

## Comportamento dos gases de efeito estufa emitidos na queima de pastagem natural em Lages/SC

No município de Lages-SC, a queima de campo para manejo do solo ainda é muito praticada pelos produtores e pecuaristas. Contudo, apesar de liberadas em algumas situações, estas ações podem afetar a qualidade do solo e da vegetação e serem fontes emissoras de poluentes potencializando a poluição atmosférica e o aumento das concentrações dos gases de efeito estufa. Diante disso, objetivou-se com este estudo, verificar o comportamento dos gases emitidos na queima de uma pastagem natural e apresentar os possíveis impactos provenientes desta prática. As coletas foram efetuadas em um ponto controle sem presença de queima e em três pontos com a presença de queima, nas fases de chama e fumaça, mediante a equipamentos de medição portáteis e de resultados instantâneos. As coletas foram realizadas no período vespertino em setembro de 2020. Os gases amostrados foram o CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, além da temperatura e umidade relativa do ambiente. As concentrações dos pontos de coleta na fase de chama foram menores do que as concentrações nos pontos de coleta na fase de fumaça. Verificou-se que as concentrações dos compostos foram influenciadas pelos fatores meteorológicos, as características da vegetação predominante em cada ponto de coleta e pela dispersão destes por meio do vapor d'água. Diante da importância da manutenção das pastagens naturais e os impactos que as emissões provenientes das queimadas causam ao meio ambiente e à saúde humana, se fazem necessários mais estudos que venham a contribuir para o entendimento da relação deste com a presença do fogo. Em busca de manejo adequado, eficiente e de baixo impacto, que mantenham as pastagens naturais, proporcione qualidade ao solo e vegetação, bem como baixas emissões para a atmosfera. No entanto, estes conhecimentos devem ser dissipados, servindo de base para a criação de políticas eficientes e capazes de mitigar os impactos ao meio.

**Palavras-chave:** Queimada; Pastagem natural; Emissões atmosféricas; Gases de efeito estufa.

## Behavior of greenhouse gases emitted in the burning of natural pastures in Lages/SC

In the municipality of Lages-SC, biomass burning for soil management is still widely utilized by producers and ranchers. However, despite being allowed in some situations, this practice may affect the quality of soils and vegetation, and becoming sources of emissions of pollutants, potentializing air pollution and increasing the concentrations of greenhouse gases. In view of this, this study aimed to assess the behavior of greenhouse gases emitted in the burning of natural pastures, as well as showing the possible impacts caused by this practice. The samplings occurred in a Control Point without burnings and in three points where burnings were underway, during the stages of flame and smoke, utilizing portable measuring devices. Air samples were collected during afternoons in September 2020. The gases analyzed were CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>. Air temperature and relative humidity were also measured. The concentrations obtained in the sampling points during the stage of flame were lower than those registered during the stage of smoke. It could be noticed that the concentrations of the gases were influenced by meteorological factors, the characteristics of the predominant type of vegetation in each sampling point and by their dispersion by water vapor. Given the importance of the maintenance of natural pastures and the impacts from the emissions caused by burnings on the environment and human health, more studies that contribute for a better comprehension of the relation between these and the presence of fire are needed. However, this knowledge must be spread to support the creation of efficient public policies capable of mitigating environmental impacts.

**Keywords:** Burning; Natural pastures; Atmospheric emissions; Greenhouse gases.

Topic: **Conservação da Biodiversidade**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **05/08/2021**

Approved: **24/08/2021**

**Débora Cristina Correia Cardoso**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2767570871721905>  
[deboraccardoso@hotmail.com](mailto:deboraccardoso@hotmail.com)

**Valter Antonio Becegato**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3196823526572670>  
<http://orcid.org/0000-0002-6850-2846>  
[valter.becegato@udesc.br](mailto:valter.becegato@udesc.br)

**Jordana Dos Anjos Xavier**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1562975042294996>  
<http://orcid.org/0000-0002-1674-9812>  
[jordanaxavier94@gmail.com](mailto:jordanaxavier94@gmail.com)

**Daniely Neckel Rosini**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1290138248832119>  
<http://orcid.org/0000-0001-9873-6750>  
[danielybio@hotmail.com](mailto:danielybio@hotmail.com)

**Vitor Rodolfo Becegato**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7642634231071974>  
<http://orcid.org/0000-0003-4177-5833>  
[vitorvrb92@gmail.com](mailto:vitorvrb92@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0015

### Referencing this:

CARDOSO, D. C. C.; BECEGATO, V. A.; XAVIER, J. A.; ROSINI, D. N.; BECEGATO, V. R.. Comportamento dos gases de efeito estufa emitidos na queima de pastagem natural em Lages/SC. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p.151-164, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0015>

## INTRODUÇÃO

As recorrentes atividades antrópicas vinculadas ao desenvolvimento econômico têm influenciado na composição da biosfera, devido às emissões de gases poluentes, que contribuem para elevar as concentrações dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Tais GEE, são decorrentes das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), clorofluorcarbonos (CFC's) e vapores de água (MOITINHO, 2013). Encontrados naturalmente na atmosfera, estes elementos são responsáveis por manter a temperatura do planeta entre 15°C e 18°C. O fogo natural tem importante papel como agente ecológico na estruturação e manutenção dos ecossistemas (TUMOLO NETO, 2014). No entanto, o uso do fogo em práticas agropecuárias tem contribuído e potencializado os impactos ambientais provenientes deste.

No Brasil, a queima de biomassa vinculada a práticas de manejo do solo é atribuída pelos produtores como um método rápido, de baixo custo, para a limpeza de áreas destinadas à agricultura e pecuária (SANTOS et al., 2015; SODRÉ et al., 2018). Entretanto, a pecuária no Sul do país tem o sistema extensivo de criação como o mais utilizado, conforme os estudos conduzidos por Knorr et al. (2005); Werner (2014), os quais destacam que as pastagens nativas (PN), são a principal fonte de alimento para os animais. Com isso, o manejo das pastagens com uso do fogo vinculado às queimadas é ainda praticado pela maioria dos produtores na região serrana de Santa Catarina, após o período de outono e inverno. Tendo como argumento o favorecimento do rebrote e melhorar a qualidade da forragem (PRONER JUNIOR, 2020). Lages, dentre os municípios da Associação de Municípios da Região Serrana (AMURES) foi apontado pelo Censo Agropecuário de SC de acordo com IBGE (2017), em primeiro lugar no *ranking* de efetivo de rebanho bovino no estado. Além disso, teve elevado número de registros de Focos de Calor (FCs), vinculados ao planalto serrano de SC (TEIXEIRA, 2020). Estes dados também refletem na quantidade de Autorizações para Queima Controlada (AQC) registradas de 2009 a 2018 no município (IMA, 2020).

Contudo, as emissões provenientes das queimadas anuais para manejo de PN, podem influenciar na qualidade do ar na região, contribuindo para a poluição atmosférica. As pastagens manejadas com a queima, apresentam maiores teores de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera do que o manejo sem queima (SOUZA et al., 2015; ABDALLA et al., 2016). No entanto, a exposição a altos níveis de poluentes atmosféricos emitidos por queimadas, podem causar uma variedade de danos à saúde humana (CARMO et al., 2013). De acordo com o estudo conduzido por Ichoku et al. (2012), as características das emissões modificam-se conforme o clima e ecossistema local.

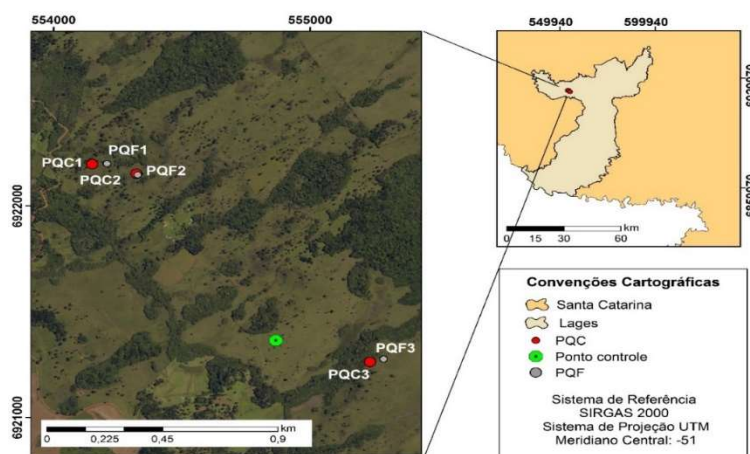
Em Lages, as queimadas autorizadas ocorrem com maior intensidade nos meses de julho e agosto (IMA, 2020). A lei n.12.651/2012 em seu Artigo 38 regulamenta a prática de queimada, autoriza o uso do fogo, mediante autorização do órgão estadual ambiental (BRASIL, 2012). Em Santa Catarina, a Instrução Normativa n.30/2020 baliza tal atividade (SANTA CATARINA, 2020).

Todavia, as pastagens manejadas com a prática da queimada, causam impactos ao solo, e emitem gases poluentes para a atmosfera (CHRISTOPHERSON, 2012; CARMO et al., 2013; SOUZA et al., 2015; ABDALLA et al., 2016). Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento das

emissões atmosféricas oriundas da queima de PN, no município de Lages-SC, provenientes de quatro pontos de coleta, comparando as concentrações do ponto controle com ausência de queima, com as concentrações dos pontos com a presença de queima, emitidas na fase de chama e fumaça, apresentando os possíveis impactos gerados pela prática.

## METODOLOGIA

Para o levantamento de dados das concentrações de poluentes atmosféricos, utilizou-se de quatro pontos de coleta, sendo um ponto controle com ausência de queimada e três pontos com presença de queimadas, situados em uma área rural particular no município de Lages-SC, onde são desenvolvidas atividades de pecuária extensiva e manejada com o uso do fogo na prática de queimadas há cerca de 40 anos. O manejo e controle do fogo foram realizados por dois funcionários da propriedade mediante a AQC. O Ponto Controle (PC), utilizado como referência situou-se em uma área com ausência de emissões atmosféricas de origem antrópica, e a medição ocorreu antes da queima. Os pontos de coleta nas áreas com a presença de queimada para a medição das concentrações de emissões provenientes da fase de chama e de fumaça foram numerados e denominados como: Ponto Queima Chama (PQC -1,2,3) e Ponto Queima Fumaça (PQF -1,2,3) (Figura 1). De acordo com a base de dados do IBGE (2006), os solos da área de estudo são do tipo Nitossolo Bruno Distrófico. Já, a vegetação conforme IBGE (2004), é do tipo Estepe Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria. Contudo, a área de estudo tinha predomínio da vassoura-branca (*Baccharis dracunculifolia*), carqueja (*Baccharis crips spreng*) e a macega (*Saccharum angustifolium* Ness).



**Figura 1:** Identificação dos pontos de coleta de dados no município de Lages.

Os pontos amostrados, apresentavam ventos leves e ausência de chuva, conforme determina a Instrução Normativa n.30 do IMA (SANTA CATARINA, 2020). Levou-se em consideração as instruções da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mediante as prescritas na Norma Brasileira (NBR) nº 10151, de junho de 2019 (ABNT, 2019). Para a medição de ruídos a NBR nº 10151 refere-se à utilização de um equipamento portátil semelhante aos utilizados para a medição dos poluentes atmosféricos neste estudo, de acordo com a NBR o equipamento de medição esteve a aproximadamente um metro (m) de altura em relação ao solo (XAVIER et al., 2021).

Cada um dos pontos fora amostrado três vezes, cujos poluentes atmosféricos medidos foram: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), além das variáveis temperatura ambiente e umidade relativa ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comportamento dos compostos medidos na área com ausência de queimada

O CO<sub>2</sub> é essencial para a vida no planeta, sendo encontrado naturalmente na atmosfera, visto que é um dos principais compostos para a realização da fotossíntese. Mas a liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera pode ocorrer oriunda da queima de combustíveis fósseis, mudança do uso da terra, desmatamento e queimadas (SILVA JUNIOR et al., 2004; MOITINHO, 2013). Estes processos podem influenciar no aumento do estoque natural de carbono, que desenvolve uma importante função na mudança do clima do planeta.

No Brasil, de acordo com Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018), em 2005 as emissões do setor de mudanças e uso do solo e florestas somaram 70% e a agropecuária e energia 14% e 11%, em 2015 as emissões de mudanças e uso do solo e florestas reduziram e somaram 24%, enquanto, que a agropecuária e energia aumentaram da ordem de 31% e 33%. Contudo, estes resultados são preocupantes, as emissões de mudança e uso do solo e florestas ainda podem ser reduzidas, bem como dos demais setores. O Brasil se destaca mundialmente por ser um país com intensa atividade agropecuária (EMBRAPA, 2018), sendo notório que, as emissões deste setor têm causado preocupações.

Diante isso, a Tabela 1 apresenta os dados coletados durante a amostragem do ponto controle. Dentre os poluentes quantificados, com exceção do CO<sub>2</sub>, os demais apresentaram concentração igual a 0,0 ppm. A média da temperatura relativa ambiente apresentou 29,13°C e a umidade relativa ambiente registrou média de 36,03%.

**Tabela 1:** Concentrações obtidas na amostragem do ponto controle (ppm).

Medições	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO	NO <sub>2</sub>	T °C	U%
Medição 01	393,000	0	0	0	0	29,20	35,90
Medição 02	391,000	0	0	0	0	29,20	36,00
Medição 03	394,000	0	0	0	0	29,00	36,20
Média	<b>392,666</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>29,13</b>	<b>36,03</b>

No entanto, as concentrações de CO<sub>2</sub> apresentaram média igual a 392,66 ppm, sendo que esta medição ocorreu no período vespertino em torno das 15h. Concentrações um pouco acima do registrado em áreas de pastagens, no estudo conduzido por Silva Junior et al. (2004), o qual registrou a média de concentrações de CO<sub>2</sub> em 367 ppm aproximadamente no mesmo horário, sendo a quantidade mínima de concentrações registradas no período diurno das 9h às 18h, e a máxima atingindo 500 ppm registrada às 2h da manhã. Os autores salientam que o período diurno é o principal responsável pelo consumo de CO<sub>2</sub> devido à realização da fotossíntese pelas plantas. Por isso, as altas concentrações podem ser observadas no início da manhã a partir do pôr-do-sol, devido à respiração da vegetação ao fluxo do solo durante a noite e ao desenvolvimento da camada atmosférica estável noturna, considerando-se noites calmas (BEVILACQUA, 2012).

Desde o início da era industrial, em meados do século XVIII até a atualidade, as concentrações dos gases poluentes aumentaram. Nesse período até 2005 conforme o 4º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o nível de CO<sub>2</sub> atmosférico aumentou de 280 ppm para 379 ppm (IPCC, 2007), e ainda continuam se elevando na atualidade. Os níveis globais de CO<sub>2</sub> estão aumentando acentuadamente, a média mensal global das concentrações conforme os dados de fevereiro dos anos de 2020 e 2021 foram na ordem de 412,92 e 415,88 ppm (NOAA, 2021). A quantidade de CO<sub>2</sub> no planeta é a mesma, o que agrava sua concentração é quando são mudados de lugar ou intensificados pelas ações antropogênicas (TORRES et al., 2011).

Os compostos CO, NO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, assim como o CO<sub>2</sub> são constituintes variáveis do ar atmosférico (VIANELLO et al., 2012). No entanto, visto que são lançados na mesma a partir da combustão, e em sua maior parte são provenientes de fontes antropogênicas (BRANCO et al., 2010; CETESB, 2020). Sendo assim, nas áreas de medições das concentrações destes compostos não havia presença de tais fontes, que pode ter influenciado na ausência de registros nas faixas de medições dos aparelhos para estes poluentes.

### Comportamento dos compostos medidos na área com presença de queimada na fase de chama

A Tabela 2 demonstra as concentrações médias dos poluentes atmosféricos, bem como os valores de temperatura (T °C) e umidade relativa ambiente (U%) obtidos na área dos PQC. As concentrações médias de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO e NO<sub>2</sub>, foram na ordem de 543,777; 0,933; 36,222; 25,069 e 54,922 ppm respectivamente. As médias de temperatura e umidade relativa ambiente foram da ordem de 30°C e 35,04%. No entanto, as diferenças nas concentrações dos pontos de medições se deram pelas características da composição da vegetação presente nas áreas. Conforme destacado por Park et al. (2013), a quantidade e a característica do poluente que será emitido são dependentes do tipo de matéria que é queimada. No PQC-1 predominou a vegetação lenhosa vassoura-branca, fator que contribuiu para o aumento da umidade relativa ambiente. Já no PQC-2 a predominância foi da vegetação de carqueja, que contribuiu para a redução da umidade relativa ambiente, no PQC-3 predominou a vegetação macega, a qual contribuiu com a redução da umidade registrando 23,16%, porém alta elevação da temperatura 30°C.

**Tabela 2:** Concentrações das médias obtidas nas amostragens dos pontos medidos na chama (ppm).

Pontos	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO	NO <sub>2</sub>	T °C	U%
PQC-1	579,666	1,4	18,000	34,866	62,611	25,26	43,40
PQC-2	426,333	0,0	15,333	12,560	55,438	29,66	38,56
PQC-3	625,333	1,4	75,333	27,782	46,718	34,90	23,16
<b>Média</b>	<b>543,777</b>	<b>0,933</b>	<b>36,222</b>	<b>25,069</b>	<b>54,922</b>	<b>30,00</b>	<b>35,04</b>

Encontrado naturalmente no ar o CO<sub>2</sub> entra na atmosfera pela respiração dos seres vivos e pelas emanções de vulcões, gêiseres dentre outras (TORRES et al., 2011). Contudo, em todos os pontos a quantidade de CO<sub>2</sub> apresentou-se acima das quantidades registradas de CO, relacionado ao fator de que as concentrações de CO<sub>2</sub> elevam-se devido a combustão completa de materiais orgânico, já as concentrações do composto CO apresentaram-se menores pois resulta da combustão incompleta (CETESB, 2020). As concentrações do composto NO<sub>2</sub> também apresentaram registros maiores do que as concentrações de NO,

uma vez que o NO oxida-se a NO<sub>2</sub> pelo efeito da radiação, além de ambos serem formados pelas reações de combustão em temperaturas elevadas (CASTRO et al., 2013).

No entanto, as concentrações de NO<sub>2</sub> foram maiores no PQC-1 devido ao predomínio da vegetação lenhosa. Já, as concentrações do composto CO<sub>2</sub> no PQC-1 em relação ao PQC-3 foram menores, devido ao fato da quantidade foliar composta na vegetação no PQC-1. O PQC-2 apresentou concentrações intermediárias, relacionadas com a predominância e característica da vegetação presente neste. No PQC-3 registrou as maiores concentrações do composto CO<sub>2</sub>, fator que pode estar relacionado as características foliar da vegetação macega, pois é uma gramínea com hábito cespitoso-ereto, com folhas concentradas na base (BOLDRINI et al., 2008). No entanto, em relação à vegetação predominante dos demais pontos, esta é a que possui maior composição foliar e quando secas a parte interna fica porosa armazenando elementos que proporcionam o aumento da combustão no ato da queima.

O SO<sub>2</sub> é originado a partir da queima de combustíveis fósseis, que como produto formam os óxidos de enxofre, sendo o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) o principal óxido formado (BRANCO et al., 2010). Esse gás é emitido geralmente em regiões industriais, assim, foi o composto registrado com a menor concentração. Mesmo assim, as concentrações médias deste composto foram de 0,933 ppm. Contudo, as emissões deste, associados às emissões de NO<sub>2</sub> podem ser danosas a vegetação. Cunha (2002) afirma que mesmo isolado em altas concentrações pode provocar danos aos tecidos das folhas, reduzindo seu crescimento.

### Comportamento dos compostos medidos na área com presença de queima na fase de fumaça

A Tabela 3 demonstra as concentrações médias dos poluentes atmosféricos, e os valores de temperatura e umidade relativa ambiente obtidos na área dos PQF. As concentrações médias de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO e NO<sub>2</sub>, foram na ordem de 514,194; 0,89; 69,555; 78,459 e 194,865 ppm respectivamente. A média de temperatura e umidade relativa ambiente foram da ordem de 33°C e 30,33%.

**Tabela 3:** Concentrações das médias obtidas nas amostragens dos pontos medidos na fumaça (ppm).

Pontos	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO	NO <sub>2</sub>	T °C	U%
PQF-1	952,333	0	10,666	33,237	197,479	29,76	38,30
PQF-2	589,000	0,8	37,000	55,901	145,173	31,16	32,36
PQF-3	1.248,33	1,86	16,000	146,240	241,942	38,53	20,33
<b>Média</b>	<b>514,194</b>	<b>0,89</b>	<b>69,555</b>	<b>78,459</b>	<b>194,865</b>	<b>33,00</b>	<b>30,33</b>

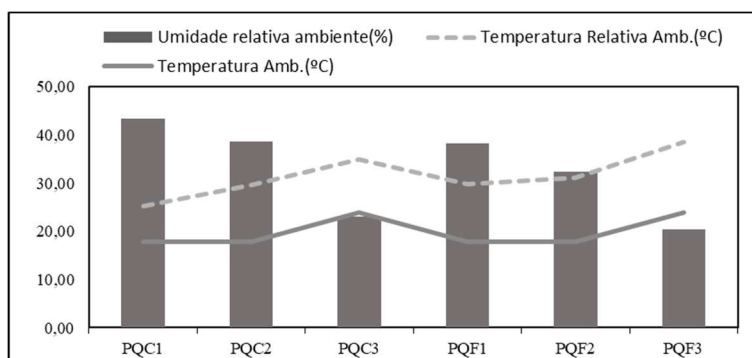
As variáveis umidade do solo, umidade do ar, temperatura e precipitação são determinantes no comportamento do conteúdo de umidade foliar tanto nos vegetais vivos e mortos influenciando no comportamento do fogo (REZENDE et al., 2020).

No entanto, as concentrações obtidas na fase da fumaça em todos os pontos de medição, relacionaram-se com a vegetação específica predominante em cada área. Com isso, as concentrações médias de CO em relação à fase de chamas foram menores nos pontos PQF-1 e PQF-3, contudo as médias das concentrações de CO<sub>2</sub> foram maiores na fase de fumaça, bem como as concentrações de NO e NO<sub>2</sub>. O PQF-3 teve as maiores concentrações de CO<sub>2</sub> (1.248,33 ppm) e NO<sub>2</sub> (241,942 ppm), esta relação se deve ao fator da predominância da vegetação macega na área. O PQF-3 também foi o que apresentou maiores concentrações

de SO<sub>2</sub> (1,86 ppm). Todavia, as queimadas liberam CO<sub>2</sub> por meio da oxidação da biomassa.

### Comportamento da temperatura e umidade nos pontos de queimada nas fases de chama e fumaça

As temperaturas na fase de chama apresentaram-se mais baixas do que na fase de fumaça, pois na fase de chama existe a liberação da água por meio de vapor. Quanto mais umidade conter o combustível, maior é a energia necessária para vaporizar a água existente nele, com isso reduz a quantidade de calor disponível para combustão (GOIÁS, 2017). Foi possível identificar estas relações nos resultados em todos os pontos. Contudo, o ponto 1 se destaca, tanto na fase de chama quanto na fase de fumaça, pois neste houve predominância da vegetação lenhosa, com isso, mais liberação de água. Todavia, vegetais vivos recorrem à umidade do solo (REZENDE et al., 2020). Assim, nos pontos PQC-1 e PQF-1 os registros da umidade relativa ambiente foram da ordem de 43,40% e 38,30% e as temperaturas relativas ambiente registradas foram da ordem de 25,26 °C, e 29,76 °C. Esta relação também é evidenciada no PQF-3, o qual apresentou o menor registro de umidade relativa ambiente, estando em 20,33% e a temperatura relativa ambiente em 38,53°C, pois a temperatura e a umidade apresentam uma relação inversamente proporcional (BARRY et al., 2013). A temperatura relativa ambiente e a temperatura ambiente seguem o mesmo padrão, entretanto, a temperatura relativa ambiente tende a elevar-se devido à relação com a intensidade do fogo nos pontos de medições, conforme a Figura 2.



**Figura 2:** Relação entre umidade relativa ambiente com a temperatura relativa ambiente e temperatura ambiente.

Na fase de ignição os gases destilados entram em combustão e surge as chamas, momento em que apenas os gases estão queimando nesta fase, o combustível ainda não, sendo que o volume de gás liberado interfere diretamente no tamanho da chama (GOIÁS, 2017). Contudo, na fase de chamas as temperaturas são menores devido à eliminação do vapor d'água pelo calor. Nas condições de temperaturas amenas, a umidade tende a elevar-se e os gases são dissipados pelo vapor d'água (BARRY et al., 2013). Este fator pode estar relacionado às menores médias de concentrações apresentadas nos PQC em relação às dos PQF.

### Análise das médias obtidas nas concentrações das variáveis de estudo na área queimada na fase de chama e de fumaça

A relação entre as fases de chama e fumaça podem ser observadas com as médias registradas para cada fase. A média da temperatura relativa ambiente registrada dos PQC foi de 30 °C e nos PQF foi de 33 °C. Já, a média da umidade relativa ambiente registrada dos PQC foi de 35,04% e nos PQF foi de 30,33%. Nota-

se que a umidade e a temperatura são inversamente proporcionais, à medida que a umidade diminui a temperatura aumenta (SOUZA et al., 2015). Já as médias dos compostos CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, nos PQC foram da ordem de 36,222; 514,194; 25,069; 54,922; 0,93 (ppm). As médias para os PQF foram da ordem de 69,555; 543,777; 78,459; 194,865; 0,89 (ppm), dispostas na Tabela 4. Na fase de chamas, as menores concentrações dos compostos podem estar relacionadas ao fator vapor. De acordo com Barry et al. (2013), na medida em que a umidade eleva, os gases são dissipados pelo vapor de água. Desta forma, maiores quantidades de materiais são emitidas na fase de chamas.

**Tabela 4:** Médias das variáveis analisadas nas amostragens de todos os PQC e PQF (ppm).

Compostos	PQC	PQF
CO	36,222	69,555
CO <sub>2</sub>	514,194	543,777
NO	25,069	78,459
NO <sub>2</sub>	54,922	194,865
SO <sub>2</sub>	0,93	0,89
T °C	30,00	33,00
U %	35,04	30,33

### Impactos das queimadas

Conforme Twardowski et al. (2015) o estado de Santa Catarina foi apontado como o quinto maior produtor de alimentos do país. Porém, tais atividades causam fortes impactos ao meio ambiente. Contudo, existe uma forte relação das queimadas no planalto serrano de SC com os regimes de chuvas e atividades agrícolas (TEIXEIRA et al., 2017). A serra catarinense também foi mencionada no estudo de Sperandio (2018), apresentando uma quantidade expressiva de registros de FCs, sendo perceptível o impacto que as queimadas oriundas da agropecuária têm nas emissões de poluentes atmosféricos. O autor ainda menciona a necessidade de que se estabeleçam medidas de controle para essa prática.

Diante disso, as emissões atmosféricas provenientes das queimadas em SC, foram maiores do que as emissões veiculares do estado de São Paulo (SP), conforme o estudo conduzido por Teixeira (2020), o qual concluiu que as emissões atmosféricas de CO provenientes de queimadas em SC no ano de 2017, foram da ordem de 524.802 toneladas e as emissões de CO veiculares em SP no mesmo ano atingiram 321.153 toneladas. O autor menciona que a mesorregião serrana de SC é uma das três maiores responsáveis pelas emissões, se caracterizando desde 2005 como a principal emissora.

De acordo com Redin et al. (2011), a ação do fogo provoca modificações de forma direta ou indireta de natureza física, química e biológica no ambiente podendo ser pontuais ou permanentes. A queima de campos no sul do país aparece como forma de manejo das pastagens, sendo amplamente difundida em SC. Contudo, Souza et al. (2012) afirmam que o CO<sub>2</sub> pode ser reincorporado à vegetação no restabelecimento do ciclo anual, porém, salientam que está reversão do CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera é muito lenta, pois a recomposição da vegetação leva um tempo e no caso de florestas pode levar décadas. Apesar disso, as pastagens possuem uma grande importância para esta reversão. Entretanto, segundo o Inventário Florístico Florestal de SC efetuado por Klein (1978), no Planalto Central Catarinense a cobertura da vegetação por CN, foram mapeados e registrados <http://doi.org/301> km<sup>2</sup>. Porém, no estudo de Sevegnani; Laps e Schoroeder



(2013), no mapeamento da mesma região, foram registrados 1.114 km<sup>2</sup> de CN obtendo uma redução da cobertura vegetal de campos originais convertidos em áreas agrícolas, como em pastagens ou plantações. Todavia, é perceptível os impactos causados à preservação e à manutenção dos CN.

A importância deste balanço de reversão pelas pastagens, se dá ao fato de que são de crescimento e rebrota rápida. Conforme apontado por Rosan (2017), as queimadas em pastagens possuem emissão com reversão rápida, já que no ano subsequente a sua biomassa cresce novamente absorvendo o que foi emitido; assim, possuem efeitos a curto prazo nas emissões de CO<sub>2</sub>. As plantas jovens precisam fixar um grande volume de CO<sub>2</sub> para sintetizar as moléculas orgânicas que são a matéria-prima de seu crescimento (SILVA JUNIOR, 2004). Já em plantas maduras, o consumo tende a se igualar ao total produzido na fotossíntese. No entanto, áreas que apresentam recorrências de queimadas, dificultam a recuperação total da biomassa e absorção do CO<sub>2</sub> emitido (MORTON et al., 2013). Com isso, as concentrações de CO<sub>2</sub> se elevam na atmosfera. Consequentemente elevam a temperatura que podem gerar impactos substanciais nas estruturas dos ecossistemas (BORDIGNON, 2016). Nas plantas, a intensidade destas mudanças poderá causar estresse, alterações no crescimento e na composição nutricional, bem como nas relações mutualísticas e antagonísticas com diversos organismos (CHAPIN III et al., 2000). Contudo, o ponto de compensação de CO<sub>2</sub> é quando a fotossíntese e a respiração se equivalem, ou seja, é o limite em que a planta sobrevive, pois se a respiração for maior que a fotossíntese, a planta morre (USP, 2018). Assim, a queima deve ser realizada considerando o tempo necessário para a vegetação se recuperar. O CN é de vital importância para o balanço ecológico, já que presta funções vitais ao meio ambiente como o sequestro de carbono atmosférico, conservação do solo, filtragem e armazenamento de água e manutenção de uma riquíssima fauna e flora (BIASIOLO, 2019).

Diante desta importância, a Tabela 5 demonstra estudos conduzidos para quantificar as concentrações máximas e mínimas de CO<sub>2</sub> em áreas florestadas e de pastagens, visto que as máximas foram registradas no período noturno e as mínimas no período diurno. Os dados revelam que os valores das concentrações de CO<sub>2</sub> medidos em áreas de pastagens se aproximaram dos medidos em áreas florestadas, e no período diurno existe mais variabilidade das concentrações (SILVA JUNIOR, 2004). Os autores concluíram ainda que no decorrer do período noturno após o pôr-do-sol a vegetação começa a liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera devido à ausência de luz. Em solos sob pastagem com alto grau de cobertura tem maior taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, no período noturno também devido as atividades microbianas (COSTA et al., 2008). Porém, as menores concentrações no período diurno, indicam que a absorção de CO<sub>2</sub> é maior, evidenciando que as áreas de pastagens absorvem mais CO<sub>2</sub> do que as áreas florestadas.

**Tabela 5:** Concentrações de CO<sub>2</sub> em áreas florestadas e de pastagens sem a presença de fontes poluidoras.

Tipo de vegetação	Floresta		Pastagem		Autores
	Máx	Mín	Máx	Mín	
CO <sub>2</sub> (ppm)			453	357	Grace et al. (1996)
	470	360			Santos (1999)
	418	363			Costa (2000)
			533	367	Silva Junior et al. (2004)

Apesar disso, os solos descobertos apresentam maiores emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera,

principalmente quando manejados com queimadas. Estudos conduzidos por Silva et al. (2010) e Souza et al. (2015), concluíram que pastagens manejadas com queimadas liberaram maiores emissões de CO<sub>2</sub> no período diurno. Além disso, deve-se observar as consequências a longo prazo, bem como a qualidade da forragem, devido ao aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> estudos têm evidenciado que os efeitos deste podem variar muito entre as espécies de plantas. De modo geral, o estudo conduzido por Bordignon (2016), afirmou que ocorre nas espécies o aumento de biomassa, haja vista o aumento na quantidade de ramos e folhas, os quais são maiores em função da fotossíntese, pois a maior disponibilidade de carbono (C) faz com que a maioria das plantas acumulem mais carboidratos nas folhas do que proteínas, pela diluição do nitrogênio (N), impactando na qualidade da forragem, bem como na qualidade resultante deste consumo, como exemplo os rebanhos dependentes desta vegetação.

Sem embargo, os impactos das emissões destes compostos vão além do solo, fauna e flora, tais emissões contribuem para a alteração do ar atmosférico causando vários danos à saúde humana. É importante salientar que as vítimas da poluição atmosférica não são apenas aquelas que se encontram nas imediações das fontes poluidoras, pois a ação dos ventos é de fundamental importância no transporte dos poluentes para outras regiões (VIANELLO et al., 2012). Nos Estados Unidos da América (EUA) o estudo de Baldauf et al. (2013), apontou que as altas concentrações de NO<sub>2</sub> ocorreram quando os ventos estavam em baixa velocidade e alcançam longas distâncias conforme o aumento da velocidade. Assim, quanto menor a velocidade do vento, maior a concentração do gás perto da fonte de emissão (RODRIGUEZ et al., 2013).

A caracterização dos gases como poluentes atmosféricos se dá devido às altas concentrações destes, também conforme as reações químicas que alteram e transformam suas composições na atmosfera e aos impactos que causam no equilíbrio natural trazendo consigo graves ameaças à vida. Entretanto, pouco se conhece sobre a taxa de deposição local de partículas oriundas da emissão de queimadas (SOUZA, 2011). Exemplo do material particulado (MP), o qual caracteriza-se como uma mistura física e química de diversos compostos presentes em suspensão no ar, tanto sólidos como líquidos (SCHIRMER et al., 2011). O MP emitido pelas queimadas possui menor dimensão e densidade, o que prolonga sua permanência no ar, causando as cortinas de fumaça (SANTIAGO et al., 2015), o tamanho destas partículas está relacionado diretamente com a potencialidade de causar danos à saúde. Os efeitos causados à saúde humana oriundos dos MP's estão associados ao sistema respiratório, além do incômodo à população, diminuição da visibilidade, presença de substâncias tóxicas e carcinogênicas nas partículas, entre outros (LISBOA, 2014).

Conforme aborda Derísio (2017), O CO<sub>2</sub> é resultado da combustão completa, não é caracterizado como um gás tóxico, porém provoca problemas ambientais, como a intensificação do efeito estufa. O CO é resultado da combustão incompleta, sendo o poluente gasoso mais abundante da camada inferior da atmosfera. Encontrado em concentrações elevadas em áreas desenvolvidas por indústrias, os efeitos à saúde humana são citados por Lisboa (2014), associados à capacidade de transporte de oxigênio no sangue, deficiência na capacidade psicomotora, dores de cabeça, tontura, alucinação, depressão, síncope, asfixia e até mesmo a morte.

Assim, conforme as concentrações e tipos de compostos, a poluição atmosférica se divide em duas

classes, como poluição aguda e poluição crônica. Segundo Vianello et al. (2012), a poluição aguda ocorre em locais e épocas específicas, traduzindo-se em situação insuportável podendo causar a morte e a poluição crônica, trata-se de uma poluição diária, de menor impacto imediato, mas contribui para que o homem adoça provocando uma morte prematura. Estudos desenvolvidos no estado de São Paulo apontam uma diversidade de doenças causadas pelo efeito da poluição do ar. De acordo com Dapper et al. (2016), estes efeitos não afetam somente o sistema respiratório e circulatório da saúde humana, também é causador de incidência na mortalidade por câncer, partos prematuros, anemia falciforme e baixo peso ao nascer.

No entanto, quando as concentrações de CO<sub>2</sub> se elevam, conforme Torres et al. (2011), aumentam as temperaturas que elevam o vapor d'água, com isso aumentam a nebulosidade favorecendo o aumento do efeito estufa. Os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), representados neste estudo por, NO e NO<sub>2</sub> são gases naturais intensificados pelas queimadas, porém em menor proporção que o CO<sub>2</sub>. Estes gases representam uma forte influência química na atmosfera e na poluição do ar (MCDONALD et al., 2012). Contudo, as moléculas de NO e NO<sub>2</sub> são mais eficientes em retenção de calor do que o CO<sub>2</sub> as quais apresentaram concentrações consideráveis nas emissões da queima de CN. Diante todos os resultados apresentados e a discussão da literatura, evidencia-se que as queimas de CN contribuem para as emissões de poluentes, potencializando a poluição atmosférica. Entretanto, a preservação e a manutenção dos CN são fundamentais para que ocorra a reversão de parte do CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera, contribuindo com a redução dos impactos causados pelos poluentes emitidos durante a queima da vegetação.

## **CONCLUSÕES**

Os pontos de coletas na fase de chama, apresentaram concentrações menores nas emissões em relação aos pontos de coletas na fase de fumaça, fator que teve relação com a dispersão dos poluentes na fase de chama influenciados pela evaporação d'água. A evaporação se dá, devido as características da vegetação bem como a biomassa disponível viva ou morta, sendo que a viva emite maior umidade. Esta relação foi detectada devido às concentrações apresentadas na variável umidade relativa ambiente. Quanto maior a altura e lenhosa a vegetação, maiores foram as concentrações de umidade e menores temperaturas foram registradas nos pontos de coleta.

No entanto, o ponto de coleta três, tanto na fase de chama quanto na fase de fumaça, apresentaram elevadas concentrações dos compostos, fatores que estiveram relacionados à predominância de macega, devido sua característica foliar, a qual quando seca fica porosa, o que permite maior concentração de elementos dentro desta, sendo que no ato da queima são liberados e entram em combustão em maior proporção.

Os compostos NO<sub>2</sub> e o CO<sub>2</sub>, apresentaram as maiores concentrações em todos os pontos de coleta, tanto na fase de chama quanto na fase de fumaça, pois são compostos formados a partir da combustão. O SO<sub>2</sub> registrou a concentração mais baixa dentre os gases amostrados, apesar de também ser produto do processo de combustão, porém não é comum encontrar altas concentrações deste em áreas não industriais.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, K.; CHIVENGE, P.; EVERSON, C.; MATHIEU, O.; THEVENOT, M.; CHAPLOT, V.. Long-term annual burning of grassland increases CO<sub>2</sub> emissions from soils. *Geoderma*, v.282, p.80-86, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.009>
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma 10151**: Acústica. Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas. Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J.. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9 ed. Porto Alegre: Brookman, 2013.
- BALDAUF, R. W.; HEIST, D.; ISAKOV, V.; PERRY, S.; HAGLER, G. S.; KIMBROUGH, S.; SHORES, R.; BLACK, K.; BRIXEY, L.. Air quality variability near a highway in a complex urban environment. *Atmospheric Environment*, v.64, p.169-178, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.09.054>
- BEVILACQUA, L. B.. **Sazonalidade da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico em uma área agrícola no RS**. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. DOU, 2012.
- BRANCO, S. M.; MURGEL, E.. **Poluição do ar**. 2 ed. Curitiba: Moderna, 2010.
- BIASIOLO, R.. **Consumo de forragem por novilhos em área de pastagem natural com predomínio de *Andropogon lateralis* Ness manejada em diferentes alturas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.
- BOLDRINI, L. L.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C.. **Morfologia e taxonomia de gramíneas Sul-Rio-Grandenses**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.
- BORDIGNON, L.. **Efeitos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e da elevação da temperatura em plantas e suas interações biológicas**. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama das emissões de gases de efeito estufa e ações de mitigação no Brasil**. Brasília: MMA, 2018.
- CARMO, C. N.; HACON, S. S.. Estudos de séries temporais de poluição atmosférica por queimadas e saúde humana. *Ciência & Saúde coletiva*, v.18, n.11, p.3245-3258, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-81232013001100015>
- CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, G. M. M.. Qualidade do ar-Parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. *Holos*, v.5, n.29, p.107-121, 2013.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar**: Poluentes. São Paulo: CETESB, 2020.
- CHAPIN III, F. S.; ZAVALA, E. S.; EVINER, V. T.; TAYLOR, R. L.; VITOUSEK, P. M.; REYNOLDS, H. L.; HOOPER, D. U.; LAVOREL, S.; SALA, O.; HOBBI, S. E.; MACK, M.; DIAZ, S.. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, v.405, p.234-242, 2000. DOI: <http://doi.org/10.1038/35012241>
- CUNHA, R. M. P.. **Transporte de Poluentes na Região do Polo Petroquímico de Triunfo-RS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto e Meteorologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- CHRISTOPHERSON, R. W.. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- COSTA, R. F.. **Fluxos de dióxido de carbono em uma área de floresta na Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em agrometeorologia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- COSTA, F. S.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.. Emissões de gases de efeito estufa em agroecossistemas e potencial de mitigação. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLA, L. P. CAMARGO, F. A. O.. **Fundamentos da matéria orgânica dos solos**. Porto Alegre: Metrópoles, 2008. p.545-559.
- DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R.. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*. v.30, n.86, p.83-97, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100006>
- DERÍSIO, J. C.. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 5 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília: EMBRAPA, 2018.
- GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros**: Prevenção e combate a incêndios florestais. Goiânia: Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2017.
- GRACE, J.; LLOYD, J.; MCINTYRE, J.; MIRANDA, A. C.; MEIR, P.; MIRANDA, H. S.. Carbon dioxide flux over Amazonian, rain forest. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L.. **Amazonian Deforestation and Climate**. New York: Wiley and Sons, 1996.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Brasília: IBGE, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados de Informações Ambientais, mapa de Solos do Brasil**. Brasília: IBGE, 2006.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados de Informações Ambientais, vegetação**. Brasília: IBGE, 2004.
- ICHOKU, C.; KAHN, R.; CHIN, M. Satellite contributions to the quantitative characterization of biomass burning for climate modeling. *Atmospheric Research*, v.111, p.1-28, 2012. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.03.007>

IMA. Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina.

**Autorização Para Queima Controlada.** Lages: IMA, 2020.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Mitigation.** Contribution of Working Group III. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

KLEIN, R. M.. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. In: REITZ, R.. **Flora Ilustrada Catarinense.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

KNORR, M.; PATINO, H. O.; SILVEIRA, A. L. F.; MÜHLBACH, P. R. F.; MALLMANN, G. M.; MEDEIROS, F. S.. Desempenho de novilhos suplementados com sais proteinados em pastagem nativa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.40, n.8, p.783-788, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000800008>

LISBOA, H M.. **Controle da Poluição Atmosférica.** Florianópolis: UFSC, 2014.

MCDONALD, B. C.; DALLMAM, T. R.; MARTIN, E. W.; HARLEY, R. A.. Long-term trends in nitrogen oxide emissions from motor vehicles at national, state, and air basin scales. **Journal of Geophysical Research,** Berkeley, v.117, p.111, 2012.

MOITINHO, M. R.. **Emissão de CO2 e sua relação com propriedades, manejo do solo e palha em áreas de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

MORTON, D. C.; LE PAGE, Y.; DEFRIES, R.; COLLATZ, G. J.; HURTT, G. C.. Understorey fire frequency and the fate of burned forests in southern Amazonia. **Royal Society,** v. 368, p.1-8, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1098/rstb.2012.0163>

NOAA. Administração Nacional Oceânica e Atmosférica. **Tendências em dióxido de carbono atmosférico.** NOAA, NOAA 2021.

PARK, S-S.; SIM, S. Y.; BAE, M-S.; SCHAUER, J. J.. Size distribution of water-soluble components in particulate matter emitted from biomass burning. **Atmospheric Environment,** v.73, p.62-72, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.03.025>

PRONER JUNIOR, L.. **Influência do Manejo da Pastagem do Campo de Altitude nas Características do Solo e na Produção Forrageira.** Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras, 2020.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L.. Impactos da Queima Sobre tributos, Químicos, Físicos e Biológicos do Solo. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v.21, n.2, p.381-392, 2011.

REZENDE, L. de.; FERREIRA, R. V.. Análise do conteúdo de umidade foliar de fitofisionomias do cerrado com uso de imagens do *multispectral instrument* do satélite sentinel 2.

**Revista Brasileira de Geografia Física,** v.13, n.07, p.3315-3325, 2020. DOI: <http://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3315-3325>

RODRIGUEZ, L. M.; BIERINGER, P. E.; WARNER, T.. Urban transport and dispersion model sensitivity to wind direction uncertainty and source location. **Atmospheric Environment,** v.64, p.25-39, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.037>

ROSAN, T. M.. **Estimativa de emissões de CO2 por desmatamento e degradação florestal utilizada como subsídio para definição de municípios prioritários para monitoramento e controle.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.

SANTA CATARINA. **Instrução Normativa n. 30.** Autorização automática para queima controlada de campo e queima de resíduos florestais. Florianópolis: DOE, 2020.

SANTOS, E. O.. **Contribuição ao estudo do fluxo de dióxido de carbono dentro da floresta amazônica.** Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SANTOS, A. C. A.; NOGUEIRA, J. S.. Análise do Material Particulado no pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia,** v.30, n.3, p.254 - 264, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/0102-778620140059>

SANTIAGO, A.; PRADO, R. J.; FILHO, P. M.; ALONSO, R. V.. Caracterização do material particulado suspenso no ar de Cuiabá-MT no período de queimadas. **Revista Matéria,** Rio de Janeiro, v.20, n.1, p.273-283, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1517-707620150001.0027>

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A.. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva,** v.16, n.8, p.3583-3590, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-81232011000900026>

SEVEGNANI, L.; LAPS, R. R.; SCHROEDER, E.. O planalto central. In: SEVEGNANI, L.; SCHROEDER, E.. **Biodiversidade catarinense: características, potencialidades e ameaças.** Blumenau: Edifurb, 2013. p.138-139.

SILVA JUNIOR, R. S.; MOURA, A. L.; MEIXNER, F. X.; KORMANN, R.; LYRA, R. F. F.; NASCIMENTO FILHO, M. F.. Estudo da concentração do CO2 atmosférico em área de pastagem na região amazônica. **Revista Brasileira de Geofísica,** v.22, n.3, p.259-270, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-261X2004000300005>

SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; BATISTA, R. B.. Respiração edáfica como indicativo da qualidade do solo em três agrossistemas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer,** Goiânia, v.6, n.11, p.1-15, 2010.

SODRÉ, G. R. C.; SOUZA, E. S.; OLIVEIRA, J. V.; MORAES, B. C.. Cálculo de risco e detecção de queimadas: uma análise na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira CIAMB,** n.49, p.1-14, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5327/Z2176-947820180345>

SOUZA, R. L. M.. **Balanco de energia na camada limite superficial sobre o Pantanal Sul Mato – grossense – estação**

**seca.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA J. L.; PREZOTTIL L. C.; MARTINS, A. G.. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **IDESIA**, v.30, n.1, p.7-15, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000100002>

SOUZA, J. P.; BORTOLON, E. S. O.; BORTOLON, L.; LIMA, A. O.; CONCEIÇÃO, W. S. S.; CUNHA, K.. Emissão de dióxido de carbono em área de pastagem, em Palmas Tocantins. O solo e suas múltiplas funções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35. **Anais**. Natal, 2015.

SPERANDIO, J. P.. **Avaliação temporal e espacial das emissões atmosféricas originadas pela queima de biomassa no estado de Santa Catarina em 2016**. Monografia (Bacharelado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

WERNER, R. S.. **Atributos do solo e produção de biomassa vegetal em sistemas de manejo de campo nativo no Planalto Catarinense**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

TEIXEIRA, N. C.; CHAGAS, V. B.; CHAFFE, P. L. B.; HOINASKI, L.. Análise preliminar da relação entre queimadas e chuvas no estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22. **Anais**. Florianópolis: UFES, 2017.

TEIXEIRA, N. C.. **Caracterização das emissões atmosféricas pela queima de biomassa em Santa Catarina**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O.. **Introdução à Climatologia**. Brasil: caracterização climática. São Paulo: CENGAGE Learning, 2011.

TUMULO NETO, R. J.. **Manejo de pastagem com o uso do fogo em unidade de conservação de uso sustentável no Cerrado: estudo comparativo entre a RDS Veredas do Acari (MG) e a APA Nascentes do Rio Vermelho (GO)**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão da Sustentabilidade) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

TWARDOWSKI, C.; SCHEUERMANN, A. A.; MATTER, F.; BORSTNEZ, K.; ESPÍNDOLA, J. C.; OLIVEIRA, J.; SILVA, P. V.; BIANCHI, I.. Representatividade de Santa Catarina no Agronegócio Brasileiro: Série Histórica 2005 a 2015. In: SEMANA DE ENSINO, 5. **Anais**. Araquari: IFC, 2015.

USP. Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. **Princípios Básicos do Manejo de Pastagens**. Pirassununga: USP, 2018.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R.. O mundo em que vivemos. In: VIANELLO, R. L.. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2012. p.17-40.

XAVIER, J. A.; BECEGATO, V. A.; CARDOSO, D. C. C.; BECEGATO, V. R.; PAULINO, A. T.. Atmospheric air quality after pollutant emission in urban area of the municipality of Lages/SC. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 2021. No prelo.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.