



Instituto
Socioambiental

Impactos na qualidade do ar e saúde humana relacionados ao desmatamento e queimadas na Amazônia Legal brasileira

Alana Almeida de Souza¹, Antonio Oviedo², Tiago Moreira dos Santos²

¹ Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP

² Instituto Socioambiental, São Paulo, SP

Introdução

Muito se tem noticiado sobre os efeitos do aumento do desmatamento na Amazônia para o meio ambiente e economia, mas não podemos esquecer outros efeitos indiretos que incluem a saúde da população. Com o aumento do desmatamento, espera-se um aumento das queimadas e consequente piora na qualidade do ar e na saúde da população. Agrava o atual cenário o fato de parte da biomassa derrubada em 2019 não ter sido queimada naquele ano (Alencar et al., 2020). Além disso, a temperatura do Oceano Atlântico em 2020 encontra-se acima da média histórica, o que tende a causar secas no sudoeste da Amazônia, principalmente no estado do Acre e regiões adjacentes (Aragão et al., 2020). Ou seja, há muito material combustível (biomassa derrubada), condições climáticas (início do período seco) e um cenário de impunidade quanto à infrações ambientais que geram uma expectativa de temporada de fogo intensa em 2020 caso não sejam tomadas medidas de comando e controle adequadas (Alencar et al., 2020; Greenpeace, 2020).

Sabendo que o desmatamento é responsável por mais de 80% das ocorrências de queimadas em áreas recém-desmatadas (Aragão et al., 2008) e que essas queimadas explicam 80% do aumento do material particulado na atmosfera (Reddington et al., 2015), o aumento das detecções de desmatamento na Amazônia Legal em plena pandemia da covid-19 é fato extremamente preocupante.

Tal como acontece todos os anos, é esperado um aumento no número de queimadas entre os meses de agosto e outubro na maior parte da Amazônia. A fumaça das queimadas é formada, dentre outros compostos, de material particulado fino, com diâmetro menor de 2,5 micrômetros (PM2.5). As partículas de material particulado fino são facilmente inaláveis e penetram profundamente no trato respiratório, atingindo alvéolos pulmonares e bronquíolos (SISAM, 2020). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a PM2.5 provoca amplos efeitos deletérios à saúde da população, mas, predominantemente, afeta o sistema respiratório e cardiovascular. Toda a população é vulnerável, mas a suscetibilidade aos efeitos da PM2.5 normalmente relaciona-se com a idade e o grau de exposição. Embora haja poucas evidências de que exista um limiar seguro abaixo do qual não há efeitos adversos da exposição a PM2.5 na saúde da população, a OMS estabeleceu uma média anual de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ como um nível seguro para a saúde humana.

Neste contexto, o presente estudo investiga a relação entre desmatamento, queimadas e saúde da população indígena na Amazônia Legal brasileira, especificamente, quanto à ocorrência de problemas respiratórios associados à exposição de curto e longo prazo ao material particulado (PM2.5). A metodologia pautou-se em análises de geoprocessamento e estatística, cujo enfoque espacial permitiu identificar os vínculos entre os fenômenos. Dentre os resultados obtidos, o estudo apresenta um mapeamento de regiões críticas as quais merecem atenção por parte de pesquisadores e tomadores de decisão.

Método

Embora as relações entre desmatamento, fogo, concentração de PM2.5 e saúde indígena sejam complexas, buscamos avaliar as tendências nas interações de indígenas por problemas respiratórios no longo e curto prazo. No presente estudo, a análise de longo prazo considerou a série histórica anual de 2010 a 2019. A análise de curto prazo considerou a variação mensal das variáveis ambientais e de saúde no ano de 2019.

Os dados de concentração de PM2.5 nos municípios amazônicos foram obtidos do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM). Neste sistema, os dados de PM2.5 são estimados a partir do modelo CAMS-Nrealtime e são fornecidos em periodicidade diária, em dois horários - 0h e 12h. Foram considerados todos os municípios cujos centróides encontram-se dentro dos limites da Amazônia Legal brasileira,

totalizando 760 municípios. No aspecto temporal, os dados de PM 2.5 foram agregados em médias mensais e anuais.

Os dados de saúde referentes a internações por doenças respiratórias foram obtidos a partir do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS). As morbidades avaliadas foram: asma, pneumonia, influenza, bronquite aguda, bronquiolite aguda e outras infecções agudas das vias aéreas superiores. As informações sobre o número de hospitalizações de indígenas por estas morbidades por mês do atendimento e local de residência foram obtidas para as faixas etárias de 0 a 4 anos e de 50 anos ou mais. As internações foram selecionadas com base na residência do paciente e não no hospital do atendimento para garantir uma melhor representação da exposição da população às concentrações de PM2.5. As taxas de internações mensais por mil habitantes foram analisadas em ambas faixas etárias.

Para obtenção de dados populacionais, foram utilizadas informações do Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena (SIASI), que computa indígenas atendidos pela Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI) vivendo em terras indígenas em diferentes etapas da demarcação administrativa oficial e/ou em áreas rurais. Embora estes dados não contemplem os indígenas vivendo nas cidades, estima-se que ele contabilize pelo menos 74% do total de indígenas na Amazônia (IBGE, 2010), e, portanto, foram considerados uma amostra representativa dos indígenas da região. Segundo os dados do SIASI/SESAI, a população indígena na Amazônia Legal brasileira em 2019 é de 464.000 pessoas, das quais 69.798 estão da faixa etária de 0-4 anos e 45.132 têm 50 anos ou mais.

Os dados demográficos, originalmente sincretizados por aldeias, foram analisados e agrupados por município. Estes dados dizem respeito a 221 municípios da Amazônia Legal, dentre os quais 94% possuem terras indígenas incidentes. As informações do SIASI/SESAI foram obtidas via lei de acesso à informação em janeiro de 2020. Assumiu-se, para efeito de análise, que os casos cadastrados como grupo étnico indígena no SIH/SUS correspondem às hospitalizações de indígenas provenientes do subsistema de atenção à saúde indígena (SASI/SUS).

Dados sobre a área desmatada (km²) e número de focos de calor por município foram obtidos a partir do PRODES/INPE e BD Queimadas/INPE, respectivamente. As variáveis ambientais referentes ao ano de 2019 (desmatamento, focos de calor e concentração de

PM2.5) foram espacializadas em um banco de dados geográfico e submetidas a uma análise espacial de agrupamento (cluster) para identificação dos municípios com características estatisticamente semelhantes e possíveis municípios discrepantes (outliers). O resultado desta análise pode classificar os municípios em:

- HH: alta-alta (agrupamento de valores altos e próximos);
- LL: baixa-baixa (agrupamento de valores baixos e próximos);
- HL: alta-baixa (outlier de valores altos que não se agrupam, pois se encontram em meio a valores baixos);
- LH: baixa-alta (outlier de valores baixos que não se agrupam, pois se encontram em meio a valores altos);
- Não significativo: não se enquadram nos agrupamentos, pois apresentam níveis variados assim como os valores dos vizinhos.

Para 2019, os dados mensais de PM2.5, focos de calor e internações também foram avaliados agrupando-os em nível Amazônico e para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará. Em nível estadual, foi realizada a análise de relação entre as variáveis ambientais e de saúde considerando a direção e magnitude das associações entre as variáveis por meio de uma matriz de correlação de Pearson. Em seguida, utilizou-se a análise de regressão linear para a avaliação das variáveis que apresentaram correlação significativa. Os níveis de significância adotados foram de 5%.

Resultados e Discussão

A análise da série histórica de 2010 a 2019 demonstra a forte correlação entre o número de focos de calor e a concentração média de PM2.5 referentes aos meses de agosto a outubro (coeficiente de correlação de Pearson = 0,91), indicando as queimadas deste período como a principal fonte de PM2.5 na Amazônia (Figura 1). Também é evidente o pico no número de focos de calor e PM2.5 no ano de 2010, quando ocorreu um evento extremo de seca da Amazônia associado à alta taxa de desmatamento no período (7.000 km²). Ao final da série histórica, no ano de 2019, observa-se uma queda na PM2.5 apesar da alta no número de focos de calor e do aumento do desmatamento (10.129 km²) (Figura 1).

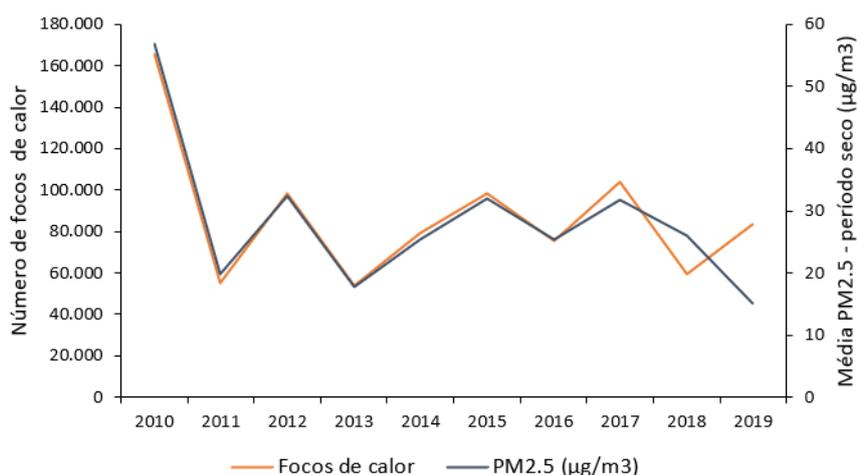


Figura 1. Série histórica (2010-2019): Somatório do número de focos de calor e concentração média de PM2.5 referentes aos meses de agosto, setembro e outubro de cada ano.

Para compreender o contexto desta aparente contradição na relação entre focos de calor e PM2.5 no ano de 2019, é preciso relembrar o “dia do fogo”, ocorrido no dia 10 de agosto, que desencadeou ações de fiscalização apoiadas pelas Forças Armadas (Decreto 9.985/19, de 23 de agosto) e a proibição de queimadas no território nacional por 60 dias (Decreto 9.992/19, de 28 de agosto). Essas ações podem ter contribuído para diminuição do número de focos de calor no mês de outubro, quando o número de focos de calor atingiu o menor nível desde 1998. Como consequência, houve uma diminuição significativa na média da PM2.5 no período considerado (ago/set/out). Deve-se ponderar, contudo, que não foram tomadas medidas de controle efetivas para evitar as altas taxas de desmatamento naquele ano. Em 2020, o mesmo cenário se repete: ausência de medidas eficazes de controle do desmatamento e adoção de ações para combate de queimadas. Desta vez, o decreto publicado em 16 de julho de 2020 (Decreto 10.424) proíbe queimadas em todo o Brasil por 120 dias.

Interessante notar que a taxa de internação em 2019 foi a mais alta da série histórica para a população indígena maior que 49 anos e a segunda maior alta nas internações da população indígena em idade inferior a 5 anos (Figura 2). É muito provável que a exposição aguda às altas concentrações de PM2.5 associadas ao “dia do fogo” expliquem tal alta no número de internações deste ano em relação aos demais da série histórica.

As internações por problemas respiratórios de indígenas maiores de 49 anos no período seco (agosto a outubro) apresentaram uma média de $1,32 \pm 0,31$ por mil habitantes no período de 2010 a 2019. As internações de indígenas com idade inferior a 5 anos apresentaram média de $5,54 \pm 1,34$ por mil habitantes para o mesmo período. A Figura 2

apresenta gráficos da série histórica da taxa de desmatamento e das interações/ mil indígenas em ambas faixas etárias, enquanto a Tabela 1 sintetiza as informações de desmatamento anual, focos de calor e interações no período seco em ambas faixas etárias.

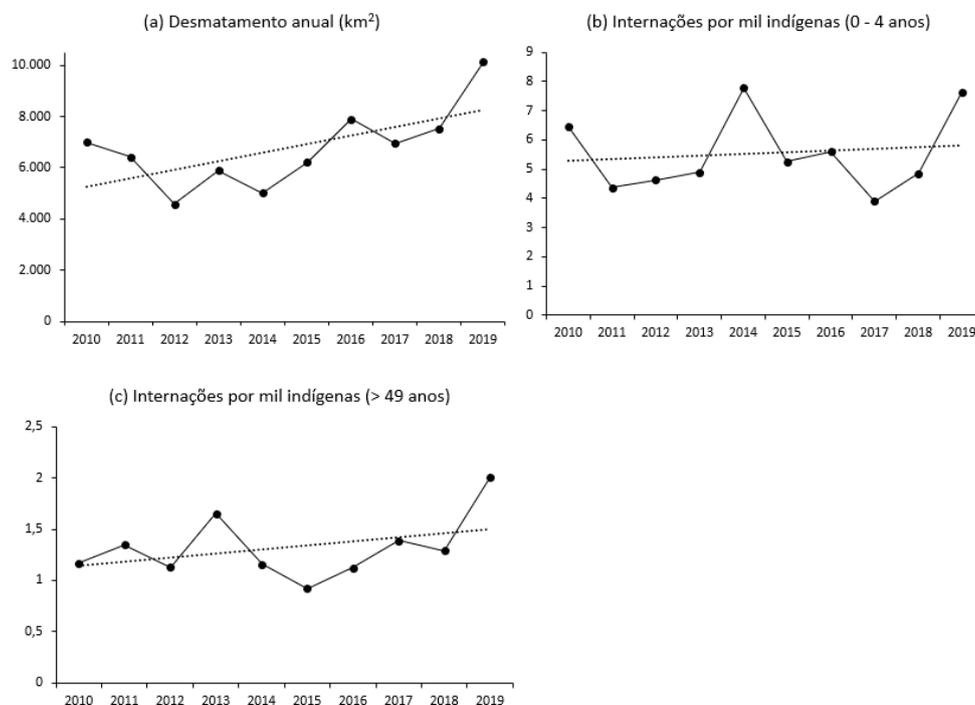


Figura 2. Taxa de desmatamento anual (a); Interações por mil indígenas na faixa etária de 0-4 anos (b) e em maiores de 49 anos (c).

Tabela 1. Série histórica da taxa de desmatamento anual, número de focos de calor, concentração de PM_{2.5} e interações por mil indígenas nas faixas etárias de 0-4 anos e em maiores de 49 anos. Dados de focos, PM_{2.5} e interações são referentes aos meses de agosto, setembro e outubro de cada ano. Valores absolutos do número de interações entre parênteses.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Desmatamento anual (km²)	7.000	6.418	4.571	5.891	5.012	6.207	7.893	6.947	7.536	10.129
Focos de calor	165.975	55.375	98.282	54.164	79.183	98.153	75.457	104.170	59.463	83.626
PM_{2.5} (µg/m³)	56,89	19,86	32,3	17,83	25,39	32,01	25,31	31,82	25,95	15,07
Interações 0-4 anos/mil	6,47 (462)	4,37 (312)	4,63 (334)	4,89 (354)	7,78 (558)	5,26 (373)	5,6 (397)	3,91 (288)	4,86 (358)	7,63 (533)
Interações > 49 anos/mil	1,17 (40)	1,35 (48)	1,13 (41)	1,65 (62)	1,16 (45)	0,92 (37)	1,12 (47)	1,39 (61)	1,29 (57)	2,01 (91)

Informações mais detalhadas referentes ao ano de 2019 encontram-se apresentadas a seguir. As análises de agrupamento dos dados de desmatamento anual, somatório do número de focos de calor nos meses de agosto, setembro e outubro (período seco) e concentração anual média de PM_{2.5} identificaram o(s) grupo(s) de municípios que concentram altos valores destas variáveis no ano de 2019. O resultado da análise de

agrupamento está apresentado na Figura 3, onde é possível observar que a região formada pelo sul do Amazonas, sudoeste do Pará, noroeste do Mato Grosso e norte de Rondônia concentram os municípios onde coincidem altos valores de desmatamento, queimadas e concentração média anual de PM2.5 (HHCluster).

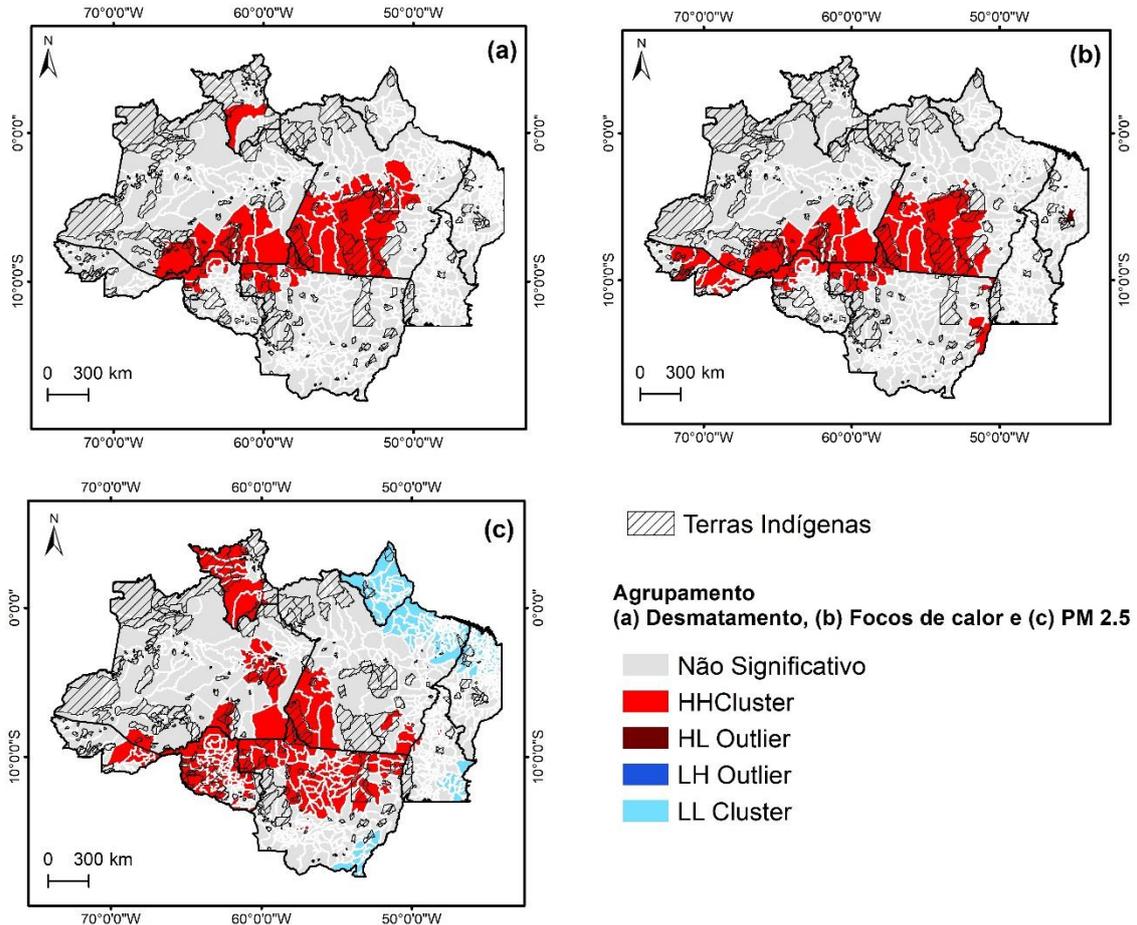


Figura 3. Resultado da análise de agrupamento com dados de desmatamento anual (a), número de focos de calor nos meses de agosto, setembro e outubro (b) e concentração média anual de PM2.5.

81% dos municípios (616) avaliados apresentaram concentração média anual de PM2.5 acima do limite considerado seguro pela OMS ($PM_{2.5} > 10 \mu g/m^3$). Os municípios com concentração de PM2.5 em conformidade com o preconizado pela OMS localizam-se no nordeste da Amazônia, incluindo a totalidade dos municípios do Amapá, e uns poucos municípios no sudeste do Tocantins e do Mato Grosso (Figura 4). As maiores concentrações de PM2.5 estão no estado de Rondônia, centro-norte do Mato Grosso, sudoeste do Pará, sudeste do Amazonas, região de Manaus e Roraima (Figura 3c e Figura 4).

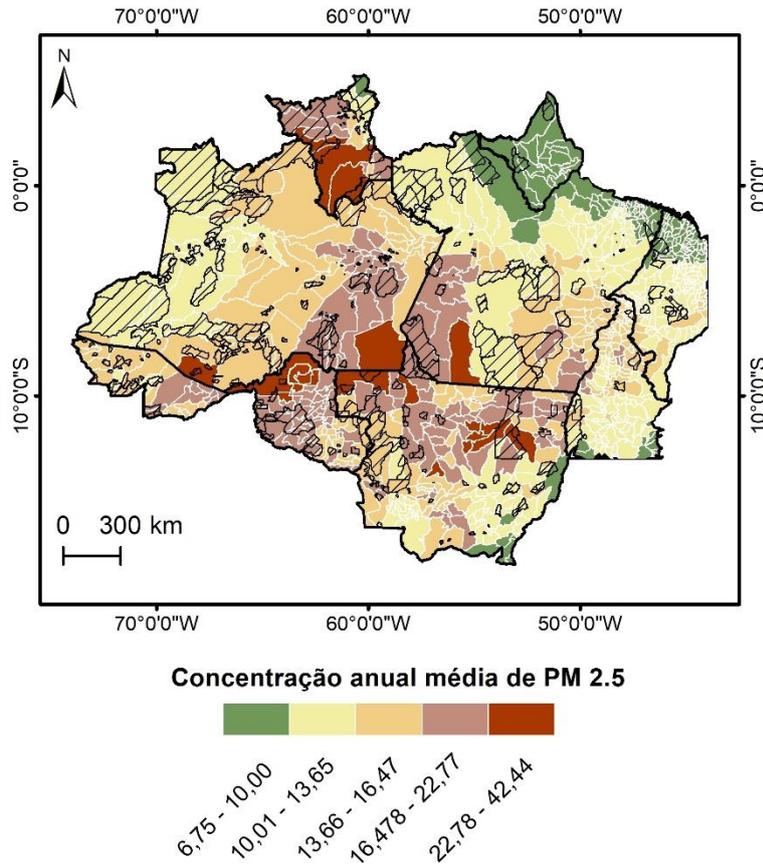


Figura 4. Concentração anual média de PM_{2.5} em µg/m³. Terras indígenas em hachurado.

A Figura 5 apresenta a variação mensal da PM_{2.5}, do número de focos de calor e da precipitação no ano de 2019 na Amazônia Legal brasileira, onde podemos observar que as maiores concentrações de PM_{2.5} coincidem com o período de maior número de queimadas (pico em agosto/setembro) e menor precipitação (período seco). No auge das queimadas (agosto) a concentração média de PM_{2.5} na Amazônia atingiu a 28µg/m³. Em nível municipal, o maior valor mensal de PM_{2.5} ocorreu em Novo Progresso/PA, que atingiu uma concentração média de 132 µg/m³ no mês de agosto e pico da concentração diária às 00h do dia 12/08 de 570 µg/m³.

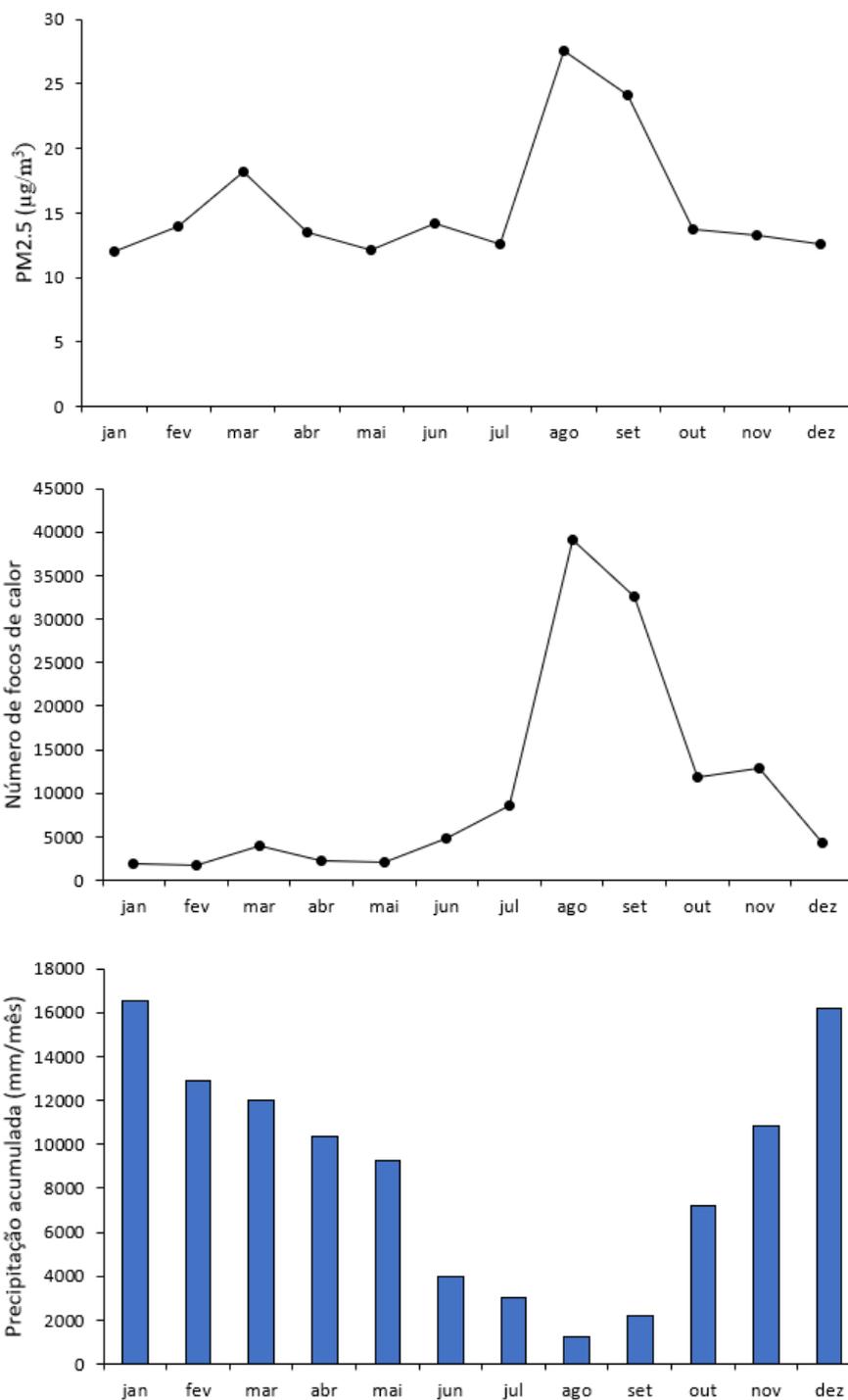


Figura 5. Concentração de PM2.5, número de focos de calor e precipitação acumulada na Amazônia Legal brasileira. Dados referentes ao ano de 2019. Dados de precipitação foram obtidos do SISAM.

Em 2019, ocorreram 2.556 internações de indígenas de 0-4 anos por problemas respiratórios, das quais 533 foram entre os meses de agosto e outubro. Na faixa etária de 50 anos ou mais, foram 384 internações, das quais 91 ocorreram entre os meses de agosto e outubro.

Para a faixa de 0-4 anos, as maiores taxas de internações no período seco (ago/set/out) ocorreram nos municípios de Jaru/RO, Vilhena/RO e Mirante da Serra/RO; oeste do Mato Grosso; leste da bacia do Xingu no Pará (Bannach/PA e Ourilândia do Norte/PA), Manaus/AM e Mucajaí/RR (Figura 6a). Entre os maiores de 49 anos, as maiores taxas de internação no período seco ocorreram predominantemente no arco do desmatamento (Figura 6b).

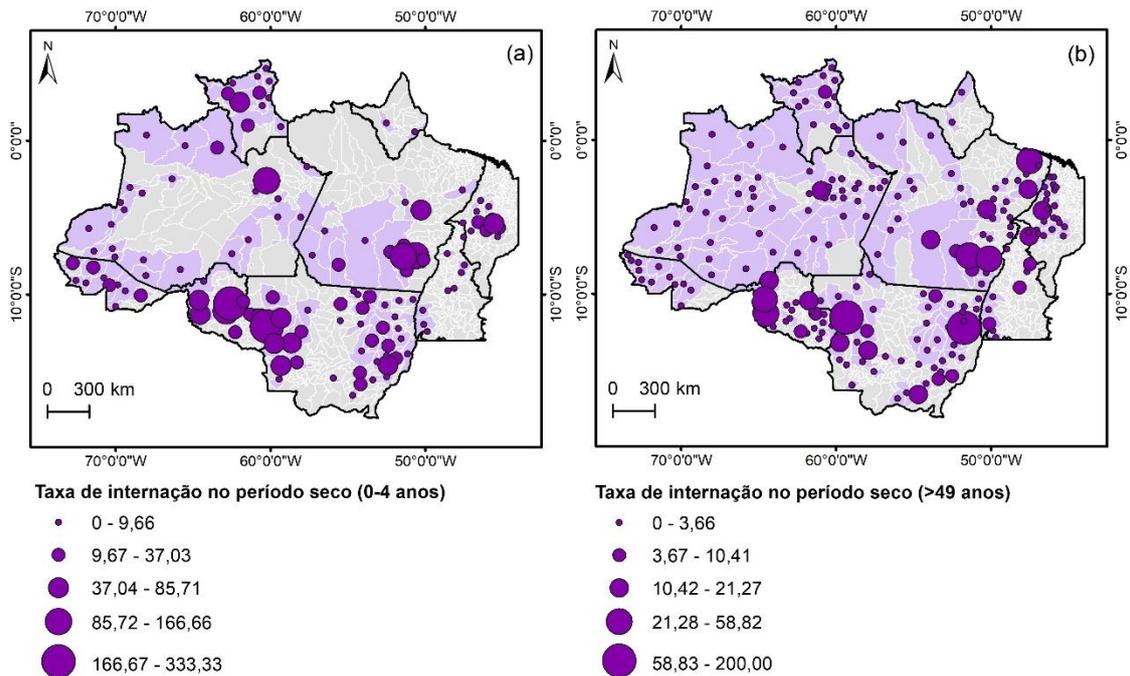


Figura 6. Taxa de internação por mil indígenas da faixa etária igual ou acima de 50 anos.

Na Figura 7 estão apresentadas as taxas mensais de internações por mil indígenas na faixa etária de 50 anos ou mais, onde observa-se que ocorreram mais internações na transição da estação chuvosa para a seca (maio e junho). Um menor número de internações ocorre no mês de julho, contudo, houve um aumento de 25% nas internações de agosto (em relação ao mês de julho), o que coincide com período do aumento no número de queimadas.

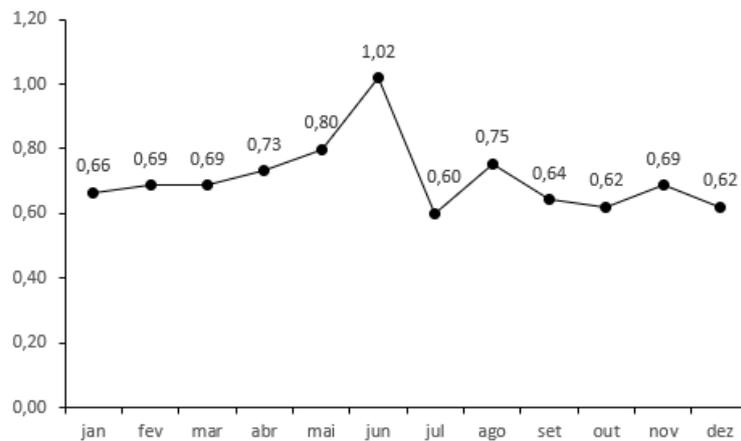


Figura 7. Taxa de internação por mil indígenas na faixa etária de 50 anos ou mais na Amazônia Legal brasileira.

Na Figura 8 estão apresentadas as taxas mensais de internações por mil indígenas na faixa etária de 0-4 anos. Assim como na faixa etária dos maiores de 49 anos, há um pico de internações no final da estação chuvosa (abril/maio), contudo, não há aumento no número de internações no período de queimadas.

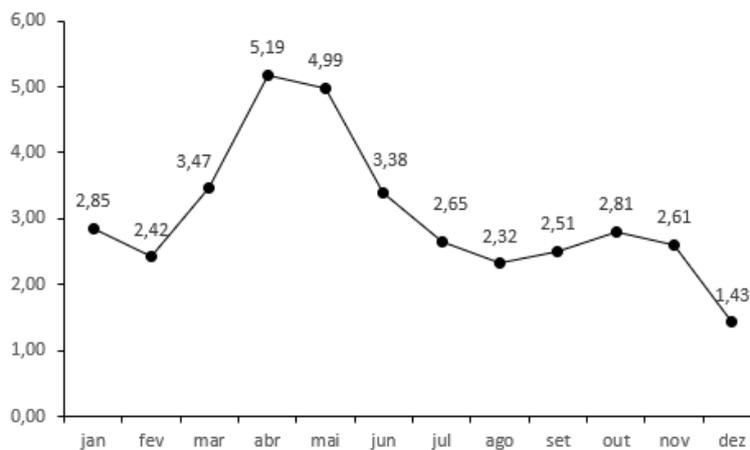


Figura 8. Taxa de internação por mil indígenas na faixa etária de 0-4 anos na Amazônia Legal brasileira.

Em nível municipal, o valor médio da taxa de internação na faixa etária de 50 anos ou mais no período seco (ago/set/out) foi de 3,65 por mil. Na Tabela 2 está apresentada a lista de municípios com internações acima da média, em ordem decrescente da taxa de internações para a faixa etária. Na Figura 9 estão representadas as localizações dos municípios que apresentaram internações acima (em vermelho) e abaixo da média (em verde) no período.

Tabela 2. Municípios com internações de indígenas acima da média para o período seco na faixa etária de 50 anos ou mais. (em ordem decrescente de internações/mil habitantes)

Município	UF	Taxa de internações no período seco por mil habitantes	Média PM2.5 no período seco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Bom Jesus do Araguaia	MT	200,00	33,27
Juína	MT	111,11	26,23
Santa Maria do Pará	PA	58,82	6,69
Guajará-Mirim	RO	45,33	34,42
Ourilândia do Norte	PA	30,77	17,07
Nova Mamoré	RO	30,77	33,89
Pau D'arco	PA	30,30	16,56
Paragominas	PA	21,28	8,96
Comodoro	MT	18,18	23,39
Manacapuru	AM	17,86	19,92
Rondonópolis	MT	17,86	13,61
Campo Novo do Parecis	MT	16,67	21,74
Novo Repartimento	PA	16,39	13,59
Ji-Paraná	RO	15,04	26,48
Bom Jesus das Selvas	MA	14,93	10,73
Altamira	PA	12,99	13,60
Tocantinópolis	TO	12,66	11,85
Porto Velho	RO	12,20	47,50
Alta Floresta D'Oeste	RO	10,42	23,40
Peixoto de Azevedo	MT	10,20	22,87
Tocantínia	TO	10,20	14,76
Cacoal	RO	8,40	23,52
Formoso do Araguaia	TO	7,14	11,32
Barra do Garças	MT	6,85	10,26
Cumaru do Norte	PA	6,76	16,71
Brasnorte	MT	6,54	24,49
Boa Vista	RR	6,17	13,49
General Carneiro	MT	5,95	15,19
São Félix do Xingu	PA	5,43	22,08
Goiatins	TO	4,37	11,67
Santa Rosa do Purus	AC	3,66	19,71

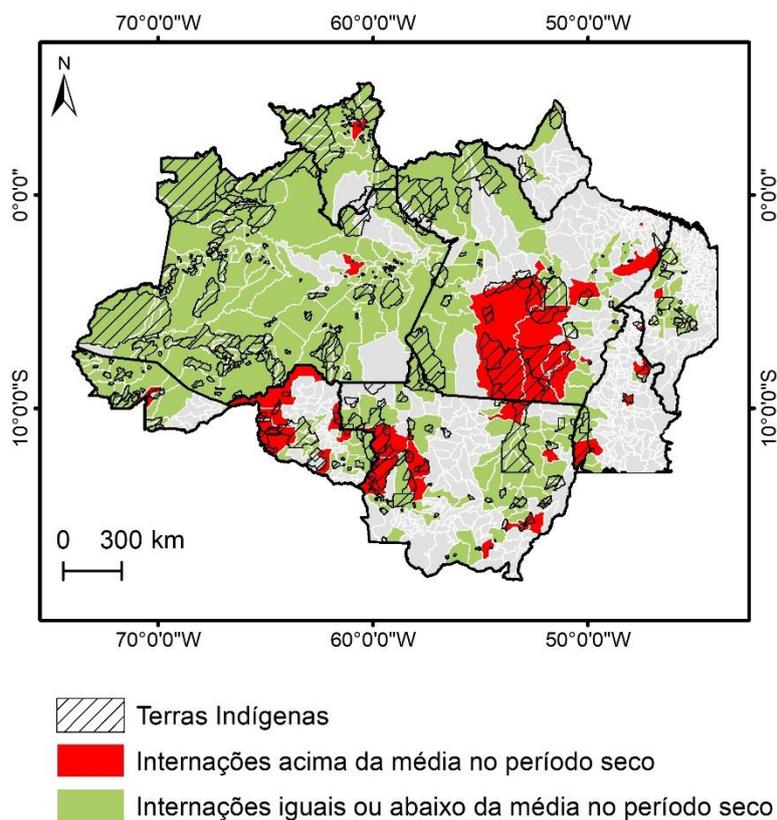


Figura 9. Municípios com taxa de internações acima (vermelho) e abaixo (verde) da média para o período seco (ago/set/out) na faixa etária igual ou acima dos 50 anos. Municípios em cinza não têm informações sobre população indígena na faixa etária considerada.

Por meio da Figura 9 podemos observar que as regiões com internações acima da média no período seco encontram-se localizadas principalmente nos municípios com Terras Indígenas na bacia do Xingu, oeste do Mato Grosso e Rondônia, além de alguns municípios localizados na transição entre os biomas Amazônia e Cerrado.

Em nível municipal, o valor médio do número de internações por mil indígenas na faixa etária de 0-4 anos nos meses de agosto, setembro e outubro foi de 19,65. Na Figura 10 estão apresentados os municípios que apresentaram internações acima (em vermelho) e abaixo da média (em verde) no período seco. As internações acima da média estão localizadas no oeste de Rondônia e Mato Grosso, Marcelândia/MT e Nova Xavantina/MT, São Félix do Xingu/PA, Bannach/PA, Novo Progresso/PA, Novo Repartimento/PA, Grajaú/MA, Jenipapo dos Vieiras/MA, Manaus/AM, Mucajaí/RR e Cruzeiro do Sul/AC. Os municípios com internações acima da média estão listados na Tabela 3.

Tabela 3. Municípios com internações de indígenas acima da média para o período seco na faixa etária de 0-4 anos (em ordem decrescente de internações/mil habitantes).

Município	UF	Número de internações no período seco por mil habitantes	Média PM2.5 no período seco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Jaru	RO	333,33	28,80
Vilhena	RO	266,67	28,24
Bannach	PA	166,67	15,20
Manaus	AM	136,99	20,65
Mirante da Serra	RO	111,11	33,55
Ourilândia do Norte	PA	103,34	17,07
Juína	MT	85,71	26,23
Conquista D'Oeste	MT	80,00	22,66
Sapezal	MT	68,97	21,41
Mucajá	RR	64,94	13,58
Jenipapo dos Vieiras	MA	58,38	10,90
Comodoro	MT	55,56	23,39
Guajará-Mirim	RO	53,37	34,42
Nova Xavantina	MT	47,62	20,70
Novo Repartimento	PA	47,39	13,59
Nova Mamoré	RO	41,32	33,89
Novo Progresso	PA	37,04	61,82
Brasnorte	MT	35,71	24,49
Tangará da Serra	MT	31,58	21,71
Tucumã	PA	31,25	17,07
Aripuanã	MT	31,25	36,29
São Félix do Xingu	PA	29,85	22,08
Marcelândia	MT	28,99	32,07
Cruzeiro do Sul	AC	28,85	19,70
Espigão D'oeste	RO	25,48	25,33
Grajaú	MA	25,21	11,64
Alta Floresta D'Oeste	RO	20,00	23,40

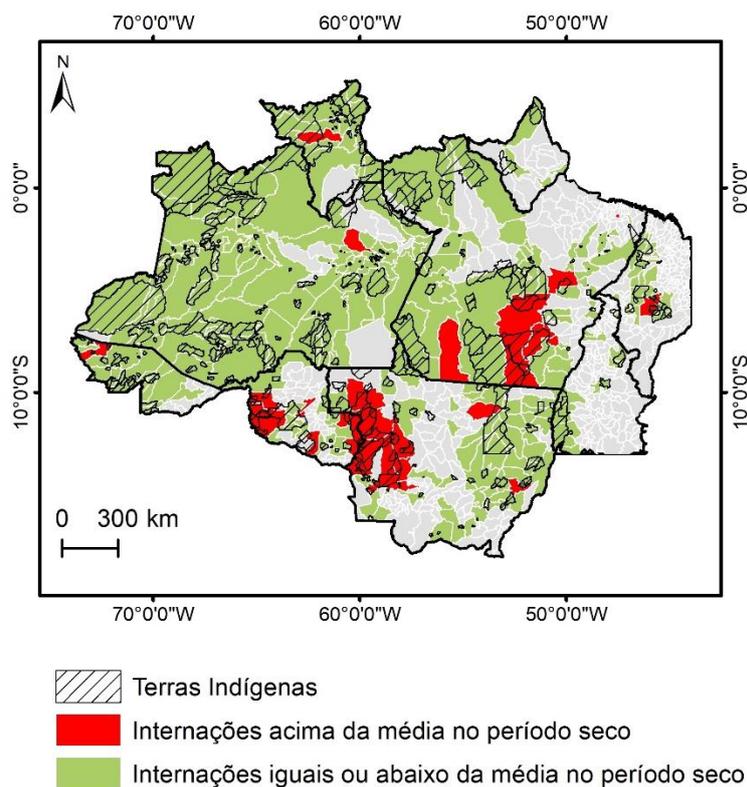


Figura 10. Municípios com número de internações acima (vermelho) e abaixo (verde) da média para o período seco (ago/set/out) na faixa etária de 0-4 anos. Municípios em cinza não têm informações sobre população indígena na faixa etária considerada.

A seguir apresentam-se os resultados da análise com os dados agregados para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará.

Rondônia apresentou uma forte correlação entre os dados mensais de focos de calor e concentração de PM_{2.5} (coeficiente de correlação de Pearson = 0,94), e deste com a taxa de internações por problemas respiratórios de indígenas com idade superior a 49 anos (coeficiente de correlação de Pearson = 0,82) (Tabela 4). A concentração de PM_{2.5} explicou 67,61% das internações de indígenas nesta faixa etária (Figura 11). Na Figura 12 estão apresentados os dados mensais de focos de calor, PM_{2.5} e internações no estado de Rondônia.

Tabela 4. Correlação entre variáveis de saúde e ambientais no estado de Rondônia.

	PM2.5	Focos de calor	Internações (0-4 anos)	Internações (> 49 anos)
PM2.5	1,00			
Focos de calor	0,94	1,00		
Internações (0-4 anos)	-0,33	-0,35	1,00	
Internações (> 49 anos)	0,82	0,69	-0,38	1,00

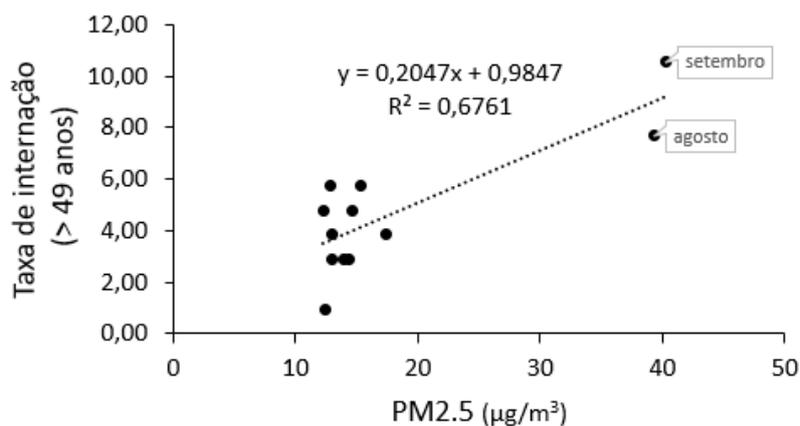


Figura 11. Relação entre concentração de PM2.5 e taxa de internação da população indígena com idade superior a 49 anos no estado de Rondônia.

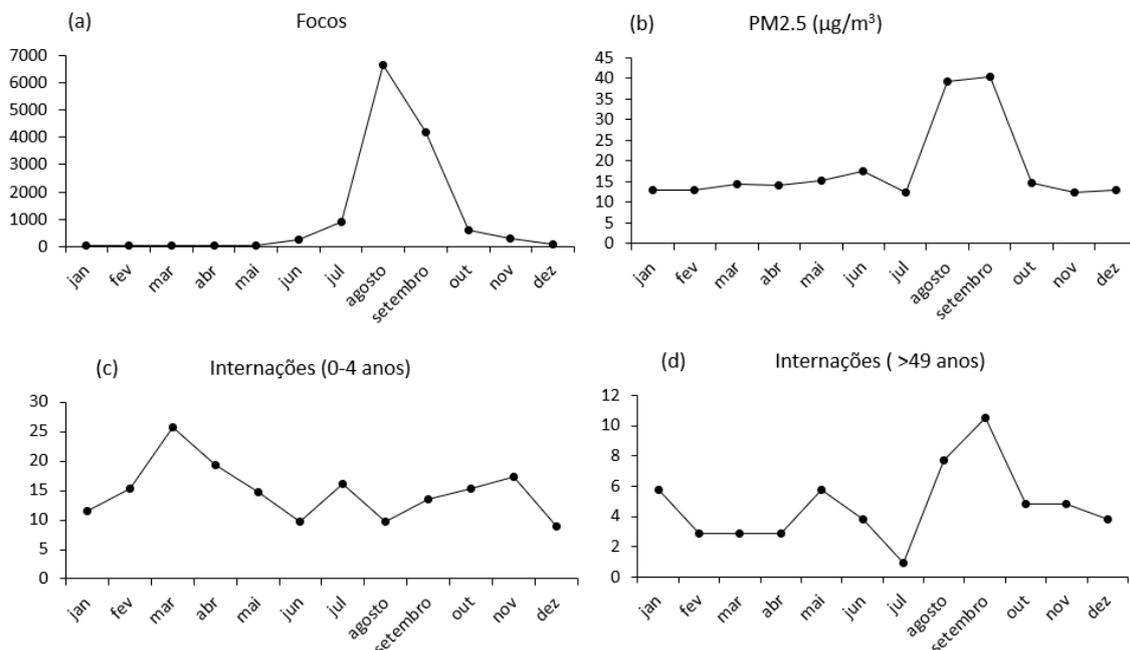


Figura 12. Variação mensal do número de focos de calor (a), concentração de PM2.5 (b) e taxa de internação por mil habitantes nas faixas etárias de 0-4 anos (c) e de 50 anos ou mais (d) no estado de Rondônia.

No estado do Mato Grosso, o pico do número de focos de calor e concentração de PM2.5 ocorreu no mês de setembro e houve uma forte correlação entre essas variáveis (coeficiente de correlação de Pearson = 0,84) (Figura 13 e Tabela 5). Embora a tendência da taxa de internações para a faixa etária de 50 anos ou mais seja aumentar a partir do mês de julho, não houve coincidência entre o pico de material particulado e o pico de internações. A variação observada na taxa de internações no período das queimadas pode ter relação com a variabilidade diária e intra-municipal da concentração de PM2.5 no estado. De qualquer forma, a taxa média de internações para esta faixa etária entre os meses de agosto, setembro e outubro (período seco) no estado foi de 1,55, enquanto nos três meses anteriores essa taxa foi de 1,16 (aumento de 33,62% no período seco em relação aos três meses anteriores). Não foi constatada evidente relação entre os dados mensais da taxa de internação para a faixa etária de 0-4 anos e a concentração mensal de PM2.5.

Tabela 5. Correlação entre variáveis de saúde e ambientais no estado do Mato Grosso.

	PM2.5	Focos	Internações (0-4 anos)	Internações (> 49 anos)
PM2.5	1,00			
Focos	0,84	1,00		
Internações (0-4 anos)	-0,07	-0,38	1,00	
Internações (> 49 anos)	-0,37	-0,04	-0,30	1,00

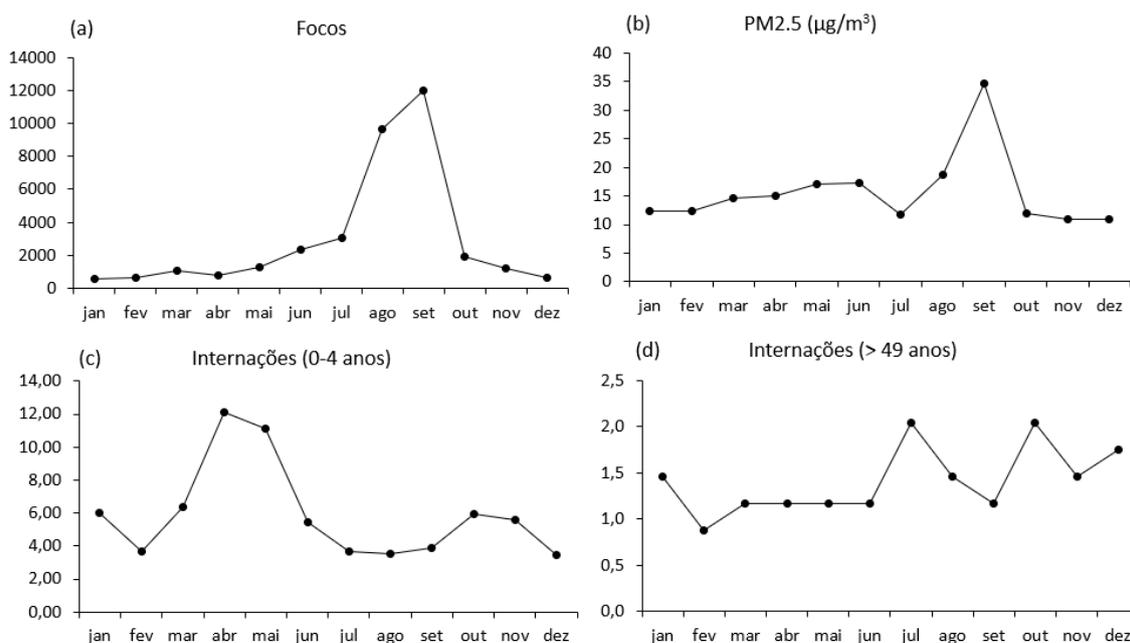


Figura 13. Variação mensal do número de focos de calor (a), concentração de PM2.5 (b) e taxa de internação por mil habitantes nas faixas etárias de 0-4 anos (c) e de 50 anos ou mais (d) no estado do Mato Grosso.

No estado do Pará não houve correlação significativa entre o número de focos de calor e concentração de PM2.5. Também não houve correlação significativa entre a concentração de PM2.5 e internações em ambas faixas etárias (Tabela 6 e Figura 14). Assim como para o estado do Mato Grosso, no Pará, a fraca correlação entre as variáveis ambientais e de saúde pode estar relacionada com a grande variabilidade intra-municipal dos dados de desmatamento, focos de calor e PM2.5.

Tabela 6. Correlação entre variáveis de saúde e ambientais no estado do Pará.

	PM2.5	Focos	Internações (0-4 anos)	Internações (> 49 anos)
PM2.5	1,00			
Focos	-0,09	1,00		
Internações (0-4 anos)	-0,11	-0,35	1,00	
Internações (> 49 anos)	0,15	0,07	0,22	1,00

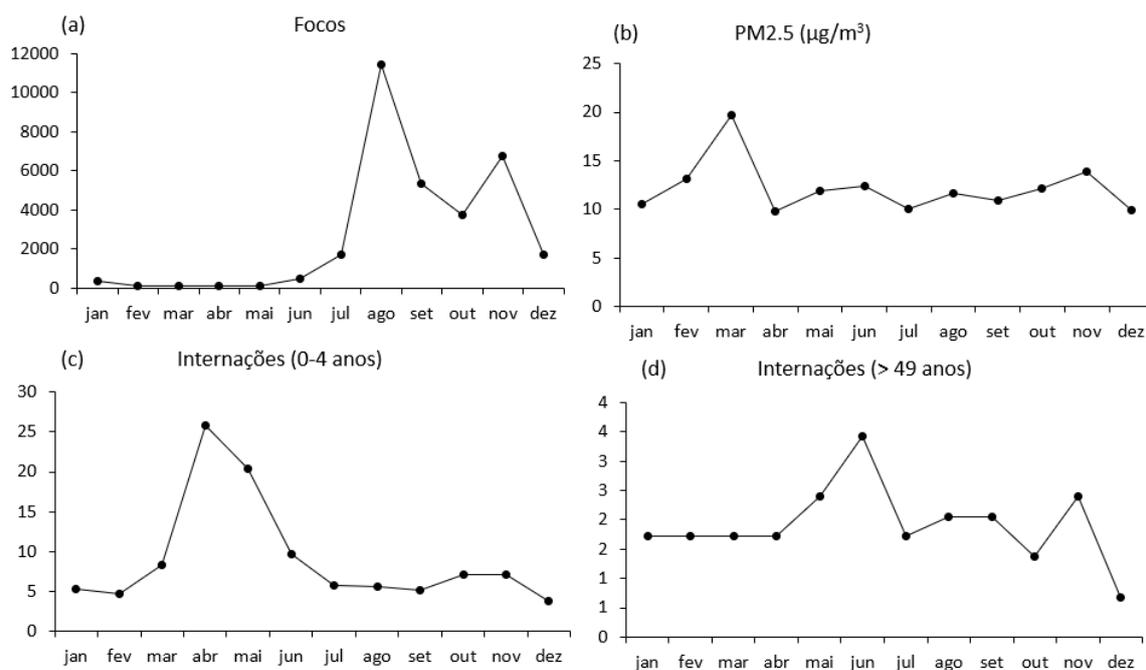


Figura 14. Variação mensal do número de focos de calor (a), concentração de PM2.5 (b) e taxa de internação por mil habitantes nas faixas etárias de 0-4 anos (c) e de 50 anos ou mais (d) no estado do Pará.

Conclusão

O presente estudo demonstrou as relações entre desmatamento, queimadas e saúde da população indígena na Amazônia Legal brasileira. A mata desmatada tende a ser queimada por ação antrópica principalmente entre os meses de agosto e outubro na maior parte da Amazônia (período seco). Com as queimadas, há um aumento na concentração

de PM2.5 na atmosfera, o que resulta em aumento das internações por problemas respiratórios na região. Que seja do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que analisa os impactos das queimadas especificamente sobre a saúde da população indígena.

Considerando a série histórica de 2010 a 2019, as internações por problemas respiratórios de indígenas maiores de 49 anos no período seco (agosto a outubro) apresentaram uma média de $1,32 \pm 0,31$ por mil habitantes, enquanto as internações de indígenas com idade inferior a 5 anos apresentaram média de $5,54 \pm 1,34$ por mil habitantes para o mesmo período. A taxa de internação em 2019 foi a mais alta da série histórica para a população indígena maior que 49 anos e a segunda maior alta nas internações da população indígena em idade inferior a 5 anos.

Ainda que os dados de saúde disponíveis no Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) estejam agregados em periodicidade mensal, o que não permite avaliar a influência da variação diária da concentração de PM2.5 no número de internações, e que não tenha sido possível ponderar a acessibilidade das populações indígenas aos serviços de saúde, foi possível avaliar a relação entre desmatamento, fogo e saúde indígena em diferentes níveis de agregação espacial.

Para o ano de 2019, em nível Amazônico, a alta concentração de PM2.5 no período das queimadas coincidiu com um aumento de 25% nas internações por problemas respiratórios na população indígena de 50 anos ou mais (comparativo de agosto em relação a julho). Em Rondônia, a concentração de PM2.5 explicou 67,61% das internações de indígenas por problemas respiratórios nesta faixa etária. No Mato Grosso, observou-se um aumento de 33,62% nas internações de indígenas maiores de 49 anos no período das queimadas em relação aos três meses anteriores. No Pará, a correlação entre o número de focos de calor e a concentração de PM2.5 foi fraca, o que pode estar relacionado com a alta variabilidade intra-municipal dos dados ambientais e, consequentemente, de saúde.

Em 2019, 81% dos municípios (616) da Amazônia Legal brasileira apresentaram concentração de PM2.5 acima do limite considerado seguro pela OMS ($PM_{2.5} > 10 \mu g/m^3$). As maiores concentrações de PM2.5 estão no estado de Rondônia, centro-norte do Mato Grosso, sudoeste do Pará, sudeste do Amazonas, região de Manaus e Roraima. A região formada pelo sul do Amazonas, sudoeste do Pará, noroeste do Mato Grosso e

norte de Rondônia concentram os municípios onde coincidem altos valores de desmatamento, queimadas (ago/set/out) e concentração média anual de PM2.5. Rondônia, Pará e Mato Grosso também se destacam pela quantidade de municípios com interações acima da média para o período seco em ambas faixas etárias analisadas.

Importante destacar que os efeitos adversos da concentração de PM2.5 ocorrem tanto no curto quanto no longo prazo. Assim, além de medidas para diminuir a média anual da PM2.5 ao nível recomendado pela OMS, é preciso evitar picos na concentração de PM2.5 em 24h. No caso específico da Amazônia, o cumprimento das metas recomendadas pela OMS necessariamente devem estar associadas às ações de fiscalização e punição dos desmatamentos e das queimadas ilegais. Além disso, é preciso ampliar o acesso e a infraestrutura dos serviços de atenção à saúde e assistência social indígena, em especial nos municípios críticos identificados.

Referências bibliográficas

Alencar, A., Moutinho, P., Arruda, V., e Silvério, D. Amazônia em chamas - O fogo e o desmatamento em 2019 e o que vem em 2020: nota técnica nº 3. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2020. Disponível em:

<https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-3-o-fogo-e-o-desmatamento-em-2019-e-o-que-vem-em-2020>.

Aragão, L.E.O.C., Malhi, Y., Barbier, N., Lima, A.A., Shimabukuro, Y., Anderson, L., Saatchi, S., 2008. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 363, 1779–85. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0026>

Aragão, L.E.O.C; Silva Junior, C.H.L.; Anderson, L.O. O desafio do Brasil para conter o desmatamento e as queimadas na Amazônia durante a pandemia por covid-19 em 2020. Nota técnica. São José dos Campos – SP. Maio de 2020.

Greenpeace, 2020. <<https://www.greenpeace.org/brasil/florestas/dia-do-fogo-completa-um-ano-com-legado-de-impunidade/>>. Acesso em: 11/08/2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Terrabrasilis. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>.

Organização Mundial da Saúde. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Disponível em: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications>. Acesso: julho/2020.

Reddington, C.L., Butt, E.W., Ridley, D.A., Artaxo, P., Morgan, W.T., Coe, H., Spracklen, D. V., 2015. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. *Nat. Geosci.* 8, 768–771.
<https://doi.org/10.1038/ngeo2535>

Sistema de Informações Ambientais Integrado a Saúde – SISAM. Disponível em: <
<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v2/>>