

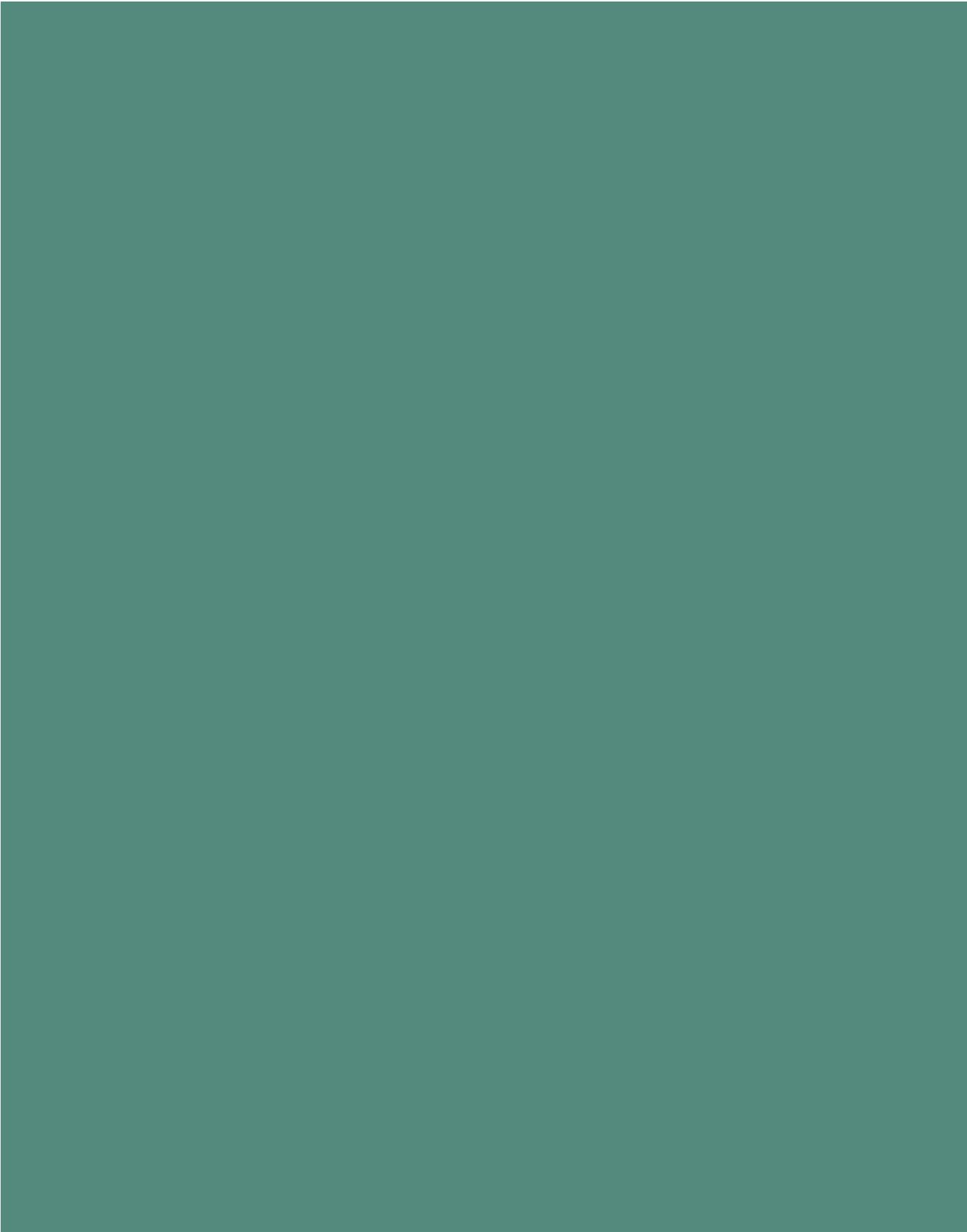


LCOAR  
LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR



EMISSÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NO  
**ESTADO DE SANTA CATARINA**

ANO BASE 2017-2018



LCCOAR

LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR

EMISSÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NO  
**ESTADO DE SANTA CATARINA**

ANO BASE 2017-2018

LCQAR | CTC | UFSC (Florianópolis)

Emissões pela queima de biomassa no Estado de Santa Catarina - ano base 2017-2018

Coordenação técnica Dr. Leonardo Hoinaski ; Florianópolis : LCQAR, 2020.

ISBN : 978-65-87206-15-8

1. Ar (poluição) | 2. Emissões atmosféricas | 3. Queima de biomassa |  
4. Poluentes gasosos | 5. Florianópolis (estado)

I. Dr. Leonardo Hoinaski (Coordenador/autor do projeto)  
II. Nathan Campos Teixeira (Co-autor do projeto)  
III. Fernando H. C. Rodella (Colaborador do LCQAR)

Contato  
leonardo.hoinaski@ufsc.br  
Tel: (48) 3721-4993

## instituições envolvidas\_

DEMANDA ESPONTÂNEA - PESQUISA 2017 TERMO DE OUTORGA DE AUXÍLIO  
FINANCEIRO Nº 2018TR499 PROCESSO FAPESC 602/2018  
PROJETO DE PESQUISA CIENTÍFICA E/OU TECNOLÓGICA



### EXECUTORA

#### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Campus Universitário – Trindade - Caixa Postal:  
476 CEP: 88.040-970, Florianópolis, SC, Brasil

#### LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DO AR

Coordenador: Leonardo Hoinaski  
E-mail: leonardo.hoinaski@ufsc.br  
Telefone: +55 (48) 3721-4993



### CONCEDENTE

#### FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA E INOVAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FAPESC)

Parque Tecnológico ALFA - Rodovia José Carlos  
Daux 600 (SC 401), Km 01 - Módulo 12A - Prédio  
CELTA/FAPESC5º Andar - Bairro João Paulo - CEP  
88030-902 - Florianópolis/SC - Brasil  
Fone +55 (48) 3665 4800



### INTERVENIENTE

#### SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL (SDE)

Diretoria de Biodiversidade e Clima (DBIC)  
Rodovia SC 401, km 5, nº 4756 - Ed. Office Park, bl.  
2, 2º andar - Saco Grande II- CEP 88032-005 -  
Florianópolis/SC - Brasil  
Fone: +55 (48) 3665-4250

## apresentação\_

O estado de Santa Catarina (SC) é a região do Brasil com o maior número de indústrias per capita (29 indústrias para cada 10.000 habitantes) (IBGE, 2013). Além disso, segundo o Departamento Nacional de Trânsito, SC possui o maior número de carros por pessoa (DENATRAN, 2017). Vale salientar também que o estado alcançou a 9ª posição no ranking nacional de produção agrícola, apesar de concentrar apenas 1% do território nacional (IBGE, 2017).

Mesmo diante dos aspectos ambientalmente negativos resultantes do intenso crescimento do setor industrial, agropecuário e frota veicular em SC, poucas iniciativas foram tomadas para monitorar as emissões e controlar os impactos na atmosfera. Até o presente momento, não existe monitoramento público da concentração de poluentes atmosféricos, exceto os realizados para cunho científico (IEMA, 2014).

O projeto tem o objetivo de estimar o impacto das emissões veiculares, industriais, naturais e de

queimadas na qualidade do ar em SC. Esta pesquisa dará subsídios para a elaboração de um sistema de Gestão da Qualidade do Ar em nível estadual. Entre os produtos listados no plano de trabalho, está a elaboração de inventários das emissões pela queima de biomassa, sendo este o tema do presente relatório. Este documento apresenta o relatório de emissões pela queima de biomassa no estado de Santa Catarina referente aos anos de 2017 e 2018. É importante frisar que as queimadas são as fontes mais importantes de emissões de poluentes atmosféricos em escala nacional. Logo, o estudo destas emissões é de suma importância.

O LCQAr se comprometeu em auxiliar na prevenção de impactos na saúde e meio ambiente relacionados à má qualidade do ar em SC. O desafio é complexo e exigirá esforços por parte da comunidade acadêmica, bem como a importante participação de iniciativas públicas e privadas.

**Dr. Leonardo Hoinaski**

[ Supervisor do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar / Professor da Universidade Federal de Santa Catarina ]

## nossa equipe\_



Dr. Leonardo Hoinaski

**Coordenador/autor do projeto**  
Professor adjunto do Depto. de Eng<sup>a</sup> Sanitária e Ambiental da UFSC e supervisor do LCQAr

[leonardo.hoinaski@ufsc.br](mailto:leonardo.hoinaski@ufsc.br)



Nathan Campos Teixeira

**Co-autor**  
Aluno de mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA)

[nathanufmt@gmail.com](mailto:nathanufmt@gmail.com)



Fernando H. C. Rodella

**Colaborador do LCQAr**  
Designer editorial e graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFSC

[fernando.rodella@gmail.com](mailto:fernando.rodella@gmail.com)

## lista de tabelas\_

**TABELA 1** \_ Emissões pela queima de biomassa em Santa Catarina nos anos de 2017 e 2018. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior à 2,5 micrômetros (MP<sub>2,5</sub>), Carbono Orgânico (OC), Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Amônia (NH<sub>3</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Carbono Negro (BC) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>).

15

**TABELA 2** \_ Quadro comparativo entre emissões de queimadas, veiculares e industriais em SC.

15

## lista de figuras\_

**FIGURA 1** \_ Processo de poluição atmosférica.

10

**FIGURA 2** \_ Mapa de Localização do Estado de Santa Catarina: a) localização no Brasil. b) uso e ocupação do solo, c) relevo, d) mesorregiões. Dados de topografia do SRTM. Dados de uso do solo, provenientes do MODIS.

14

**FIGURA 3** \_ a) Série temporal do somatório mensal de focos de calor de 2002 a 2018 em SC, onde os círculos vermelhos indicam o mês de maior ocorrência. b) total anual de focos de calor em SC. c) boxplot do somatório focos de calor segregado por mês do ano, onde as linhas vermelhas representam a mediana e o símbolo de + outliers (acima de 99.5% da média do período).

16

**FIGURA 4** \_ Densidade de focos de calor nas regiões catarinenses e respectivas cidades.

19

**FIGURA 5** \_ Densidade de focos de calor nas regiões catarinenses e emissões de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> pelas queimadas nas mesorregiões catarinense nos anos de 2017 e 2018, em valores absolutos e em relação ao total do estado

20

**FIGURA 6** \_ Densidade de focos de calor nas regiões catarinenses e emissões de CH<sub>4</sub>, COV, OC, BC, e MP<sub>2,5</sub> pelas queimadas nas mesorregiões catarinense nos anos de 2017 e 2018, em valores absolutos e em relação ao total do estado.

21

**FIGURA 7** \_ Emissões de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> nas cidades catarinenses.

23

**FIGURA 8** \_ Emissões de CH<sub>4</sub>, COV, OC, BC e MP<sub>2,5</sub> nas cidades catarinenses.

24

## lista de siglas\_

<b>BC</b> _ Carbono Negro
<b>CH<sub>4</sub></b> _ Metano
<b>CO<sub>2</sub></b> _ Dióxido de Carbono
<b>CO</b> _ Monóxido de Carbono
<b>OC</b> _ Carbono Orgânico
<b>CONAMA</b> _ Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COV</b> _ Compostos Orgânicos Voláteis
<b>DBIC</b> _ Diretoria de Biodiversidade e Clima
<b>EPAGRI/CEPA</b> _ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina / Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola
<b>FAPESC</b> _ Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina
<b>FINN</b> _ Fire INventory from NCAR
<b>IBGE</b> _ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IGPB</b> _ International Geosphere Biosphere Programme
<b>LCQAr</b> _ Laboratório de Controle da Qualidade do Ar
<b>MODIS</b> _ Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
<b>MP</b> _ Material Particulado
<b>MP<sub>2.5</sub></b> _ Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior à 2,5 micrômetros
<b>NCAR</b> _ National Center for Atmospheric Research
<b>NH<sub>3</sub></b> _ Amônia
<b>NO<sub>x</sub></b> _ Óxidos de Nitrogênio
<b>N<sub>2</sub>O</b> _ Óxido Nitroso
<b>OMS</b> _ Organização Mundial da Saúde
<b>FRP</b> _ Potência Radiativa do Fogo
<b>SC</b> _ Estado de Santa Catarina
<b>SDE</b> _ Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina
<b>SO<sub>2</sub></b> _ Dióxido de Enxofre
<b>UFSC</b> _ Universidade Federal de Santa Catarina
<b>VCF</b> _ Vegetation Continuous Fields

## sumário\_

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>EMIÇÃO PELA QUEIMA DE BIOMASSA EM SC</b>	<b>12</b>
<b>EMIÇÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NAS MESORREGIÕES DE SC</b>	<b>18</b>
<b>EMIÇÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NA CIDADES DE SC</b>	<b>22</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>28</b>
<b>APÊNDICE A</b>	
<b>EMIÇÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NAS CIDADES CATARINENSES EM 2017</b>	<b>30</b>

A poluição atmosférica é uma das principais preocupações globais. Segundo a OMS, nas cidades onde a qualidade do ar é monitorada, a maioria não atende os parâmetros básicos estabelecidos para o bem-estar da saúde de seus habitantes (WHO, 2016). O Ministério do Meio Ambiente do Brasil cita que, além de trazer prejuízos à saúde, os danos causados pela poluição atmosférica também elevam os gastos do estado, devido ao aumento do número de atendimentos, internações hospitalares e uso de medicamentos (BRASIL, 2016).

O ar se torna poluído quando a concentração de um ou mais poluentes pode causar dano à saúde e/ou meio ambiente. De uma maneira geral, isto ocorre se a emissão de uma ou mais fontes não consegue se dispersar e reduzir suas concentrações de maneira suficiente na atmosfera, antes de encontrar um receptor. A Figura 1 exemplifica o processo de poluição do ar. É importante enfatizar que pode acontecer a deterioração da qualidade do ar devido ao efeito com-



Foto por Nathan Campos Teixeira

binado entre duas fontes, que isoladamente não causariam sua degradação.

Diante dos aspectos negativos associados à poluição atmosférica, a gestão da qualidade do ar deve ser feita de forma planejada, levando em conta as condições locais e regionais, sem que haja custos excessivos. Além disso, a gestão da qualidade do ar deve fornecer as informações relevantes para auxiliar os órgãos ambientais e tomadores de decisões em relação às medidas estratégicas de prevenção e de controle dos impactos.

Figura 1 \_ Processo de poluição atmosférica.



Para a elaboração de um plano de gestão da qualidade do ar, é necessário inventariar as emissões em uma determinada escala espacial. A partir disso, é possível estimar a dispersão e as transformações dos poluentes por modelos matemáticos e, assim, avaliar o impacto deles no ambiente e na saúde humana (receptores). Os inventários possibilitam a identificação de fontes predominantes de emissão, o estudo de tendências anuais de redução ou aumento de emissão de determinados compostos químicos para a atmosfera e, também, possibilita avaliar o progresso de metas de redução de emissões. Entretanto, os inventários requerem atualizações contínuas para melhorar a qualidade e reduzir incertezas dos métodos utilizados (GUTTIKUNDA et al., 2019; RAVINDRA; SINGH; MOR, 2019; SUN et al., 2018; ZHAO et al., 2017; ZHONG et al., 2018; ZHOU et al., 2014).

A queima de biomassa a céu aberto está entre as principais fontes emissoras de poluentes atmosféricos. Por se tratar de uma combustão incompleta a céu aberto, as queimadas liberam grande quantidade de compostos gasosos e partículas para a atmosfera. Durante a queima ocorrem as emissões

de: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Metano (CH<sub>4</sub>), Material Particulado (MP), Hidrocarbonetos não Metanos (HCNM), Óxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), entre outros (ANDRADE FILHO et al., 2013; ARTAXO et al., 2006; URBANSKI; HAO; BAKER, 2008). De acordo com estudo realizado por Lelieveld et al. (LELIEVELD et al., 2015), as queimadas são consideradas o principal emissor de gases de efeito estufa no Brasil.

As queimadas são uma herança cultural deixada pelos indígenas e primeiros colonizadores do Brasil (CORRÊA, 2005). Tratando-se de Santa Catarina, estado composto pelo bioma da Mata Atlântica e outras áreas de interesse de preservação ambiental, poucos trabalhos foram realizados em escala regional para estimar as emissões advindas da queima de biomassa. Santa Catarina está entre os dez estados mais importantes na produção da agropecuária brasileira. Esse destaque se deve, em grande parte, ao alto valor agregado pelas atividades intensivas desenvolvidas, como a fruticultura e a produção animal (IBGE, 2017). Com a expansão da movimentação no mercado, agricultores aumentaram suas economias em 15% na cotação dos valores brutos de produção. Este crescimento no capital impacta diretamente no crescimento de áreas para a produtividade, um montante de 16%, significando mais de 200 mil hectares de novas áreas incorporadas à produção de 2010 a 2014 (EPAGRI, 2018).

Frente ao potencial elevado de degradação da qualidade do ar pelas queimadas, este documento o primeiro inventário de emissões pela queima de biomassa no estado de Santa Catarina. Este documento faz parte do projeto "AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS EMISSÕES VEICULARES, QUEIMADAS, INDUSTRIAIS E NATURAIS NA QUALIDADE DO AR EM SANTA CATARINA". O estudo apresenta a distribuição espacial das emissões atmosféricas originadas nas queimadas em escala estadual, regional e nas cidades catarinenses.



## EMISSÃO PELA QUEIMA DE BIOMASSA EM SC

Santa Catarina é uma das 27 unidades federativas do Brasil, e se localiza no centro da Região Sul do país (Figura 2). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estado possui 295 municípios distribuídos em uma área de 95.737,954 km<sup>2</sup>. A população estimada para o ano de 2017 é de 7.001.161 pessoas, resultando na 9ª maior densidade demográfica do ranking nacional, com 65,27 hab/km<sup>2</sup>.

Santa Catarina está entre os dez estados mais importantes na produção da agropecuária brasileira. Esse destaque se deve, em grande parte, ao alto valor agregado pelas atividades intensivas desenvolvidas, como a fruticultura e a produção animal (IBGE, 2017).

A queima de biomassa é um processo de combustão que pode ocorrer por razões naturais ou por iniciativa humana. Para poder determinar a potencialidade de uma biomassa como combustível, seu comportamento, compostos gerados durante a combustão, assim como, suas características químicas e térmicas devem ser conhecidas. Essas características envolvem a umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, determinados pelo seu poder calorífico (SOARES; SANTOS, 1997).

Para que ocorra a propagação do fogo, é sempre necessário transferir quantidades adequadas de calor para os combustíveis próximos. A transferência de calor pode ser realizada de três maneiras: condução, convecção e radiação (COCHRANE; BARBER, 2009). A condução é a primeira etapa do processo de transferência de calor durante a ignição. Neste caso, o calor é transferido de molécula para molécula do combustível.

A quantificação das emissões de gases e materiais particulados associados à queima de biomassa é essencial para a investigação dos impactos na qualidade do ar.

As emissões são substancialmente divididas em duas fases de combustão: a fase de chama e a de incandescência. Durante a fase de chama, o composto majoritariamente emitido é o Dióxido

de Carbono (CO<sub>2</sub>), originado pelo consumo do combustível disponível. As emissões de CO<sub>2</sub> podem ter implicações importantes na compreensão do ciclo do carbono e mudanças climáticas (LANDRY; MATTHEWS, 2016).

Na fase de incandescência (sem chama) predominam as emissões parcialmente oxidadas, em que componentes químicos como Monóxido de Carbono (CO), Carbono Negro (BC), Carbono Orgânico (OC), Óxidos Nitrosos (NO<sub>x</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Metano (CH<sub>4</sub>) e Material Particulado (MP) são incorporados à atmosfera.

Estes podem ser importantes tanto para a poluição do ar, quanto para o clima e para a qualidade de água de chuva. Muitos destes compostos também são precursores do ozônio troposférico, que é um poluente secundário e não está diretamente relacionado às queimadas (URBANSKI; HAO; BAKER, 2008).

Este trabalho utiliza os dados provenientes do modelo Fire INventory from NCAR – FINN. O FINN é um modelo global de emissões de fogo que gera insumos para modelos de qualidade do ar em uma resolução de aproximadamente 1 km<sup>2</sup> desenvolvido pelo National Center for Atmospheric Research (WIEDINMYER et al., 2010). O FINN fornece em seus atributos informações referentes a datas, horários, estimativa de área queimada e estimativa de emissão dos poluentes: monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de nitrogênio, amônia, metano, material particulado, carbono negro, carbono orgânico, metano e hidrocarbonetos. O FINN adota informações do MOD14 e MYD14 para obter a localização e o horário das queimadas, remove múltiplas detecções no mesmo pixel de fogo antes das estimativas.

O modelo utiliza o MODIS Land Cover Type para 2005 com o padrão de 16 classes de uso da terra definido pelo International Geosphere Biosphere Programme (IGBP) e também o produto MODIS Vegetation Continuous Fields (VCF) (Coleção 3 para 2001) para identificar

a densidade da vegetação em cada pixel com foco de queimada.

Os dados de emissão foram selecionados

$$E(i) = A(x,t) \times B(x) \times FB \times FE(i) \quad [1]$$

onde, "E(i)" é a emissão do poluente i; "A" é a área queimada no tempo "t" e localização "x"; "B" representa a proporção de biomassa na localização "x"; "FB" a fração de biomassa queimada

na plataforma do Fire INventory from NCAR (<http://bai.acom.ucar.edu/Data/fire/>). O FINN tem como base a seguinte equação:

em "x" e "FE(i)" o fator de emissão da espécie "i".

A Figura 2 apresenta a localização do estado de Santa Catarina (a), o uso do solo (b), topografia (c) e suas mesoregiões (d).

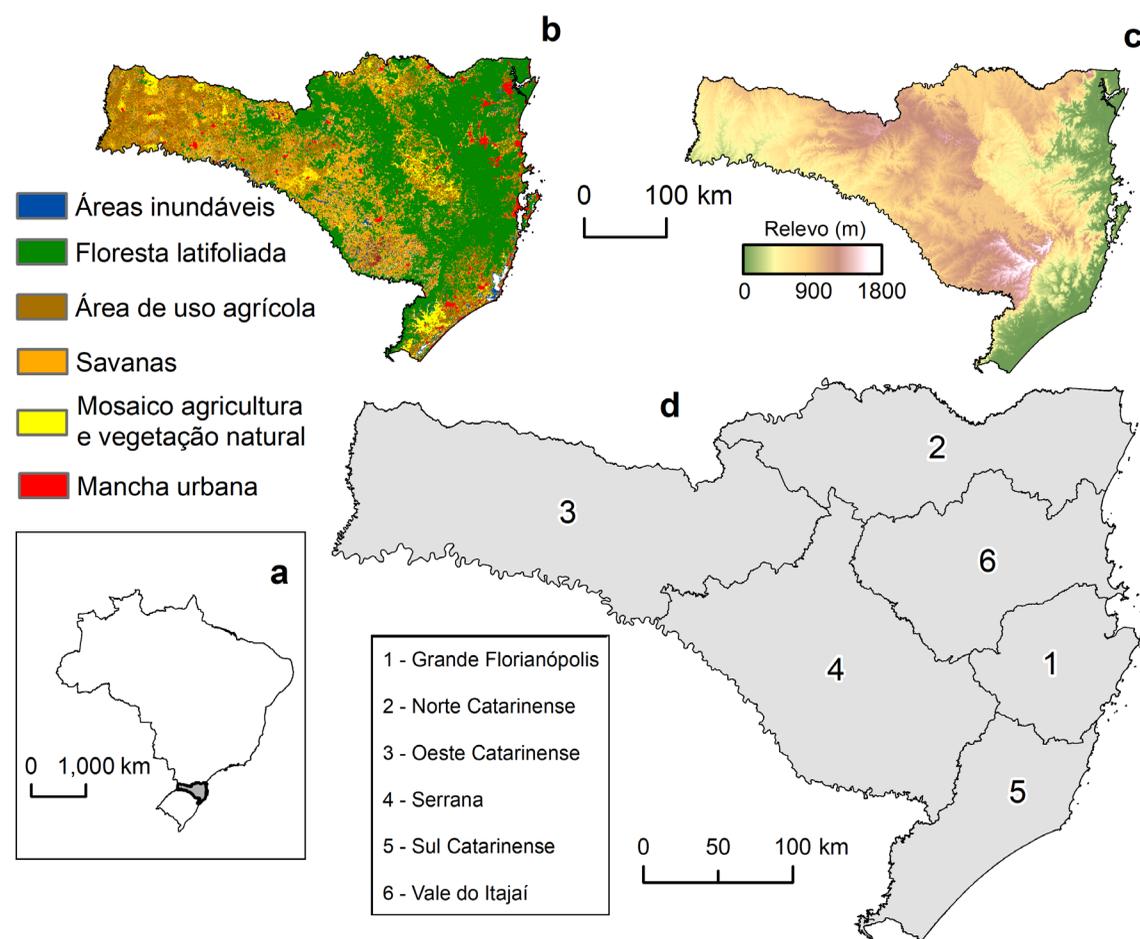


Figura 02 \_ Mapa de Localização do Estado de Santa Catarina: a) localização no Brasil. b) uso e ocupação do solo, c) relevo, d) mesoregiões. Dados de topografia do SRTM. Dados de uso do solo, provenientes do MODIS.

A Tabela 1 apresenta as emissões atmosféricas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior à 2,5 micrômetros (MP<sub>2,5</sub>), Carbono Orgânico (OC), Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Amônia (NH<sub>3</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Carbono Negro (BC) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) pelas queimadas no estado de SC, nos anos de 2017 e 2018.

Verifica-se através da Tabela 1 que as emissões pela queima de biomassa reduziram entre os anos de 2017 e 2018, para todos os poluentes

avaliados. No entanto, estes valores são considerados altos quando comparados a outros tipos de emissões. A Tabela 2 apresenta um comparativo entre emissões pelas queimadas, industriais e veiculares. Os dados de emissões veiculares e industriais foram extraídos de relatórios Emissões industriais em SC – Ano base 2019 e Emissões veiculares – Ano base 2017. Estes últimos relatórios também fazem parte do projeto "AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS EMISSÕES VEICULARES, QUEIMADAS, INDUSTRIAIS E NATURAIS NA QUALIDADE DO AR EM SANTA CATARINA".

POLUENTE	EMIÇÃO 2017 [ton/ano]	EMIÇÃO 2018 [ton/ano]
CO <sub>2</sub>	9.768.000	7.207.800
CO	524.800	390.000
MP <sub>2,5</sub>	53.400	39.400
OC	28.900	21.100
NO <sub>x</sub>	28.500	21.200
CH <sub>4</sub>	28.000	20.900
NH <sub>3</sub>	7.800	5.800
COV	3.900	3.000
BC	3.100	2.300
SO <sub>2</sub>	2.600	1.900

Tabela 1 \_ Emissões pela queima de biomassa em Santa Catarina nos anos de 2017 e 2018. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior à 2,5 micrômetros (MP<sub>2,5</sub>), Carbono Orgânico (OC), Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Amônia (NH<sub>3</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Carbono Negro (BC) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>).

EMISSOR	CO [10 <sup>3</sup> ton/ano]	CO <sub>2</sub> [10 <sup>3</sup> ton/ano]	NO <sub>x</sub> [10 <sup>3</sup> ton/ano]	MP [10 <sup>3</sup> ton/ano]
Queimadas (2017)	524,8	9.768,0	28,5	53,4 <sup>1</sup>
Queimadas (2018)	390,0	7.207,8	21,2	39,4 <sup>1</sup>
Veículos (2017)	126,0	4.996,5	57,2	2,1
Indústrias (2019) <sup>2</sup>	2,4	176,1	1,45	2,1

<sup>1</sup> \_ Emissão de MP<sub>2,5</sub>

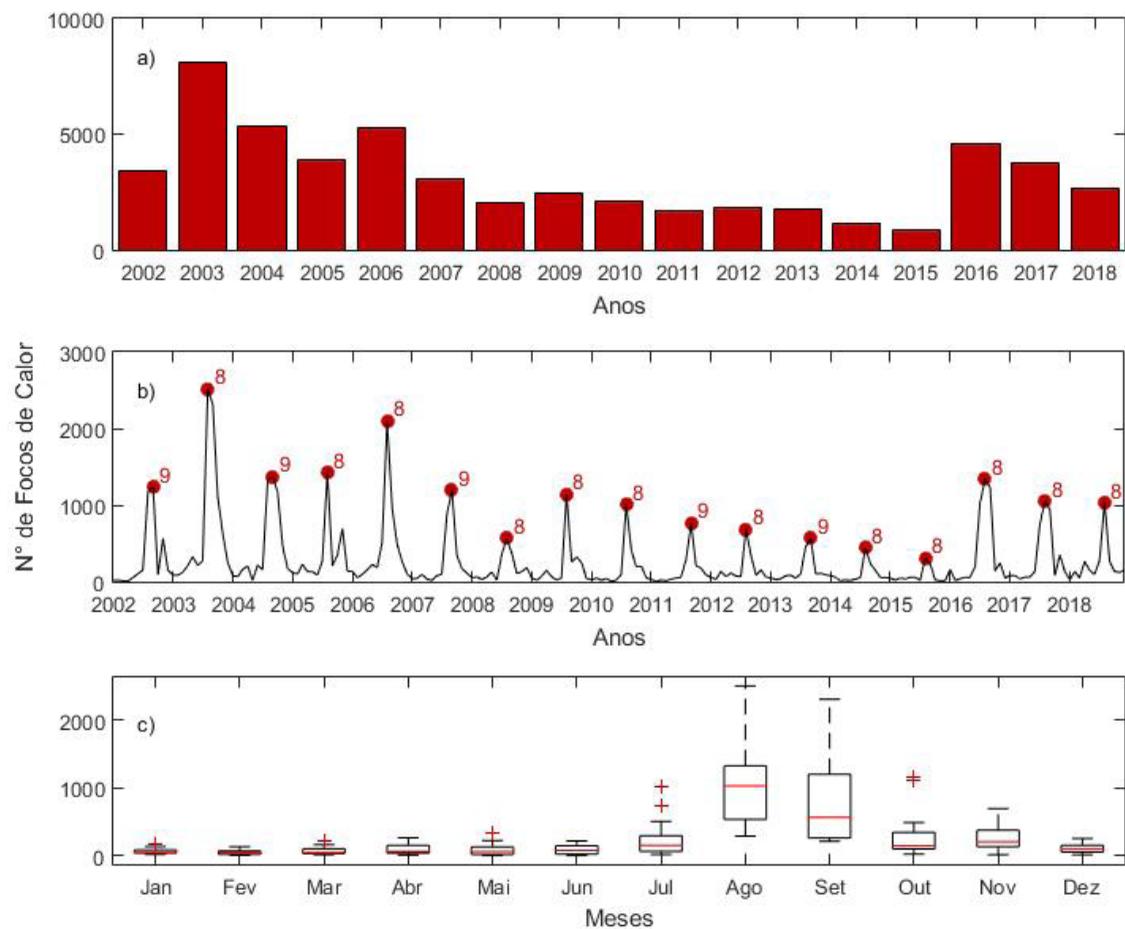
<sup>2</sup> \_ Levantamento preliminar de emissões industriais. Não inclui todas as indústrias do estado.

Tabela 2 \_ Quadro comparativo entre emissões de queimadas, veiculares e industriais em SC.

Através da Tabela 2 é possível observar que as emissões de CO, CO<sub>2</sub> e Material Particulado pelas queimadas são muito superiores às emissão pelo escapamento dos veículos e indústrias do estado de SC. Entre os poluentes avaliados, apenas o NO<sub>x</sub> é emitido em taxa maior pelos veículos.

Nota-se que as emissões pelas queimadas reduziram entre 2017 e 2018. Através da Figura 3 b), é possível analisar o número de focos de calor entre 2002 e 2018. Os focos de calor são detectados por satélites através da medição da Potência Radiativa do Fogo (FRP, em inglês). A

FRP é definida como uma taxa em que a energia é emitida como radiação eletromagnética durante a combustão. Pode ser observado na Figura 3 b) que houve um acréscimo abrupto entre 2015 e 2016, onde as emissões pelas queimadas mudaram de patamar, interrompendo uma sequência de anos com reduções. A Figura 3 a) e c) mostra a ocorrência de focos de calor e os respectivos meses em que os valores máximos aconteceram. Verifica-se que em SC os números de focos de calor chega ao seu valor máximo nos meses de agosto e setembro.



**Figura 3\_** a) Série temporal do somatório mensal de focos de calor de 2002 a 2018 em SC, onde os círculos vermelhos indicam o mês de maior ocorrência. b) total anual de focos de calor em SC. c) boxplot do somatório focos de calor segregado por mês do ano, onde as linhas vermelhas representam a mediana e o símbolo de + outliers (acima de 99.5% da média do período).





# EMISSÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NAS MESORREGIÕES DE SC

A Figura 4 aponta a distribuição de focos de calor identificadas pelo FINN em cada região de SC nos anos de 2017 e 2018. A mesma figura ainda indica algumas cidades de cada região.

A Figura 5 apresenta as emissões de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> pelas queimadas nas mesorre-

giões catarinense nos anos de 2017 e 2018, em valores absolutos e em relação ao total do estado. A Figura 6 apresenta as emissões de CH<sub>4</sub>, COV, OC, BC e MP<sub>2,5</sub> pelas queimadas nas mesorregiões catarinense nos anos de 2017 e 2018, em valores absolutos e em relação ao total do estado.

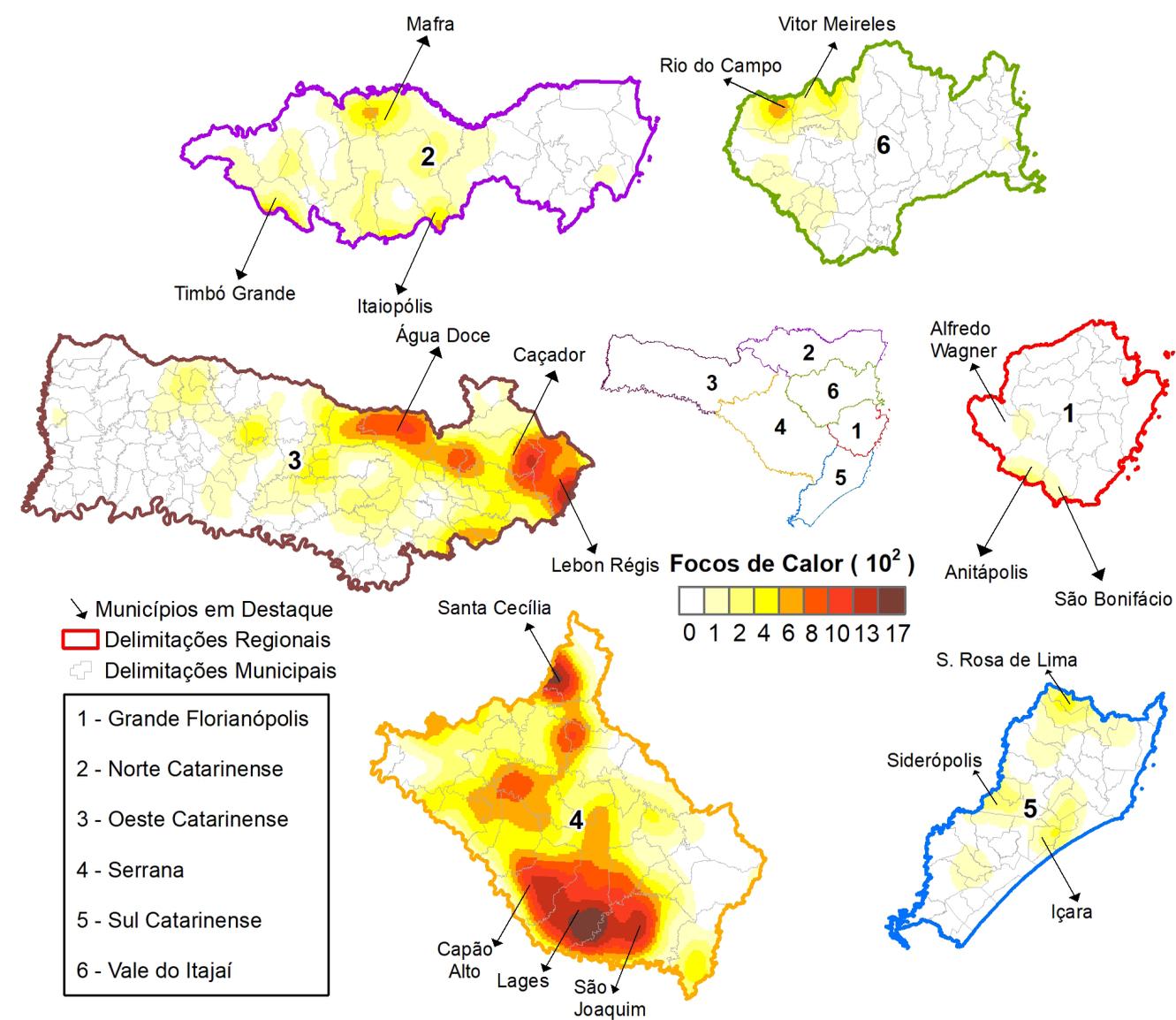


Figura 4 \_ Densidade de focos de calor nas regiões catarinenses e respectivas cidades.

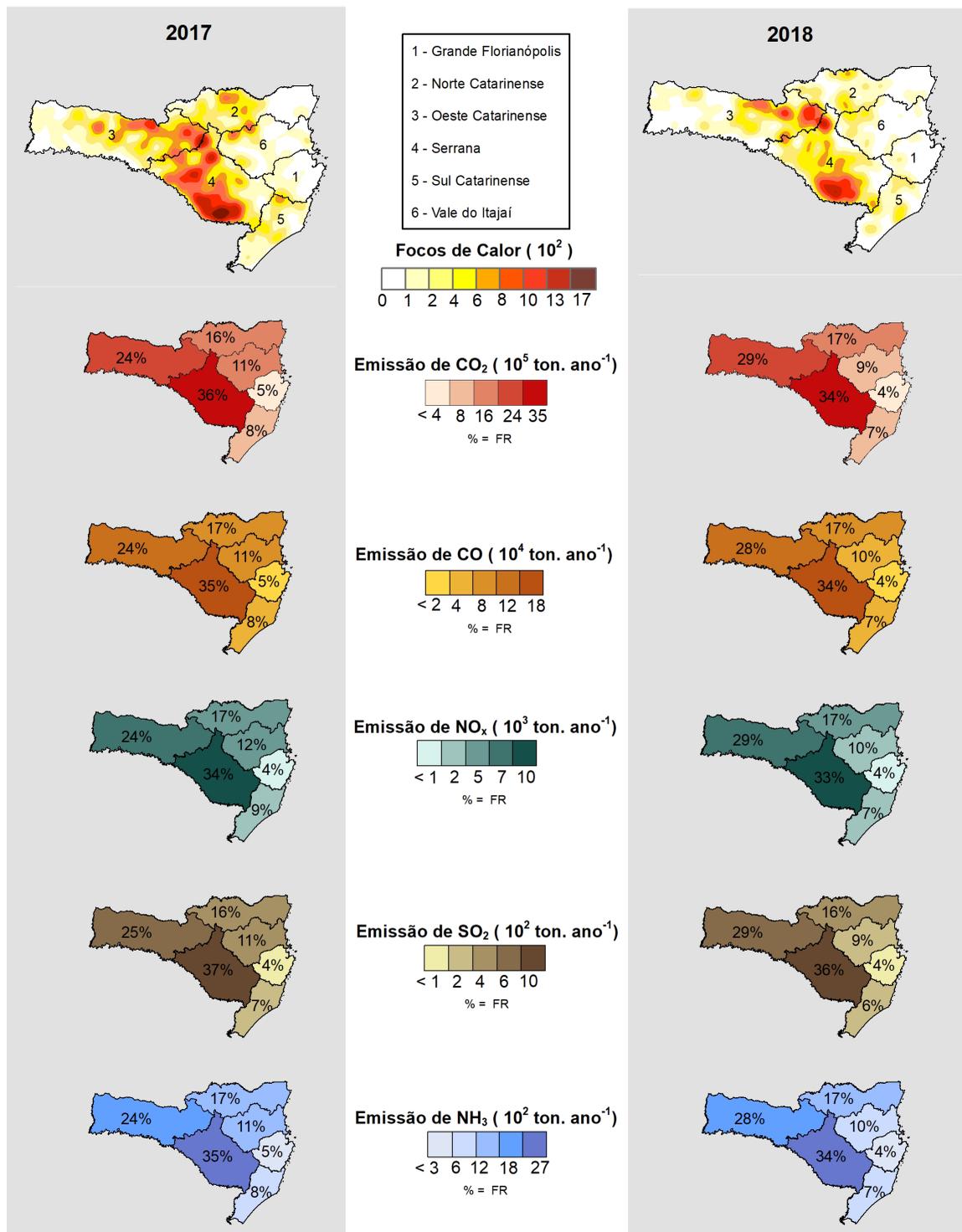


Figura 5 \_ Densidade de focos de calor nas regiões catarinenses e emissões de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> pelas queimadas nas mesorregiões catarinense nos anos de 2017 e 2018, em valores absolutos e em relação ao total do estado

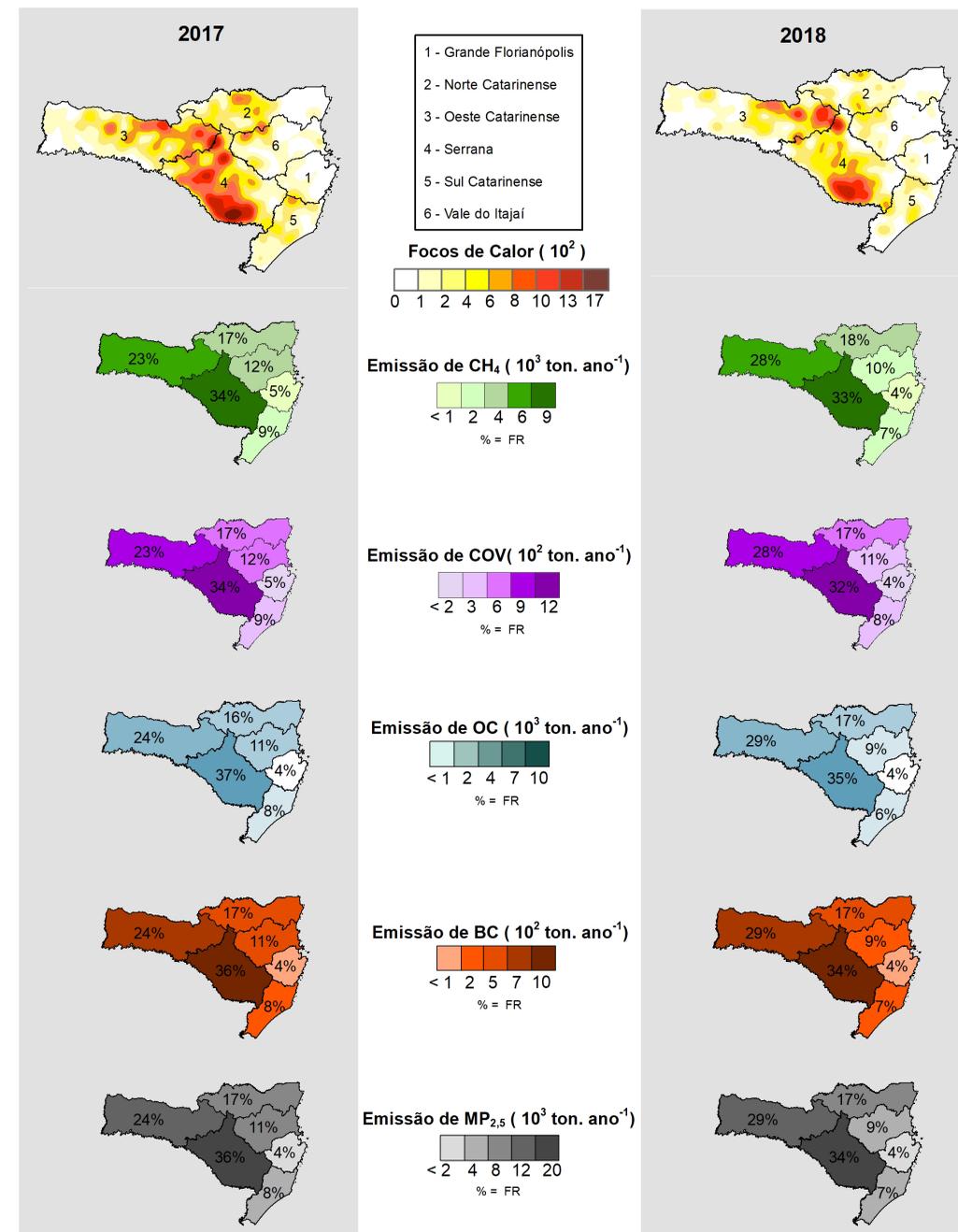


Figura 6 \_ Densidade de focos de calor nas regiões catarinenses e emissões de CH<sub>4</sub>, COV, OC, BC, e MP<sub>2,5</sub> pelas queimadas nas mesorregiões catarinense nos anos de 2017 e 2018, em valores absolutos e em relação ao total do estado.

Verifica-se nas Figuras 5 e 6 que a região Serrana é a maior emissora de poluentes pelas queimadas em SC. A referida região emite de 32 a 37% do total do estado, em relação às queimadas. O Oeste

de SC aparece como a segunda maior emissora. Tanto o Oeste como a Serra são mesorregiões conhecidas pela atividade agropecuária (produção de grãos, rebanho bovino e produção de madeira).



## EMISSÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NAS CIDADES DE SC

As Figuras 7 e 8 apresentam as emissões de poluentes nas cidades catarinenses nos anos de 2017 e 2018. Verifica-se que as cida-

des nas regiões Serrana e Oeste são as maiores emissoras de poluentes pela queima de biomassa.

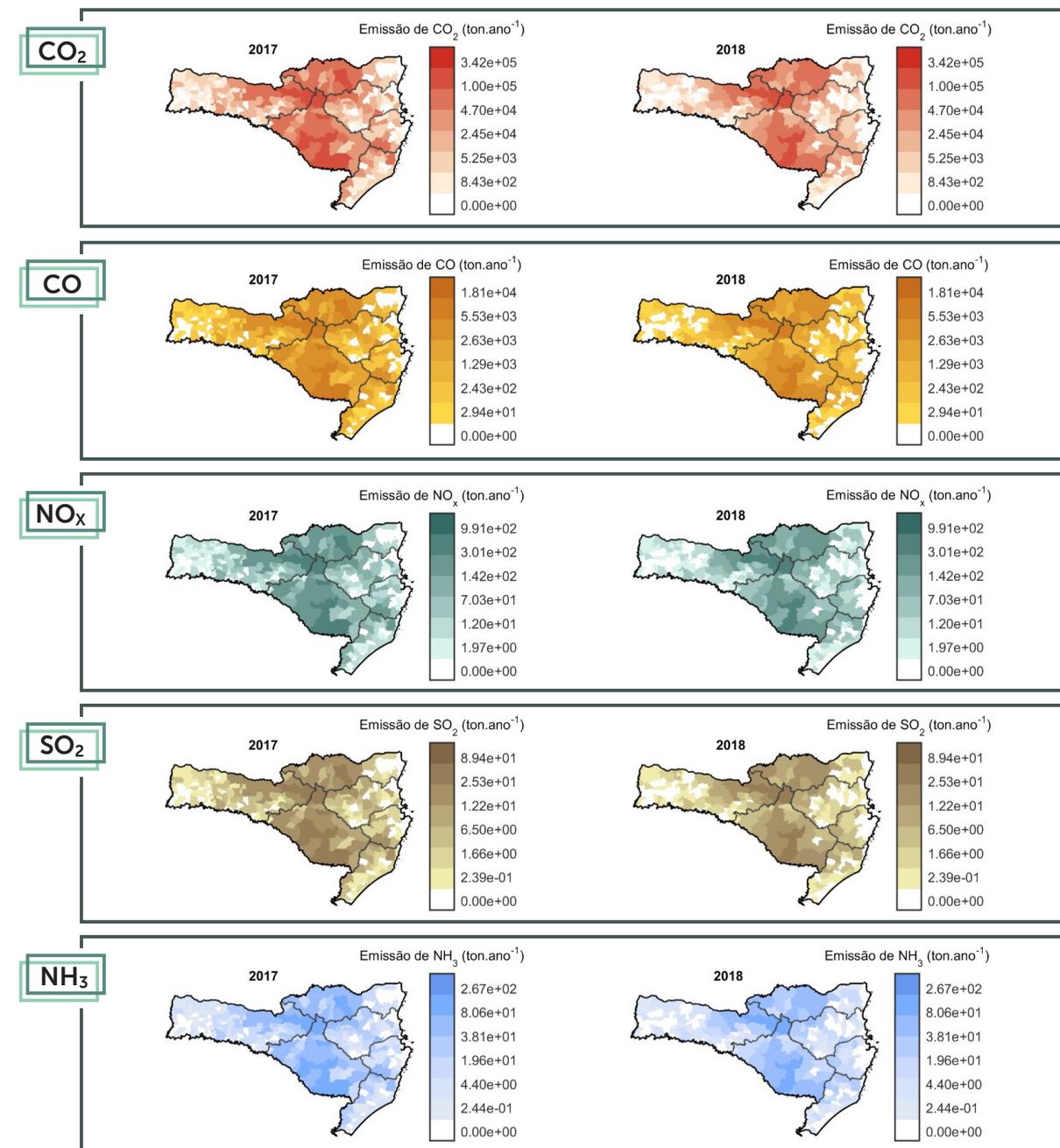


Figura 7 \_ Emissões de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> nas cidades catarinenses.

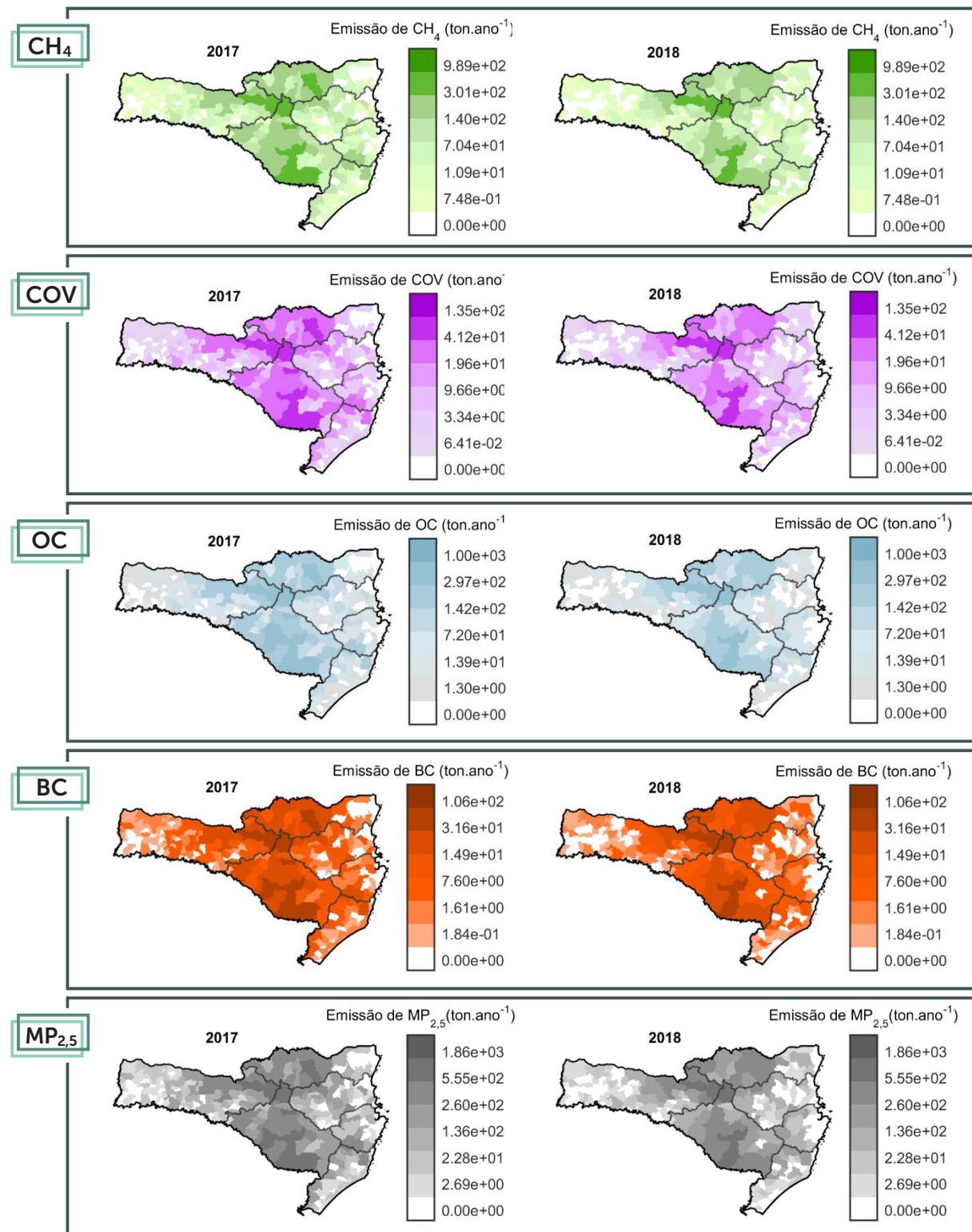


Figura 8 \_ Emissões de CH<sub>4</sub>, COV, OC, BC e MP<sub>2,5</sub> nas cidades catarinenses.

As cidades de Santa Cecília (Serra), Itaiópolis (Norte), São Cristóvão do Sul (Serra), Lages (Serra), São Joaquim (Serra), Caçador (Oeste), Lebon Régis (Oeste), Campo Belo do Sul (Serra), São José do Cerrito (Serra), Bocaina do Sul (Serra) são os 10 primeiros emissores de CO<sub>2</sub> de origem pelas queimadas no estado. Em re-

lação aos outros poluentes, há uma mudança na ordem de ranqueamento. Entretanto, as cidades que lideram são as mesmas. Capão Alto (Serra) aparece na décima colocação entre os emissores de NO<sub>x</sub>. O Apêndice A apresenta a lista de municípios e suas respectivas emissões no ano de 2017.



Foto por Nathan Campos Teixeira



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta o primeiro inventário de emissões atmosféricas pela queima de biomassa no estado de Santa Catarina. O modelo FINN foi utilizado como base para a estimativa das emissões. Uma análise das emissões foi feita por região e cidades de SC, para cada poluente, nos anos de 2017 e 2018.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que as emissões das queimadas superam as dos veículos e indústrias quanto aos poluentes CO, CO<sub>2</sub> e Material Particulado. Portanto, as queimadas podem ser consideradas como uma fonte importante de lançamento de poluentes para a atmosfera. De acordo com a evolução das queimadas ao longo dos anos, é possível afirmar que houve um acréscimo abrupto nas emissões entre os anos de 2015 e 2016, interrompendo uma série de reduções nos anos anteriores.

Em relação às regiões do estado, a Serra é a maior emissora, seguida do Oeste e Norte. As mesorregiões do Vale do Itajaí, Sul e Grande Florianópolis são as menores emissoras (em ordem decrescente). A região Serrana contribui com até 37% das emissões pela queima de biomassa do estado inteiro.

Entre os municípios que mais emitem poluentes através das queimadas estão: Santa Cecília (Serra), Itaiópolis (Norte), São Cristovão do Sul (Serra), Lages (Serra), São Joaquim (Serra), Caçador (Oeste), Lebon Régis (Oeste), Campo Belo do Sul (Serra), São José do Cerrito (Serra), Bocaina do Sul (Serra) e Capão Alto (Serra).

Através das informações apresentadas neste relatório, é possível identificar pontos críticos de emissão de poluentes pelas queimadas e traçar estratégias de controle destes eventos.

De acordo com a análise de dados, maior parte das emissões ocorre entre os meses de agosto e outubro. O acúmulo de eventos em um curto espaço de tempo pode causar efeitos nocivos à saúde e meio ambiente.

Este trabalho faz parte de um conjunto de estudos relacionados às emissões atmosféricas pelas principais fontes de poluentes no estado de Santa Catarina. As informações levantadas são de grande valia para a elaboração de um sistema de gestão da qualidade do ar em SC. Temos como perspectiva a identificação de possíveis causadores das queimadas, o tipo de uso do solo que as mesmas ocorrem, quais culturas/manejos estão associadas às emissões, entre outras.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE FILHO, V. S. DE et al. Aerossóis de queimadas e doenças respiratórias em crianças, Manaus, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 239–247, 2013.

ARTAXO, P. et al. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 168–189, 2006.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Qualidade do Ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

COCHRANE, M. A.; BARBER, C. P. Climate change, human land use and future fires in the Amazon. **Global Change Biology**, 2009.

CORRÊA, A. **Quinhentos Anos de Degradação - Ocorrências de 1500-2000**. [s.l.: s.n.].

DENATRAN. **Frota de Veículos**. Disponível em: <<http://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estatisticas-frota-de-veiculos-denatran.html>>.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. CENTRO DE SOCIECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2016 – 2017**. Florianópolis/SC: [s.n.].

GUTTIKUNDA, S. K. et al. Air quality, emissions, and source contributions analysis for the Greater Bengaluru region of India. **Atmospheric Pollution Research**, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Industrial 2013**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Brasil em síntese**. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/>>.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. [s.l.: s.n.].

LANDRY, J. S.; MATTHEWS, H. D. Non-deforestation fire vs. fossil fuel combustion: The source of CO<sub>2</sub> emissions affects the global carbon cycle and climate responses. **Biogeosciences**, 2016.

## REFERÊNCIAS

LELIEVELD, J. et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. **Nature**, 2015.

RAVINDRA, K.; SINGH, T.; MOR, S. Emissions of air pollutants from primary crop residue burning in India and their mitigation strategies for cleaner emissions. **Journal of Cleaner Production**, 2019.

SHI, Y. et al. Comparison of global inventories of CO<sub>2</sub> emissions from biomass burning during 2002–2011 derived from multiple satellite products. **Environmental Pollution**, 2015.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 219–232, 1997.

SUN, X. et al. Development of emissions inventory and identification of sources for priority control in the middle reaches of Yangtze River Urban Agglomerations. **Science of the Total Environment**, 2018.

URBANSKI, S. P.; HAO, W. M.; BAKER, S. **Chapter 4 Chemical Composition of Wildland Fire Emissions** *Developments in Environmental Science*, 2008.

WIEDINMYER, C. et al. The Fire INventory from NCAR (FINN) – a high resolution global model to estimate the emissions from open burning. **Geoscientific Model Development Discussions**, v. 3, n. 4, p. 2439–2476, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air pollution levels rising in many of the world's poorest cities**. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-rising/en/>>.

ZHAO, Y. et al. Quantifying the uncertainties of China's emission inventory for industrial sources: From national to provincial and city scales. **Atmospheric Environment**, 2017.

ZHONG, Z. et al. Recent developments of anthropogenic air pollutant emission inventories in Guangdong province, China. **Science of the Total Environment**, 2018.

ZHOU, Y. et al. A new statistical approach for establishing high-resolution emission inventory of primary gaseous air pollutants. **Atmospheric Environment**, 2014.



## APÊNDICE A EMISSÕES PELA QUEIMA DE BIOMASSA NAS CIDADES CATARINENSES EM 2017

MUNICÍPIO	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	COV	OC	BC	MP <sub>2,5</sub>
ABDON BATISTA	26.782	1.289	66	8	20	62	8	86	8	144
ABELARDO LUZ	72.851	3.786	207	20	55	195	28	209	22	383
AGROLÂNDIA	20.579	1.152	64	5	17	64	9	59	7	114
AGRONÔMICA	3.174	216	11	1	4	12	5	7	1	13
ÁGUA DOCE	148.106	7.640	401	43	119	388	63	451	47	784
ÁGUAS DE CHAPECÓ	910	32	2	0	0	1	0	1	0	3
ÁGUAS MORNAS	48.287	2.704	150	12	39	150	21	138	15	267
ALFREDO WAGNER	9.251	426	19	3	8	18	4	32	3	47
ANCHIETA	797	28	2	0	0	1	0	1	0	3
ANGELINA	11.144	624	35	3	9	35	5	32	4	62
ANITA GARIBALDI	69.038	3.419	175	21	53	171	21	225	21	380
ANITÁPOLIS	80.069	4.443	244	20	65	245	33	231	25	443
APIÚNA	58.246	3.219	177	15	47	177	24	169	18	322
ARAQUARI	6.080	323	18	2	4	17	2	16	2	32
ARARANGUÁ	5.253	300	16	1	5	15	5	13	2	23
ARMAZÉM	9.285	520	29	2	8	29	4	27	3	51
ARROIO TRINTA	26.765	1.420	76	7	21	75	10	81	8	148
ARVOREDO	788	27	2	0	0	1	0	1	0	3
ATALANTA	2.023	93	6	1	1	4	1	3	1	7
AURORA	12.324	690	38	3	10	38	5	35	4	68
BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA	806	28	2	0	0	1	0	1	0	3
BALNEÁRIO CAMBORIÚ	300	10	1	0	0	0	0	0	0	1
BALNEÁRIO GAIVOTA	2.614	152	7	1	3	8	3	8	1	12
BALNEÁRIO RINCAO	797	28	2	0	0	1	0	1	0	3
BANDEIRANTE	1.659	58	4	0	0	1	0	3	0	5
BARRA BONITA	1.772	62	4	1	1	2	0	3	0	6
BELA VISTA DO TOLDO	81.521	4.565	252	20	66	253	35	233	26	452
BELMONTE	881	31	2	0	0	1	0	1	0	3
BENEDITO NOVO	38.788	2.172	120	9	31	120	17	111	12	215
BIGUAÇU	15.518	853	48	4	12	46	6	43	5	84
BLUMENAU	14.138	762	43	3	11	41	6	39	4	75
BOCAINA DO SUL	175.565	9.831	544	43	142	545	75	502	56	972
BOM JARDIM DA SERRA	37.112	1.745	86	12	28	83	10	126	11	203
BOM JESUS	1.128	45	2	0	1	2	0	4	0	6
BOM JESUS DO OESTE	779	27	2	0	0	1	0	1	0	2
BOM RETIRO	55.155	3.008	165	14	44	163	22	160	17	303
BOTUVERÁ	75.844	4.247	235	18	61	235	32	217	24	420
BRAÇO DO NORTE	13.079	714	40	3	10	39	5	36	4	70
BRAÇO DO TROMBUDO	7.330	278	14	3	4	9	1	22	2	34
BRUNÓPOLIS	19.952	1.052	57	5	16	55	8	59	6	107
ÇAÇADOR	306.484	16.938	929	77	247	928	128	889	97	1.691

MUNICÍPIO	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	COV	OC	BC	MP <sub>2,5</sub>
CAIBI	5.955	228	11	2	3	8	1	19	2	28
CALMON	142.659	7.854	429	36	116	428	60	417	45	786
CAMBORIÚ	24.243	1.342	75	6	19	74	10	68	8	133
CAMPO ALEGRE	24.687	1.382	76	6	20	77	11	71	8	137
CAMPO BELO DO SUL	225.566	11.440	596	66	174	584	74	715	70	1.239
CAMPO ERÊ	3.372	152	7	1	2	7	1	12	1	18
CAMPOS NOVOS	118.040	6.348	339	32	98	332	58	345	38	622
CANELINHA	12.174	682	38	3	10	38	5	35	4	67
CANOINHAS	111.812	6.086	333	29	89	328	46	324	35	609
CAPÃO ALTO	166.230	8.101	419	50	123	397	49	527	50	894
CAPINZAL	7.266	280	13	3	4	10	1	24	2	36
CATANDUVAS	146.507	8.204	454	36	119	455	62	419	46	811
CELSO RAMOS	77.616	4.006	211	22	61	208	27	243	24	427
CERRO NEGRO	100.280	5.290	282	28	80	278	39	305	31	548
CHAPECÓ	54.889	2.964	160	14	44	160	21	164	17	303
CONCÓRDIA	26.763	1.401	74	7	21	74	10	82	8	148
CORDILHEIRA ALTA	1.217	48	2	0	1	2	0	5	0	7
CORONEL FREITAS	23.052	1.281	69	6	20	69	12	67	7	124
CORREIA PINTO	83.931	4.445	238	23	66	236	31	255	26	463
CRICIÚMA	779	27	2	0	0	1	0	1	0	2
CUNHA PORÃ	1.724	60	4	0	0	2	0	3	0	6
CURITIBANOS	158.648	8.501	462	42	125	455	61	468	49	868
DIONÍSIO CERQUEIRA	2.031	76	4	1	1	3	0	6	1	9
DONA EMMA	42.614	2.386	132	10	34	132	18	122	13	236
DOUTOR PEDRINHO	13.651	764	42	3	11	42	6	39	4	76
ENTRE RIOS	28.406	1.477	78	8	22	77	10	88	9	157
ERVAL VELHO	18.461	882	46	6	13	42	5	57	5	97
FAXINAL DOS GUEDES	41.948	2.338	128	11	35	128	20	121	13	229
FLOR DO SERTÃO	1.153	46	2	0	1	2	0	4	0	6
FORMOSA DO SUL	3.128	120	6	1	2	4	0	10	1	15
FORQUILHINHA	2.285	80	5	1	1	2	0	4	0	7
FRAIBURGO	73.842	3.861	205	21	58	203	26	228	23	407
FREI ROGÉRIO	3.485	138	6	1	2	5	0	13	1	19
GALVÃO	3.295	238	12	1	5	13	6	7	1	12
GARUVA	11.846	645	35	3	9	35	5	35	4	65
GASPAR	959	38	2	0	1	1	0	4	0	5
GRÃO PARÁ	26.541	1.469	82	6	21	81	11	75	8	145
GUARACIABA	16.033	841	45	4	13	44	6	49	5	88
GUARAMIRIM	3.384	201	11	1	3	10	4	8	1	14
GUARUJÁ DO SUL	816	28	2	0	0	1	0	1	0	3
GUATAMBÚ	834	29	2	0	0	1	0	1	0	3

MUNICÍPIO	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	COV	OC	BC	MP <sub>2,5</sub>
IBIAM	15.726	798	41	5	12	41	5	50	5	86
IBICARÉ	1.128	63	3	0	1	4	0	3	0	6
IBIRAMA	36.264	2.031	112	9	29	113	15	104	11	201
IÇARA	7.914	336	20	2	4	12	3	15	2	28
ILHOTA	40.277	2.255	125	10	33	125	17	115	13	223
IMARUÍ	86.858	4.846	268	21	70	268	37	247	27	479
IMBITUBA	1.395	49	3	0	0	1	0	2	0	4
INDAIAL	27.944	1.565	87	7	23	87	12	80	9	155
IOMERÊ	2.057	82	3	1	1	3	0	8	1	11
IPIRA	1.257	50	2	0	1	2	0	5	0	7
IPORÃ DO OESTE	1.030	39	2	0	1	1	0	3	0	5
IPIUAÇU	20.210	782	37	8	12	28	2	68	6	100
IPUMIRIM	16.732	803	41	5	12	39	5	53	5	89
IRANI	18.238	896	47	5	14	44	5	58	6	98
IRATI	1.128	45	2	0	1	2	0	4	0	6
IRINEÓPOLIS	31.486	1.776	98	8	26	97	16	88	10	169
ITAIÓPOLIS	345.119	18.994	1.041	87	277	1.039	141	1.004	109	1.907
ITAJAÍ	2.779	130	8	1	2	5	2	5	1	9
ITUPORANGA	1.629	57	4	0	0	1	0	3	0	5
JABORÁ	6.889	273	12	3	5	10	1	26	2	37
JACINTO MACHADO	36.413	2.021	112	9	29	111	15	103	11	200
JAGUARUNA	13.038	721	39	3	11	38	7	36	4	68
JARAGUÁ DO SUL	15.098	845	47	4	12	47	6	43	5	84
JOAÇABA	22.018	1.165	63	6	17	62	8	65	7	120
JOSÉ BOITEUX	172.168	9.641	533	42	139	534	73	493	54	954
JUPIÁ	1.080	60	3	0	1	3	0	3	0	6
LAGES	339.052	16.801	876	102	255	830	108	1.051	103	1.815
LAGUNA	4.859	243	12	2	4	11	4	14	2	22
LEBON RÉGIS	290.943	15.645	845	77	231	840	112	871	91	1.607
LEOBERTO LEAL	45.778	2.563	142	11	37	142	19	131	14	254
LONTRAS	14.738	825	46	4	12	46	6	42	5	82
LUZERNA	9.801	549	30	2	8	30	4	28	3	54
MACIEIRA	127.265	7.043	387	32	102	387	53	369	40	704
MAFRA	140.960	7.562	405	38	116	397	66	414	45	749
MAJOR GERCINO	42.341	2.371	131	10	34	131	18	121	13	235
MAJOR VIEIRA	24.869	1.176	58	8	19	56	7	84	8	136
MARAVILHA	3.978	150	8	1	2	5	0	11	1	18
MAREMA	843	29	2	0	0	1	0	1	0	3
MASSARANDUBA	14.033	786	43	3	11	44	6	40	4	78
MATOS COSTA	15.795	843	45	4	13	45	6	48	5	87
MELEIRO	2.940	212	11	1	4	11	6	6	1	11

MUNICÍPIO	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	COV	OC	BC	MP <sub>2,5</sub>
MIRIM DOCE	11.892	719	39	3	12	40	10	32	4	60
MONTE CARLO	6.715	261	12	3	4	10	1	23	2	34
MONTE CASTELO	100.223	5.534	304	25	81	304	41	291	32	555
MORRO GRANDE	54.582	3.080	170	13	45	171	25	155	17	300
NOVA ITABERABA	2.846	105	6	1	1	3	0	7	1	12
NOVA TRENTO	1.116	62	3	0	1	3	0	3	0	6
NOVA VENEZA	2.004	95	5	1	2	5	1	7	1	11
NOVO HORIZONTE	825	29	2	0	0	1	0	1	0	3
ORLEANS	61.002	3.377	185	15	49	186	25	177	19	338
OTACÍLIO COSTA	45.123	2.506	138	11	36	138	19	130	14	250
OURO	11.806	623	33	3	9	33	4	36	4	65
OURO VERDE	1.613	56	4	0	0	1	0	2	0	5
PAINEL	37.649	1.815	93	12	28	88	11	121	11	203
PALHOÇA	806	28	2	0	0	1	0	1	0	3
PALMA SOLA	3.595	212	12	1	4	11	4	8	1	15
PALMEIRA	88.270	4.847	265	22	71	265	36	258	28	488
PALMITOS	5.606	332	17	2	6	16	7	14	2	23
PAPANDUVA	52.835	2.687	142	15	40	137	18	163	16	287
PARAÍSO	4.977	184	10	2	2	6	0	13	1	21
PASSOS MAIA	146.730	7.791	416	40	116	412	54	447	46	812
PAULO LOPES	22.693	1.271	70	6	18	70	10	65	7	126
PEDRAS GRANDES	8.945	501	28	2	7	28	4	26	3	50
PINHALZINHO	1.537	54	4	0	0	1	0	2	0	5
PINHEIRO PRETO	2.079	78	4	1	1	3	0	6	1	9
PIRATUBA	930	40	2	0	0	2	0	2	0	4
PONTE ALTA	87.693	4.750	258	23	70	257	34	261	28	485
PONTE ALTA DO NORTE	67.678	3.790	210	16	55	210	29	194	21	375
PONTE SERRADA	118.154	6.537	359	30	95	359	49	343	37	654
PORTO UNIÃO	152.286	8.527	472	37	123	473	65	436	48	843
POUSO REDONDO	19.087	966	50	6	15	49	6	61	6	105
PRAIA GRANDE	16.849	928	52	4	13	51	7	47	5	92
PRESIDENTE CASTELLO BRANCO	11.124	603	33	3	9	33	4	33	3	61
PRESIDENTE GETÚLIO	32.818	1.838	102	8	27	102	14	94	10	182
PRESIDENTE NEREU	25.542	1.430	79	6	21	79	11	73	8	141
PRINCESA	825	29	2	0	0	1	0	1	0	3
QUILOMBO	16.588	874	47	4	13	46	6	49	5	90
RANCHO QUEIMADO	13.644	764	42	3	11	42	6	39	4	76
RIO DAS ANTAS	72.398	3.850	206	20	57	205	27	219	23	400
RIO DO CAMPO	146.149	8.135	444	37	122	444	69	423	47	798
RIO DO OESTE	1.257	50	2	0	1	2	0	5	0	7
RIO DOS CEDROS	40.350	2.259	125	10	33	125	17	115	13	223

MUNICÍPIO	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	COV	OC	BC	MP <sub>2,5</sub>
RIO FORTUNA	72.651	4.051	224	18	58	224	31	207	23	400
RIO NEGRINHO	124.003	6.906	382	30	100	381	52	355	39	685
RIO RUFINO	12.220	684	38	3	10	38	5	35	4	68
ROMELÂNDIA	797	28	2	0	0	1	0	1	0	3
SALETE	37.334	2.091	116	9	30	116	16	107	12	207
SALTINHO	3.309	131	6	1	2	5	0	13	1	18
SALTO VELOSO	35.744	2.001	111	9	29	111	15	102	11	198
SANGÃO	3.063	162	9	1	3	7	3	6	1	11
SANTA CECÍLIA	469.932	26.072	1.436	116	378	1.435	196	1.355	148	2.598
SANTA ROSA DE LIMA	120.212	6.690	369	30	97	369	50	346	38	666
SANTA TEREZINHA	98.833	5.474	301	25	80	301	41	286	31	547
SANTA TEREZINHA DO PROGRESSO	797	28	2	0	0	1	0	1	0	3
SANTIAGO DO SUL	834	29	2	0	0	1	0	1	0	3
SÃO BENTO DO SUL	27.936	1.551	85	7	23	85	12	81	9	155
SÃO BERNARDINO	3.384	134	6	1	2	5	0	13	1	18
SÃO BONIFÁCIO	79.548	4.454	246	19	64	247	34	228	25	441
SÃO CRISTOVÃO DO SUL	344.231	19.045	1.046	86	277	1.046	142	999	109	1.905
SÃO DOMINGOS	2.256	79	5	1	1	2	0	3	0	7
SÃO JOÃO BATISTA	13.849	775	43	3	11	43	6	40	4	77
SÃO JOÃO DO OESTE	1.217	48	2	0	1	2	0	5	0	7
SÃO JOÃO DO SUL	2.989	115	6	1	2	4	0	10	1	14
SÃO JOAQUIM	309.057	15.778	818	91	241	803	104	977	95	1.701
SÃO JOSÉ DO CEDRO	834	29	2	0	0	1	0	1	0	3
SÃO JOSÉ DO CERRITO	214.958	10.869	564	63	166	554	70	685	66	1.182
SÃO LOURENÇO DO OESTE	12.769	533	29	4	8	20	4	33	4	54
SÃO LUDGERO	12.820	718	40	3	10	40	5	37	4	71
SÃO MARTINHO	32.694	1.831	101	8	26	101	14	94	10	181
SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA	21.578	1.191	66	5	17	65	9	61	7	118
SAUDADES	853	30	2	0	0	1	0	1	0	3
SEARA	4.432	191	10	1	3	8	1	14	1	22
SERRA ALTA	4.380	218	12	1	4	9	3	10	1	18
SIDERÓPOLIS	62.439	3.496	193	15	51	194	27	179	20	346
SOMBRIO	3.150	227	12	1	5	12	6	7	1	12
SUL BRASIL	816	28	2	0	0	1	0	1	0	3
TAIÓ	20.077	1.000	51	6	15	50	6	65	6	110
TANGARÁ	44.355	2.144	108	14	34	105	13	147	14	243
TIJUCAS	10.823	606	34	3	9	34	5	31	3	60
TIMBÉ DO SUL	51.125	2.863	158	12	41	159	22	146	16	283
TIMBÓ	718	25	2	0	0	1	0	1	0	2
TIMBÓ GRANDE	129.489	7.074	386	33	104	385	52	381	41	716
TRÊS BARRAS	106.564	5.646	301	29	85	298	42	325	33	584

MUNICÍPIO	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	COV	OC	BC	MP <sub>2,5</sub>
TREVISO	50.675	2.838	157	12	41	157	22	145	16	281
TREZE DE MAIO	3.073	154	9	1	2	8	1	8	1	15
TREZE TÍLIAS	24.509	1.204	61	8	19	60	7	80	7	135
TROMBUDO CENTRAL	3.574	258	13	1	5	14	7	8	2	13
TUBARÃO	770	27	2	0	0	1	0	1	0	2
TURVO	1.575	114	6	0	2	6	3	3	1	6
UNIÃO DO OESTE	1.678	59	4	0	0	1	0	3	0	5
URUBICI	73.438	3.962	213	20	59	212	30	220	23	403
URUPEMA	4.691	204	9	2	3	9	1	17	1	26
URUSSANGA	24.520	1.373	76	6	20	76	10	70	8	136
VARGEÃO	4.702	186	8	2	3	7	1	18	1	25
VARGEM	64.951	3.413	181	18	53	177	28	197	20	348
VARGEM BONITA	17.682	896	47	5	14	46	6	56	5	97
VIDAL RAMOS	27.260	1.516	82	7	23	82	13	79	9	148
VIDEIRA	22.742	1.123	58	7	17	56	7	72	7	123
VITOR MEIRELES	103.813	5.813	321	25	84	322	44	297	33	575
WITMARSUM	11.080	620	34	3	9	34	5	32	4	61
XANXERÊ	5.339	197	11	2	3	6	1	14	1	22
XAVANTINA	21.413	1.090	57	6	17	56	7	68	7	118
XAXIM	21.503	1.175	65	5	17	64	9	62	7	118
ZORTÉA	1.595	56	4	0	0	1	0	2	0	5



LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR