

# PANORAMA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: SETORES, SUBSETORES, ATIVIDADES ECONÔMICAS E MUNICÍPIOS

## **Maele Costa Dos Santos**

Graduada em Engenharia Química - UNIPAMPA (Campus Bagé)  
Mestranda em Ciências Ambientais - UFPel  
E-mail: maeledossantoseq@gmail.com

## **Anderson Gabriel Corrêa**

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária - UFPel  
Mestrando em Biocombustíveis - UFU  
E-mail: andersoncorrea560@gmail.com

## **Eduarda Gomes de Souza**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária - UFPel  
E-mail: gsduarda@gmail.com

## **Maiara Moraes Costa**

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária - UFPel  
Mestranda em Ciências Ambientais - UFPel  
E-mail: maiaraengambientalesanitaria@gmail.com

## **Larissa Aldrighi da Silva**

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária - UFPel  
Mestranda em Ciências Ambientais - UFPel  
E-mail: larissa.aldrighi@gmail.com

## **Caren Wilsen Miranda Coelho Wanderley**

Graduada em Nutrição - UNG  
Mestranda em Ciências Ambientais - UFPel  
E-mail: carenwilsen@hotmail.com

## **Diuliana Leandro**

Graduada em Engenharia Cartográfica - UFPR, Mestra e Doutora em Ciências Geodésicas - UFPR  
Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb) - UFPel  
E-mail: diuliana.leandro@gmail.com

## **Willian César Nadaleti**

Graduado em Engenharia Ambiental - UNESP e Física - UTFPR. Mestre em Engenharia de Energia - UNIOESTE, Doutor e Pós-Doutor em Engenharia Ambiental - UFSC  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - UFPel  
E-mail: williancezarnadaletti@gmail.com

## **RESUMO**

As atividades econômicas e industriais são as principais responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos. A emissão desses poluentes na atmosfera confere impactos em escala global, uma vez que contribuem para o lançamento dos Gases de Efeito Estufa (GEE), responsáveis pelo aquecimento global. O Rio Grande do Sul está localizado no extremo sul do Brasil, considerado o 4º estado com maior PIB. O escopo do presente estudo visa analisar as emissões de GEE no Estado do Rio Grande do Sul por setores, subsetores, atividades econômicas e municípios, utilizando os dados disponíveis de emissões e remoções da plataforma *online* SEEG. Os resultados mostraram que o RS, reduziu as emissões de GEE durante a pandemia da COVID 19, no ano de 2020, com redução de 4,6% comparado ao mesmo período do ano anterior, sendo a agropecuária o setor mais emissor de CO<sub>2eq</sub> do Estado, seguido pelo setor de energia, com a queima de combustíveis fósseis o principal subsetor responsável por estas emissões. O município de Candiota é o principal emissor do Estado, emitindo cerca de 2,77 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub> com ano-base de 2018, enquanto

o município que remove mais CO<sub>2eq</sub> da atmosfera é Horizontina, com remoções de -8.525,00 tCO<sub>2eq</sub>. Em relação às emissões do gás metano, o setor de agropecuária é o principal emissor, atingindo em 2020 mais de 1 MtCO<sub>2eq</sub>. Dentre as atividades econômicas mais poluentes no RS, estão: pecuária, agropecuária, agricultura e o transporte de carga e passageiros, somando em torno de 71,18 MtCO<sub>2eq</sub>. Logo, se faz necessária a implementação de planos e soluções para a mitigação das emissões de GEE em todos os setores no estado.

**PALAVRAS- CHAVE:** Gases de Efeito Estufa; Dióxido de Carbono Equivalente; Rio Grande do Sul; SEEG.

## **GREENHOUSE GAS EMISSIONS OVERVIEW (GHG) IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL: SECTORS, SUBSECTORS, ACTIVITIES AND CITIES**

### **ABSTRACT**

Economic and industrial activities are the main responsible for the emission of atmospheric pollutants. The emission of these pollutants in the atmosphere confers impacts on a global scale, as they contribute to the release of Greenhouse Gases (GHG), responsible for global warming. Rio Grande do Sul (RS) is located in the extreme south of Brazil, considered the 4th state with the highest GDP. The scope of the present study aims to analyze GHG emissions in the state of Rio Grande do Sul by sectors, subsectors, economic activities and counties, using available data on emissions and removals from the SEEG online platform. The results showed that RS reduced GHG emissions during the pandemic in 2020 by 4.6% compared to the same period of the previous year, with agriculture being the most CO<sub>2eq</sub> emitting sector in the state, followed by the energy sector with burning fossil fuels the main subsector responsible for these emissions. The municipality of Candiota is the main emitter in RS, emitting about 2.77 million tons CO<sub>2eq</sub> based on the year of 2018. Meanwhile, the municipality that removes more CO<sub>2eq</sub> from the atmosphere in RS is Horizontina with removals of -8.525,00 tCO<sub>2eq</sub>. Regarding methane emissions, the agricultural sector is the main emitter, reaching in 2020 more than 1 MtCO<sub>2eq</sub>. Among the most polluting economic activities are Livestock, Agriculture, Agriculture and Cargo and Passenger Transport, adding up to around 71.18 MtCO<sub>2eq</sub>. Therefore, it is necessary to implement plans and solutions to mitigate GHG emissions in all sectors.

**KEYWORDS:** Greenhouse Gas; Carbon Dioxide Equivalent; Rio Grande do Sul; SEEG.

### **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, os efeitos das mudanças climáticas e do desenvolvimento socioeconômico na água-energia-alimento têm sido tema de destaque mundial. A previsão futura da produção de energia, alimentos e de tendências de consumo de água, modeladas em uma ampla variedade de cenários climáticos e socioeconômicos é uma etapa crítica para a formulação de políticas agrícolas, industriais e ambientais (HAN *et al.*, 2022). Os efeitos generalizados e inevitáveis das mudanças climáticas se manifestam como temperaturas elevadas e crescentes, períodos de seca, variações nos padrões de chuva, elevação do nível médio do mar, inundações, dentre outros. Estas mudanças

exercem ameaças aos ecossistemas, recursos hídricos, segurança alimentar e saúde na maioria dos países, principalmente nos países em desenvolvimento (NIANG *et al.*, 2014). De acordo com Kosoe e Ahmed (2022), as mudanças climáticas também afetam a produção de atividades econômicas, especialmente a agricultura.

Nesse sentido, o Acordo de Paris, que foi estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, ampliou as políticas internacionais sobre mudanças climáticas e possibilitou uma transição energética baseada em fontes renováveis, com eficiência energética em diversos países do mundo. O Brasil se tornou parceiro da ONU, apoiando os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) no país, com ações para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima global, bem como oferecer garantia de que todos possam ter paz e prosperidade. Para isso, foram estabelecidos 17 objetivos ao total, onde o 13º objetivo se refere à ação contra a mudança global do clima através da adoção de medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os impactos negativos atuais nos recursos naturais (ONU, 2022).

No ano de 2019, quatro estados foram responsáveis por mais da metade do PIB brasileiro, entre eles: São Paulo (31,9%), Rio de Janeiro (10,6%), Minas Gerais (8,8%) e Rio Grande do Sul (6,5%). No Rio Grande do Sul, os setores de serviços contribuíram com (68,8%), indústria (22,5%) e agropecuária (8,6%) (IBGE, 2022).

O Rio Grande do Sul (RS) se destaca como o maior produtor de arroz do país. Porém, na década de 1970, o estado era o maior emissor de Gases de Efeito Estufa (GEE), devido ao cultivo de arroz irrigado e também de pastagens de pecuária de corte (IBGE CIDADES, 2022; IMAFLORA, 2015). Entretanto, já é conhecido que as mudanças climáticas são advindas das grandes emissões de GEE por atividades humanas, que acarretam no aquecimento global (BARRY; CHORLEY, 2012). O estado já vem apresentando mudanças climáticas e aumento na frequência de desastres naturais. Um estudo realizado por Ambos *et al.* (2015), identificou 132 desastres climáticos ocorridos no litoral médio do RS durante o período de 1972 a 2015, incluindo secas, chuvas intensas, granizo e vendaval, além de identificar um número maior de municípios atingidos com o passar dos anos. De acordo com Regoto *et al.* (2021), o clima na região Sul está ficando mais úmido, os dias secos menos frequentes, principalmente na primavera. Em outro estudo realizado por Bierhals *et al.* (2018), a fim de projetar a incidência solar sobre o estado de 2016-2100 para aproveitamento energético, utilizando o Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM, da sigla em inglês), os autores estimaram um aumento de 30% na radiação solar no RS no período de 2016 - 2100.

Devido à importância socioeconômica do RS para o país, principalmente na agricultura, e com o intuito de alcançar os ODS da ONU é necessário avaliar o desenvolvimento das atividades econômicas no que tange às emissões de GEE e, a partir disto, criar e implementar novas políticas públicas para a proteção do meio ambiente, principalmente em relação aos altos níveis de poluição atmosférica. Portanto, o presente estudo tem por objetivo analisar as emissões de dióxido de carbono equivalente ( $CO_{2eq}$ ) no RS, emitidas pelos setores, subsetores e atividades econômicas, bem como verificar quais municípios são responsáveis pelas maiores emissões e remoções de  $CO_{2eq}$  no estado.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)

O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre na atmosfera terrestre, sendo fundamental para a existência da vida na Terra, pois, atua como um “cobertor” evitando que o calor que é recebido pelo Sol, seja totalmente refletido para o espaço, mantendo assim uma temperatura média global, propícia à vida. Entretanto, quando ocorre a presença massiva de GEE na atmosfera, gerados principalmente por atividades antropogênicas, a taxa de retenção de calor é mais alta, ocorrendo então o aumento da temperatura média da Terra (KWEKU *et al.*, 2018). Dentre os GEE estão: o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), com contribuição percentual no efeito estufa de 53%; o metano ( $CH_4$ ), correspondendo por 17%; clorofluorcarbonos (CFCs) colaborando com 12%; óxido nitroso com 6% e outros com 12% no total (FALCI, 2019).

A elevada quantidade de GEE emitidos para a atmosfera através de atividades econômicas, indústrias e agroindustriais, como a queima de combustíveis fósseis para geração de energia e processos de fermentação entérica, podem intensificar o aquecimento global (KUMAR *et al.*, 2018). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, da sigla em inglês), em 2018 cerca de 41 bilhões de toneladas de  $CO_2$  foram emitidos para a atmosfera, contribuindo com o aquecimento global. Quando se deseja realizar a comparação entre vários GEE, utiliza-se uma medida métrica conhecida como dióxido de carbono equivalente ( $CO_{2eq}$ ) como referência. Este é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas de GEE pelo seu potencial de aquecimento global. O metano, por exemplo, possui potencial de aquecimento global (GWP) 21 vezes maior que o GWP do  $CO_2$ , então é dito que o  $CO_{2eq}$  do metano é igual a 21 (IPAM, 2015).

## **População Terrestre e Aquecimento Global**

Em estudo realizado por Tarquino (2021), o número de habitantes do planeta Terra não impacta tão significativamente no aumento do aquecimento global, uma vez que 10% da população mais rica do planeta é responsável por 52% das emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, enquanto 50% da população mais pobre do planeta emite apenas 7%, evidenciando que o aquecimento seguiria progressivamente seu caminho mesmo sem a existência da população mais pobre. A diferença das populações que habitam a Terra confere em pressões distintas sobre os recursos naturais disponíveis, em escala local, regional ou global, reversíveis ou irreversíveis, de forma que é possível afirmar que a capacidade de suporte do planeta para a habitação dos indivíduos está fortemente relacionada com o modo de vida dos habitantes e não necessariamente com o número em si (TARQUINIO, 2021).

## **Pandemia de COVID-19 e Emissão de GEE**

No que se refere à crise na saúde, a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2 provocou mortes e impactos socioeconômicos severos em todo o mundo. No entanto, Lobato, Rodrigues e Santos (2021) observaram um ponto importante nesse período no que diz respeito ao meio ambiente: a redução da poluição atmosférica em várias partes do globo, uma vez que foram adotadas medidas de distanciamento social na maioria dos países, de forma que o transporte foi menos utilizado e, portanto, houve menor emissão dos GEE. Em contrapartida, no que tange o cenário brasileiro, de acordo com o Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões brutas no país se apresentaram de forma distinta do restante do mundo, que pode ter sido o único grande emissor a registrar alta, cujo motivo associado ao aumento das emissões foi o desmatamento na Amazônia e no Cerrado (SEEG, 2021). A extensa dimensão territorial brasileira e a sua multi-regionalidade devem ser consideradas no plano de cumprimento das metas de redução estabelecidas tanto no Acordo de Paris (2016), quanto aos ODS relacionados à Agenda 2030.

## **Atividade Econômica do Estado do Rio Grande do Sul**

A produção econômica do RS se destaca, com 6,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional no ano de 2018, chegando a R\$ 482 bilhões, sendo a quarta maior economia do Brasil. Sendo assim, a nível estadual, estão em operação diversos seguimentos agroindustriais com uma diversidade em relação às atividades econômicas, as quais em grande parte são responsáveis pelas crescentes emissões de GEE no estado, no qual podemos destacar as atividades agrícola e

pecuária, como por exemplo, gado de corte, plantações de arroz, além do uso de combustíveis derivados de petróleo para transporte (SCP, 2020).

### **Ações de melhoria da qualidade do ar e soluções de mitigação da poluição atmosférica**

Além de caracterizar as emissões de GEE de cada município brasileiro, a plataforma SEEG realizou inclusive o trabalho de mapeamento, compilando os dados relacionados às ações de mitigação e adaptação a nível local, instrumentalizando atores-chave para o cumprimento das metas de redução, e o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Desse modo, 87 soluções foram catalogadas nos setores de Transportes, Resíduos, Energia Elétrica, Mudanças de Uso da Terra e Florestas e Agropecuária. Nesse contexto, haja vista que o setor agropecuário é o responsável pela maioria das emissões estaduais, 16 soluções para mitigação dos GEE neste segmento podem ser abordadas pelos gestores. Estas englobam: incluir o zoneamento agropecuário e agroclimático no planejamento territorial, acelerar a regularização ambiental das propriedades rurais do município, instituir o programa municipal de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), viabilizar e articular mecanismos de transferência de tecnologias (TT) para adoção de práticas conservacionistas. Ainda, realizar ações de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), incentivar a produção e aquisição de produtos provenientes de agricultura familiar local de base agroecológica, priorizando e valorizando estes produtos locais nas compras públicas, com circuitos curtos de comercialização. Também facilitar o acesso de produtores rurais a linhas de crédito para a adoção de práticas agropecuárias conservacionistas, estimular a adoção e a manutenção de Sistemas Agroflorestais (SAFs), adotar boas práticas de manejo e aplicação de fertilizantes nitrogenados, reduzindo a dependência por fertilizantes sintéticos. Similarmente, impulsionar a adoção de boas práticas da calagem do solo e do Tratamento de Dejetos Animais (TDA), bem como a utilização de seus produtos e a fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Ademais, é importante incentivar a adoção do Sistema de Plantio Direto (SPD), fomentar adoção e implementação da recuperação de pastagens e outras áreas degradadas e por último promover a adoção e implementação de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (SEEG, 2022).

### **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

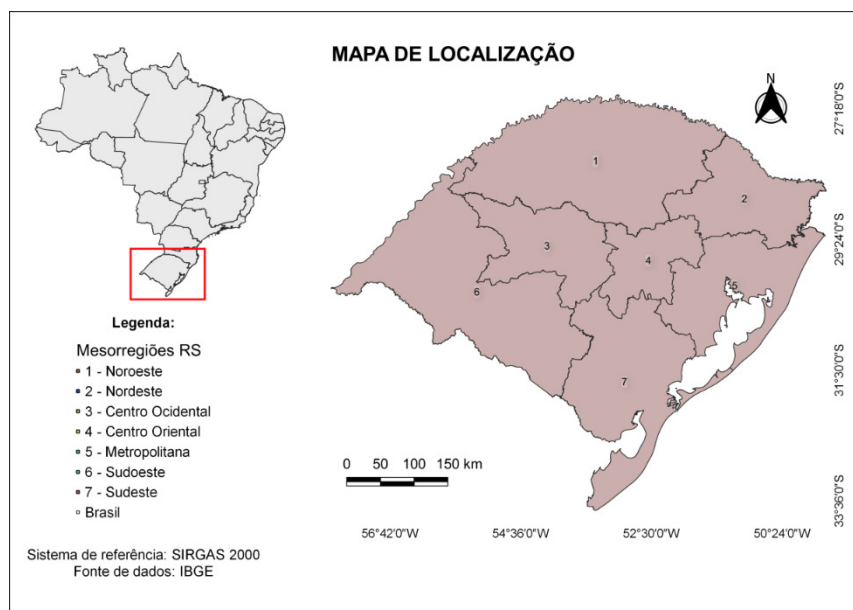
O primeiro passo do estudo foi a pesquisa dos dados das estimativas de emissão de GEE para o RS, os quais foram obtidos via plataforma *online* do SEEG V.9, criada pelo Observatório do Clima, cujo principal objetivo é estimar as emissões de GEE no Brasil, estados e municípios,

incluindo atividades econômicas, setores e subsetores industriais e emissões por população. A plataforma SEEG, apresenta as emissões de uma determinada região em diferentes categorias como: Setores, Subsetores, Municípios, Atividades Econômicas e outros. A categoria setores está dividida em cinco principais: Energia, Agropecuária, Processos Industriais, Resíduos e Mudança e Uso de Terras e Florestas.

Para caracterizar o RS em relação ao seu potencial emissivo, foram selecionados os seguintes pontos para análise: emissões e remoções por municípios para o ano base de 2018, por setores (agropecuária, energia, processos industriais, resíduos e mudança e uso da terra e florestas), adentrando em seus subsetores (apenas os subsetores com dados disponíveis de emissões de GEE na plataforma SEEG). Além disso, serão analisadas as emissões por atividade econômica do RS em comparação com o país, no ano de 2020, a fim de demonstrar a importância do estado para o desenvolvimento econômico do Brasil. Vale destacar que até o momento de realização deste estudo, a plataforma SEEG continha dados de emissões até o ano de 2020, e de somente alguns subsetores. Além disso, em relação às emissões/remoções de GEE dos municípios do estado, estes dados estavam disponíveis até o ano de 2018, e somente alguns municípios serão discutidos nos resultados. Em relação ao formato dos dados, os mesmos estão apresentados em termos de carbono equivalente ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ) utilizando a métrica (GWP-AR5) mais recomendada. A métrica do Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP) é uma medida da capacidade (ou quantas vezes) que uma determinada quantidade de um GEE pode reter calor na atmosfera em relação a uma mesma quantidade de  $\text{CO}_2$ , em um determinado período (MCTI, 2021).

O RS, mostrado na Figura 1, é o estado brasileiro localizado no extremo sul do país e, de acordo com as informações disponibilizadas pelo IBGE-CIDADES, apresenta uma população de 10.693.929 habitantes, com uma densidade populacional de 37,96 hab./km<sup>2</sup> sendo 1.593.568 habitantes na zona rural. Entretanto, de acordo com a estimativa realizada pelo IBGE em 2021, a população estimada em foi de 11.466.630 pessoas, indicando um crescimento populacional (IBGE CIDADES, 2022). O estado é composto por 497 municípios e apresenta área total de 281.707,15 km<sup>2</sup>, incluindo as áreas das Lagunas dos Patos e Mirim, caracterizado por possuir uma grande diversidade cultural e de paisagens por toda sua extensão territorial (SCP, 2020).

**Figura 1.** Mapa de Localização do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: IBGE (2020). Elaborado por autores (2022).

Após a obtenção dos dados na plataforma *online* SEEG V.9, os mesmos foram encaminhados para o *software* QGis para elaboração de mapas, a fim de obter uma melhor visualização e entendimento a respeito das emissões/remoções de GEE no RS. A elaboração dos resultados em mapas para emissão e remoção de tCO<sub>2</sub>eq para municípios do RS ocorreu na versão 3.10.10 do *software* QGis, que consiste em uma plataforma livre e de fácil acesso. Sendo assim, foi possível classificar os dados para as mesorregiões gaúchas em um intervalo gradual de cinco classes, representados em gradiente de cor para que o resultado seja mais visível e claro possível gerando um fácil entendimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Emissões no Rio Grande do Sul: um breve histórico

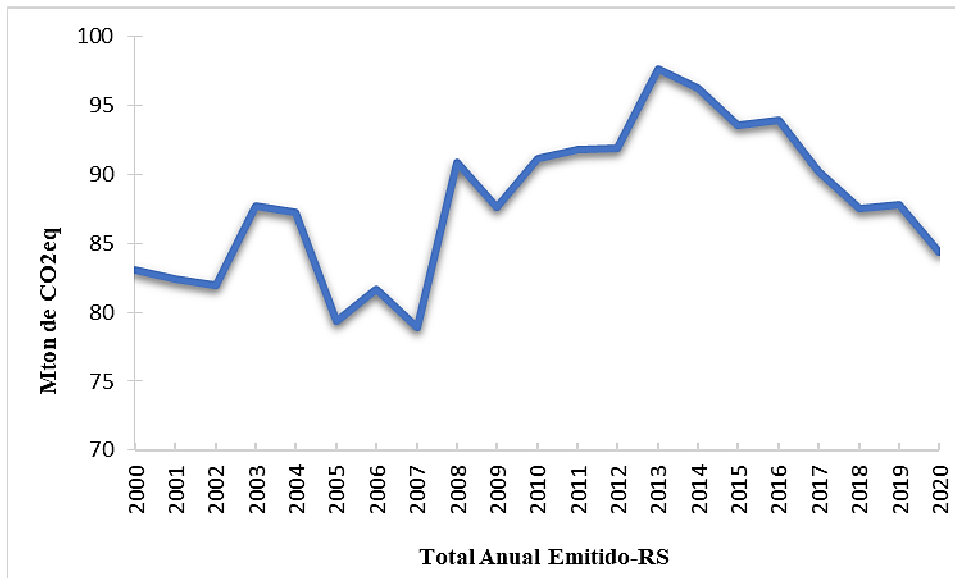
A Figura 2 apresenta o histórico de emissões de GEE do RS ao longo de 20 anos. Com isto, é possível analisar e traçar um panorama sobre as emissões de GEE em um extenso período tempo no estado. Podemos observar que as emissões de GEE mantiveram-se em queda entre os anos de 2001 e 2003, em que ocorreu um pico de emissões no estado de 87,6 Mega toneladas (Mton) de CO<sub>2</sub>eq. A partir de 2005, os valores foram diminuindo até as menores emissões em 2007, com 78,9 Mton de CO<sub>2</sub>eq. A partir deste ano, as emissões passam a se elevar anualmente. Este fato pode estar



relacionado ao desenvolvimento econômico do estado, pois, de acordo com o Atlas socioeconômico do RS, o PIB *per capita* passou de R\$ 22.556,00 em 2010 para R\$ 42.406,09 em 2019. O máximo de emissões deste período foi atingido em 2013, com a emissão de 97,3 Mton de CO<sub>2eq</sub>.

Apesar de apresentar uma queda em 2017 nas emissões, estas voltam a aumentar a partir de 2018. Contudo, com o surgimento da pandemia por SARS-CoV-2 em 2020 e a paralisação das atividades industriais e comerciais, as emissões foram decaindo e atingiram 84,3 Mton de CO<sub>2eq</sub> em 2020, o mínimo desde 2013. Em contrapartida ao Brasil, o RS emitiu menos GEE durante a pandemia, se comparado aos anos anteriores, sendo que todos os setores apresentaram queda. A título de exemplo, a emissão em relação ao ano de 2019 foi de 87,8 MtonCO<sub>2eq</sub> no total (SEEG, 2022).

**Figura 2.** Histórico de emissões em (t) de CO<sub>2eq</sub> (GWP-AR5) no RS de 2000-2020



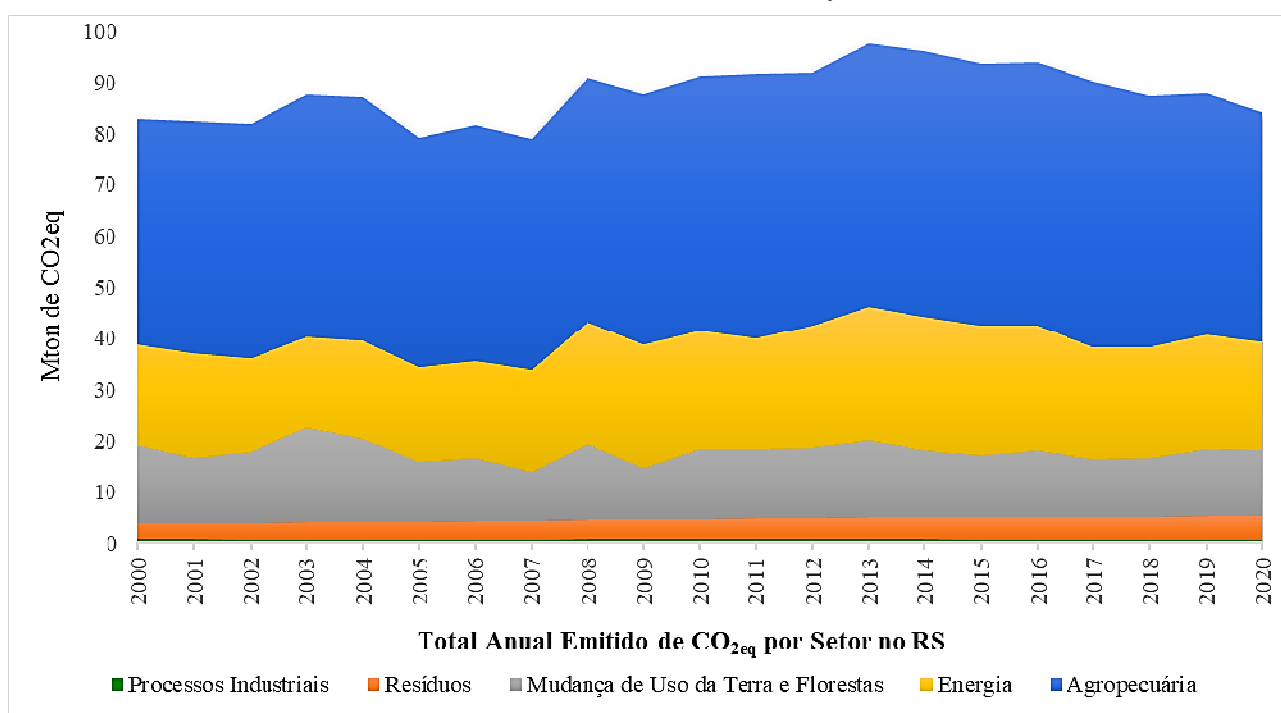
Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

A Figura 3 apresenta o histórico de emissões setoriais do RS no período de 2000-2020. É possível notar um crescimento de emissões pelo setor de Energia, Agropecuária e Resíduos ao longo dos últimos 20 anos, o que está relacionado ao crescimento e desenvolvimento do próprio estado, bem como a expansão da criação de gado e do aumento do PIB *per capita* durante os últimos anos, no qual aumentou em 88% de 2010 a 2019 (SPC, 2020). A geração de resíduos também aumentou. No setor de Processos Industriais, no ano de 2000 as emissões foram estimadas em 0,746 MtonCO<sub>2eq</sub> e com o passar dos anos as emissões foram diminuindo, exceto em 2012 e 2013,

atingindo 0,81 e 0,82 MtonCO<sub>2eq</sub>, respectivamente. Em 2020 a emissão total estimada deste setor foi de 0,541 MtonCO<sub>2eq</sub>.

Em sua totalidade, as emissões no estado têm apresentado crescimento ao longo dos últimos 20 anos. No ano de 2000 a estimativa total dos setores foi de 83 MtonCO<sub>2eq</sub>. Em 2010 este valor foi de 91,1 MtonCO<sub>2eq</sub>, em 2019, em um contexto não pandêmico, este valor foi de 87,8 MtonCO<sub>2eq</sub> e em 2020, quando o mundo inteiro já estava sofrendo com a COVID-19, este valor foi de 84,3 MtonCO<sub>2eq</sub>.

**Figura 3.** Histórico de emissões por setores em (t) de CO<sub>2eq</sub> (GWP-AR5) no RS de 2000-2020

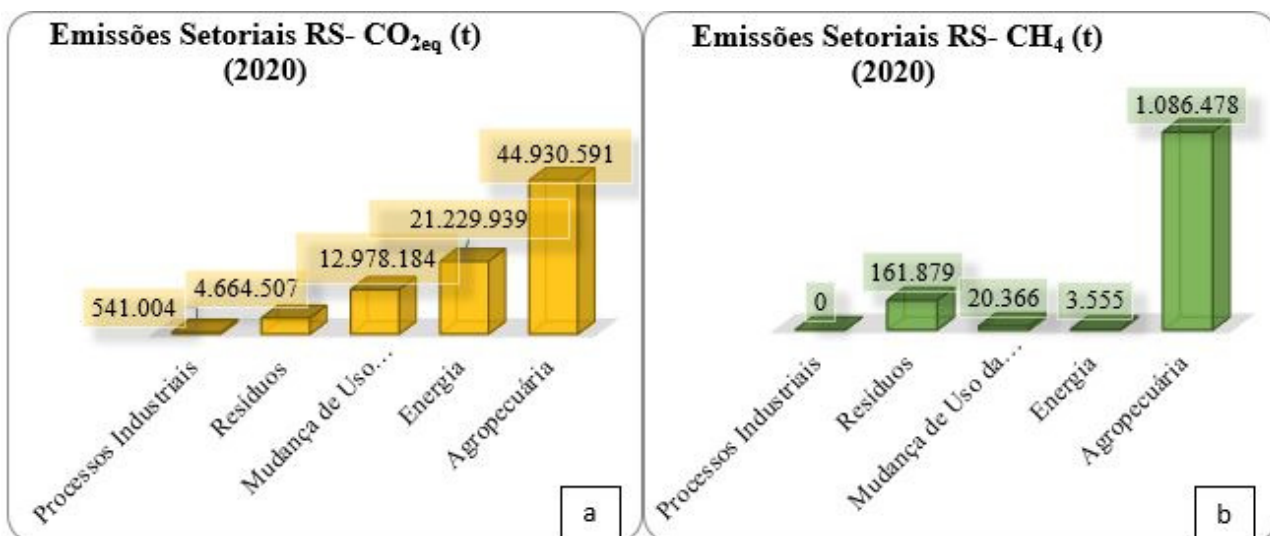


Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

### Emissões Setoriais

A Figura 4 apresenta um panorama a respeito das emissões de CO<sub>2eq</sub> e CH<sub>4</sub> para estes cinco setores desenvolvidos em 2020 no RS. As emissões em toneladas de CO<sub>2eq</sub> (GWP-AR5) no RS são mostrados na Figura 4a e as emissões de metano (t) na Figura 4b. Os cinco setores foram responsáveis pela emissão total de 84,34 milhões de tCO<sub>2eq</sub> no ano de 2020.

**Figura 4.** Emissões Setoriais no RS em 2020 de a) CO<sub>2eq</sub>(t) e b) de CH<sub>4</sub> (t)



Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

O setor Agropecuário corresponde por mais da metade da quantidade de carbono equivalente emitido no estado gaúcho, com um total de 53% ou 44,9 milhões de tCO<sub>2eq</sub>. Logo na sequência, vem o setor de Energia, com 21,2 milhões de tCO<sub>2eq</sub>, respondendo por cerca de 25% do total e conforme mostrado na Tabela 2, o subsetor de Queima de Combustíveis fósseis, somando 96,3% do total das emissões energéticas. Na terceira, quarta e quinta posição de setores emissores estão: Mudanças de Uso da Terra e Florestas, Resíduos e Processos Industriais, emitindo 12.978,184; 4.664,507 e 541.004 toneladas de CO<sub>2eq</sub> para a atmosfera no ano de 2020.

As emissões do setor de Energia estão diretamente relacionadas com a queima de carvão mineral, principalmente no município de Candiota, no qual estão localizadas duas usinas termelétricas. De forma geral, o setor Agropecuário no Brasil é o principal emissor de CO<sub>2eq</sub>. Além disso, o estado possui grandes reservas de carvão, que são utilizadas para a produção de energia elétrica que, conseqüentemente, emite elevadas quantidades de CO<sub>2</sub>.

As emissões de CH<sub>4</sub> (t) totalizaram 1.272.278 tCH<sub>4</sub> em 2020, sendo a Agropecuária o principal emissor, com cerca de 1,08 milhão de tCH<sub>4</sub>. O setor de Resíduos é o segundo maior, com 161.879 tCH<sub>4</sub>, sendo compreendido por emissão de Resíduos Sólidos, 93.601 tCH<sub>4</sub> e por Tratamento de Efluentes Líquidos, 68.278 tCH<sub>4</sub> (SEEG,2022). Um aprimoramento no setor Agropecuário pode reduzir estas emissões, bem como um investimento em energias alternativas, como eólica e solar, no estado poderá causar impactos significativos na redução das emissões de GEE. Além disso, o RS precisa ampliar investimentos em digestão anaeróbia de resíduos sólidos

para aproveitamento energético, o que levará a uma redução nas emissões de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, bem como reduzirá a pressão no uso do carvão para a produção de energia.

## Emissões por Subsetores

As emissões setoriais são estimadas a partir das estimativas de subsetores individuais para cada setor analisado. Com isso, têm-se as emissões totais de cada setor. Adentrando nos subsetores, mostrados na Tabela 1, podemos traçar um panorama das atividades realizadas e comparar o antes (2019) e durante a pandemia (2020), de acordo com os dados disponibilizados por SEEG. E como já mencionado anteriormente, as emissões totais reduziram em 2020, sendo de 84,34 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub>, enquanto em 2019 este valor foi de 87,84 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub>.

**Tabela 1.** Principais subsetores emissores de CO<sub>2eq</sub> nos anos de 2020 e 2019 no RS

<b>Emissões de CO<sub>2eq</sub>(toneladas)–GWP-AR5- RS</b>		
<b>Subsetor</b>	<b>tCO<sub>2eq</sub> (2019)</b>	<b>tCO<sub>2eq</sub> (2020)</b>
<b>Setor Agropecuário</b>		
Cultivo de Arroz	8.344.645	8.132.974
Fermentação Entérica	21.344.624	19.927.795
Manejo de Dejetos de Animais	2.715.266	2.723.575
Queima de Resíduos Agrícolas	776	665
Solos Manejados	14.679.662	14.145.579
<b>Total</b>	<b>47.084.973</b>	<b>44.930.588</b>
<b>Setor Energético</b>		
Emissões pela Queima de Combustíveis Fósseis	21.560.083	20.440.765
Emissões Fugitivas	821.536	789.173
<b>Total</b>	<b>22.381.619</b>	<b>21.229.938</b>
<b>Setor Mudança e Uso de Terra e Floresta</b>		
Alterações do Uso do Solo	12.221.641	12.221.641
Resíduos Florestais	756.543	756.543
<b>Total</b>	<b>12.978.184</b>	<b>12.978.184</b>
<b>Setor Resíduos</b>		
Resíduos Sólidos	2.882.890	2.636.595
Tratamento de Efluentes Líquidos	2.022.653	2.027.911
<b>Total</b>	<b>4.905.543</b>	<b>4.664.506</b>
<b>Setor Processos Industriais</b>		
Produtos Minerais	492.131	541.003
<b>Total</b>	<b>492.131</b>	<b>541.003</b>
<b>Total</b>	<b>87.842.450</b>	<b>84.344.219</b>

Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

A Agropecuária é o setor com os maiores índices de emissão no âmbito estadual, sendo o subsetor de Fermentação Entérica o principal contribuinte, com (44,36%), seguido pelos solos manejados (31,85%), cultivo do arroz (19,42%), manejo de dejetos animais (4,33%) e por último a queima de resíduos agrícola (0,018%), conforme a Tabela 1 (SEEG, 2019). Já no ano seguinte, o RS apresentou redução média das emissões do setor Agropecuária (-4,6%).

Porém, para as emissões relacionadas ao uso de fertilizantes sintéticos, o RS foi o maior emissor com 19,7% de participação em 2020. Embora seja o segundo que mais consumiu o insumo, isso se deve a contabilização das emissões dos fertilizantes utilizados nas áreas de cultivo de arroz inundado, plantio em que este é líder (SEEG, 2021). Logo, em segundo lugar vem o setor de Energia, com o subsetor de Queima de Combustíveis Fósseis, correspondendo em 96,3% do total destas.

As emissões do setor de Mudança e Uso de Terra e Florestas permaneceram constantes no período de 2019-2020. Entretanto o subsetor de Alterações do Uso do Solo apresenta o maior potencial emissor de CO<sub>2eq</sub>, correspondendo a 94,17% dos gases emitidos no setor.

As emissões energéticas apresentaram queda em 2020 devido a paralisação de algumas atividades industriais e comerciais. Em relação aos Resíduos os subsetores contribuem de forma similar. Entretanto, o subsetor de Resíduos Sólidos possui uma porcentagem mais elevada de 58,7%. No RS a emissão do setor de resíduos durante a pandemia diminuiu. Porém, no Brasil de forma geral, estas emissões se elevaram, foram de 90,39 Mton em 2019 para 92,04 Mton de CO<sub>2eq</sub> em 2020, elevação decorrente da geração de resíduos domésticos e hospitalares.

Dentre o setor de Processos Industriais, o principal subsetor que impacta nas emissões do estado é o de Produtos Minerais, com emissão de 492,1 mil tCO<sub>2eq</sub> em 2019 e 541mil tCO<sub>2eq</sub> em 2020. Analisando em sua totalidade, com a ocorrência da pandemia e a aplicação de *lockdown*, as emissões reduziram em 3,98% se comparado ao ano anterior de 2019.

### **Emissões por Atividades Econômicas**

A Tabela 2 apresenta as emissões de CO<sub>2eq</sub> (GWP-AR5) com base no ano de 2020, para as principais atividades econômicas desempenhadas no RS em comparação ao Brasil. É possível observar que cinco atividades econômicas se destacam em relação a quantidade de carbono equivalente emitido para a atmosfera.

**Tabela 2.** Emissões de CO<sub>2eq</sub> advindas de atividades econômicas no RS

<b>Emissões de CO<sub>2eq</sub> (milhões ton.) -GWP-AR5- RS - Ano Base (2020)</b>		
<b>Atividades Econômicas</b>	<b>Rio Grande do Sul</b>	<b>Brasil</b>
Agricultura	<b>18,66</b>	<b>111,98</b>
Agropecuária	<b>13,36</b>	<b>1.020,43</b>
Cimento	0,56	34,98
Comercial	0,09	1,33
Energia Elétrica	4,12	46,47
Metalurgia	0,07	54,98
Outras indústrias	1,62	48,27
Pecuária	<b>26,27</b>	<b>465,05</b>
Produção de Combustíveis	1,49	56,88
Público	0,10	0,77
Residencial	1,03	27,70
Saneamento Básico	4,08	<b>86,56</b>
Transporte de Carga	<b>6,39</b>	<b>99,93</b>
Transporte de Passageiros	<b>6,50</b>	85,44
<b>Total</b>	<b>84,34</b>	<b>2.160,66</b>

Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

Ocupando o primeiro lugar no RS, a atividade da Pecuária, com a emissão de 26,27 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub>, seguido da Agricultura, com 18,66 MtCO<sub>2eq</sub>, assim, a Agropecuária de forma geral, ocupa o terceiro lugar com 13,36 MtCO<sub>2eq</sub>. O transporte de passageiros e o transporte de carga posicionam-se em quarto e quinto lugar de acordo com a Tabela 2. O cenário das emissões do RS em comparação com o Brasil em geral, varia um pouco, pois, neste caso, a atividade econômica da Agropecuária lidera as emissões no Brasil com *1.020,43 milhões de toneladas de carbono equivalente*, logo em seguida vem a Pecuária, a Agricultura e o Transporte de Carga com 465,05; 111,98 e 99,93 MtCO<sub>2eq</sub>, respectivamente.

As atividades econômicas de Pecuária, Agricultura e Agropecuária, são responsáveis por cerca de 70% das emissões estaduais, enquanto no Brasil estas três atividades juntas são responsáveis por cerca de 74%. De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística realizado pelo IBGE, na agropecuária o RS se destaca como o maior produtor de arroz em casca cerca de 11.6 milhões toneladas na última safra, representando 70% da produção nacional,

o maior produtor de milho (87,8 Mton), trigo (7,8 Mton), aveia (809.592 ton) e uva (995.125ton). Além disso, o RS se destaca como o segundo maior estado produtor de soja (134,9 Mton) (IBGE, 2022).

De acordo com o Atlas Socioeconômico do RS, tendo como base a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE do ano de 2018, em relação a pecuária, este ocupa o sétimo lugar na produção de rebanho bovino, ocupa o quarto lugar na produção de aves e ovos, o terceiro lugar na produção de rebanho suíno e leite de vaca e ocupa o 2º lugar na produção de ovinos (SCP, 2020).

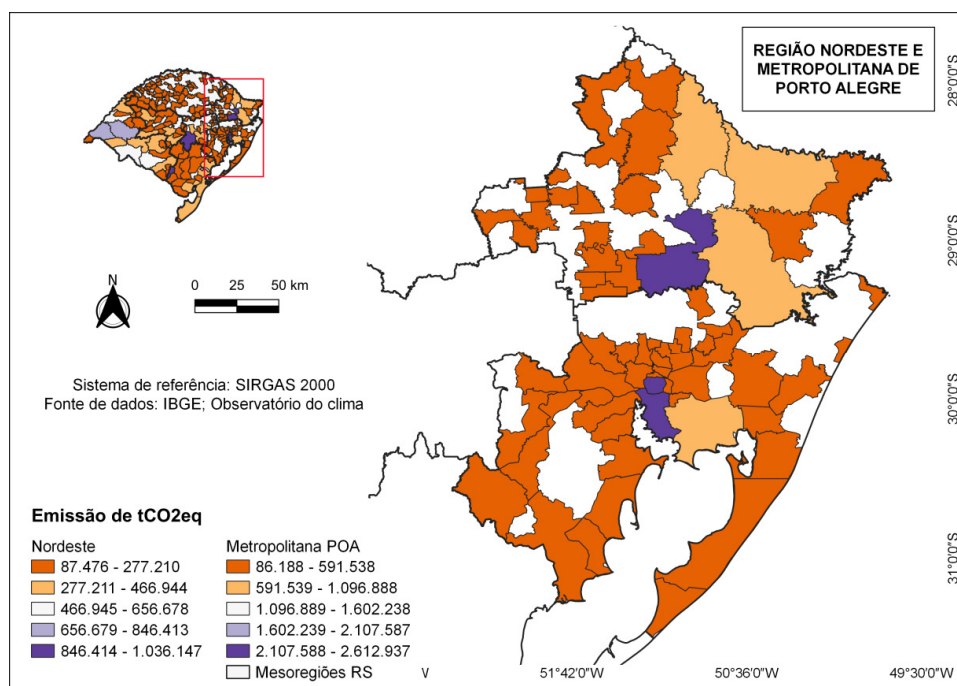
O Saneamento Básico ocupa o quinto lugar no Brasil e o sétimo lugar no RS, com emissões de 86,56 e 4,08 Mton de CO<sub>2eq</sub> respectivamente (Tabela 2). De acordo com os indicadores de saneamento básico da plataforma do SINIS (2019), o estado atende 86,69% da população total com abastecimento de água potável, porém somente 33,51% da população é atendida com esgotamento sanitário e a taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta da população urbana do estado é de 96,07%. As emissões relacionadas ao saneamento básico podem ser reduzidas ou minimizadas através da implantação e incentivos fiscais dos governos, de processos de tratamento de resíduos e efluentes, que além de diminuir o volume gerado pelas populações, podem gerar biocombustível e energia, como é o caso da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e esgoto, produzindo biogás que pode ser convertido em eletricidade.

Outro ponto importante a ser discutido é o uso de combustíveis derivados do petróleo no setor de transportes tanto de cargas quanto de passageiros, estando diretamente relacionado com emissões de gases poluentes. Segundo dados do relatório gerado em 2022 pelo DETRAN/RS utilizando o PROCERGS como fonte de dados, o RS vem apresentando um aumento crescente em sua frota veicular ao longo de cada ano. Em 2019 a frota em circulação (Automóvel, Motocicleta, Caminhão, Tratores, Ônibus, Caminhonetes e demais) totalizava 6.977.604 veículos. Já em dezembro de 2021 este valor somou 7.308.202, sendo destes 5.653.192 utilizados para transporte de passageiros e 919.372 para transporte de cargas. Os municípios que possuem o maior número de veículos em circulação são: Porto Alegre (844.819); Caxias do Sul (326.071) e Pelotas (220.593) (DETRAN, 2022). Em contraponto com as informações obtidas do IBGE CIDADES (2022), que indicam uma estimativa de população gaúcha em 2021 de 11.466.630, demonstram que há menos de duas pessoas para cada veículo com uma proporção de aproximadamente 1,57, enquanto em 2010 essa proporção era de 2,27.

### *Emissões de CO<sub>2eq</sub> dos Municípios do RS*

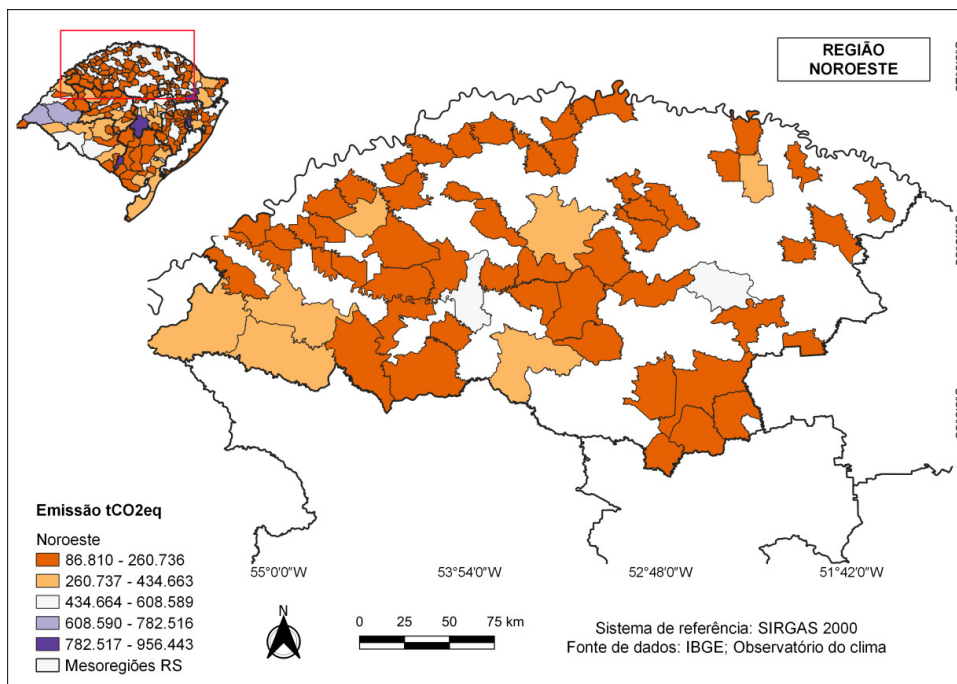
O mapa de emissões do RS (Figura 5) destaca os principais emissores da Região Nordeste e Metropolitana de Porto Alegre, a capital do estado. A Figura 6 apresenta os destaques para a Região Noroeste do Estado. A Figura 7 apresenta o panorama de emissões para as Regiões Centro Oriental e Centro Ocidental, enquanto as Figuras 8 e 9 apresentam os mapas de emissões para as Regiões Sudeste e Sudoeste, respectivamente.

**Figura 5.** Mapa de emissões da Região Nordeste e Metropolitana de Porto Alegre/RS em tCO<sub>2eq</sub> no ano base de 2018



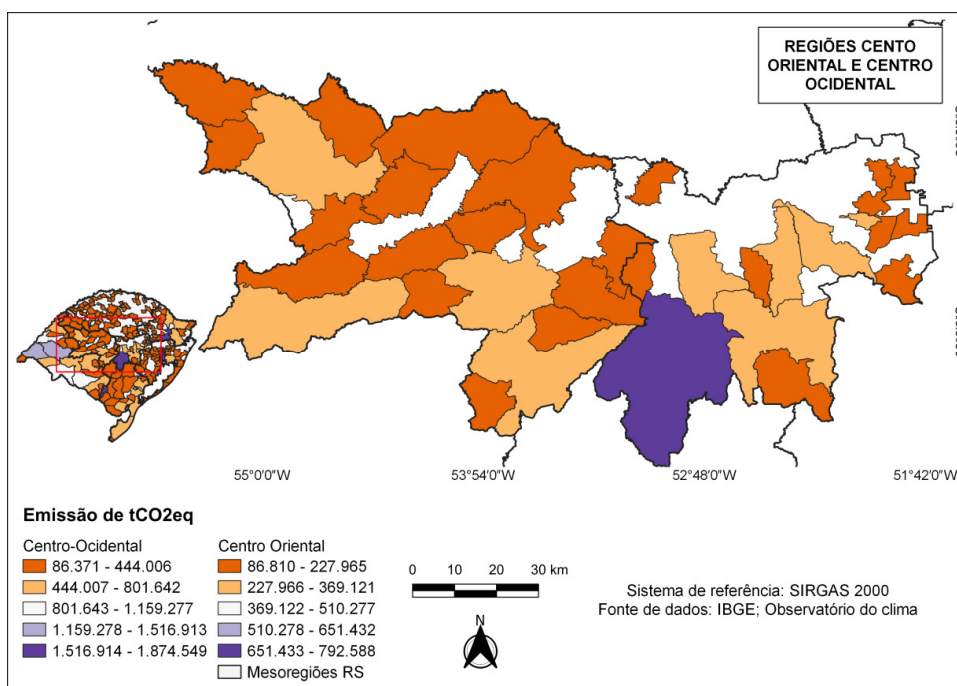


**Figura 6.** Mapa de emissões para a Região Noroeste do RS em tCO<sub>2eq</sub> no ano base de 2018



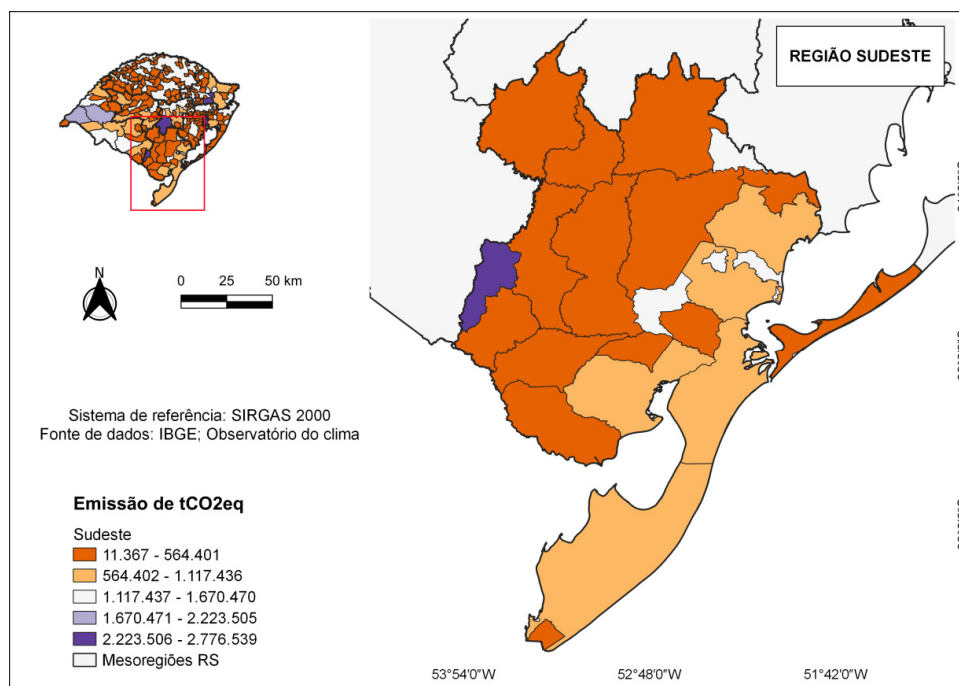
Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

**Figura 7.** Mapa de emissões para as Regiões Centro Ocidental e Centro Oriental do RS em tCO<sub>2eq</sub> no ano base de 2018



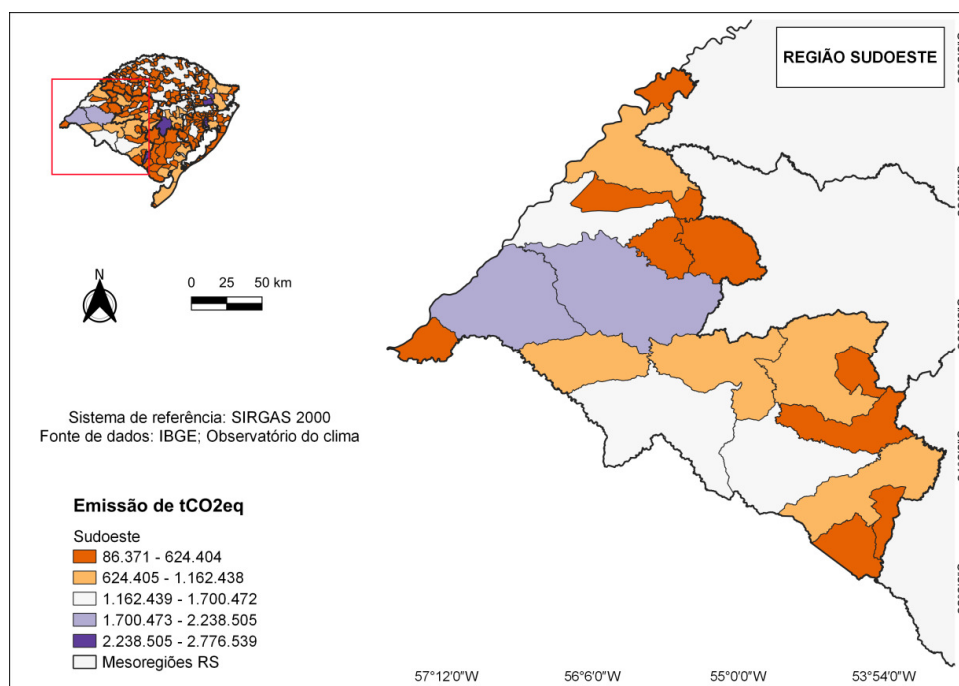
Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

**Figura 8.** Mapa de emissões para a Região Sudeste do RS em tCO<sub>2eq</sub> no ano base de 2018



Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

**Figura 9.** Mapa de emissões para a Região Sudoeste do RS em tCO<sub>2eq</sub> no ano base de 2018



Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

Em relação à Região Nordeste e Metropolitana de Porto Alegre mostrado na Figura 5, se destacam na coloração roxa, os municípios de Canoas, Porto Alegre e Caxias do Sul atingindo 2,62 MtCO<sub>2eq</sub>, 2,54 MtCO<sub>2eq</sub> e 1,08 MtCO<sub>2eq</sub> respectivamente, ocupando o 2º, 3º e 11º lugar no ranking de emissões nesta ordem (SEEG, 2018). Na Região Noroeste do RS (Fig. 6), se destacam os municípios de Passo Fundo com 548.836,86 tCO<sub>2eq</sub>, Ijuí com 504.098,42 tCO<sub>2eq</sub> e Cruz Alta com 360.381,22 tCO<sub>2eq</sub>. Nas Regiões Centro Ocidental e Centro Oriental do RS (Fig. 7), ressaltam-se os municípios de Cachoeira do Sul e Santa Maria, com emissões de 792.588,11 e 686.419,29 tCO<sub>2eq</sub>, ocupando a décima sétima e décima oitava posição no ranking na devida ordem.

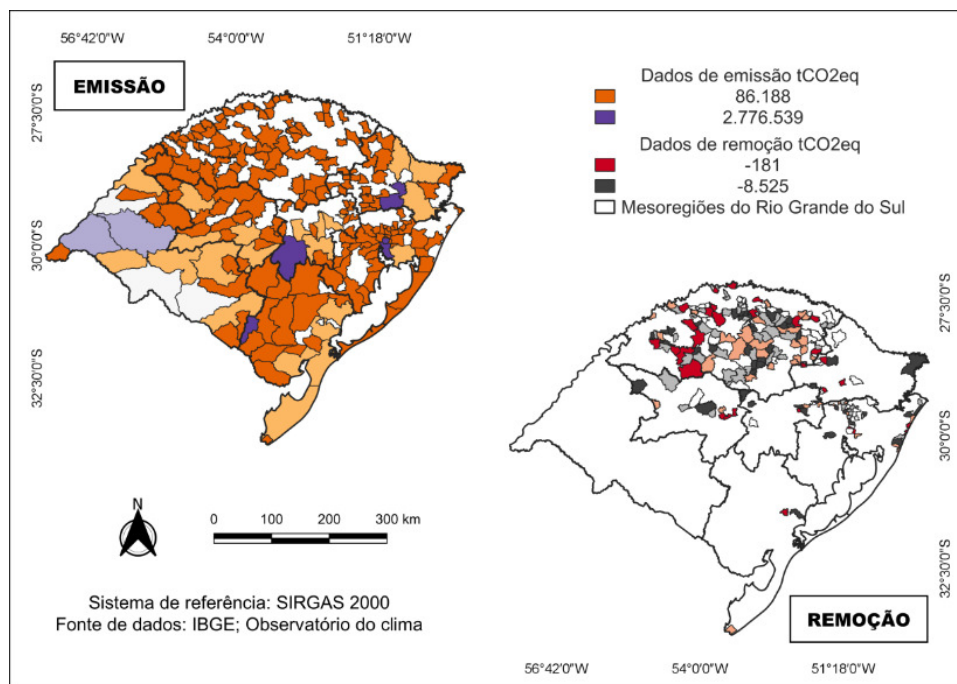
No tocante às Regiões Sudeste (Fig. 8) e Sudoeste (Fig. 9), o município de Candiota localizado na Região Sudeste, configura-se como o principal emissor do estado, com emissões de 2,77 milhões de tCO<sub>2eq</sub>. Ainda na Região Sudeste encontram-se os municípios de Rio Grande e Pelotas com emissões de 1,08 e 0,84 MtCO<sub>2eq</sub> respectivamente, ocupando a 9º e 15º posição. Na Região Sudoeste, se destacam os municípios de Alegrete, Uruguaiana, Sant'Ana do Livramento, Dom Pedrito e Itaqui, ocupando as posições de 4º, 5º, 6º, 7º e 8º lugar no ranking de 2018, com emissões de 1,87; 1,80; 1,43; 1,26 e 1,16 milhões de ton de CO<sub>2eq</sub>. A quantidade de emissões pode ser um indicativo também de pólos industriais e atividades econômicas, como o caso da Região Nordeste e Metropolitana de Porto Alegre, onde se concentram grande parte das indústrias do estado. Além disso, o município de Candiota é o maior emissor do RS, portanto, produzir energias de fontes renováveis, como da digestão anaeróbia de resíduos, por exemplo, será umas das soluções principais na redução das emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> e também do gerenciamento de resíduos sólidos, atendendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

### **Remoção de CO<sub>2eq</sub> dos Municípios do RS**

De acordo com a Nota Metodológica de SEEG V.9 (2021), além da contabilização das emissões, as remoções de CO<sub>2</sub> da atmosfera, através das alterações de cobertura de uso de terra e florestas também são levadas em conta. Entre estes estão: as remoções por florestas e campos manejados em áreas protegidas; florestas e campos secundários e alterações de uso da terra como as transições de agricultura e pastagem para reflorestamento.

A Figura 10 apresenta um comparativo entre emissões e remoções do estado. Em se tratando de remoções de CO<sub>2eq</sub> com destaque para a Região Nordeste e Metropolitana Porto Alegre, municípios como São José dos Ausentes, Cidreira, Charqueadas Nova Hartz, Terra de Areia e São Leopoldo se destacam, apresentando remoções de -7.748,00; -7.613,00; -6.828,00; -6.607,00; -8.100,00 e -8.092,00tCO<sub>2eq</sub> respectivamente.

**Figura 10.** Comparativo de Emissões e Remoções em tCO<sub>2eq</sub> no RS com ano base de 2018



Fonte: Adaptado de SEEG (2022).

Em relação à Região Noroeste do RS no ano base de 2018, destacam-se os municípios de Horizontina com remoções de -8.525,00 tCO<sub>2eq</sub>, Entre-Ijuís com remoções de -8.274,00 tCO<sub>2eq</sub>, Vicente Dutra, Jóia, Gramado dos Loureiros e Vitória das Missões com remoções de -7.602,00; -7.567,00; -8.337,00 e -8.289,00 tCO<sub>2eq</sub> respectivamente. Nas Regiões Centro Oriental e Centro Ocidental do Estado, os municípios de Sobradinho, Imigrante, Santa Clara do Sul, São Martinho da Serra e Unistalda se destacam com remoções de -8.433,00; -7.935,00; -7.899,00; -8.510,00 e -7.844,00 tCO<sub>2eq</sub> respectivamente. Na Região Sudeste, o município de Turuçu apresenta remoções de -8.254,0000 tCO<sub>2eq</sub>.

A Região Noroeste apresenta elevados índices de remoções, devido a presença de áreas verdes. O RS em sua maioria emite uma quantidade extremamente significativa de GEE para a atmosfera e não remove praticamente nada em comparação ao emitido. No entanto, a pouca quantidade que é removida é considerada significativa para a qualidade de vida do(s) município(s) em questão.

É de extrema importância que o RS invista em tecnologias para os setores emissores, principalmente o setor agropecuário e de processos industriais. Além da produção de energias renováveis para a produção de energia elétrica, como energia eólica, solar e energia obtida de

biogás, produzido através da digestão anaeróbia de resíduos coletados dos municípios e também da digestão anaeróbia de esgoto doméstico. Outra ação importante na redução das emissões, é a produção e utilização de biocombustíveis no âmbito veicular, pois, além de pode ser produzido de biomassas como os resíduos agrícolas, também pode diminuir a dependência de combustíveis fósseis como a gasolina e o diesel. É importante a conservação e manutenção de áreas verdes que absorvem CO<sub>2</sub> da atmosfera. Recomenda-se que RS priorize ações de mitigação e investimento em pesquisa e desenvolvimento tanto em alternativas energéticas, quanto em equipamentos e usinas removedoras de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo verificou-se que o Setor Agropecuário lidera as emissões de GEE no Rio Grande do Sul, seguido do Setor Energético, sendo a Fermentação Entérica e a Queima de Combustíveis fósseis os subsetores mais emissores respectivamente.

Nota-se que o município de Candiota, que produz energia através da queima de combustível fóssil, se mostrou como o maior emissor do estado em 2018 com emissões de 2,77 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub>. Ainda, os demais municípios que se destacaram nas remoções de tCO<sub>2eq</sub>, foram Horizontina (-8.525,00), São Martinho da Serra (-8.510,00) e Sobradinho (-8.433,00). As Atividades Econômicas do RS, totalizaram em 2020 a emissão de 84,34 MtCO<sub>2eq</sub>, correspondendo a quase 4% das emissões brasileiras, enquanto no ano de 2019 estas foram de 87,84 MtCO<sub>2eq</sub>. Dentre estas atividades, a Pecuária, a Agricultura, a Agropecuária, o Transporte de Passageiros e de Carga se destacaram como as principais emissoras.

Diante disso, se torna imprescindível a implementação de políticas públicas ambientais que abranjam soluções em longo prazo visando a mitigação de GEE no estado, levando em consideração as especificidades locais bem como as questões sociais presentes atualmente. Estas resoluções devem considerar tanto o âmbito energético, buscando por fontes alternativas de energia para descarbonizar o setor, quanto o setor agropecuário, fomentando práticas sustentáveis de produção, principalmente de pequenos produtores rurais e agroecológicos, através de políticas, tecnologias, pesquisa e principalmente o incentivo governamental a fim de melhorar os índices de qualidade do ar bem como a preservação ambiental visando reduzir as emissões de GEE provenientes destes segmentos. Portanto, o presente trabalho corrobora para auxiliar os tomadores de decisão e formuladores de políticas relacionadas à poluição atmosférica para propor soluções com o objetivo de analisar as emissões de GEE bem como a qualidade do ar nos municípios do RS

e mitigar os impactos decorrentes desta problemática. Por último, ressalta-se a falta de um inventário de emissões de GEE atualizado para o estado do Rio Grande do Sul.

## AGRADECIMENTOS

Esta obra foi desenvolvida com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACORDO DE PARIS. Versão em Português. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/acordo-de-paris#:~:text=Esse%20acordo%20rege%20medidas%20de,impactos%20gerados%20por%20essa%20mudan%C3%A7a..> Acesso em 21 fev. 2022.

AMBOS, S. H. *et al.* Mudanças climáticas e seus efeitos no Litoral Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, v. 3, n. 4, p. 683-693, 2017.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera: tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 528 p.

BIERHALS, E. E. J. *et al.* Mudanças climáticas e projeções para a radiação solar no estado do Rio Grande do Sul a partir dos modelos CMIP5 e BESM. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

DETRAN RS. **Levantamentos Estatísticos: Frota, 2022**. Disponível em: <https://admin.detran.rs.gov.br/upload/arquivos/202201/20103812-01-frota-do-rs.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2022.

FALCI, P. A. **Repensando práticas em educação ambiental: proposta de uma sequência didática**. 2019. 129 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

FLEURY, L. C.; MIGUEL, J. C. H.; TADDEI, R. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Sociologias**, v. 21, p. 18-42, 2019.

HAN, X. *et al.* Understanding implications of climate change and socio-economic development for the water-energy-food nexus: A meta-regression analysis. **Agricultural Water Management**, v. 269, p. 107693, 2022.

IMAFLOA. **Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): setor agropecuário**. São Paulo: Observatório do Clima, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). CIDADES. **Brasil**: Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em: 20 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 6 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociência**. Malha Territorial. Acesso ao produto (2020). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=30138&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 7 fev. 2022.

IPAM. Amazônia. CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e), 2015. Disponível em: <https://ipam.org.br/glossario/co2-equivalente-co2e/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

IPCC, IPoCC. Summary for Policymakers in Global warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. **The Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty**, p. 32, 2018.

KOSOE, E. A.; AHMED, A. Climate change adaptation strategies of cocoa farmers in the Wassa East District: Implications for climate services in Ghana. **Climate Services**, v. 26, p. 100289, 2022.

KUMAR, V. *et al.* Produção de biodiesel e bioetanol usando biomassa de algas colhidas de rio de água doce. **Energias Renováveis**, v. 116, p. 606-612, 2018.

KWEKU, D. W. *et al.* Efeito estufa: gases de efeito estufa e seu impacto no aquecimento global. **Journal of Scientific research and reports**, v. 17, n. 6, pág. 1-9, 2018.

LOBATO, M. F.; RODRIGUES, B. M. M.; SANTOS, A. G. dos. Impacto da pandemia de COVID-19 nas emissões veiculares no Brasil no período de janeiro a maio de 2020. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 829-836, 2021.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (MCTI). **Resultados do Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Unidade Federativa**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/emissoes-por-unidade-federativa>. Acesso em: 28 jan. 2022.

NIANG, I., *et al.* Chapter 22 : Africa. In: V. R. BARROS, C. B. FIELD, D. J. DOKKEN, M. D. MASTRANDREA, & K. J. MACH (Eds.), **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment**. pp. 1199-1265, 2014. (Intergovernmental Panel on Climate Change).

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Nações Unidas Brasil. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil**. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 24 fev. 2022.

REGOTO, P., *et al.* Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil. **Int J Climatol**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7119>. Acesso em nov. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO (SCP). **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul – 5ª edição. Porto Alegre, 2020.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). Observatório do Clima. (2022). Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em 12 fev. 2022.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2020**, 2021. Disponível em: [https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_9/OC\\_03\\_relatorio\\_2021\\_FINAL.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf). Acesso em: 22 fev. 2022.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Emissões Totais**. 2022. Disponível em: [https://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission). Acesso em: 22 fev. 2022.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Setor Mudança de Uso da Terra e Florestas**. Nota Metodológica, 2021. Disponível em: [https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Notas%20Metodologicas/SEEG\\_9%20%282021%29/Nota\\_Metodologica\\_SEEG\\_9\\_MUT\\_v3.docx.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Notas%20Metodologicas/SEEG_9%20%282021%29/Nota_Metodologica_SEEG_9_MUT_v3.docx.pdf). Acesso em: 22 fev. 2022.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **87 soluções para redução das emissões de gases do efeito estufa nos municípios brasileiros**. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/solution>. Acesso em 12 fev. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Painel de Saneamento**: Indicadores, 2019. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/residuos\\_solidos/mapa-indicadores](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/residuos_solidos/mapa-indicadores). Acesso em: 28 jan. 2022.

TARQUINIO, T. T.. Transição ecológica: crescimento da população mundial não é a principal ameaça ao planeta. **Realis Revista de Estudos AntiUtilitaristas e PosColonias**, v.11, n.01, jan-jul, p. 83- 84, 2021. – ISSN 2179-7501.

Recebido em: 01/03/2022  
Aceito em: 06/12/2022