

Incêndio na Estação Ecológica do Taim em 2013: Análise do Ambiente Atmosférico e Dispersão de Poluentes

Ana Lucia da Silva Nascimento¹, Mateus da Silva Teixeira¹ & Marcelo Félix Alonso¹

Recebido em 12/09/2020 – Aceito em 13/08/2021

¹ Universidade Federal de Pelotas. Brasil. <analuciasne@gmail.com, mateus.teixeira@ufpel.edu.br, mfapel@gmail.com>.

RESUMO – Incêndios em unidades de conservação são considerados uma grave ameaça para a manutenção dos seus processos ecológicos. O presente estudo busca descrever as condições atmosféricas que contribuíram para o início e a manutenção do maior incêndio, até o momento, ocorrido no ano de 2013 na Estação Ecológica do Taim, e quantificar as emissões resultantes. Utilizamos os dados de reanálise do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* para avaliar as condições atmosféricas e o modelo *Brazilian Biomass Burning Emission Model* e do seu pré-processador de emissões PREP-CHEM-SRC para avaliar concentração e dispersão de poluentes emitidos nesse incêndio. Os resultados indicaram a existência de um ambiente atmosférico seco previamente estabelecido – influenciado por três episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul – e intensificado pela passagem de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis, que não provocou precipitação significativa, mas contribuiu para a presença de descargas elétricas e início do incêndio. A passagem de um segundo Vórtice Ciclônico de Altos Níveis favoreceu a precipitação que contribuiu para o controle e extinção do incêndio. A pluma de poluentes da queima de biomassa não gerou concentrações que representassem riscos à saúde.

Palavras-chave: Bioma pampa; Rio Grande do Sul; unidade de conservação.

Fire at Taim Ecological Station in 2013: Analysis of the Atmospheric Environment and Dispersion of Pollutants

ABSTRACT – Fires in conservation units are considered a serious threat to maintenance of their ecological processes. The present study seeks to describe the atmospheric environment that contributed to the start and maintenance of the largest fire, until now, that occurred at the Ecological Station of Taim using data from reanalysis of the do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. The concentration and dispersion of the pollutants emitted in this fire was evaluated using the Brazilian Model Model of Emission of Biomass Burning throung PREP-CHEM-SRC emissions preprocessor. The results indicated the existence of a dry atmospheric environment previously established – caused for three episodes of the South Atlantic Convergence Zone – and intensified by the passage of a Upper Level Cyclonic Vortex, which did not provoke precipitation significant, but contributed to the presence of discharge electric and fire start. A passage of second Upper Level Cyclonic Vortex favored the precipitation that contributed to the control and extinction of the fire. The plume of pollutants from biomass burning did not generate concentrations that represent health risks.

Keywords: Biome pampa; Rio Grande do Sul; conservation units.

Incendio en la Estación Ecológica de Taim en 2013: Análisis del Medio Ambiente Atmosférico y Dispersión de Contaminantes

RESUMEN – Los incendios en las unidades de conservación se consideran una seria amenaza para el mantenimiento de sus procesos ecológicos. Este estudio pretende dar a conocer las condiciones atmosféricas que contribuyeron al inicio y mantenimiento del gran incendio, hasta el momento, durante el año 2013 en la Estación Ecológica Taim y cuantificar las emisiones resultantes. Usamos datos de reanálisis del *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* para evaluar las condiciones

atmosféricas y el Brazilian Biomass Burning Emission Model y su preprocesador de emisiones PREP-CHEM-SRC para evaluar la concentración y dispersión de los contaminantes emitidos en ese incendio. Los resultados indicaron la existencia de un ambiente atmosférico seco previamente establecido - influenciado por tres episodios de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur - e intensificado por el paso de un Vórtice Ciclónico de Alto Nivel, que no provocó precipitaciones significativas, pero contribuyó a la presencia de rayos e inicio de fuego. El paso de un segundo Vórtice Ciclónico de Alto Nivel favoreció la precipitación que contribuyó al control y extinción del fuego. El penacho de contaminantes procedentes de la combustión de biomasa no generó concentraciones que representan riesgos para la salud.

Palabras clave: Bioma de la Pampa; Rio Grande do Sul; unidad de conservación.

Introdução

Unidades de conservação (UCs) são áreas demarcadas com o objetivo de preservar os remanescentes de determinado bioma, tornando-as importantes ferramentas para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, em termos do estoque de carbono e da preservação de recursos hídricos. Em condições atmosféricas que podem proporcionar períodos atípicos, esses ambientes preservados ficam suscetíveis à ação do fogo, que pode levar a alterações drásticas em sua estrutura e diversidade. No Brasil, os incêndios florestais (IF) são ameaças constantes aos objetivos de uma UC, e poucas delas possuem planos de prevenção e controle (Koproski *et al.*, 2011). Até a data do presente estudo, existem cerca de 2.367 UCs distribuídas entre os biomas Amazônia, Marinho, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa, correspondendo a uma área de preservação de 28,06%, 8,33%, 8,87%, 9,54%, 4,59%, 3,14% e 2,87% do bioma protegido, respectivamente (MMA, 2021).

Tratando-se dos IFs, os fatores meteorológicos são os elementos críticos que influenciam a sua ocorrência, comportamento e dinâmica; além de constituir um dos três elementos importantes para o seu início e desenvolvimento, como por exemplo, períodos com altas temperaturas, baixos níveis de umidade relativa do ar (UR), perfis termodinâmicos instáveis da atmosfera, direção e intensidade do vento, origem, trajetória e características das massas de ar que agem sobre uma região e ocorrência de descargas elétricas (Westerling *et al.*, 2004; Leite *et al.*, 2017; Lapola *et al.*, 2019). É importante destacar que em escala global, cerca de 90% das ignições estão ligadas direta ou indiretamente a ação humana (Venevsky *et al.*, 2019).

Estudos vêm sendo desenvolvidos acerca de IF ou focos de calor (FC) em UCs de diversos

biomas, como por exemplo, Torres *et al.* (2016) que realizaram um estudo para conhecer o perfil dos incêndios ocorridos em UCs durante o período de 2008 a 2012, onde foi constatado que as mais afetadas foram as de proteção integral. Outros autores, como por exemplo, Medeiros *et al.* (2004), Corrêa (2007), Rodrigues *et al.* (2018), realizaram pesquisas sobre a relação entre IF em áreas de proteção ambiental com fatores meteorológicos e concordam que a maioria ocorre em períodos de estiagem, associados a atuação de massas de ar seco e formação de bloqueios atmosféricos, baixa UR, ressecamento do material combustível (material vegetal), diminuição da ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e aumento da Temperatura da Superfície do Mar no Oceano Atlântico Sul, associado a circulação anormal da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

Além dos efeitos negativos ao meio ambiente, os IFs injetam material nocivo que é liberado pela queimada de biomassa, como os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO₂), os hidrocarbonetos não-metano (HCNM), o metano (CH₄) e o Material Particulado (MP). Esses gases e aerossóis são emitidos na baixa e média troposfera e, uma vez dentro da troposfera, o transporte se dá de forma mais eficiente devido as altas velocidades dos fluxos de ar, transportando-os para regiões distantes da fonte (Andreae, 2001; Pereira, 2005; Freitas *et al.*, 2009; Alonso, 2011; ICMbio, 2010). A poluição do ar afeta também a saúde do ser humano e, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), atualmente cerca de 9 em cada 10 pessoas respiram ar poluído, sendo este alguns dos principais causadores de doenças respiratórias (Duchiade, 1992; OMS, 2019; Hyde *et al.*, 2017)

Historicamente, os FCs que ocorrem nos biomas da Amazônia e Cerrado correspondem à grande maioria dos FCs observados no Brasil. No

ano de 2019 esses FCs corresponderam a 77% (dos mais de 197 mil), contra 1% dos observados para o bioma Pampa. Em contrapartida, durante o período de 01 de janeiro a 01 de junho de 2020 a estiagem contribuiu para o aumento em 343% no número de FC no bioma Pampa, se comparado ao mesmo período do ano anterior (Programa de Queimadas do INPE, 2020). Embora a demanda por conhecimento sobre a ocorrência de FC ou IF nos biomas venha crescendo nos últimos anos, ainda é incipiente a investigação em locais de UC, especialmente as localizadas no bioma Pampa.

de proteger o ecossistema e recursos hídricos (Figura 1). A ESEC Taim é constituída de cerca de 60% de banhados, e no âmbito econômico em seu entorno é cultivado arroz irrigado por inundação, explorado principalmente nos meses de verão, o que promove uma grande redução no nível de água dentro do Banhado Taim (Marques *et al.*, 2013). A ESEC Taim também é responsável por proteger espécies ameaçadas de extinção nacional e internacionalmente (Burger & Rams, 2006).

Material e Métodos

Área de estudo

A ESEC Taim é uma UC brasileira pertencente ao bioma Pampa e localiza-se entre municípios de Rio Grande/RG e Santa Vitória do Palmar/SVP, no estado do Rio Grande do Sul/RS. Foi criada a partir do Decreto nº 92.963 de 21 de julho de 1986 com 10.939ha e ampliada (Decreto (s/n), de 05 de jun. de 2017) para uma área total de 32.806,31ha, com o objetivo

Dados

Os FCs foram obtidos a partir da metodologia utilizada por Nascimento *et al.* (2020), que estudou os FCs ocorridos entre 1998 e 2018 na ESEC Taim. Em seguida foram obtidos os FCs que ocorreram durante os dias 26 de março a 03 de abril de 2013. Para a análise sinótica foram usados dados de reanálise da quinta geração (ERA5) do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (C3S, 2017), que compreendem o período de 1979 até 2018 e possuem resolução horizontal de 0,25° de latitude e longitude.

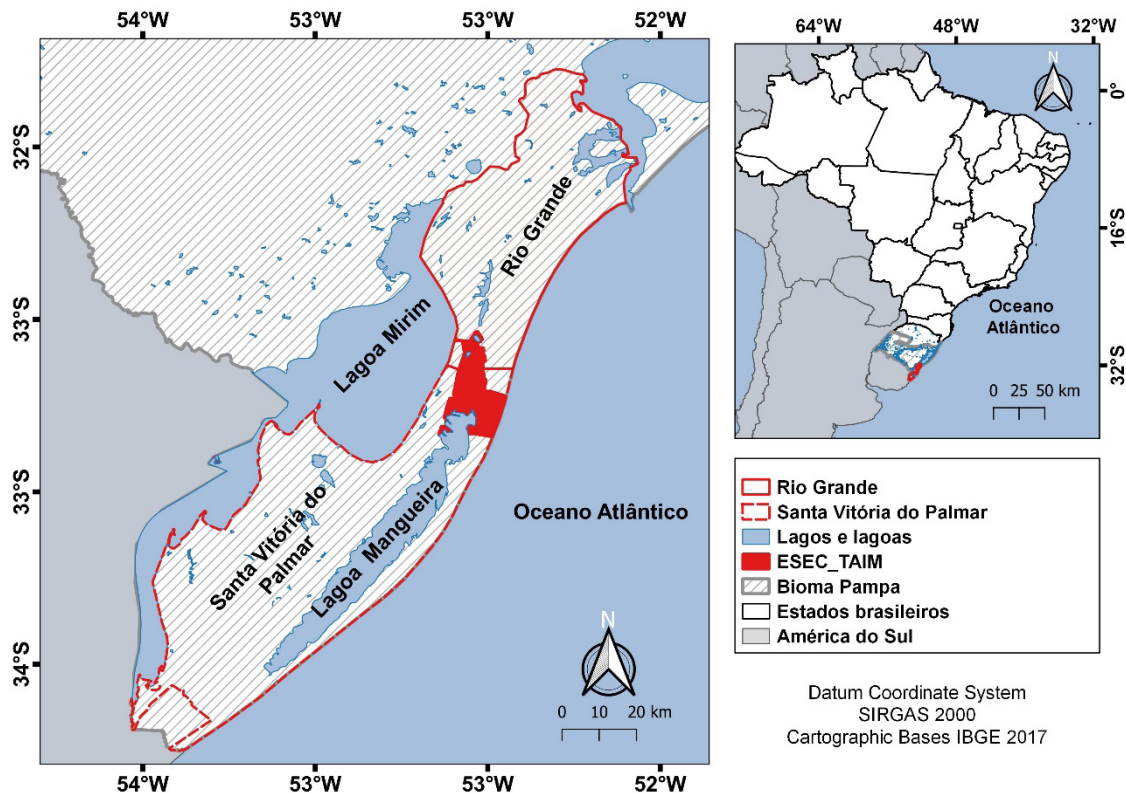


Figura 1 – Mapa com destaque hachurado em vermelho representando os limites da ESEC Taim (sem a zona de amortecimento). No canto superior esquerdo, é mostrado o posicionamento geográfico da área de estudo na AS.

Métodos

É importante destacar que não existem estações meteorológicas ou de qualidade do ar na região de estudo, o que dificulta a validação dos resultados da concentração deste estudo. Entretanto, existe uma gama de trabalhos na literatura que utilizam a metodologia aqui proposta (Freitas *et al.*, 2009, 2017). A validação dos dados meteorológicos para uma região próxima a de estudo está descrita em Nascimento *et al.* (2020).

A análise da configuração atmosférica foi realizada a partir de dados de reanálises do ERA5 para os horários das 00, 06, 12 e 18 UTC. Utilizou-se o período de 1979 até 2018 como referência para a obtenção das anomalias. As variáveis meteorológicas utilizadas foram temperatura do ar, UR e umidade específica, componentes zonal e meridional do vento, altura geopotencial, ômega nos níveis de 1000, 500, 850 e 250hPa e pressão ao nível médio do mar (PNMM).

Posteriormente, fez-se uma simulação da dispersão e concentração do MP_{10} , $MP_{2,5}$ e CO encontrados durante o incêndio de 2013, utilizando o modelo *Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* (CCATT-BRAMS) (Freitas *et al.*, 2009, 2017). O CCATT-BRAMS é um modelo on-line 3D Euleriano que prognostica a concentração de contaminantes atmosféricos de forma simultânea e consistente com o estado

atmosférico simulado pelo BRAMS. Além disso, o modelo inclui reatividade química e interação de aerossóis com a radiação solar e terrestre (Freitas *et al.*, 2009; Alonso, 2011). Os dados de emissões de poluentes são processados pela ferramenta PREP-CHEM-SRC e incorporados no sistema de modelos CCATT-BRAMS, que distribui esses valores segundo suas espécies e regiões (Oliveira *et al.*, 2016). Neste trabalho foram usados apenas as fontes por queima de biomassa.

Para as simulações optou-se por duas grades aninhadas, a primeira com resolução horizontal de 10km, centrada em $-52,85^\circ$ de latitude e $-31,15^\circ$ de longitude. A segunda grade centrada em $-52,45^\circ$ de longitude e $-32,8^\circ$ de latitude. Para a condição inicial e de contorno da simulação (S1) foram utilizados os campos de análise do modelo *The Global Forecast System* (GFS) do *Weather Forecast Model Produced by the National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), com resolução de $0,5^\circ$ de latitude e longitude. Para a condição inicial e de contorno da simulação 2 (S2) utilizou-se S1, conforme mostrado na Figura 2. Com o objetivo de evitar os efeitos de oscilação da inicialização do modelo (*Spin-up*), optou-se por inicia-las 24h antes do período de interesse.

Resultados e Discussão

O IF ocorrido em 2013 teve duração de aproximadamente 10 dias (os dias 26 de março a 03 de abril de 2013) e atingiu uma área de

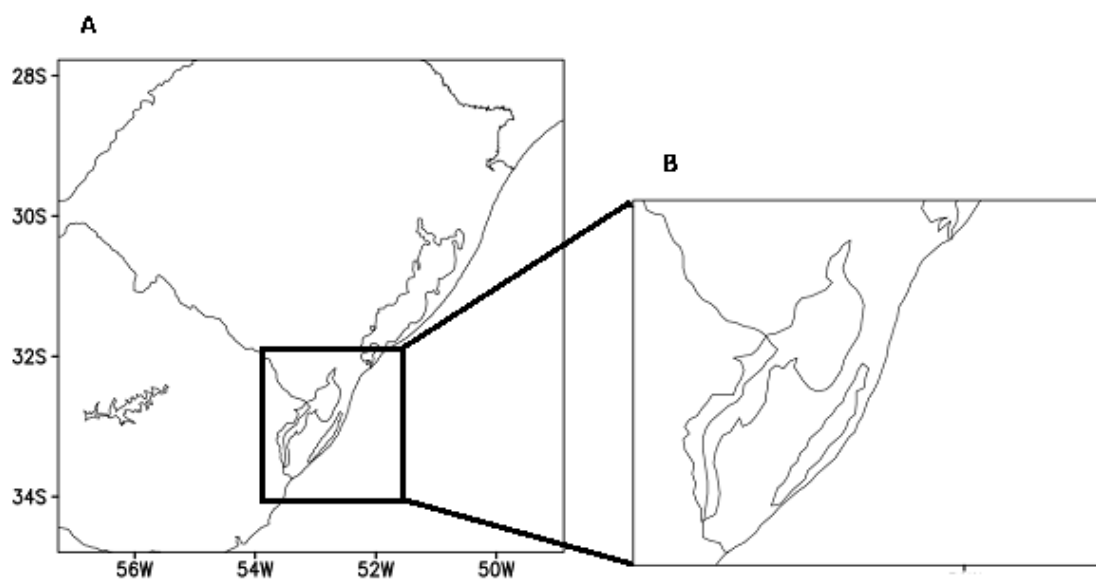


Figura 2 – Disposição das grades utilizadas no modelo CCAT-BRAMS para a simulação S1(A) e S2(B).

cerca de 8.893,17ha, dos quais 5.044,72ha correspondiam a ESEC Taim (46% da sua área total, no momento), de acordo com Natalie *et al.* (2015). Segundo o Boletim Climanalise (2013), foram registrados 11 FCs na ESEC Taim, entretanto, a metodologia proposta por Nascimento *et al.* (2020) detectou 51 FCs durante o período. Ainda durante o mês de março na região sul do Brasil houve atividade convectiva, porém, com acumulados de precipitação pouco expressivos, com total registrado em torno de 30mm na estação meteorológica automática mais próxima (Rio Grande/RS, INMET, 2021), bem abaixo da climatologia, que gira em torno de 100 a 120mm em março (Nascimento *et al.*, 2020). Foram registrados déficits de precipitação para toda a região sul e sudeste do RS durante o mês de março, tendo ocorrido dois episódios de ZCAS no mês de fevereiro (dias 3 a 6 e 7 a 14) e dois episódios no mês de março (dias 15 a 19 e 21 a 31). As condições sinóticas predominantes durante o IF são descritas nos parágrafos a seguir.

Entre os dias 24 e 26 de março duas condições distintas afetaram a região sul em superfície: (a) uma circulação anticiclônica de uma alta pós-frontal, cujo cavado em superfície associado a essa frente encontrava-se bem afastado do continente sul-americano, no Oceano Atlântico (em aproximadamente 40°S e 30°W); e (b) um cavado que se movimentou para leste na latitude de 40°S (Figura 3A e Figura 3B). Nos níveis médios é possível observar, entre esses mesmos dias, que um cavado passou pela Cordilheira dos Andes, regendo o movimento do cavado em superfície e ajudando a gerar uma circulação ciclônica fechada que se estendeu por toda metade inferior da troposfera (Figura 4A e Figura 4B).

Esses cavados colaboraram para a ocorrência de movimento ascendente no sul do RS (no dia 26) e para anomalias positivas de umidade específica (Figura 5A e Figura 5B). Entretanto, essas condições não levaram chuvas significativas à região de estudo, tendo sido registradas chuvas inferiores a 10mm no extremo sul do RS no dia 26 de março (não mostrado). Durante o IF que se iniciou dia 26 de março, foram registradas descargas elétricas durante a madrugada, próximos as áreas de banhado e conseqüentemente longe das residências (ICMBio, 2013). Somando-se ao déficit de

umidade específica que já era observado sobre o RS (devido a circulação anticiclônica descrita anteriormente), com a disponibilidade do material vegetal seco, um cenário favorável para ocorrência de incêndios se estabeleceu (Whelan, 1995; Yan *et al.*, 2013).

Durante o evento, entre os dias 26 de março e 03 de abril de 2013, a região sul do Brasil foi afetada por anomalias positivas de altura geopotencial associadas a uma crista na média troposfera e a circulação anticiclônica em superfície associada a essa crista (Figura 3C e Figura 4C). Isso levou a um transporte de ar mais seco à região durante esse período prolongado, resultando em anomalias negativas de umidade específica em praticamente toda a Bacia do Rio da Prata, bem como na região sul do Brasil (Figura 5). A partir de 1° de abril um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) pôde ser observado no Oceano Pacífico, na costa sul do Chile (Figura 4D). Essa circulação em níveis médios organizou a circulação em baixos níveis e próximo à superfície, levando a um transporte de ar de norte – quente e úmido – para a região da Bacia do Rio da Prata. Conseqüentemente, mais vapor d'água chegou à região, mas ficou concentrada nos países vizinhos (Figura 5D).

Desde a detecção dos FCs, que ocorreu dia 26 de março, brigadistas e ambientalistas tentaram combater as chamas, entretanto, o incêndio só cessou com o auxílio da precipitação que ocorreu pela influência do VCAN (com anomalias negativas de geopotencial; Figura 4E e Figura 4F), que acabou induzindo a formação de um centro de baixa pressão em superfície (Figura 3E e Figura 3F), a partir do dia 04 de abril. Esses sistemas proporcionaram transporte de ar de norte que resultou em um excedente de umidade específica e temperatura em toda a região sul do Brasil, em especial no sul do RS (Figura 4E, Figura 4F, Figura 5E e Figura 5F). Nos dias 04 e 05 de abril chuvas superiores a 100mm foram registradas na região sul do RS; um fator que pode ter colaborado para essas intensas chuvas registradas e, conseqüentemente, para o fim dos FCs, foi a inclinação horizontal do cavado em níveis médios, destacadamente negativa no dia 05 de abril (Figura 3F). Cossetin *et al.* (2016) mostraram que em tais cavados esperam-se movimentos ascendentes mais intensos que em cavados com inclinação positiva, mais comumente observada.

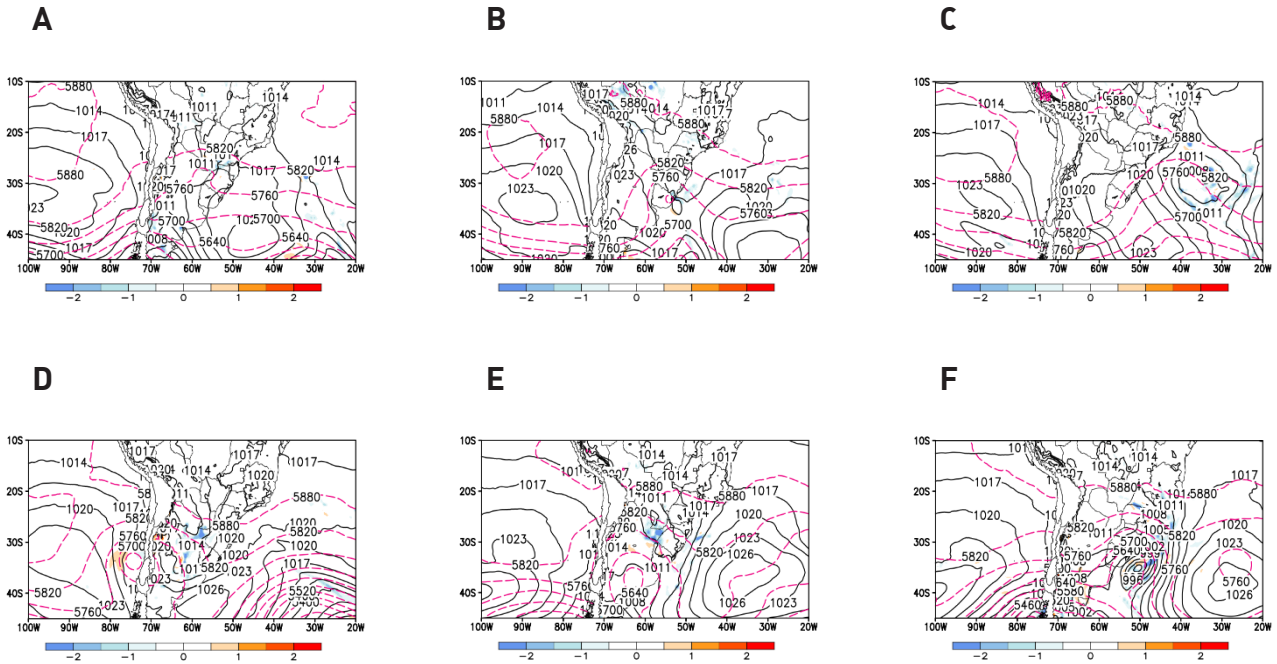


Figura 3 – Campos de altura geopotencial em 500hPa (m_gp, linha pontilhada rosa), PNMM (linha contínua preta) e ômega (hachurado, 10 Pas⁻¹) em 500hPa para os dias 24(A), 26(B), 28(C) de março; 01(D), 04(E) e 05(F) de abril de 2013 às 12UTC.

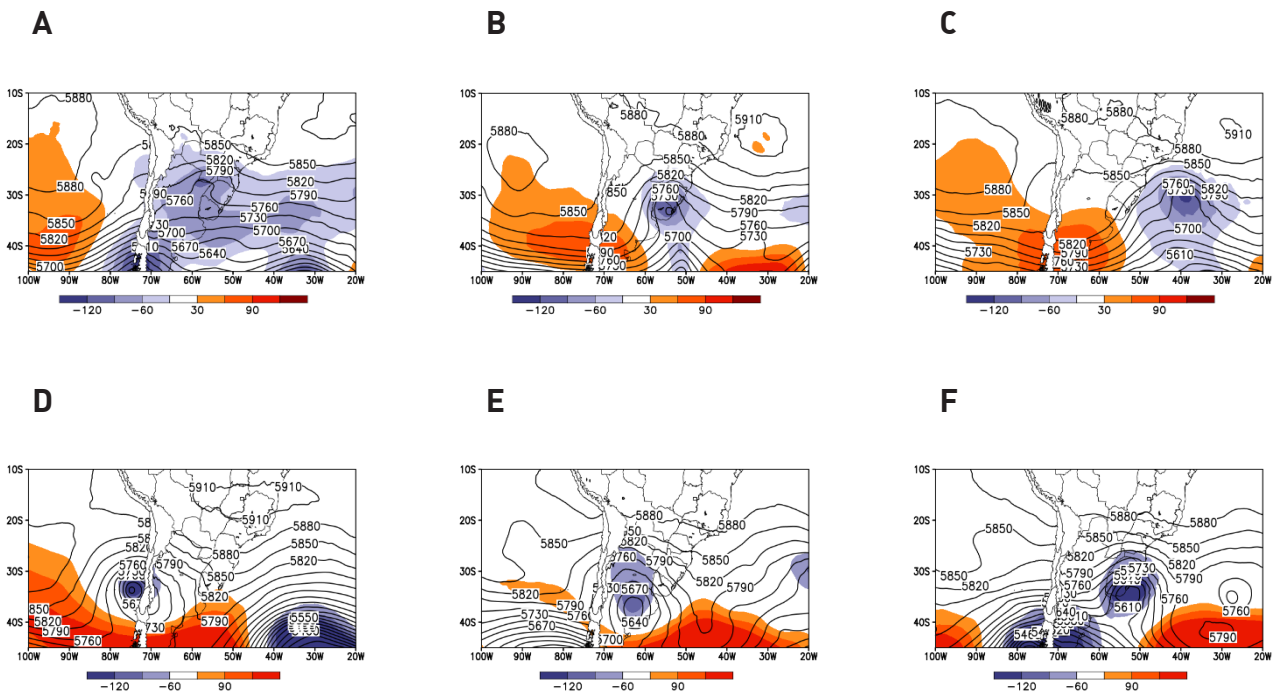


Figura 4 – Campos de altura geopotencial (linha preta contínua, m_gp) e anomalias (hachurado) em 500hPa para os dias 24(A), 26(B), 28(C) de março; 01(D), 04(E) e 05(F) de abril de 2013 às 12UTC.

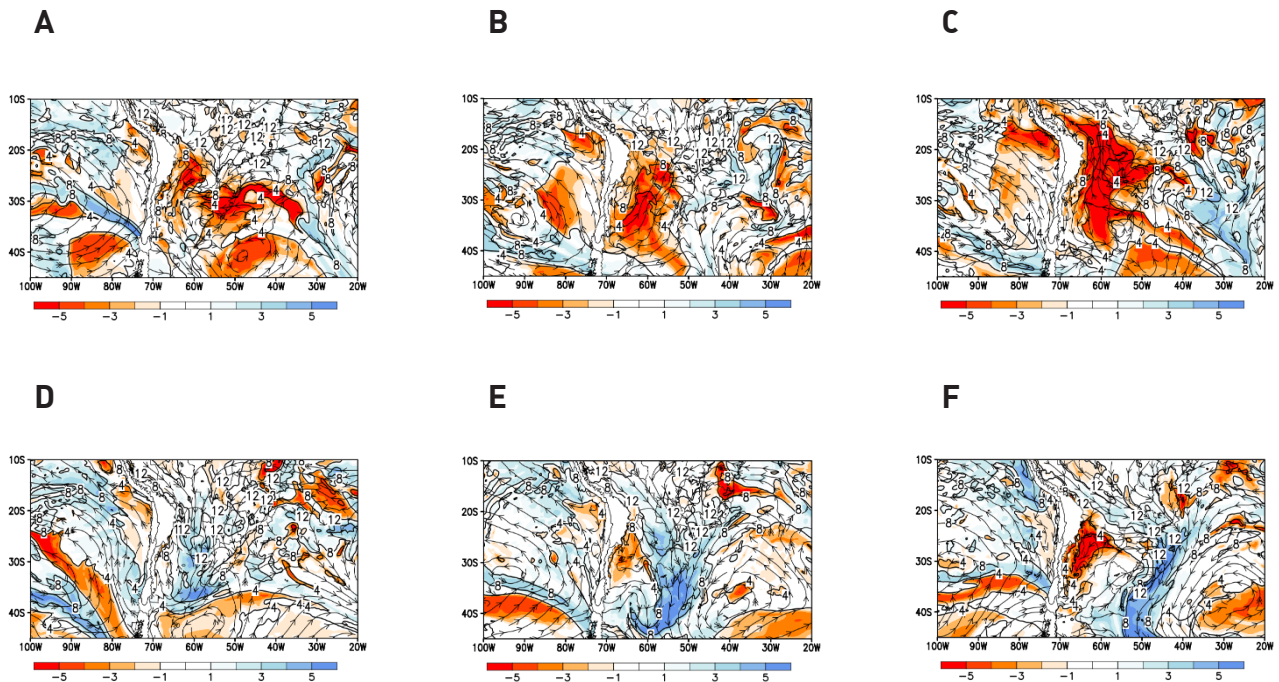


Figura 5 – Campos de linha de corrente (ms^{-1}) em 850hPa, umidade específica (contorno preto, kg/kg) e anomalia de umidade específica (hachurado, kg/kg) em 850hPa para os dias 24(A), 26(B), 28(C) de março; 01(D), 04(E) e 05(F) de abril de 2013 às 12UTC.

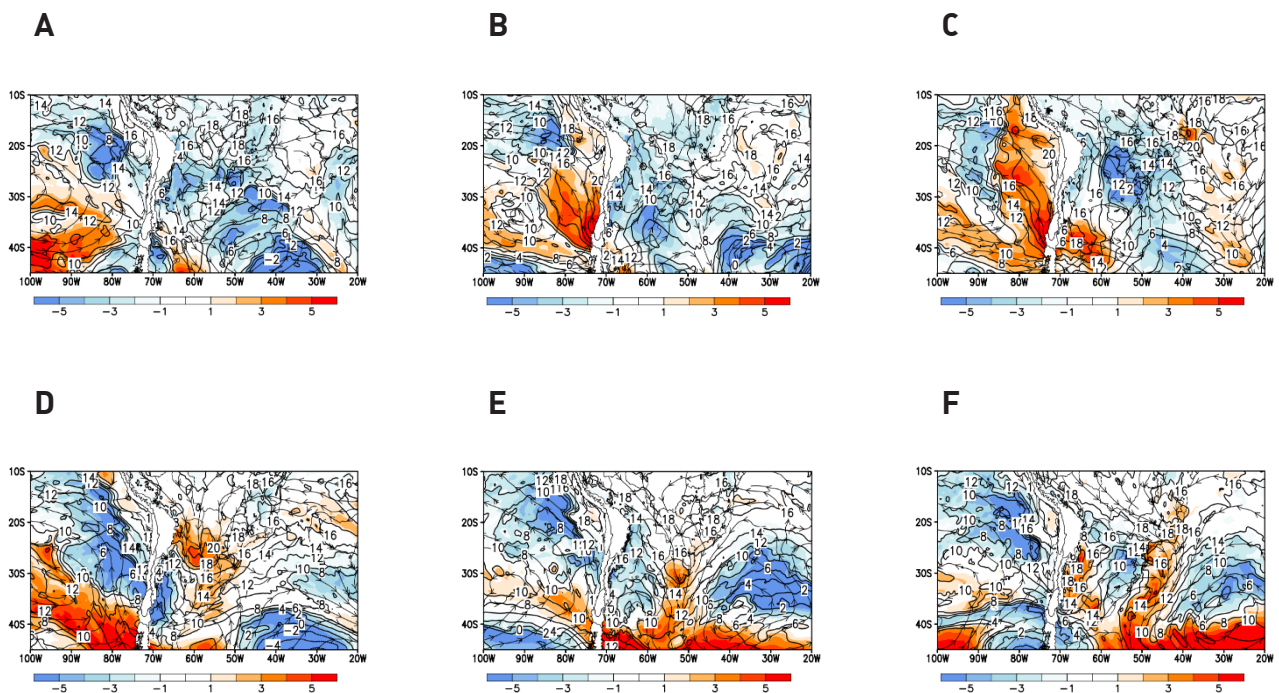


Figura 6 – Campos de linha de corrente (ms^{-1}) em 850hPa, T (contorno preto, $^{\circ}\text{C}$) e anomalia (hachurado) de T ($^{\circ}\text{C}$) em 850hPa para os dias 24(A), 26(B), 28(C) de março; 01(D), 04(E) e 05(F) de abril de 2013 às 12UTC.

Os resultados das simulações de concentração do MP_{10} , $MP_{2.5}$ (Figura 7 e Figura 8) e CO (não mostrada) correspondem a média diária na altura de aproximadamente 90m durante o período que ocorreu o incêndio de 2013. O CONAMA n° 41/2018 estabelece as concentrações médias diárias que exigem algum tipo de atenção para o MP_{10} , a partir de $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $MP_{2.5}$, a partir de $125\mu\text{g}/\text{m}^3$. Avaliando a dispersão da pluma nota-se que o escoamento médio diário, inicialmente de sul, sofreu um giro anti-horário tornando-se

de nordeste/leste durante o incêndio, o que possivelmente contribuiu para o seu alastramento. Apesar de as concentrações geradas pela queima de biomassa não terem representado um grande perigo para a saúde, fica nítido o papel importante na mudança de direção do vento para o incêndio (influenciado pela passagem dos sistemas meteorológicos) tanto para dispersar a pluma de poluentes quanto para aumentar a intensidade da propagação (Pyne, 1996; Macedo *et al.*, 1993; Viegas, 1998, 2006; Pereira *et al.*, 2006).

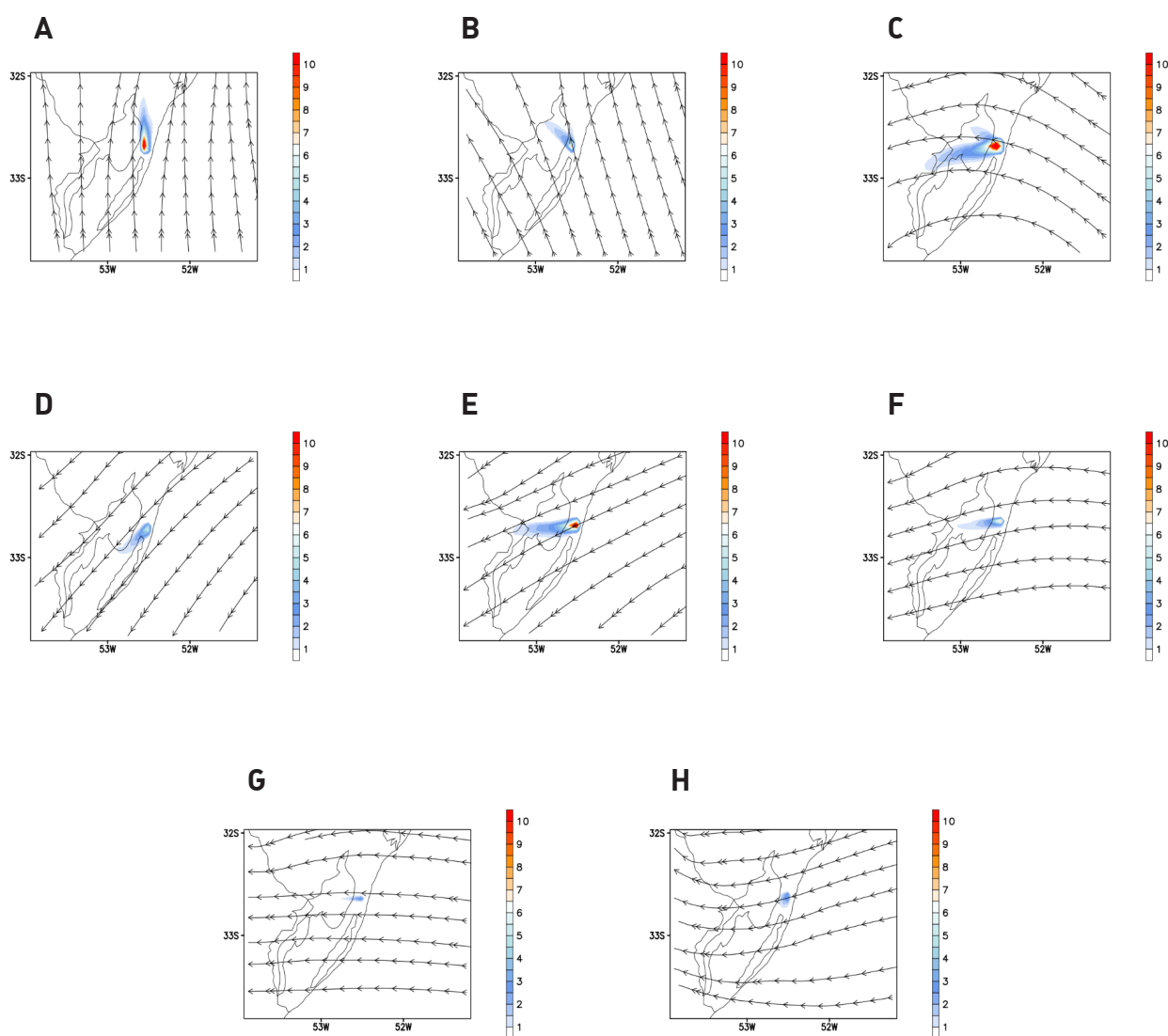


Figura 7 – Valores médios diários de PM_{10} (hachurado, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para os dias 27(A), 28(B), 29(C), 30(D), 31(E) de março e 01(F), 02(G) e 03(H) de abril de 2013.

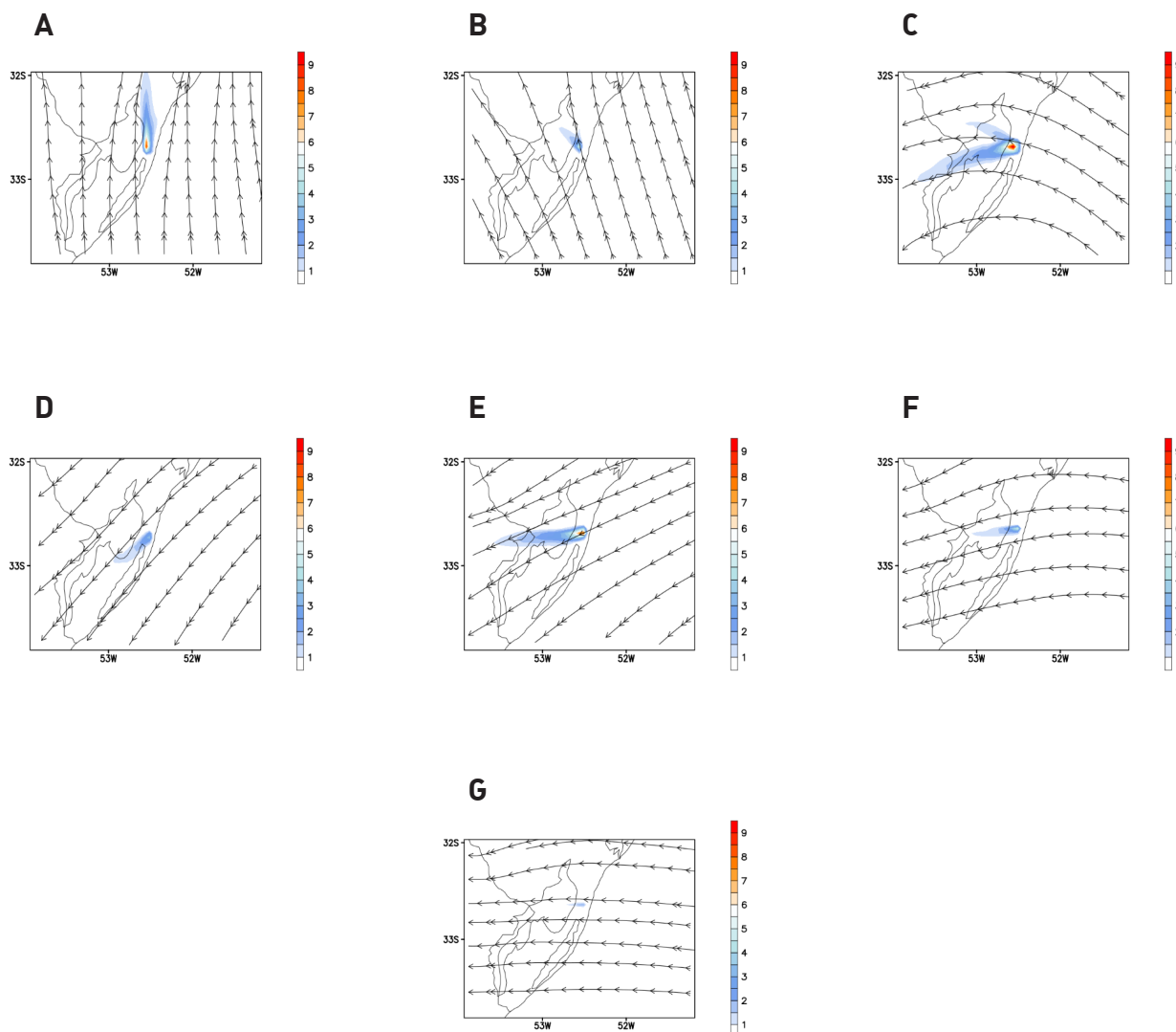


Figura 8 – Valores médios diários de $PM_{2,5}$ (hachurado, $\mu g/m^3$) para os dias 27(A), 28(B), 29(C), 30(D), 31(E) de março e 01(F) e 02(G) de abril de 2013.

Conclusão

O presente estudo de caso mostrou um ambiente seco pré-definido, influenciado por três episódios de ZCAS ocorridos anteriormente e intensificado pela passagem de um VCAN. Inicialmente, a passagem do VCAN não provocou precipitação significativa na região de estudo (abaixo de 10mm), entretanto, contribuiu para o início dos FCs devido às descargas elétricas e auxiliou na formação de um novo episódio de ZCAS. Essa configuração favoreceu a intensificação das anomalias negativas de umidade e temperatura sobre a região de estudo. A passagem

do segundo VCAN favoreceu a precipitação que contribuiu para o controle e extinção do IF.

Apesar do IF ocorrido em 2013 ser o maior já registrado até o momento, a pluma de poluentes da queima de biomassa não gerou concentrações que representassem riscos à saúde. É importante ressaltar que para uma avaliação mais completa das condições que influenciam o comportamento dos IFs ou FCs na ESEC Taim são necessários equipamentos que possibilitem a coleta e medições de dados meteorológicos *in loco*, como por exemplo, uma estação meteorológica automática.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências

- Alonso MF. 2011. Previsão do tempo químico para a América do Sul: Impacto relativo das emissões urbanas nas escalas local e regional. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 218p.
- Andrear MO *et al.* Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region, *Geophysical Research Letters*, 28: 951-954, 2001.
- Brasil. 1986. Decreto n. 92.963, de 21 de jul. de 1986. Diário Oficial da União. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/D92963.htm> Acesso em: 15/09/2019.
- Brasil. 2017. Decreto (s/n), de 05 de jun. de 2017. Diário Oficial da União. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/dsn/Dsn14472.htm> Acesso em: 15/09/2019.
- Boletim Climanalise. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0313.shtml>. Acesso em: 20/09/2019.
- Burger MI & Rams RA. Áreas importantes para conservação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In.: Becker FG *et al.* (orgs.). Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul/Ministério do Meio Ambiente – Brasília: MMA/SBF, 2006.
- Chen M, Shi W, Xie P, Silva VBS, Kousky VE, Higgins RW & Janowiak JE. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-13, 2008. DOI: 10.1029/2007JD009132.
- Clemente SS, Júnior JF & Louzada MA. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32(4): 669-677, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786324014>.
- Cossetin F, Nunes AB & Teixeira MS. Análise do movimento vertical sob duas diferentes configurações de altos níveis da troposfera. *Ciência e Natura*, 38: 484-490, 2016.
- Copernicus Climate Change Service (C3S). ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). Disponível em <<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>>. Acesso em: 15/02/2019.
- Corrêa SC. 2006. A influência dos sistemas climáticos sobre os incêndios florestais: estudo de caso: evento de incêndio ocorrido em setembro de 2005 no Jardim Botânico de Brasília. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília. 85p.
- Duchiade MP. Poluição do ar e doenças respiratórias: Uma revisão. *Cadernos de Saúde Pública*, 3(8): 311-330, 1992.
- Freitas SR, Longe KM & Rodrigues LF. Modelagem numérica da composição química da atmosfera e seus impactos no tempo, clima e qualidade do ar. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24(2): 188-207, 2009.
- Freitas SR *et al.* PREP-CHEM-SRC – 1.0: a preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models, *Geoscientific Model Development*, 4(2): 419-433, 2011. DOI: 10.5194/gmd-4-419-2011.
- Freitas SR *et al.* The Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS 5.2): an integrated environmental model tuned for tropical areas. *Geoscientific Model Development*, 10(1): 189-222, 2017. DOI: 10.5194/gmd-10-189-2017.
- Giglio L, Descloitres J, Justice CO & Kaufman Y. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sens Environ*, 87: 273-282, 2003.
- Hyde JC, Yedinack M, Alant FT, Smith AMS, Bowman DMJS, Fay HJ, Lahm P, FITCH M & Tinkham WT. Air quality policy and fire management responses addressing smoke from wildland fires in the United States and Australia, *International Journal of Wildland Fire*, 26(5): 347-363, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF16154>.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). <<https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/4-destaques/4918-icmbio-intensificacoes-de-combate-a-incendios>>. Acesso em: 22/01/2019.
- ICMBio, Apostila para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2010.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 10/06/2020.
- Koproski L, Ferreira MP, Goldammer JG & Batista AC. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). *Floresta, Curitiba*, 41(3): 551-562, 2011.

- Lapola DM, Silva JMC, Braga DR, Carpigiani L, Ogawa F, Torres RR, Barbosa LCF, Ometto JPHB & Joly CA. A climate-change vulnerability and adaptation assessment for Brazil's protected areas. *Conservation Biology*, 34(2): 427-437, 2019. doi:10.1111/cobi.13405.
- Leite FF, Ganho N, Gonçalves AB & Botelho F. Iberian atmospheric dynamics and large forest fires in mainland Portugal, *Agricultural and Forest Meteorology*, 247: 551-559, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.08.033>.
- Macedo W & Sardinha A. 1993. *Fogos Florestais*. 1 ed. Lisboa: Publicações Ciência. 131p.
- Marques MD, Rodrigues LR, Fragoso CR *et al.* 2013. Sistema Hidrológico do Taim, p. 200-224. In: Tabarelli M, Rocha CFD, Romanowski HP *et al.* (Eds.), PELD-CNPq Dez Anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: Achados, Lições e Perspectivas. UFPE, Recife.
- Medeiros MB & Fiedler NC. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. *Ciência Florestal*, 14(2): 157-168, 2004.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: <<https://app.powerbi.com/w?r=eyJrIjoiMDNmZTA5Y2ItNmFkMy00Njk2LWI4YjYtZDZlNzFkOGM5NWQ4IiwidCI6IjJmYjY2ZmE5LTNmOTMfNgJiMS05ODMwLTZyNDY3NTJmMDNlNCIsImMiOiJF9>>. Acesso em: 20/01/2019.
- Natalie GSB, Cascais LB, Silva LHG & Miura AK. Detecção de áreas queimadas na Estação Ecológica do Taim (RS), causada pelos incêndios de 2008 e 2013. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa/PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.
- Nascimento ALS, Teixeira MS, Alonso MF & Jacondino WD. Evaluation of Active Fire Occurrence in the ecological station region and Campos Neutrais, Rio Grande do Sul – Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 43(4): 460-469, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_4_460_469.
- Oliveira V *et al.* 2016. A preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models, *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista*, 17p.
- OMS (World Health Organization) – Ambient air pollution: Pollutants. Disponível em: <<https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>>. Acesso em: 26/01/2019.
- Pereira G. 2013. Estimativa e assimilação das emissões de gases traços e aerossóis de queimadas em modelos de química atmosférica. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 125p.
- Pereira JS, Pereira JMC, Rego FC, Silva JMN & Silva TP. 2005. Incêndios Florestais em Portugal: caracterização, impactos e prevenção: Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal. 516p.
- Prins E, Feltz J, Menzel W & Ward D. An overview of GOES-8 diurnal fire and smoke results for SCAR-B and 1995 fire season in South America, *J. Geophys. Res.*, v. 103(D24): 31821-31835, 1998.
- Pyne SJ, Andrewa PL & Laven RD. 1996. *Introduction to wildland fire: Nova Iorque, Wiley*. 808p.
- Quadro MFL, Dias MA, Faus S, Herdies DL & Gonçalves LGG. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27(2): 152-162, 2012. Doi <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200004>.
- Rodrigues JA, Libonati R, Peres FL & Setzer A. Burned Area Mapping on Conservation Units of Mountains Region of Rio de Janeiro Using Landsat-8 Data During the 2014 Drought. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 41(1): 318-327, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_318_327.
- Setzer A & Pereira M. Amazonia biomass burnings in 1987 and an estimate of their tropospheric emissions. *Ambio*, 20: 19-22, 1991.
- Tassi R. 2008. Gerenciamento Hidroambiental de Terras Úmidas. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 240p.
- Torres FTP, Lima GS, Costa AG, Félix GA & Júnior MRS. 2016. Perfil dos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras no período de 2008 a 2012, *Floresta, Curitiba*, 46(4): 531-542. DOI: 10.5380/rf.v46i3.44199.
- Venevsky S *et al.* Analysis fire patterns and drivers with a global SEVER-FIRE v1.0 model incorporated into dynamic global vegetation model and satellite and on-ground observations. *Geoscientific Model Development*, 12(1): 89-110, 2019.
- Viegas DX, Marques JS, Serralheiro A & Lopes AG. Um sistema de monitorização e previsão do comportamento de um incêndio florestal. *Revista Florestal*, 10(1): 39-41, 1998.
- Westerling AL, Gershunov A, Brown BL, Cavan DR & Dettinger MD. Climate and wildfire in the western United States. *American Meteorological Society*, 84: 595-604, 2004.

Whelan R. The ecology of fire: Cambridge University Press. Cambridge, 1995. 349p.

Wollman CA, Simioni JPD & Iensse AC. Atlas Climático do Taim: contribuição ao estudo do clima em unidades de conservação. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 27: 30-50, 2016.

Yan H, Eliot CM & Hanna J. Loss of 19 firefighters in Arizona blaze unbearable,' governor says. CNN, USA, 2 de jul, 2013. International Edition. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2013/07/01/us/arizona-firefighter-deaths/index.html>>. Acesso em: 15/01/2019.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Edição Temática: Análise de Componentes do Sistema Climático e a Biodiversidade no Brasil

n. 4, 2021

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886