capital-do-amazonas/)
726
727 48. Santana F. Queimadas: Amazonas só acionou a União após visita de Ministra.
728 *Vocativo.com*, 2023. [https://vocativo.com/2023/11/26/queimadas-amazonas-so-](https://vocativo.com/2023/11/26/queimadas-amazonas-so-acionou-a-uniao-apos-visita-de-marina-silva/)
729 [acionou-a-uniao-apos-visita-de-marina-silva/](https://vocativo.com/2023/11/26/queimadas-amazonas-so-acionou-a-uniao-apos-visita-de-marina-silva/)
730
731 49. Ferrante L, Getirana A, Baccaro FB, Schongart J, Leonel ACM, Gaiga R, Garey MV,
732 Fearnside PM. Effects of Amazonian flying rivers on frog biodiversity and populations in
733 the Atlantic Rainforest. *Conserv Biol.* 2023;37: e14033.
734 <https://doi.org/10.1111/cobi.14033>.
735
736 50. Flores BM, Montoya E, Sakschewski B, Nascimento N, Staal A, Betts RA, Levis C,
737 Lapola DM, Esquivel-Muelbert A, Jakovac C, Nobre CA, Oliveira RS, Borma LS, Nian D,
738 Boers N, Hecht SB, ter Steege H, Arieira J, Lucas IL, Berenguer E, Marengo JA, Gatti LV,
739 Mattos CRC, Hirota M. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature.*
740 2024;626:555–64. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>.
741
742 51. Ferrante L, Rojas-Ahumada D, Menin M, Fearnside PM. Climate change in the Central
743 Amazon and its impacts on frog populations. *Environ Monit Assess.* 2023;195:1421.
744 <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11997-x>.
745
746 52. Fearnside PM. Race to destroy the Amazon forest: Brazil's National Congress set to
747 force construction of Highway BR-319 (commentary). *Mongabay*, 2023.
748 [https://news.mongabay.com/2023/12/race-to-destroy-the-amazon-forest-brazils-](https://news.mongabay.com/2023/12/race-to-destroy-the-amazon-forest-brazils-national-congress-set-to-force-construction-of-highway-br-319-commentary/)
749 [national-congress-set-to-force-construction-of-highway-br-319-commentary/](https://news.mongabay.com/2023/12/race-to-destroy-the-amazon-forest-brazils-national-congress-set-to-force-construction-of-highway-br-319-commentary/)
750
751 53. Fearnside PM. Impactos da rodovia BR-319. *Amazônia Real*, (2024).
752 [https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2024/Fearnside-2024-Impactos_da_BR-319-](https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2024/Fearnside-2024-Impactos_da_BR-319-Serie_completa.pdf)
753 [Serie_completa.pdf](https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2024/Fearnside-2024-Impactos_da_BR-319-Serie_completa.pdf)
754
755 54. Lacerda L. Em meio a incêndios, qualidade do ar é considerada insalubre em oito
756 estados e no DF. *Folha de São Paulo*, 2024.

757 <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2024/08/em-meio-a-incendios-qualidade->
758 [do-ar-e-considerada-insalubr e-em-oito-estados-e-no-df.shtml](https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2024/08/em-meio-a-incendios-qualidade-)
759
760 55. Amazonas. Lei Ordinária n° 6465, de 10 de Outubro de 2023. Dispõe sobre a
761 flexibilização do licenciamento ambiental de competência estadual para incentivo à
762 conclusão da rodovia BR-319. 2023. <https://sapl.al.am.leg.br/norma/12714>
763
764 56. Alves A. Wilson cobra Lula sobre BR-319: ‘covardia’. A Crítica, 2025.
765 <https://www.acritica.com/opiniaowilson-cobra-lula-sobre-br-319-covardia-1.376439>
766
767 57. Azevedo LF. Decreto de governador do Amazonas favorece a grilagem e pressiona
768 terras indígenas, avaliam pesquisadores. O Globo, 2025.
769 <https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/noticia/2025/08/08/decreto-de->
770 [governador-do-amazonas-favorece-a-grilagem-e-pressiona-terras-indigenas-avaliam-](https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/noticia/2025/08/08/decreto-de-)
771 [pesquisadores.ghtml](https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/noticia/2025/08/08/decreto-de-)
772
773 58. Santana F. Decreto estadual abre brecha para legalizar desmatamento ilegal no
774 Amazonas. Vocativo.com, 2025. [https://vo](https://vocativo.com/2025/08/08/decreto-estadual-) [cativo.com/2025/08/08/decreto-estadual-](https://vocativo.com/2025/08/08/decreto-estadual-)
775 [abre-brecha-para-legalizar-desmatamento-ilegal-no-amazonas/](https://vocativo.com/2025/08/08/decreto-estadual-)
776
777 59. MapBiomas. Plataforma MapBiomas uso e cobertura. MapBiomas, 2025.
778 <https://brasil.mapbiomas.org/>
779
780 60. Vilani RM, Ferrante L, Fearnside PM. The first acts of Brazil’s new president: Lula’s
781 new Amazon institutionalization. Environ Conserv. 2023;50(3):148–51.
782 <https://doi.org/10.1017/S0376892923000139>.
783
784 61. Ferrante L, Baccaro FB, Kaefer IL, Diele-Viegas LM, Getirana A, Haddad CFB, Schiesari
785 LC, Fearnside PM. Effects of climate change and El Niño anomalies on historical declines,
786 extinctions, and disease emergence in Brazilian amphibians. Conserv Biol. 2025;39:
787 e70024. <https://doi.org/10.1111/cobi.70024>.
788
789 62. Guimarães AF, Schiatti J, Querido LCA, Nunes J, Santos P, Lagroteria D, Gordo M.
790 Extreme drought and heat lead to alarming mortality of Amazon fauna. Acta Amazon.
791 2024;54: e20224053. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202404053>.
792
793 63. Ferrante L, Baccaro FB, Ferreira EB, Sampaio MFdeO, Santos T, Justino RC, Angulo A.
794 The matrix effect: how agricultural matrices shape forest fragment structure and
795 amphibian composition. J Biogeogr. 2017;44:1911–22.
796
797 64. Ferrante L, Fearnside PM. Evidence of mutagenic and lethal effects of herbicides on
798 Amazonian frogs. Acta Amazon. 2020;50:363–6. <https://doi.org/10.1590/1809->
799 [4392202000562](https://doi.org/10.1590/1809-4392202000562).
800