

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING**

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING**

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Collection: applied environmental and sanitary engineering

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied environmental and sanitary engineering /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-857-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.578221901>

1. Environmental and sanitary engineering. I. Paniagua,
Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



PRESENTATION

The e-book: "Collection: Applied environmental and sanitary engineering" consists of nineteen book chapters that address different themes, but which converge to an enormous concern that increasingly threatens the quality and well-being of future generations: use sustainable environment and its different biotic and abiotic factors. In this sense, the organization and presentation of book chapters was carried out in four thematic areas, providing a better organization and sequencing, leading to a better understanding and ease in understanding each chapter in this e-book. Therefore, the e-book was divided into four thematic areas, namely: *i)* evaluation of the quality of water resources intended for human consumption; *ii)* emission of particulate materials from the combustion of fuels by the fleet of motor vehicles and the burning of large green areas in order to meet the interest of the agricultural sector; *iii)* actions to minimize the amount of waste sent to sanitary landfills, controlled or dumps based on the practice of segregating recyclable waste; *iv)* basic sanitation and the increase in the Human Development index, generation of energy and fertilizers from biodigestion processes and the presence of pesticides and pharmaceuticals in foods of animal origin.

The first theme consists of six book chapters dealing with the importance of continuous monitoring of water quality for drinking purposes, with studies being presented that prove the lack of efficiency in removing microorganisms with pathogenic properties. Furthermore, the importance and creation of public policies in order to avoid the eutrophication of aquatic bodies that are increasingly common in urban areas. The second consists of four chapters that evaluated the air quality from the emission of particulate materials from human activities, including the burning of fuels and fires in different biomes and how these have been influencing the increase in the formation of islands of heat in urban centers.

The third theme consists of four book chapters that address the importance of carrying out the construction of residential works (condominiums) in order to encourage residents to develop an environmental awareness in relation to the segregation of waste, especially organic and recyclable ones, and the latter would be intended for people who work and with recycling and who contribute significantly to the reduction in the final disposal of waste. Finally, the fourth theme consists of five chapters that present works that discuss the importance of biodigestion in rural areas, basic sanitation as an important factor in determining the HDI and the importance of monitoring the presence of pesticides and drugs in food of animal origin.

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora's website and elsewhere. digital platforms with free access.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DE INDICADORES ATMOSFÉRICOS EM COMPOSTOS DE CHUVA OCORRIDOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO WRF

Fabricio Polifke da Silva
Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva
Wallace Figueiredo Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219011>

CAPÍTULO 2..... 14

ANÁLISE DO PADRÃO DA ÁGUA POTÁVEL COMERCIALIZADA EM RELAÇÃO AOS ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTES PELA TÉCNICA DE RADIAÇÃO SINCROTRON E DE COLIFORMES FECALIS PELO MÉTODO COLILLERT®

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219012>

CAPÍTULO 3..... 27

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RISCOS MICROBIOLÓGICOS (AQRM) ASSOCIADOS AO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO EM MACEIÓ-AL

Ivo Gabriel Guedes Alves
Marcio Gomes Barboza
Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219013>

CAPÍTULO 4..... 42

GRAU DE EUTROFIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ES, BRASIL

Gemael Barbosa Lima
Gilberto Henke
Wanderson de Paula Pinto
Julielza Betzel Badotto
Claudinei Antônio Montebeller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219014>

CAPÍTULO 5..... 56

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN COMUNIDADES MAYAS DE MÉXICO

Delghi Yudire Ruiz Patrón
Cindy Vianely Cetina Aguilar
Jesús Antonio Santos Tejero
José Efraín Ramírez Benítez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219015>

CAPÍTULO 6..... 72

DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO

DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Lorena Francyne Queiroz Rocha

Marcio Gomes Barboza

Wagner Roberto Oliveira Pimentel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219016>

CAPÍTULO 7..... 87

COMPORTAMENTO DAS QUEIMADAS NOS BIOMAS BRASILEIROS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2020

Débora Cristina Correia Cardoso

Daniely Neckel Rosini

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219017>

CAPÍTULO 8..... 102

QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DA QUEIMA DE BIOMASSA EM LAGES-SC

Jordana dos Anjos Xavier

Valter Antonio Becegato

Alexandre Tadeu Paulino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219018>

CAPÍTULO 9..... 114

MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM NA MEDIÇÃO DE ILHA DE CALOR EM SANTARÉM-PA

Felizandra Pereira de Aquino

Hudson Ferreira Dias

Victor Hugo da Rocha Uchoa

Carlos Manoel Rocha Melo

Raphael Tapajós

Wilderclay Barreto Machado

Rodrigo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5782219019>

CAPÍTULO 10..... 124

MODELAGEM E PREVISÃO DA CONCENTRAÇÃO DE PM_{10} NA CIDADE DE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Wanderson de Paula Pinto

Valdério Anselmo Reisen

Gemael Barbosa Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190110>

CAPÍTULO 11..... 134

PANORAMA DA COLETA SELETIVA EM SALVADOR-BA E A EXPERIÊNCIA DE COOPERATIVAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS COM OS POSTOS DE ENTREGA

VOLUNTÁRIA (PEV)

Juliane Figueredo de Araújo Ribeiro
Gabriela Vieira de Toledo Lisboa Ataíde
Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190111>

CAPÍTULO 12..... 144

PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA PROMOVER A RECICLAGEM INCLUSIVA

Andréa Cardoso Ventura
José Célio Silveira Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190112>

CAPÍTULO 13..... 156

OPTIMIZING REVERSE LOGISTIC NETWORK PROPOSAL OF WASTE PICKERS ORGANIZATIONS WITH WASTE TRANSFER STATIONS TO IMPROVE THE ECONOMIC EFFICIENCY OF RECYCLING CHAIN

Marcus Camilo Dalvi Garcia
Renato Ribeiro Siman
Maria Claudia Lima Couto
Luciana Harue Yamane
Rodrigo Alvarenga Rosa
Gisele de Lorena Diniz Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190113>

CAPÍTULO 14..... 178

ECONDOMÍNIOS PROJECT: SOLID WASTE MANAGEMENT IN RESIDENTIAL CONDOMINIUMS

Gerson Araujo de Medeiros
Ana Paula Loro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190114>

CAPÍTULO 15..... 186

ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BIODIGESTÃO UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE ROSANA

Sabrina Emília de Almeida Pavez
Letícia Sabo Boschi
Claudia Gonçalves de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190115>

CAPÍTULO 16..... 205

RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Rafaela Ferrareis Loubato
Gemael Barbosa Lima
Claudinei Antônio Montebeller
Wanderson de Paula Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190116>

CAPÍTULO 17.....218

MONITORAMENTO DA REMOÇÃO MULTIELEMENTAR EM TRATAMENTO POR VALA DE FILTRAÇÃO

Ariston da Silva Melo Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190117>

CAPÍTULO 18.....234

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS (MEDICAMENTOS VENCIDOS) GERADOS EM UM HOSPITAL ESCOLA LOCALIZADO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Camila Cristina da Silva Moraes

João Vicente Franceschi

Letícia Piteli Balan

Lucas Eduardo Zacarias Gomes

Marcos Vinicius de Souza Serrano

Paulo Giovanni Coraucci Netto

Vinicius Solimani Marquezam

Vitor Vilela Pinese

Luciana Rezende Alves de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190118>

CAPÍTULO 19.....245

DETECTION AND QUANTIFICATION OF MULTIRESIDE PESTICIDES AND PHARMACEUTICALS IN FOODS OF ANIMAL ORIGIN USING THE QuEChERS METHOD IN PREPARATION OF SAMPLES

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Bruno Elias dos Santos Costa

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.57822190119>

SOBRE O ORGANIZADOR.....256

ÍNDICE REMISSIVO.....257

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DE INDICADORES ATMOSFÉRICOS EM COMPOSTOS DE CHUVA OCORRIDOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO WRF

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 30/09/2021

Fabricio Polifke da Silva

Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/6798831594413989>

Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva

Laboratório de Meteorologia, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF
Macaé – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8585368885982685>

Wallace Figueiredo Menezes

Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8469752874332453>

RESUMO: A melhoria na detecção e previsão de eventos de chuvas severas contribui significativamente para auxiliar os meteorologistas operacionais no que tange o monitoramento ambiental. Este trabalho consiste na proposta de análises comparativas de indicadores termodinâmicos e dinâmicos da atmosfera calculados a partir da modelagem numérica para eventos compostos de chuvas (chuvas severas (CS) e não severas (CN)) que ocorreram no Município do Rio de Janeiro entre 1997-2012.

Foram considerados como indicadores de tempo severo nessa pesquisa: os índices K e o *Total Totals* (TT), o conteúdo de água precipitável (PW), a divergência dos ventos em 300hPa (DIV), o fluxo de energia estática saturada em 850 hPa (Fhs) e a pressão ao nível médio do mar (PNMM). Através das análises comparativas verificou-se, em média, que quantitativamente os indicadores utilizados apresentaram valores mais intensos para os casos de CS em relação aos casos de CN. Qualitativamente, em função dos sistemas meteorológicos associados, verificou-se comportamentos similares das evoluções temporais para ambos os compostos de chuva avaliados. Espera-se que a concepção metodológica inicialmente desenvolvida nesta pesquisa possa incentivar estudos científicos com ênfase aos desafios existentes operacionalmente na previsão de eventos extremos de chuva.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas severas, Rio de Janeiro, indicadores atmosféricos, modelo WRF.

EVALUATION OF ATMOSPHERIC INDICATORS IN RAINFALL COMPOUNDS OCCURRING IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO USING THE WRF NUMERICAL MODEL

ABSTRACT: Improved detection and prediction of severe rain events contribute significantly to assist operational meteorologists in environmental monitoring. This work proposes comparative analyzes of thermodynamic and dynamic indicators of the atmosphere calculated from numerical modeling for composite rain events (severe (CS) and non-severe (CN)) that occurred in the Municipality of Rio de Janeiro

between 1997- 2012. The following were considered indicators of severe weather in this research: K indices and Total Totals (TT), precipitable water content (PW), wind divergence at 300hPa (DIV), static energy flow saturated in 850 hPa (Fhs), and the pressure at mean sea level (PNMM). The comparative analysis found that quantitatively, the indicators used presented more extreme values for CS cases than NC cases. Qualitatively, as a function of the associated meteorological systems, similar behavior of temporal evolutions was verified for both evaluated rain compounds. It is expected that the methodological design initially developed in this research may encourage scientific studies with an emphasis on operationally existing challenges in predicting extreme rain events.

KEYWORDS: Severe rainfall, Rio de Janeiro, atmospheric indicators, WRF model.

1 | INTRODUÇÃO

O Município do Rio de Janeiro destaca-se por sua importância cultural, política e econômica, com população estimada em 6, 748 milhões de habitantes distribuídos em cento e sessenta bairros, com 1.200,278 km², circundado por encostas e com significativas bacias hidrográficas em seu interior. Diante deste cenário o conhecimento e aperfeiçoamento das técnicas de previsão dos sistemas atmosféricos que dão origem a altos acumulados de precipitação que desencadeiam condições propícias para a ocorrência de eventos de desastres naturais, são indispensáveis para a segurança e a manutenção da vida da população e um desafio para a comunidade científica.

A compreensão dos fenômenos meteorológicos que originam altos acumulados de precipitação e suas interações com a geografia local tem adquirido grande importância e sido alvo de estudos mais frequentes por grande parte da comunidade científica nos últimos anos. Sendo a chuva uma das variáveis que desencadeiam desastres naturais (MARCELINO, 2007; TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2007; SILVA *et al.* 2019a), o entendimento dos mecanismos físicos que favorecem a sua formação como também a sua previsão se torna uma necessidade vital.

Um importante princípio da previsão de qualquer fenômeno atmosférico é saber quais são as condições atmosféricas críticas para a determinação da potencialidade de seu desenvolvimento e os danos gerados à sociedade. Tempestades e inundações são fenômenos que afetam todos os aspectos da vida humana. Com isso, estimar a possibilidade do desenvolvimento de tempestades, isto é, a instabilidade atmosférica representa um dos principais desafios na comunidade científica, especialmente no período quente (MARINAKI *et al.*, 2006). De acordo com ESPINOSA (2011) dentro do conjunto das variáveis meteorológicas, a precipitação tem sido a mais difícil de ser prevista devido ao seu comportamento episódico, ou seja, altamente variável no espaço e no tempo, além da sua descontinuidade espacial e temporal.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

TEIXEIRA e SATYAMURTY (2007) relatam variáveis que estão presentes na estrutura termodinâmica e dinâmica que podem detectar eventos de chuva forte deveriam ser analisadas. Desta maneira, por mais que os resultados obtidos através de modelagem numérica não sejam úteis para prever a quantidade e local exato dos episódios de chuva forte, os meteorologistas são capazes de decidir se um forte episódio de chuva está ou não prestes a acontecer a partir da análise do comportamento destas variáveis. Segundo NASCIMENTO (2005), uma estratégia operacional de previsão de tempestades severas de possível aplicação no Brasil envolve o cálculo de parâmetros meteorológicos que destacam de forma objetiva as condições favoráveis ao desenvolvimento de convecção severa, as quais podem ser obtidas de observações e de resultados de modelos de mesoescala dentro de um ciclo típico de operação de previsão de curto prazo.

Os indicadores termodinâmicos expressam os parâmetros térmicos da atmosfera (temperatura e umidade) e o perfil vertical associado. Os indicadores dinâmicos estão relacionados aos movimentos da atmosfera. Tais indicadores são, geralmente, também referidos como índices de instabilidade ou “ingredientes de tempo severo”. Eles são usados para diagnóstico e previsão de tempestades convectivas e são interpretados em um procedimento dicotômico (NASCIMENTO, 2005; KUNZ, 2007).

A Tabela 1 apresenta os indicadores utilizados nesta pesquisa. Nas fórmulas apresentadas nesta, T e Td, ambos medidos em graus centígrados (°C), caracterizam a temperatura do ar ambiente e a temperatura do ponto de orvalho, respectivamente, enquanto os números subscritos dessas variáveis referem-se aos níveis isobáricos (hPa) nos quais são medidos. Interpretações físicas das variáveis na Tabela 1 são apresentadas em detalhe a seguir.

Indicador	Fórmula
Índice K	$K = (T_{850} + Td_{850}) - (T_{700} - Td_{700}) - T_{500}$
Índice TT	$TT = (T_{850} + Td_{850}) - 2 * T_{500}$
Água precipitável	$PW = \frac{1}{\rho g} \int_{SFC}^{100} w dp$
Fluxo de energia estática saturada em 850hPa	$F_{hs} = u_{850}((C_p T + \varphi) + L_v q_s) \hat{i} + v_{850}(s + L_v q_s) \hat{j}$
Divergência	$DIV = \left(\frac{\partial u_{300}}{\partial x} + \frac{\partial v_{300}}{\partial y} \right) > 0$

Tabela 1 – Indicadores dinâmicos e termodinâmicos

O índice K é dado pela soma das temperaturas do bulbo seco e do ponto de orvalho

em 850 hPa, subtraído da depressão do ponto de orvalho em 700 hPa e da temperatura do bulbo seco em 500 hPa (GEORGE, 1960). O índice *Total Totals* (TT) é similar ao índice K, com a principal diferença de não considerar a depressão do ponto de orvalho em 700 hPa (MILLER, 1972). O conteúdo de água precipitável, do inglês *precipitable water* (PW), representa uma integração vertical da razão de mistura do vapor d'água. Expressa a quantidade de água (em altura ou em massa), que poderia ser obtida se todo o vapor de água contido numa coluna de atmosfera de secção transversal horizontal unitária se condensasse e precipitasse (SILVA *et al.*, 2019a).

A divergência dos ventos (DIV) nos níveis atmosféricos superiores (300hPa) e as variações de pressão ao nível médio do mar estão associados aos mecanismos dinâmicos desencadeadores necessários para promover o movimento ascendente do ar (SILVA *et al.*, 2019b). O fluxo de energia estática saturada nos baixos níveis da atmosfera (F_{hs}) combina fatores termodinâmicos (caracterizados pelas energias estáticas) aos aspectos dinâmicos da atmosfera (representados pelos campos de vento horizontal). Em sua equação, $C_p = 1005 \text{ J/Kkg}$ representa o calor específico do ar à pressão constante; T a temperatura do ar em K; ϕ a altura geopotencial em m^2/s^2 ; $L_v = 2462 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ é o calor latente de vaporização; e q_s é a umidade específicas do ar saturado expressa em g/kg.

Para o cálculo dos indicadores de tempo severo, as saídas do modelo numérico *Weather, Research and Forecasting* (WRF). O modelo numérico foi integrado por um período de 72 horas, isto é, começando 24 horas anteriores ao evento de chuva severa e terminando 24 horas depois. Tal configuração permite que todas as características atmosféricas presentes antes e durante os eventos de chuva estudados pudessem ser analisadas. As simulações, com o modelo WRF, foram realizadas com resolução espacial de 10 km e temporal a cada 1 hora. As configurações *default* do modelo não foram alteradas durante as simulações (<https://www.mmm.ucar.edu/wrf-release-information>). Neste trabalho, as análises dos dados do *Global Forecast System* (GFS) foram fornecidos como condições iniciais e de contorno ao WRF (SKAMAROCK *et al.* 2008).

Diante desta revisão feita, o trabalho procurou explorar e investigar o comportamento qualitativo desses indicadores através de uma análise comparativa entre os casos de chuvas severas (CS) e não severas (CN) que ocorreram na cidade do Rio de Janeiro entre 1997 e 2012. Espera-se que a metodologia conceitual proposta possa ser usada como orientação por meteorologistas operacionais, assim como, auxiliar no desenvolvimento de novas ferramentas para a análise de risco realizadas pelos órgãos de monitoramento ambientais.

3 | COMPOSTOS DE CHUVA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa dos indicadores atmosféricos calculados a partir do modelo numérico WRF para dois compostos de chuva

na cidade do Rio de Janeiro. Sendo o primeiro classificado como chuvas severas e o segundo chuvas não severas. Acredita-se que a busca de uma análise diferenciada dos eventos severos/não severos de chuva sobre o Município do Rio de Janeiro levaria uma diminuição dos “alarmes falsos” dos indicadores de tempo severo quando previstos pelos modelos numéricos da atmosfera.

A base de dados da rede telemétrica do sistema Alerta-Rio (<http://alertario.rio.rj.gov.br/>), foi consultada para aquisição de todos os dados disponíveis no período de 01 de janeiro de 1997 a 31 de dezembro de 2012. Foram considerados, neste trabalho, eventos de chuva severa (CS), os casos que: a) Ultrapassassem os limiares do total de chuva diária encontrado por POLIFKE DA SILVA e JUSTI DA SILVA (2010) em no mínimo 10 estações do sistema Alerta-Rio; b) Ultrapassassem os limiares totais de chuva horária encontrados por RIBEIRO *et al.* (2012) e c) Além de passarem pelos critérios 1 e 2, a distribuição da chuva durante o evento tenha sido distribuída em um período de no mínimo 12 horas. Tal critério foi estabelecido porque eventos de chuva de longa duração, em geral, são mais favoráveis à ocorrência de desastres naturais (ESPINOSA, 2011).

Após a seleção dos casos de chuvas severas, fez-se o levantamento pelo Boletim Climanalise (<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>) do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) dos sistemas atmosféricos que os originaram. Os eventos de chuva não severas (CN), considerados neste trabalho, foram aqueles em que havia a presença dos mesmos sistemas atmosféricos que deram origem aos eventos de chuvas severas (obtidos através do Boletim Climanalise do CPTEC/INPE), mas que, no entanto, não satisfizeram nenhum dos três critérios para serem consideradas como chuvas severas. A Tabela 2 ilustra os eventos de chuva severa, não severa e os sistemas meteorológicos associados. A partir desta tabela, observa-se que grande parte dos eventos de chuva severa obtidos foram ocasionados pela atuação de frentes frias no Município do Rio de Janeiro, com exceção de um evento de chuva severa que foi originado pela Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Chuvas severas	Chuvas não severas	Sistema meteorológico
16/02/2000	24/02/2000	Frente Fria
28/03/2001	11/03/2001	Frente Fria
02/02/2002	14/02/2002	Frente Fria
17/03/2003	18/02/2003	Frente Fria
21/03/2003	14/03/2003	Frente Fria
10/02/2006	05/03/2006	Frente Fria
26/02/2006	10/03/2006	Frente Fria
26/03/2006	30/03/2006	Frente Fria
24/10/2007	19/03/2007	Frente Fria

12/12/2007	12/11/2007	Frente Fria
14/03/2008	04/02/2008	Frente Fria
21/01/2009	04/01/2009	Frente Fria
30/12/2009	13/12/2009	Frente Fria
15/01/2010	22/01/2010	ZCAS
05/04/2010	27/04/2010	Frente Fria

Tabela 2 – Casos selecionados de chuvas severa e não severas no município do Rio de Janeiro entre os anos de 1997-2012 e sistemas meteorológicos associados

4 | AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MÉDIO

A análise das diferentes características existentes entre duas amostras pode ser feita através da comparação entre suas médias. A utilização da média para estes tipos de análise é uma ferramenta útil, pois sendo uma medida de tendência central, uniformiza o conjunto de dados e salienta as diferentes características presentes entre dois ou mais grupos de uma amostragem de dados. Sendo fortemente afetada pelos valores extremos presentes na amostra dos dados, a aplicação da média não perde a natureza da alta variabilidade dinâmica e termodinâmica existente nos sistemas atmosféricos que dão origem a altos acumulados de precipitação. Inserido nesse contexto, foram gerados campos médios de cada indicador para os casos de CS e para os casos de CN com a finalidade de diagnosticar a tendência qualitativa e quantitativa de cada indicador para estes dois grupos selecionados.

A análise dos campos médios sinóticos termodinâmicos e dinâmicos presentes na estrutura dos sistemas meteorológicos necessita que as médias temporais sejam estabelecidas considerando a evolução temporal em que as mesmas ocorreram. Levando esses aspectos em conta, os eventos categorizados na Tabela 1 foram agrupados de forma a caracterizar o instante inicial de tempo (T_0) como o momento correspondente a 12 horas antes do início da precipitação para cada evento de chuva severa, enquanto, como tempo final, teve como consideração a duração do evento de chuva mais prolongado. Um exemplo ilustrativo desta metodologia pode ser observado na Figura 2.

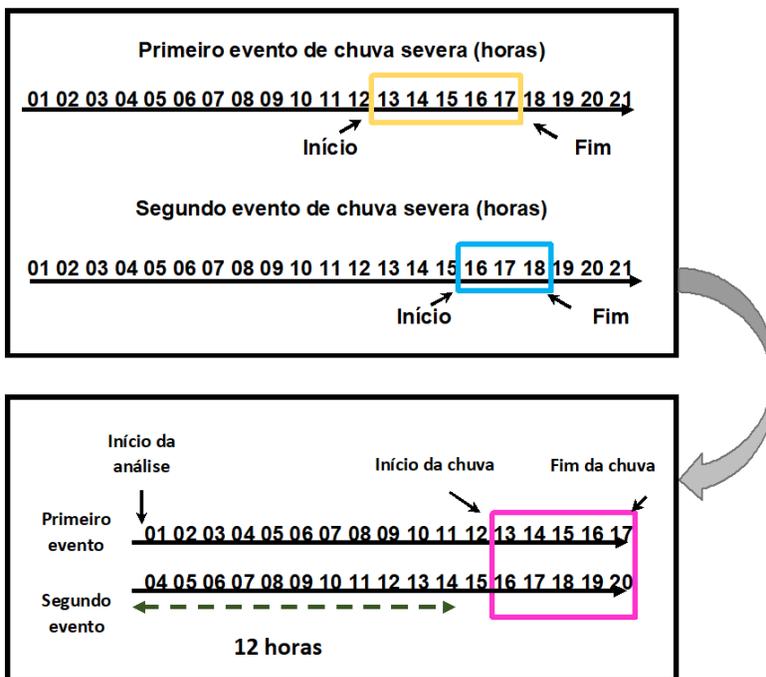


Figura 2 - Procedimento utilizado para agrupar os eventos e calcular as médias dos indicadores atmosféricos.

5 | RESULTADOS

Com a finalidade de avaliar qualitativamente e com ênfase à cidade do Rio de Janeiro, foi escolhido um ponto central (Latitude: -22.90, Longitude: -43.20) sobre o Município para realizar a análise comparativa média entre os eventos de chuvas severas e não severas. Na Figura 3 pode ser verificada a série temporal da média do índice K presente nos eventos de CS e CN. Verifica-se através desta série a tendência do índice K em apresentar um comportamento semelhante para os dois compostos de chuva, com valores mais significativos para os eventos de CS em relação aos eventos de CN. Observa-se também por esta série temporal que o início da precipitação para os casos de chuva severa foi logo após um pico máximo de K concordando com os resultados obtidos por MOURÃO (2007).

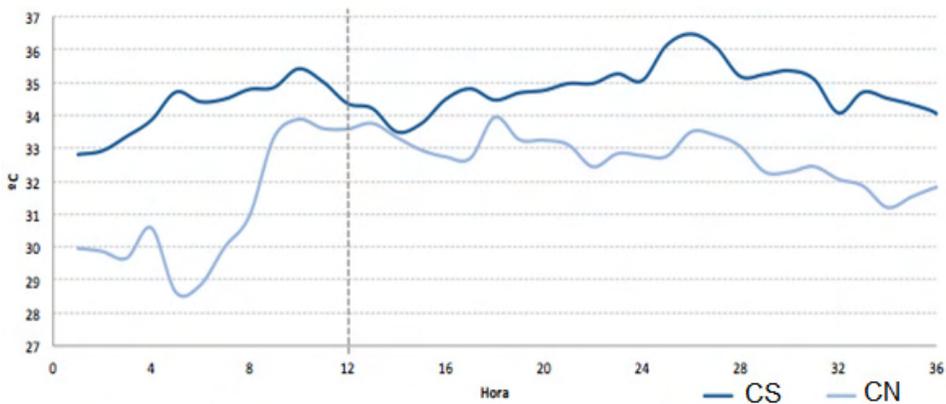


Figura 3 - Evolução temporal do índice K para os casos de CS e CN. A linha tracejada indica o momento em que começou a ocorrer a precipitação.

Na Figura 4 pode ser verificada a série temporal da média do índice TT presente nos eventos de CS e CN. Similar ao índice K (Figura 3) Verifica-se através desta série que a tendência do índice TT é de apresentar um comportamento semelhante para os dois compostos de chuva, sugerindo a presença de massa de ar quente e úmidas sobre a cidade do Rio de Janeiro antes do início da precipitação. Pelas duas séries temporais, pode-se observar também a tendência deste indicador em oscilar entre 44 °C e decair à medida que as frentes frias/ZCAS se afastam do Município do Rio de Janeiro.

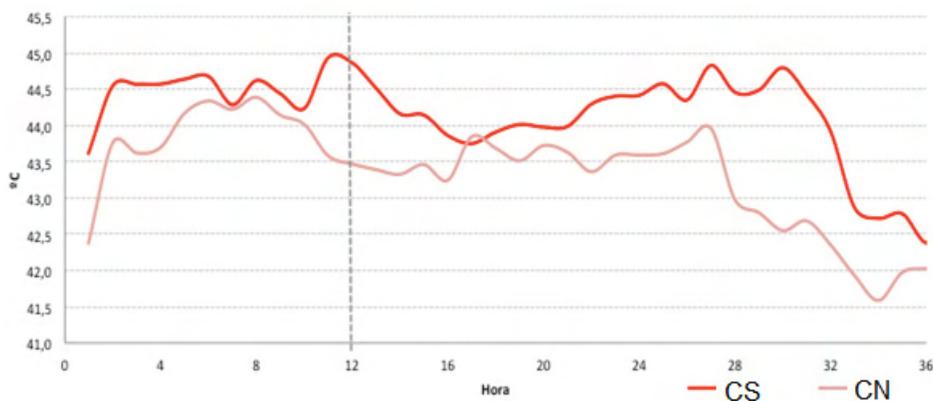


Figura 4 - Evolução temporal do índice TT para os casos de CS e CN. A linha tracejada indica o momento em que começou a ocorrer a precipitação.

A série temporal da média da PW presente nos casos de CS e CN pode ser observada na Figura 5. Verifica-se através desta série valores maiores, em média, de PW para os eventos de CS em relação aos eventos de CN destacando a presença de maior disponibilidade de umidade na atmosfera e conseqüentemente formação da precipitação

nos eventos de CS. Concomitantemente, observa-se um aumento gradual de PW para os eventos de CS caracterização a continuidade da oferta de umidade para o desenvolvimento da precipitação.

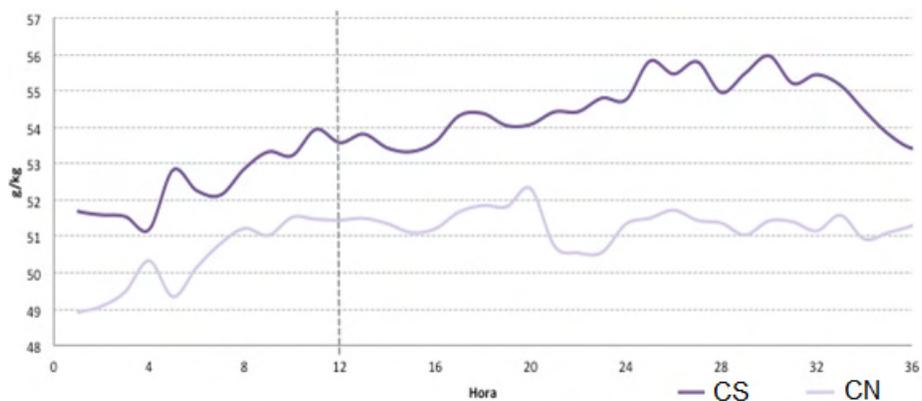


Figura 5 - Evolução temporal da PW para os casos de CS e CN. A linha tracejada indica o momento em que começou a ocorrer a precipitação.

A Figura 6 ilustra observa-se a série temporal da divergência dos ventos em 300hPa (DIV). Verifica-se através desta série que a maior tendência, em média, de DIV em apresentar valores oscilações entre valores positivos (associados a divergência de massa em altitude) e negativos (convergência de massa em altitude) para os eventos de CS. Para os eventos de CN, entretanto, observam-se oscilações quantitativamente menores sugerindo uma menor intensidade da dinâmica atmosférica associada à convecção profunda embebida nos sistemas de grande escala (como frentes frias e ZCAS) que podem favorecer a formação de altos acumulados pluviométricos.

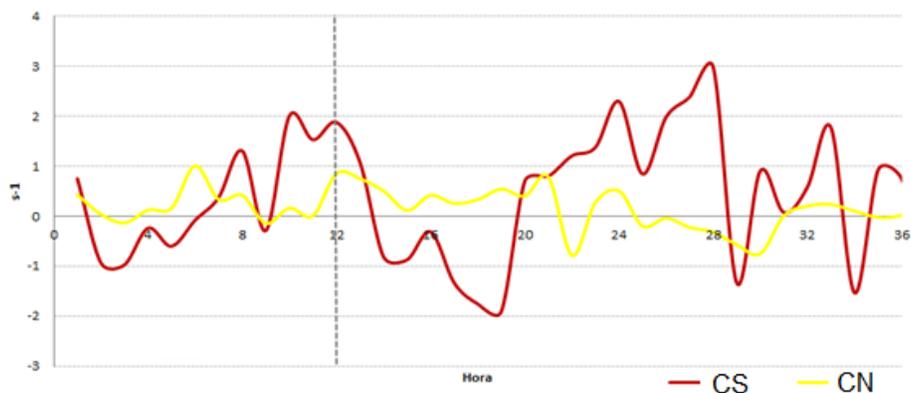


Figura 6 - Evolução temporal da divergência em 300 hPa para os casos de CS e CN. A linha tracejada indica o momento em que começou a ocorrer a precipitação.

Através da Figura 7 observa-se a evolução temporal do fluxo de energia saturada em 850hPa. Verifica-se, através deste indicador, que por mais que as frentes frias/ZCAS já estejam sobre o Município do Rio de Janeiro, a atmosfera pode novamente adquirir condições favoráveis à formação de convecção profunda devido ao suprimento dinâmico e termodinâmico oriundo dos efeitos de circulação marítima que ocorrem no litoral do Rio de Janeiro. Corroborado as avaliações para os indicadores previamente analisados, verifica-se valores mais significativos do fluxo de energia estática saturada em 850hPa para os eventos de CS em relação aos eventos de CN.

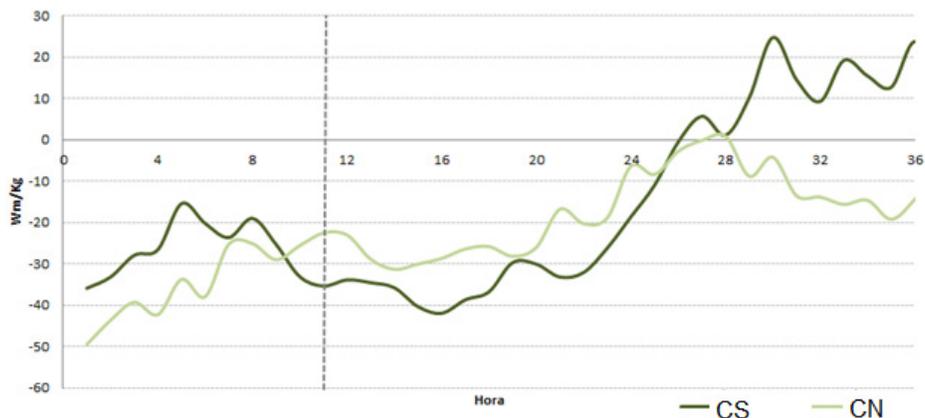


Figura 7 - Evolução temporal do fluxo de energia saturada em 850hPa para os casos de CS e CN. A linha tracejada indica o momento em que começou a ocorrer a precipitação.

A série temporal da pressão ao nível médio do mar (PNMM) corrobora o comportamento físico esperado durante a passagem de frentes frias, isto é, à medida que elas se aproximam de uma determinada região, observa-se respectivamente menores valores (queda) de pressão e posteriormente maiores valores (aumento) devido à passagem da massa de ar frio associada. A Figura 8 mostra que os eventos de CS apresentaram, em média, uma tendência de uma queda mais significativa em relação aos eventos de CN.

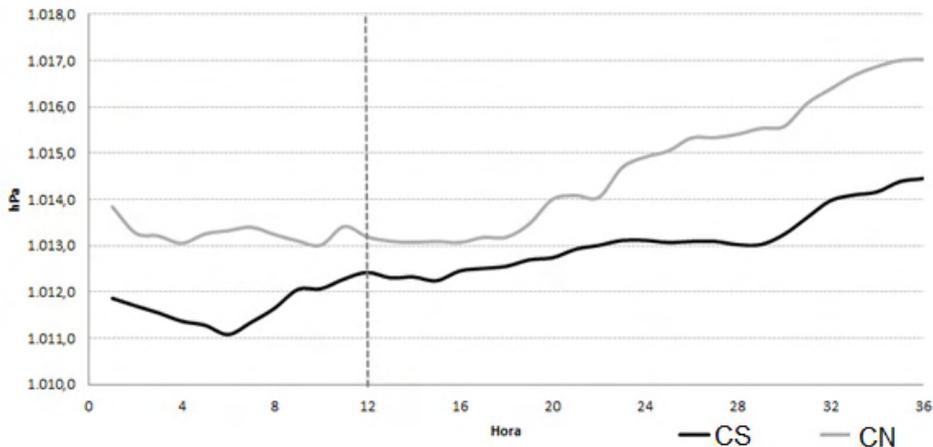


Figura 8 - Evolução temporal da PNMM para os casos de CS e CN. A linha tracejada indica o momento em que começou a ocorrer a precipitação.

6 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, a primeira característica que chamou à atenção foi o pico máximo dos índices K, TT e queda significativa da PNNMM antes do início da precipitação. Este comportamento médio caracteriza que, nos casos estudados, estas variáveis tenderam a ter um aumento relevante antes da ocorrência da chuva e posteriormente uma estabilização, em torno de um valor significativo, à medida que a precipitação ocorre. A segunda característica destacada durante as análises é em relação ao comportamento temporal dos índices, K e TT, após a chegada dos sistemas de grande escala. Verificou-se que após o início da chuva, os valores de K e TT caíram suavemente e se estabilizaram em torno de valores significativos (acima de 30°C e 40°C, respectivamente), caracterizando ainda a instabilidade condicional da atmosfera durante os eventos analisados.

A terceira característica averiguada foi a presença de oscilações mais amplificadas da divergência do vento em 300hPa sobre o Município do Rio de Janeiro para os casos de CS em relação aos casos de CN analisados. Sendo a média uma variável que atenua as variações presentes numa determinada amostra e sendo também o comportamento deste indicador variável entre valores positivos e negativos, era esperado que os valores médios deste indicador sinalizassem acentuadamente as características mais predominantes existentes nos eventos de chuva analisados. Tal diferença sugere que os sistemas atmosféricos associados à ocorrência de chuvas severas sobre o Município do Rio de Janeiro estariam associados ao desenvolvimento vertical mais profundo, enquanto os sistemas associados aos eventos de chuvas não severas tenderiam a ter sistemas meteorológicos com convecções mais rasa.

Embora as diferenças nos valores sejam relativamente pequenas entre os casos de CS e CN, a última característica que chamou à atenção durante as análises foi a

ocorrência de valores mais acima intensos, em média, dos indicadores analisados para os eventos de CS em relação aos eventos de CN. Tal comportamento mostrou que os sistemas atmosféricos associados aos altos acumulados pluviométricos no Município do Rio de Janeiro teriam um maior suporte dinâmico e termodinâmico desde sua gênese até a sua dissipação.

REFERÊNCIAS

- ESPINOSA, A. M. **Previsão quantitativa por conjunto da precipitação do verão 2007/2008 na bacia de Rio Grande**. Tese de Doutorado em Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 202, 2011.
- GEORGE, J. J. **Weather Forecasting for Aeronautics**. 1. ed. New York: Academic Press, 1960. 684 p.
- KUNZ, M. The skill of convective parameters and indices to predict isolated and severe thunderstorms. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 7, p. 327-342, 2007.
- MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: Conceitos básicos. Cadernos Didáticos**, n. 1. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2007.
- MARINAKI, A., SPILIOPOULOS, M., MICHALOPOULOU, H. Evaluation of atmospheric instability indices in Greece. **Advances in Geosciences**, v. 7, p. 131–135, 2006.
- MILLER, R. C. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Center. **Technical Report 200 (Rev.)**. Air Weather Service (MAC) United States Air Force, 1972.
- MOURÃO, C. E. F. **Estudo do comportamento de indicadores de tempo severo em casos de tempestades sobre o Rio de Janeiro utilizando o modelo RAMS**. Defesa de Monografia em Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 93, 2007.
- NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil?. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, p. 121-140, 2005.
- POLIFKE DA SILVA, F., JUSTI DA SILVA, M. G. A. Chuvas Severas no Município do Rio de Janeiro: Simulação numérica dos casos de 2007. *In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Belém, Pará. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.
- RIBEIRO, G. P., POLIFKE DA SILVA, F., JUSTI DA SILVA, M.G.A. CASOS DE Chuvas intensas no Rio de Janeiro: Variabilidade nas frequências diurna e anual. *In: XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais do XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2012.
- SILVA, F. P. *et al.* Evaluation of atmospheric thermodynamics and dynamics during heavy-rainfall and no-rainfall events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 121, p. 299-311, 2019.

SILVA, F. P. *et al.* Synoptic thermodynamic and dynamic patterns associated with Quitandinha River flooding events in Petropolis, Rio de Janeiro (Brazil)". **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 131, p. 845-862, 2019.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 133- 150, 1987.

SKAMAROCK, W. C., KLEMP, J. B., DUDHIA, J. *et al.* **A description of the advanced research WRF Version 3**. Boulder, Colorado, National Center for Atmospheric Research, 2008.

TEIXEIRA, M. S., SATYAMURTY, P. Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in southern Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 135, p. 598-617, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Activated sludge 72, 73
- Anthropogenic actions 88
- Aquatic biota 250
- Artificial ecosystem 115
- Atmospheric indicators 1, 2

B

- Biodigesters 186
- Biodigestion 186, 187
- Biofertilizer 186, 254
- Biogas 186, 204, 254
- Biological filters 72
- Biomass 102, 103, 112

C

- Cerrado biome 88
- Chlorination 28
- Contaminants of Emerging Concern (CEC) 245

D

- Drugs 235, 246, 251, 252, 254, 255

E

- Ecosystem 115
- Effluents 28, 43, 72, 256
- Environmental impact 218
- Evapotranspiration 115

F

- Fecal coliforms 15

G

- Geostatistical method of spatialization (Krigagem) 115

H

- Heat islands 115, 123
- Human Development Index (HDI) 205

I

Inclusive recycling 145

L

Lakes 54

M

Mayan communities 57

Mixed Integer Linear Programming (MILP) 156, 158

N

National Institute for Space Research (INPE) 88

National Solid Waste Policy (PNRS) 134, 159, 166, 169, 175, 178, 235

O

Oligotrophic 43

Organic waste 178, 180, 181, 182

P

Percolating 72

Pesticide 245, 248, 249, 251, 252, 253, 254

Pharmaceuticals 245, 247, 249, 250, 251, 252

Phytoplankton 43

Polishing pond 72

Precipitable water (PW) 2, 4

Q

QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) 245, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255

R

Recyclable materials 134, 135, 154, 162, 164, 178, 183

Residential condominiums 178, 179, 183

Reuse 27, 28, 135, 180, 183, 218, 256

Rivers 43

S

Sanitation 70, 165, 166, 169, 174, 205, 206

Sewage treatment 252, 256

Solar radiation 115, 256

Solid waste 134, 154, 156, 157, 158, 159, 166, 169, 171, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 235

Solid Waste Master Plan 178

Stabilization ponds 72

State Institute for the Environment and Water Resources (IEMA) 124

Sustainability 176, 178, 182, 184, 219

Synchrotron radiation 15, 218

U

United States Environmental Protection Agency (USEPA) 28

Urban solid waste management 159, 175, 183

W

Waste Transfer Station (WTS) 156, 157, 171, 174, 176

Water pollution 15

Water resources 26, 57, 124, 162, 250

Water treatment 218

World Health Organization (WHO) 28, 250

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING