

Efeitos das emissões de cana de açúcar sobre as vias respiratórias

The effects of sugarcane emissions on the respiratory tract

Efectos de las emisiones de caña de azúcar en las vías respiratorias

DOI:10.34119/bjhrv7n2-239

Originals received: 03/01/2024

Acceptance for publication: 03/22/2024

Ingridy Maria Oliveira Ferreira

Graduanda em Medicina

Instituição: Centro Universitário de Brasília (CEUB)

Endereço: SEPN 707/907, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70790-075

E-mail: ingridy.ferreira@sempreceub.com

Aline Belle Moraes Gonçalves

Graduanda em Medicina

Instituição: Centro Universitário de Brasília (CEUB)

Endereço: SEPN 707/907, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70790-075

E-mail: alinebellemoraes@gmail.com

Julia de Miranda Haick

Graduanda em Medicina

Instituição: Centro Universitário de Brasília (CEUB)

Endereço: SEPN 707/907, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70790-075

E-mail: julia.haick@sempreceub.com

Mariana Abreu Accioly

Graduanda em Medicina

Instituição: Centro Universitário de Brasília (CEUB)

Endereço: SEPN 707/907, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70790-075

E-mail: mariana.accioly@sempreceub.com

Halana de Mendonça Bezerra

Graduanda em Medicina

Instituição: Centro Universitário de Brasília (CEUB)

Endereço: SEPN 707/907, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70790-075

E-mail: halana.bezerra@sempreceub.com

Melina Fernandes Castro

Graduanda em Medicina

Instituição: Centro Universitário de Brasília (CEUB)

Endereço: SEPN 707/907, Asa Norte, Brasília - DF, CEP: 70790-075

E-mail: melina.castro@sempreceub.com

Gabriel Gonçalves de Oliveira Junqueira

Graduando em Medicina

Instituição: Centro Universitário UniEuro (UNIEURO)

Endereço: St. de Clubes Esportivos Sul Núcleo de Prática Jurídica Assistência à Comunidade,
Asa Sul, Brasília - DF, CEP: 70200-001
E-mail: gabrielojunqueira@gmail.com

Carmen Livia Faria da Silva Martins

Especialista em Pneumologia Pediátrica

Instituição: Hospital da Criança de Brasília José Alencar

Endereço: SAIN, Setor de Áreas Isoladas Norte, Lote 4B, Asa Norte – DF, CEP: 70.071-900
E-mail: carmenfsmartins@gmail.com

RESUMO

A utilização da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, do etanol como meio combustível é visto por muitos críticos como “ecologicamente correto”. No entanto, a queima dessa biomassa traz diversas conseqüências tanto para o meio ambiente quanto para os seres vivos, incluindo a poluição da água e da vegetação, o arrefecimento da diversidade biológica, a contaminação de ecossistemas vizinhos, as condições de trabalho degradantes dos camponeses, sendo eles expostos a riscos físicos, químicos e biológicos principalmente que acometem também a população próxima. Nesse sentido, são vistos vários efeitos prejudiciais ao sistema respiratório, os quais esse artigo busca abordar, como os quadros de inflamação e fibrose pulmonar com o objetivo de apontar o mito da energia limpa do agrocombustível e de estimular a pesquisa de formas realmente sustentáveis de energia.

Palavras-chave: sugarcane, airway, respiratory diseases.

ABSTRACT

The use of sugarcane and, consequently, ethanol as a fuel medium is seen by many critics as "ecologically correct". However, the burning of this biomass has several consequences both for the environment and for living beings, including the pollution of water and vegetation, the cooling of biological diversity, the contamination of neighboring ecosystems, the degrading working conditions of peasants, which are exposed to physical, chemical and biological risks, mainly affecting the nearby population. In this sense, several harmful effects are seen on the respiratory system, which this article seeks to address, such as inflammation and pulmonary fibrosis in order to point out the myth of clean energy from agrofuel and to stimulate research into truly sustainable forms of energy .

Keywords: sugarcane, airway, respiratory diseases.

RESUMEN

El uso de la caña de azúcar, y por lo tanto del etanol como combustible, es visto por muchos críticos como ‘ambientalmente racional’. Sin embargo, la quema de esta biomasa tiene varias consecuencias tanto para el medio ambiente como para los seres vivos, entre ellas la contaminación del agua y la vegetación, el enfriamiento de la diversidad biológica, la contaminación de los ecosistemas vecinos y las condiciones de trabajo degradantes de los campesinos, que están expuestos a riesgos físicos, químicos y biológicos, que afectan principalmente a la población circundante. En este sentido, se observan varios efectos nocivos sobre el aparato respiratorio, que este artículo busca abordar, como los síntomas de la inflamación y la fibrosis pulmonar, con el objetivo de señalar el mito de la energía limpia a

partir de agrocombustibles y de estimular la investigación en formas de energía verdaderamente sustentables.

Palabras clave: caña de açúcar, vias respiratorias, enfermidades respiratorias.

1 INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é um dos produtos agrícolas mais cultivados na Ásia e na América Latina. No Brasil, devido à crise do petróleo na década de 70, a manufatura do álcool aumentou exponencialmente substituindo os combustíveis fósseis como meio de queima e de explosão nos automóveis. Essa nova conjuntura estimulou o crescimento das regiões do estado de São Paulo, do Nordeste, do Paraná, do Mato Grosso do Sul e do Goiás mudando não só o meio de trabalho, mas também o estilo de vida dos habitantes dessas localidades.¹

No processo de coleta manual da cana-de-açúcar realiza-se a queima da palha para torná-la quebradiça, maximizar a fase de corte, diminuir a quantidade de água, aumentar o concentração de açúcar e extinguir animais venenosos, entretanto, essa estratégia também promove a emissão de uma elevada quantidade de poluentes capazes de causar vários efeitos adversos à saúde da população próxima dos canaviais e mormente dos trabalhadores. Com base nisso, criou-se a lei estadual 11.241/2002 aprovada em São Paulo (SP) que proíbe a queima da cana-de-açúcar, no entanto, o corte manual ainda é realizado em diversos territórios nacionais e internacionais mesmo com as repercussões nocivas comprovadas.¹

Estudos foram feitos avaliando a situação de trabalho e foi constatado que durante a colheita manual da cana-de-açúcar os trabalhadores rurais ficam expostos à riscos físicos, riscos químicos e riscos biológicos. Os físicos incluem radiação solar, chuvas, elevadas temperaturas e ruídos provenientes dos veículos. Entre os químicos destacam-se os resíduos de pesticidas, os gases e os materiais particulados da cana-de-açúcar. Já entre os biológicos estão o contato com animais peçonhentos, riscos de acidentes, sobrecarga física e os mais perigosos os efeitos maléficos ao sistema respiratório.¹

São diversas as repercussões das emissões da cana de açúcar as vias aéreas respiratórias superiores e inferiores destacando-se sintomas respiratórios, diminuição da função pulmonar, arrefecimento do volume expiratório forçado no primeiro segundo, maior risco de inflamação nasal com produção aumentada de citocinas pró-inflamatórias, fibrose, câncer de cavidade oral, faringe e pulmão, tuberculose e exacerbação de doenças respiratórias crônicas.

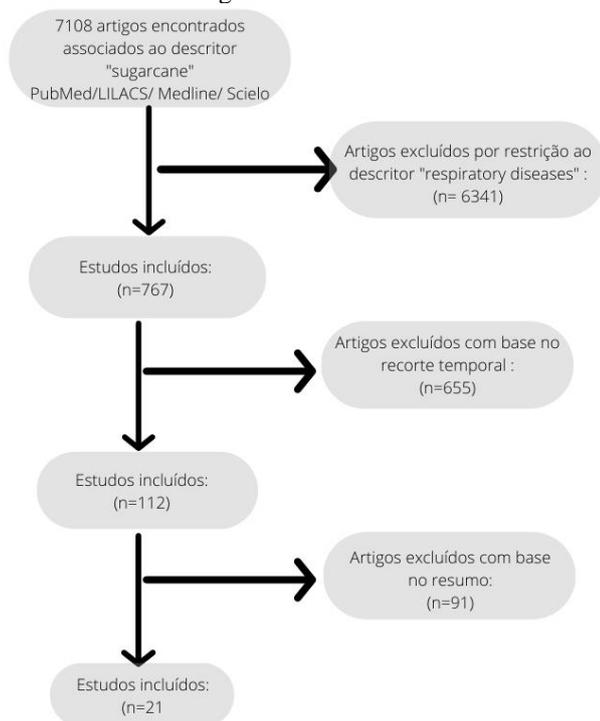
A partir disso, o objetivo dessa revisão bibliográfica é abordar as repercussões na via respiratória decorrentes do contato dos trabalhadores rurais e da população com emissões da

cana de açúcar para, dessa forma, evitar o uso da biomassa como meio de combustível e estimular o estudo de outros meios.

2 METODOLOGIA

Este artigo trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando as bases de dados eletrônicas Pubmed, LILACS, Medline e Scielo. A busca dos trabalhos foi realizada no período de Outubro a Novembro do ano de 2020, em língua portuguesa e inglesa, com o uso de Descritores em Ciências da Saúde, de forma isolada ou combinada: “*sugarcane*”, “*airway*” and “*respiratory diseases*”. O foco principal deste estudo foram as consequências das emissões da cana de açúcar na via respiratória. Do material pesquisado e encontrado, foram selecionados 23 artigos, entre os anos de 1999 a 2020, que apresentaram conteúdos condizentes para o cumprimento dos objetivos, da relevância e da atualidade do presente estudo. Diante disso foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, como simplificado no fluxograma: restrição ao descritor “*respiratory diseases*”, o recorte temporal e qualidade dos dados fornecidos.

Figura 1. FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA



Fonte: Ingridy, 2024.

3 RESULTADOS

Dos 23 artigos selecionados, 15 mostravam (tabela 1) as repercussões na via respiratória associada às emissões da queima da cana de açúcar. Desses 15, 1 abordava sobre os casos de

inflamação e fibrose no tecido traqueal e pulmonar, 3 deles mencionava os registros de internações hospitalares devido a exposição a material particulado, 1 deles associava à poluição a casos de tuberculose, 1 deles comentava sobre a exacerbação de doenças respiratórias crônicas, 2 deles acerca de mudanças no parâmetro de transporte mucociliar. Além de 4 deles relacionarem as partículas presentes na queima ao aumento de incidência de câncer de cavidade oral e de pulmão e de 3 deles observarem o aumento de casos de rinite durante o período da queima.

Tabela 1. Efeitos Maléficos À Via Aérea Respiratória

Autores	Resultado
Matos et al. ³ , 2017	Foi feita uma análise histológica de tecidos da traquéia e de parênquima pulmonar de ratos Wistar, evidenciando um processo inflamatório mais intenso no GE7 quando comparado a GC. No grupo GE21 foi observado depósito de colágeno em tecido traqueal.
Ribeiro et al. ⁴ , 2008	Foram constatadas, por meio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, internações hospitalares diárias devido a doenças respiratórias em crianças e adolescentes (abaixo de 13 anos), sendo essas patologias associadas a ressuspensão do material particulado fino e grosso. Além disso, a queimada atua de forma indireta contra o sistema respiratório, por intermédio da dispersão e transporte de fungos e bactérias por longas distâncias.
Cançado et al. ⁵ , 2006	Analisaram durante o ano as emissões de queima da cana de açúcar em Piracicaba e os registros de entrada nos hospitais próximos. Quando compararam os períodos de queima e o de sem queima, durante os meses de queima a quantidade de internações foi mais significativa.
Ramos et al. ⁶ , 2019	Foi realizado um modelo de regressão logística para analisar a associação entre o número total de internações e os poluentes liberados da queima de cana de açúcar. Nesse estudo foram registradas 1179 internações, dentre elas a pneumonia mostrou um aumento significativo no período de queima.
Sacchi et al. ⁷ , 2013	63 casos foram incluídos neste estudo, e a incidência anual de tuberculose nas comunidades indígenas examinadas foi de 222 (IC de 95%, 148–321) por 100.000 habitantes, mostrando que existe uma relação potencial entre a exposição aos processos de fabricação da cana-de-açúcar e infecção tuberculosa em populações indígenas.
Rigueira et al. ⁸ , 2011	Nos períodos de queima da palha da cana-de-açúcar houve a exacerbação de episódios de asma e de rinite. A prevalência de sintomas de asma foi de 11% e de 33,2% de rinite; 10,6% tiveram mais de quatro crises de sibilos no último ano.
Ferreira et al. ⁹ , 2018	Os trabalhadores dos canaviais apresentaram diminuição do %FEF25-75, %VEF1, do índice VEF1/CVF, e alteração do transporte mucociliar nasal no final do período de coleta.
Ceccato et al. ¹⁰ , 2011	A exposição aguda à PM tem sido associada à produção aprimorada de estresse oxidativo reativo e óxido nítrico por processos inflamatórios

	<p>células que estimulam a frequência do batimento ciliar (CBF) e consequente alteração de funcionamento, aumentando os riscos de adquirir alguma infecção respiratória.</p>
Coble et al. ¹¹ , 2003	<p>Os homens na agricultura tiveram uma modesta aumento no risco para adquirir o câncer de cavidade oral(OR, 1,4; CI 0,8- 2.3), em grande parte devido ao aumento do risco entre trabalhadores da cana-de-açúcar (OR, 2,2; CI 0,9-5,3), especialmente cana-de-açúcar agricultores.</p>
Amre et al. ¹² , 1999	<p>A exposição a fibras de sílica amorfa biogênica (BAS) formada da sílica absorvida do solo e depositado nas folhas da cana colheita ou sílica cristalina formada como um resultado da conversão de BAS em cristobalita em altas temperaturas podem ser responsáveis pelo maiores riscos de câncer de cavidade oral e de pulmão entre produtores de cana-de-açúcar.</p>
Teixeira et al. ¹³ ,2020	<p>Este trabalho avaliou a dispersão da poluição do ar considerando as emissões de 680 caminhões pesados e os impactos na saúde humana devido ao curto e longo prazo 681 exposição, mostrando várias repercussões entre elas o câncer de pulmão.</p>
Chen et al. ¹⁴ ,2017	<p>As partículas de fumaça interna e envelhecidas que carregam várias substâncias cancerígenas substâncias, pois as partículas finas de BB do ambiente contêm uma quantidade de PAHs e também seus derivados nitrados, hidroxilados e oxigenados, associado a incidências de câncer de pulmão.</p>
Prado et al. ¹⁵ , 2012	<p>Esse artigo documentou a exposição de trabalhadores da cana-de-açúcar e habitantes de uma cidade vizinha a altas concentrações de PM_{2,5} emitida durante a queima da cana-de-açúcar ao longo de 8 meses. Essa exposição foi maior entre os trabalhadores da cana-de-açúcar, evidenciado pelas maiores concentrações de PM_{2,5} no campos de cana-de-açúcar e os níveis mais elevados de 1-hidroxipireno urinário no voluntários deste grupo. Com isso teve-se uma maior incidência de sintomas respiratórios, maior diminuição da função pulmonar e elevação mais robusta em marcadores de estresse oxidativo entre os trabalhadores da cana-de-açúcar durante o período de colheita de acordo com o efeito e relação dose-dependente entre poluição e sintomas na maioria população exposta.</p>
Trevisan et al. ¹⁶ , 2018	<p>Depois de 3 meses do início da colheita da cana-de-açúcar queimada, ocorreu recrudescimento na prevalência de sintomas de rinite e IL-6 em LN. Ademais, as contagens de eosinófilos foram diretamente associadas aos sintomas de rinite no período de maior concentração de material particulado.</p>
Mnatzaganian et al. ¹⁷ , 2015	<p>Houve uma incidência significativamente maior de desconforto respiratório em regiões expostas à fumaça quando grandes quantidades de acres foram queimadas. Funcionários de saúde devem considerar ações para reduzir os resultados negativos para a saúde associados às práticas de queima da cana-de-açúcar.</p>

Fonte: Ingridy, 2024.

4 DISCUSSÃO

A queima da cana-de-açúcar libera material particulado (MP), gases como ozônio, óxido nítrico, monóxido de carbono, formaldeídos, hidrocarbonetos policíclicos e óxido de enxofre.¹ Assim, devido ao fato de as queimadas ocorrem principalmente nas áreas verdes da colheita de

cana, essas regiões apresentam os maiores valores de fluxo de dióxido de carbono.² Com base nisso, é amplamente relatado que o ar poluído tem efeitos negativos na saúde humana, mas principalmente, para a saúde do aparelho respiratório dos trabalhadores e da população localizada próxima aos canaviais.³ Os efeitos deletérios incluem inflamação³, fibrose³, aumento das internações hospitalares^{4,5,6}, quadros de tuberculose⁷, dispersão de microorganismos patogênicos⁴, exacerbação da asma e da DPOC⁸, alteração do transporte mucociliar^{9,10}, câncer de cavidade oral^{11,12} e pulmão^{13,14} e sintomas de rinite^{15,16,17}.

Em um estudo feito pela pesquisadora Verena Matos e colaboradores com ratos Wistar foi constatado a lesão nas vias aéreas superiores por inalação de MP grosso e pelo acúmulo de MP fino nos brônquios e bronquíolos causando inflamação intersticial, perivascular, brônquica, congestão vascular, destruição alveolar e fibrose no tecido traqueal e pulmonar. Além disso, as doses de MP geram outras alterações no aparelho respiratório, como redução do espessamento do tecido conjuntivo e até mesmo induzem processos necróticos progressivos mesmo em reduzidos períodos de exposição.³

A resposta inflamatória nos ratos wistar transcorreu de forma aguda entre o 1º e o 7º dia, subaguda entre o 7º e 14º dia e de resolução a partir do 15º até o 30º dia. Ela acontece porque surge uma infiltração de neutrófilos e de macrófagos alveolares, os quais promovem uma fagocitose das partículas poluentes e são ativados levando a um processo inflamatório. Sendo produzidas espécies reativas de oxigênio, citocinas pró-inflamatórias, óxido nítrico, fatores de crescimento derivados de plaqueta ou semelhante a insulina que provocam efeitos deletérios associados a alterações na mecânica pulmonar, estresse oxidativo, lesão das membranas celulares e colapso alveolar.³

Já a fibrose está relacionada à ativação e à proliferação das células residentes, nesse caso dos fibroblastos que induzem uma deposição acentuada de colágeno e de outras proteínas da matriz extracelular (MEC). Primeiramente, ocorre uma deposição de colágeno do tipo III, o qual é mais flexível e vulnerável ao rompimento. Em segundo lugar, sucede um processo de remodelação em que as fibras transformam-se em fibras de colágeno tipo I deixando o tecido pulmonar mais rígido. Ademais, os fibroblastos produzem mediadores inflamatórios, como IL-8 e ciclo-oxigenase, que quando em excesso promovem um “*feedback positivo*” estimulando a atividade de mais células constituintes do tecido conjuntivo, causando mais enrijecimento.³

Em outro estudo, executado em Piracicaba, São Paulo, foram contadas o número de internações hospitalares diárias devido às doenças respiratórias em crianças e adolescentes (abaixo de 13 anos de idade) e idosos (com mais de 65 anos de idade) por meio do Departamento

de Informática do Sistema único de Saúde (Datasus), apontando que durante o período de queima teve 3,5 vezes mais demanda dos atendimentos hospitalares que o sem combustão.⁴

As crianças são as mais suscetíveis devido a sua própria anatomia respiratória, a imaturidade pulmonar e imunológica. Globalmente, cerca de 43% da carga total de patologias decorridas de riscos ambientais recaem sobre as crianças menores de 5 anos, mesmo constituindo apenas 12% da população mundial, além de ser a principal causa de morte em crianças menores de 5 anos de idade. Em estudos feitos na cidade de Piracicaba, no estado de São Paulo, foram identificados um número de internações hospitalares por queixas respiratórias 3 vezes maiores em crianças durante o período de queima, demonstrando o grau de gravidade da combustão de biomassa.⁵

Nesse contexto, o período de queima da cana-de açúcar associado à diminuição da temperatura é um fator determinante no aumento de internações por doenças respiratórias, normalmente, de pneumonia. Isso acontece devido à produção e à emissão de gases desencadeadores de processos inflamatórios e liberação de agentes oxidantes intracelulares. Esses elementos causam reatividade brônquica, estresse oxidativo, sibilância, infecções de vias aéreas e exacerbação de doenças obstrutivas crônicas (DPOC), além da temperatura baixa contribuir para maior concentração de poluentes, prejudicando a renovação.⁶

Uma outra população em situação de vulnerabilidade social frente à queima da cana de açúcar são os povos indígenas. Um exemplo é a comunidade indígena da cidade de Dourados no estado de Mato Grosso do Sul, onde vários indivíduos foram expostos às emissões da cana de açúcar e desenvolveram quadros de tuberculose. Isso acontece porque durante o processo de combustão incompleta ocorre a liberação de produtos irritantes, os quais promovem uma inflamação do aparelho respiratório e diminuem a atividade do sistema imunológico, deixando o corpo mais suscetível a agentes infecciosos como a bactéria *Mycobacterium tuberculosis*.⁷

Ademais, uma repercussão indireta das queimadas é o transporte, por intermédio da fumaça, de esporos de fungos e de bactérias para distantes localidades. Um exemplo disso, é o caso da ferrugem da cana provocada pelo fungo *Puccinia melanocephala* ser transportada da África pela convecção, levando os esporos para outras regiões como o Caribe e, assim, contribuindo para a disseminação de microorganismos patogênicos e propiciando o aumento de reações alérgicas e ataques de asma.⁴

As queimadas de cana por promoverem uma combustão incompleta, também estão associadas ao recrudescimento de fatores carcinogênicos devido a liberação de compostos não totalmente oxidados irritantes. Além disso, esses vapores orgânicos tóxicos, como o monóxido de carbono (CO), ainda podem se associar a hemoglobina e inviabilizar sua ligação com o

oxigênio, levando a uma hipóxia tecidual. Nesse contexto, os fetos são especialmente suscetíveis porque não conseguem compensar a diminuição da oxihemoglobina sem o aumento dos batimentos cardíacos. ⁴

Outro efeito da queima da biomassa é a exacerbação da asma. Esse fato foi constatado a partir do estudo feito no Monte Aprazível, em SP, o qual consta ausência de indústrias poluentes na região, baixo tráfego de veículos e aumento observado dos sintomas durante o período de safra da cana-de-açúcar indicando que a combustão dessa planta está diretamente vinculada. Ademais, esses poluentes são capazes de provocar uma inflamação neutrofílica até em indivíduos saudáveis, portanto, em pessoas portadoras de asma, a condição é agravada mesmo em concentrações moderadas. ⁸

Um dos efeitos da aspiração de MP é o requerimento de uma elevada ventilação pulmonar, aumentando os riscos para a produção de citocinas pró-inflamatórias e consequente alteração no transporte mucociliar nasal. Normalmente, as células ciliadas do aparelho respiratório deslocam-se rapidamente em movimento efetivo e recuam lentamente em movimento de recuperação atuando como mecanismo de defesa expelindo partículas exógenas. Entretanto, de acordo com dois estudos realizados com 27 cortadores de cana avaliando o transporte mucociliar, esse mecanismo é dificultado, por meio do estímulo à apoptose das células mucociliares e redução de 80% do transporte realizado pelos cílios devido à exposição às emissões. ^{9,10}

Em um estudo de caso-controle feito em Porto Rico, foi analisada a relação entre exposição ocupacional à emissão da cana-de-açúcar com o desenvolvimento de câncer da cavidade oral ou faringe. A partir dessa pesquisa, foi identificado 367 casos patológicos em 521 dos casos elegíveis estando vinculado a alguns fatores como o colmo que podem expor a esporos de uma bactéria termófila e o contato com fibras amorfas biogênicas de sílica (BAS) durante a colheita. ¹¹

O colmo da cana quando é mastigado pode causar abrasões traumáticas na mucosa oral e em relação a exposição no ar a esporos do termofílico actinomicetos, eles são responsáveis uma patologia chamada bagaçose, uma pneumonite por hipersensibilidade que afeta trabalhadores expostos ao bagaço seco, podendo gerar granulomas destrutivos crônicos ou úlceras na boca. Já o possível papel das fibras BAS no câncer da cavidade oral é sugerido também por taxas elevadas de câncer de esôfago em áreas da China e do Irã. ¹¹

Na Índia, foi feito um estudo de caso controle mostrando a elevada quantidade de casos de câncer de pulmão em fazendeiros localizados próximos a canaviais de cana-de-açúcar. Em um total de 310 controles elegíveis, 298 foram entrevistados, evidenciando um 128 casos da

doença nos seis hospitais de estudo, sendo 118 desses pacientes sucedidamente entrevistados e 10 não entrevistados. Esses moradores rurais foram submetidos a fibras amorfas biogênicas de sílica, a sílica cristalina, a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e a compostos cancerígenos que em combinação provocaram o câncer de pulmão.¹² Ademais, os casos de câncer de pulmão relacionados às concentrações de MP tiveram uma variação no valor de 18 a 62 casos em outro estudo realizado na São Paulo o com os mesmos compostos.^{13,14}

Outro resultado dos MP são os sintomas de rinite, os quais são instigados por fatores endógenos, como fatores genéticos, deficiências imunológica, disfunção na clearance mucociliar e por fatores exógenos, como poluição do ar, vírus, bactérias, temperatura, umidade relativa e tabagismo. Os MP causam alterações na morfologia, diminuir a viabilidade das células epiteliais após a exposição, reduzir a atividade enzimática antioxidante intracelular e promover uma disfunção da barreira epitelial nasal.^{15,16} Além disso, a frequência das manifestações vinculados à rinite pode ser influenciada pela dose-resposta à exposição, assim, o aumento da concentração de poluentes emitidos levam a efeitos mais severos da doença, como foi visto em um estudo na Ilha de Maui.¹⁷

Algumas das manifestações clínicas em razão da exposição a esses compostos voláteis são irritação da pele e dos olhos, tontura, tosse, falta de ar, chiado no peito, coceira, muco, ardor na garganta, alergias nasais. Em nível laboratorial, os níveis das atividades de enzimas antioxidantes diminuíram e a quantidade de marcadores de estresse oxidativo atingiram grandes magnitudes durante o período da colheita. Já em relação aos resultados da espirometria, os canavieiros exibiram um baixo desempenho nas variáveis, capacidade vital forçada (FVC), volume expiratório forçado no primeiro segundo (FEV1) e aumento da variável capacidade vital forçada expiratória (CVF), além de mostrar deleção nos genes GSTM1 e GSTT1 como preditores de recrudescimento da suscetibilidade ao declínio da função pulmonar.¹⁸

Com base nisso, em relação às condições do ambiente de trabalho do cortador de cana, encontra-se um local totalmente insalubre, sem as condições mínimas para resguardar a saúde do trabalhador. Apesar dessa situação, esses indivíduos são cobrados de uma produtividade extremamente elevada, devido ao risco de serem substituídos e perderem o emprego, acabam por ficarem reféns dessa condição. Desse modo, de acordo com Silva (2005) a vida útil de um cortador de cana pode ser comparada à vida de um escravo na época do Brasil Colônia. Mesmo após denúncias do Ministério Público e da imprensa acerca das condições precárias de trabalho, esses cortadores de cana, na sua maioria imigrantes vindos do Nordeste para São Paulo, não têm opções de outro meio de renda, e acabam por se submeterem a essa situação.^{19,20}

5 CONCLUSÃO

Destarte, mostra-se a importância de promover uma fiscalização quanto ao cumprimento da lei estadual 11.241/2002 aprovada em SP visto as diversas repercussões físicas, psicológicas e principalmente biológicas decorrentes da ocupação do trabalhador e da proximidade da população com os canaviais.¹ Caso essa opção ainda seja falha, é válido aumentar a assistência médica nessas localidades promovendo um acompanhamento especializado e integral aos agricultores, estimulando o uso de EPIS, como o uso de máscaras para a proteção da via aérea respiratória contra possíveis materiais particulados.²⁰

Por fim, é relevante salientar, tendo em vista as significativas consequências para a saúde dos trabalhadores e das comunidades próximas sobre a desmistificação da energia limpa do agrocombustível. Apesar do etanol ser visto por muitos como um meio ecologicamente correto para o meio ambiente, para os trabalhadores é visto como meio degradante. Com base nisso, é fundamental desestimular a utilização do etanol como meio de combustível e implementar estudos acerca de meios de energia que no seu processo não seja nocivo ao meio ambiente nem aos seres vivos.²¹

REFERÊNCIAS

1. Leite, M. R., Zanetta, D. M. T., Trevisan, I. B., Burdmann, E. D. A., & Santos, U. D. P. (2018). O trabalho no corte de cana-de-açúcar, riscos e efeitos na saúde: revisão da literatura. *Revista de Saúde Pública*, 52, 80.
2. Tavares, R. L. M., de Souza, Z. M., Siqueira, D. S., La Scala Júnior, N., Panosso, A. R., & Campos, M. C. C. (2015). Soil CO₂ emission in sugarcane management systems. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 65(8), 755-762.
3. Matos, V. S. B., Gomes, F. D. S., Oliveira, T. M., Schulz, R. D. S., Ribeiro, L. C. V., Gonzales, A. D. F., ... & Guerreiro, M. L. D. S. (2017). Efeitos das emissões geradas pela queima da cana-de-açúcar em traqueia e pulmões de ratos Wistar. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 43(3), 208-214.
4. Ribeiro, H. (2008). Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. *Revista de Saúde Pública*, 42(2), 370-376.
5. Cançado, J. E., Saldiva, P. H., Pereira, L. A., Lara, L. B., Artaxo, P., Martinelli, L. A., ... & Braga, A. L. (2006). The impact of sugar cane-burning emissions on the respiratory system of children and the elderly. *Environmental health perspectives*, 114(5), 725-729.
6. Ramos, D., Pestana, P. R. S., Trevisan, I. B., Christofaro, D. G. D., Tacao, G. Y., Coripio, I. C., ... & Ramos, E. M. C. (2019). Impacto da queima da cana-de-açúcar sobre internações hospitalares por doenças respiratórias. *Ciência & Saúde Coletiva*, 24, 4133-4140.
7. Sacchi, F. P. C., Croda, M. G., Estevan, A. O., Ko, A. I., & Croda, J. (2013). Sugar cane manufacturing is associated with tuberculosis in an indigenous population in Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 107(3), 152-157.
8. Riguera, D., André, P. A., & Zanetta, D. M. T. (2011). Poluição da queima de cana e sintomas respiratórios em escolares de Monte Aprazível, SP. *Revista de Saúde Pública*, 45, 878-886.
9. Ferreira, A. D., Ramos, E. M. C., Trevisan, I. B., Leite, M. R., Proença, M., de Carvalho-Junior, L. C. S., ... & Ramos, D. (2018). Função pulmonar e depuração mucociliar nasal de cortadores de cana-de-açúcar brasileiros expostos à queima de biomassa. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 43.
10. Ferreira-Ceccato, A. D., Ramos, E. M. C., de Carvalho Jr, L. C. S., Xavier, R. F., de Souza Teixeira, M. F., Raymundo-Pereira, P. A., ... & Ramos, D. (2011). Short terms effects of air pollution from biomass burning in mucociliary clearance of Brazilian sugarcane cutters. *Respiratory medicine*, 105(11), 1766-1768.
11. Coble, J. B., Brown, L. M., Hayes, R. B., Huang, W. Y., Winn, D. M., Gridley, G., ... & Fraumeni Jr, J. F. (2003). Sugarcane farming, occupational solvent exposures, and the risk of oral cancer in Puerto Rico. *Journal of occupational and environmental medicine*, 45(8), 869-874.
12. Amre, D. K., Infante-Rivard, C., Dufresne, A., Durgawale, P. M., & Ernst, P. (1999). Case-control study of lung cancer among sugarcane farmers in India. *Occupational and environmental medicine*, 56(8), 548-552.

13. Teixeira, A. C. R., Borges, R. R., Machado, P. G., Mouette, D., & Ribeiro, F. N. D. (2020). PM emissions from heavy-duty trucks and their impacts on human health. *Atmospheric Environment*, 241, 117814.
14. Chen, J., Li, C., Ristovski, Z., Milic, A., Gu, Y., Islam, M. S., ... & Guo, H. (2017). A review of biomass burning: Emissions and impacts on air quality, health and climate in China. *Science of the Total Environment*, 579, 1000-1034.
15. Prado, G. F., Zanetta, D. M. T., Arbex, M. A., Braga, A. L., Pereira, L. A. A., de Marchi, M. R. R., ... & Gonçalves, F. T. (2012). Burnt sugarcane harvesting: particulate matter exposure and the effects on lung function, oxidative stress, and urinary 1-hydroxypyrene. *Science of the total environment*, 437, 200-208.
16. Trevisan, I. B., Santos, U. D. P., Leite, M. R., Ferreira, A. D., Silva, B. S. D. A., Freire, A. P. C. F., ... & Ramos, D. (2019). Burnt sugarcane harvesting is associated with rhinitis symptoms and inflammatory markers. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, 85(3), 337-343.
17. Mnatzaganian, C. L., Pellegrin, K. L., Miyamura, J., Valencia, D., & Pang, L. (2015). Association between sugar cane burning and acute respiratory illness on the island of Maui. *Environmental Health*, 14(1), 1-8.
18. Liu, S. K., Cai, S., Chen, Y., Xiao, B., Chen, P., & Xiang, X. D. (2016). The effect of pollutional haze on pulmonary function. *Journal of thoracic disease*, 8(1), E41.
19. Ribeiro, H., & Ficarelli, T. R. D. A. (2010). Queimadas nos canaviais e perspectivas dos cortadores de cana-de-açúcar em Macatuba, São Paulo. *Saúde e sociedade*, 19, 48-63.
20. Moraes, M. S. D., Lopes, J. C. C., & Priuli, R. M. A. (2013). Questões socioeconômicas, laborais e de saúde na cadeia produtiva do agronegócio da cana-de-açúcar na região do Noroeste Paulista. *Saúde e Sociedade*, 22, 673-686.
21. CAVALIERI, L. (2011). Etanol está longe de ser sustentável. *Revista Galileu*, (240).
22. Fonseca, APG, & de Santana, MB (2023). Relação entre material particulado e internações por doenças respiratórias na região dos Carajás. *Brazilian Journal of Health Review*, 6 (3), 13343–13358.
23. Fernandes, A. S. S., & Terceiro, I. B. (2022). Queimadas e doenças respiratórias em crianças na cidade de Marabá, Pará / Fires and respiratory diseases in children in the city of Marabá, Pará. *Brazilian Journal of Health Review*, 5(1), 1390–1402. <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n1-120>