
POTENCIAL DE ATAQUE FÚNGICO PARA MADEIRAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Felipe Gomes **BATISTA**

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), da Escola Agrícola Jundiá - Campus de Macaíba/RN, UFRN
E-mail: felipejp.gomes@gmail.com

Adriano Reis Prazeres **MASCARENHAS**

Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras - PPGCTM/UFLA
E-mail: adriano.mascarenhas@unir.br

Rafael Rodolfo de **MELO**

Doutor na área de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais e docente da UFRSA (Mossoró-RN)
E-mail: rafael.melo@ufersa.edu.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial e temporal do potencial de ataque fúngico (PAF) para madeiras no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Para a realização deste estudo obteve-se dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 18 redes de estações das microrregiões do RN, referente aos meses de janeiro a dezembro, considerando o ano de 2018. Foram utilizadas médias mensais da temperatura e dos dias com chuva acima de 0,30 mm ao mês. A interpolação dos dados foi realizada no software Arcgis 10.6, com variação do PAF para as diferentes microrregiões do estado. Os resultados mostraram uma grande variação do PAF ao longo do ano, tendo maior potencial à deterioração da madeira por fungos entre janeiro e junho (estação chuvosa), com destaque para as mesorregiões Metropolitanas e Costa das Dunas. Na estação seca ocorreu um baixo potencial de deterioração da madeira por fungos, tendo como destaque à mesorregião Costa Branca. Com isso, estas informações podem-se orientar na adoção de medidas preventivas e/ou corretivas para o emprego adequado de madeira no Estado do Rio Grande do Norte.

Palavras-chave: Agentes biodeterioradores; Fatores climáticos; Deterioração da madeira.

POTENTIAL FUNGAL ATTACK FOR WOODS IN THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE, BRAZIL

Abstract: This work aimed to evaluate the spatial and temporal distribution of the fungal attack potential (FAP) for woods in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. For this, meteorological data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET) in 18 automatic weather stations (AWS) between January to December, for the year 2018. Monthly averages of temperature and days with rain above 0.30 mm per month were used. Data interpolation was performed using the software Arcgis 10.6, with FAP variation for the different microregions of the state. The results showed a large variation of FAP throughout the year, with greater potential for fungal wood deterioration between January and June (rainy season), with emphasis on the Metropolitan and Dunes Coast mesoregions. In

the dry season there was a low potential for wood deterioration by fungi, especially the White Coast mesoregion. Thus, this information can be guided by the adoption of preventive and / or corrective measures for the proper use of wood in the state of Rio Grande do Norte.

Keywords: Biodeterioration agents; Climatic factors; Decay of wood.

POTENCIAL DE ATAQUE DE HONGOS PARA MADERAS EN EL ESTADO DE RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo evaluar la distribución espacial y temporal del potencial de ataque de hongos (PAH) para la madera en el estado de Rio Grande do Norte, Brasil. Para este estudio, se obtuvieron datos meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología (INMET) de 18 redes de estaciones de microrregión RN, de enero a diciembre, para el año 2018. Se utilizaron promedios mensuales de temperatura y días con lluvia superior a 0,30 mm por mes. La interpolación de datos se realizó utilizando el software Arcgis 10.6, con variación de PAF para las diferentes microrregiones del estado. Los resultados mostraron una gran variación de PAF durante todo el año, con un mayor potencial de deterioro de la madera de hongos entre enero y junio (temporada de lluvias), con énfasis en las mesorregiones metropolitanas y Costa das Dunas. En la estación seca hubo un bajo potencial de deterioro de la madera por hongos, especialmente la mesorregión de Costa Branca. Por lo tanto, esta información puede guiarse por la adopción de medidas preventivas y / o correctivas para el uso adecuado de la madera en el estado de Rio Grande do Norte.

Palabras clave: Agentes biodeteriorantes; Factores climáticos; Decaimiento de madera.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma imensa quantidade de recursos florestais, dentre elas, a madeira se destaca como o material orgânico mais utilizado entre as indústrias. A madeira é um produto natural e renovável, podendo ser usado tanto em ambientes internos e externos (LAREDO *et al.*, 2015). No entanto, a demanda por essa matéria-prima levou ao aumento do uso espécies de crescimento rápido, que podem ter vida útil limitada quando exposta a ambientes que permite o desenvolvimento ao ataque de agentes biodeteriorados, especialmente os fungos xilófagos (GERENGI *et al.*, 2014).

A madeira pode ser suscetível à deterioração em condições ambientais diversas. Com teor de umidade acima de 20%, quantidade suficiente de oxigênio, valor de pH (4,5 a 5,5) e temperatura entre 15 e 45°C, essa susceptibilidade pode aumentar consideravelmente. A deterioração afeta de maneira adversa a aparência estética e o valor econômico da madeira, além de reduzir a sua resistência mecânica, limita a sua vida útil (ZABEL; MORRELL, 2012).

Com à exposição ao ambiente, diversos agentes biológicos podem danificar a madeira. Destes, os fungos se destacam, por apresentarem um rápido desenvolvimento naqueles ambientes em que a madeira tradicionalmente é empregada. Quando armazenadas em ambientes quentes e úmidos, toras de madeira cortadas são logo contaminadas por esses

fungos xilófagos. Isso ocorre naturalmente, entretanto os fatores ambientais ali atuantes agem como um catalizador deste processo, já que as madeiras com sua constituição química apresentam os nutrientes necessários para sua sobrevivência destes microorganismos (STANGERLIN *et al.*, 2013a; CASAVECCHIA *et al.*, 2016).

Os fungos agem na madeira provocando a alteração de sua cor natural em função da alteração na composição dos componentes extrativos que produzem as tonalidades que dão cor as madeiras. Eles são, ainda, os principais agentes biológicos que degradam os constituintes da parede celular da madeira, produzindo quebra de sua estrutura, e afetando suas propriedades físico-químicas. Além disso, a ação destes microrganismos pode criar uma barreira quando precisar secar ou impregnar a madeira com algumas substâncias conservantes, limitando as etapas de processamento relacionadas a secagem e preservação de peças (LEVY, 1983; BARREAL, 1998; STANGERLIN *et al.*, 2013b; SOUZA *et al.*, 2016).

A deterioração da madeira ocorrerá assim que as condições microclimáticas forem favoráveis ao crescimento microbiológico. Com isso, o controle da umidade da madeira torna-se um instrumento fundamental para sua proteção, especialmente quando seu uso é exposto à atmosfera. Assim, substâncias repelentes à umidade podem ser usadas, deixando-a líquidos ou reduzindo a acessibilidade da água nas paredes celulares, principalmente quando o ambiente proporcionar a madeira uma maior vulnerabilidade (RINGMAN *et al.*, 2014; KOZLOV; KISTERNAYA, 2014).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial e temporal do potencial de ataque fúngico (PAF) para madeiras no estado do Rio Grande do Norte, localizado na Região Nordeste do Brasil.

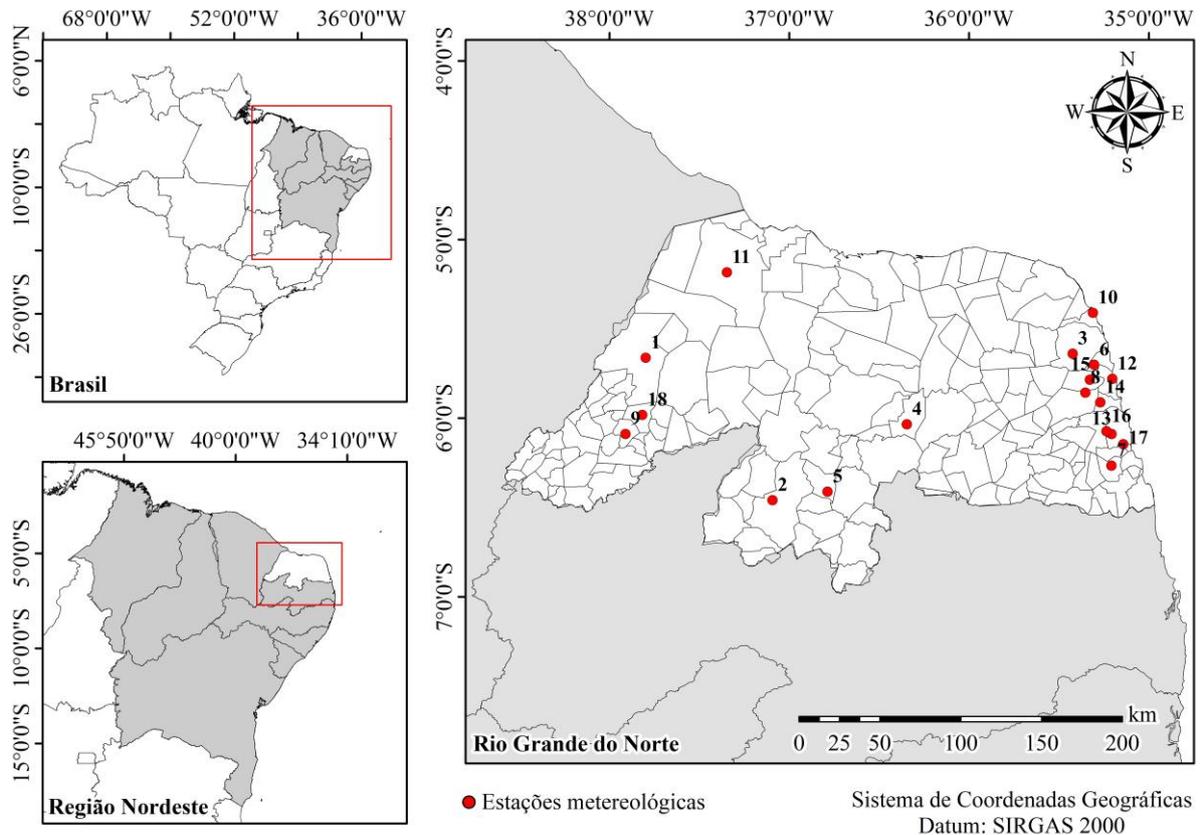
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estado do Rio Grande do Norte (Figura 1) tem área de 52.796,79 km², representando 3,41% da área do nordeste e 0,62% de todo o território brasileiro. Localiza-se entre as coordenadas 5°47'42" de Latitude Sul e 35°12'32" de Longitude Oeste (IBGE, 2019). De acordo com o sistema de Köppen, o estado é caracterizado por três tipos de climas: o tropical úmido, com chuvas de outono ao inverno (As') e temperatura média acima de 24 °C todos os meses; o semiárido quente (BSh), correspondendo a maior parte do estado, dando lugar a uma costa bastante seca, com temperatura média acima de 26 °C, sendo submissa a grande irregularidade, deixando de ocorrer a alguns anos, a estação chuvosa de outono; e o tropical semiúmido (Aw'), com chuvas de outono, registrando temperaturas médias também elevadas

e chuvas outonais mais abundantes do que na região Semiárida. O relevo do estado é marcado por planícies litorâneas, depressões na maior parte e planaltos ao Sul, no qual sua maior parte, cerca de 80% não ultrapassa 300 m de altitude. A vegetação é formada por Caatinga, a Oeste, Mangues e Mata Atlântica, ao Leste do estado (EMPARN, 2019).

Figura 1 - Destaque da região de estudo, estado do Rio Grande do Norte, com os pontos em que se encontram as estações meteorológicas automáticas.



Fonte dos dados: INEMET, (2019).

Coletas de dados

Os dados meteorológicos foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), coletados na rede de estações automáticas, instaladas em 18 cidades, representantes das diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Norte – Seridó, Oeste, Médio Oeste, Serrana, Costa Branca, Costa das Dunas e Região Metropolitana (Tabela 1). Os dados utilizados foram dias com chuva superior a 0,30 mm e temperatura média mensal, considerando o período correspondendo aos meses de janeiro a dezembro, considerando o ano de 2018.

Tabela 1 - Estações meteorológicas automáticas do estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

Cidade	Mesoregião	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
1. Apodí	Médio Oeste	-5.6495	-37.7958	59
2. Caicó	Seridó	-6.4581	-37.0990	153
3. Ceará Mirim	Metropolitana	-5.6351	-35.4202	45
4. Cerro Corá	Seridó	-6.0455	-36.3478	564
5. Cruzeta	Seridó	-6.4129	-36.7823	217
6. Extremoz	Metropolitana	-5.7060	-35.3063	63
7. Goianinha	Zona da Mata	-6.2689	-35.2090	21
8. Macaíba	Metropolitana	-5.8600	-35.3494	15
9. Martins	Serrana	-6.0866	-37.9126	706
10. Maxaranguape	Costa das Dunas	-5.5163	-35.2624	34
11. Mossoró	Costa Branca	-5.1880	-37.3441	20
12. Natal	Metropolitana	-5.7950	-35.2088	32
13. Nísia Floresta	Metropolitana	-6.0935	-35.3204	15
14. Parnamirim	Metropolitana	-5.9060	-35.2604	65
15. São Gonçalo do Amarante	Metropolitana	-5.7934	-35.3288	18
16. São José Do Mipibu	Metropolitana	-6.0769	-35.2351	49
17. Senador Georgino Avelino	Zona da Mata	-6.1620	-35.1264	40
18. Umarizal	Oeste	-5.9970	-37.8073	155

Fonte: INEMET (2019).

Potencial de Ataque Fúngico (PAF)

Para a determinação do Potencial de Ataque Fúngico (PAF), foi empregado à metodologia descrita por Scheffer (1971), com adaptações sugeridas por Martins (2003), sob as condições climáticas do Rio Grande do Norte, conforme a Equação 1. Os valores foram obtidos por meio das médias de temperaturas e dos dias com precipitação acima de 0,30 mm a cada mês.

$$PAF = \sum \frac{(T-2) \times (D-3)}{16,7} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

PAF= Potencial de Ataque Fúngico;

T= Temperatura média no mês;

D= número de dias com precipitação de 0,30 mm no mês.

Os dados de PAF foram apresentados de forma individualizada os dados médios para cada uma das cidades inventariadas que possuíam rede de estação automática foram realizadas. Além disso, a apresentação do comportamento médio do PAF ao longo do ano, também é apresentado para cada uma das mesorregiões do estado (Seridó, Oeste, Médio Oeste, Serrana, Costa Branca, Costa das Dunas e Região Metropolitana) em forma de gráficos.

Zoneamento do Potencial de Ataque Fúngico (PAF)

Para gerar os mapas de zoneamento do PAF para o Rio Grande do Norte, os procedimentos de preparo e tratamento de informações foram realizados utilizando-se o software SIG ArcGIS Desktop versão 10.6, com licença educacional EVA346750770 (ESRI, 2018). O sistema de referência utilizado para todos os rasters foi SIRGAS 2000, zona 24M, meridiano central 63° WGr e sistema de coordenadas geográficas.

Dessa forma, a planilha eletrônica, contendo as estimativas de PAF e respectivas coordenadas geográficas, foi importada por meio da ferramenta add data e utilizando-se a função display x,y cordinates plotou-se os pontos no ambiente de trabalho do software. Na sequência, os dados foram exportados para extensão shapefile, com a feição tipo ponto.

Na sequência, aplicou-se a rotina Geoprocessing - Enviroments - Processing Extent - Raster Analysis para delimitar a interpolação dos dados aos limites do arquivo shapefile do Estado de Rio Grande do Norte, obtido na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2019).

Posteriormente, por meio da rotina ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Interpolation – IDW, obteve-se o raster com a interpolação das médias de PAF pelo método de krigagem ordinária, executando-se o algoritmo IDW (inverso do quadrado da distância), adaptando-se a metodologia de Souza *et al.* (2016).

Ao final, os valores de PAF foram organizados em cinco classes equidistantes com intervalos de 1/4 desvios-padrão para facilitar a interpretação dos mapas, seguindo as diretrizes apresentadas por Alvares *et al.* (2017), nesta etapa, utilizou-se a rotina Layer Properties - Classified - Classify - Method - Standart Deviation - 1/4 Std Dev, atribuindo-se o mesmo número de pixels para cada classe de UEM.

Elaboração dos Mapas

Para o processamento dos dados espaciais, foi utilizado o *software* ArcGIS 10.6 no qual foram inseridos os valores médios mensais da PAF da rede de estações automáticas e, em uma segunda etapa, os dados foram agrupados para cada mês, incluindo aqueles correspondentes à estação seca (julho a dezembro) e estação chuvosa (janeiro a junho) no estado do Rio Grande do Norte.

Com isso, as interpolações dos valores da PAF foram criadas através de ferramentas de análises espaciais; interpolação; PDI (Ponderação de Distância Inversa), mostrando por meio de mapas com diferentes classes de valores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar o comportamento das chuvas do Rio Grande do Norte, pode-se perceber que as principais cidades metropolitanas, Natal e Parnamirim apresentaram maiores quantidades de dias com chuvas no estado no ano de 2018, com médias de 11,3 e 9,6 dias por mês, respectivamente (Tabela 2). O mês de abril, foi o que apresentou o maior número de dias com chuva em todo o estado. Nota-se, ainda, analisando conjuntamente as Tabelas 1 e 2, que a altitude compreendida isoladamente não é fator determinante para as médias de precipitação pluviométricas. Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), as variações mensais e anuais da precipitação total são decorrentes de uma complexa interação no comportamento da circulação atmosférica regional ao longo do ano, juntamente com fatores geográficos regionais e locais.

Tabela 2 - Dados mensais de dias com chuva da madeira, para as diferentes cidades avaliadas no Estado do Rio Grande de Norte, para o ano de 2018.

Cidades	Meses												Média
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Apodi	6	12	7	19	7	2	0	0	0	0	0	2	4,6
Caicó	3	5	3	9	4	1	1	0	0	0	0	0	2,2
Ceará Mirim	6	6	5	15	10	6	8	3	0	0	0	0	4,9
Cerro Corá	2	12	10	18	11	4	2	0	0	1	1	4	5,4
Cruzeta	6	9	10	15	10	2	4	0	0	1	1	2	5,0
Extremoz	4	6	8	11	10	11	8	5	3	0	0	5	5,9
Goianinha	8	6	7	10	8	4	6	0	1	1	2	4	4,7
Macaíba	4	8	6	15	5	8	6	4	2	0	2	1	5,1
Martins	8	16	14	18	8	3	1	0	1	0	2	6	6,4
Maxaranguape	10	11	5	4	12	16	9	3	4	0	0	6	6,7
Mossoró	3	3	1	11	5	1	0	0	0	0	0	1	2,1
Natal	10	11	9	23	19	19	15	11	10	0	5	4	11,3
Nísia Floresta	7	5	5	15	4	4	6	1	0	0	0	0	3,9
Parnamirim	10	11	8	18	12	13	13	11	7	2	5	6	9,7
S.G. Amarante	6	6	8	14	11	7	10	4	5	0	1	7	6,6
S.J. do Mipibu	2	4	3	2	7	5	4	0	0	0	0	0	2,2
S. G. Avelino	8	14	8	12	11	9	0	0	0	0	0	0	5,2
Umarizal	5	7	6	12	5	2	0	0	0	0	0	4	3,4
Média	6,0	8,4	6,8	13,4	8,8	6,5	5,2	2,3	1,8	0,3	1,1	2,9	-

Fonte: INEMET (2019).

As temperaturas médias anual do estado variaram entre 25,0°C, para cidade de Martins na mesorregião Serrana, à 30,7°C, para cidade de Mossoró na mesorregião da Costa Branca (Tabela 3). De acordo com Diniz e Pereira (2015), a menor temperatura observada para cidade Martins pode ser explicada por estar inserida na região Serrana, já que a cidade está posicionada sobre um platô e voltada para a escarpa de barlavento de serra, em altitude de 706 m. Ainda, na Tabela 3 verifica-se que o período entre meses de novembro a fevereiro foram os que apresentaram as maiores médias mensais de temperatura, independentemente da localização geográfica e/ou altitude da rede de estação automática, com temperaturas médias superiores a 28°C.

Tabela 3 - Temperaturas médias mensais (em °C) nas estações meteorológicas automáticas da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Estado do Rio Grande do Norte, para o ano de 2018.

Cidades	Meses												Média
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Apodi	29	29	28	27	27	27	26	26	28	28	28	29	27,7
Caicó	32	32	30	29	28	28	27	28	28	31	30	30	29,4
Ceará Mirim	26	27	26	26	25	24	23	24	24	26	25	26	25,2
Cerro Corá	26	26	25	25	24	23	25	26	26	26	27	26	25,4
Cruzeta	31	31	30	29	28	28	27	29	29	29	31	31	29,4
Extremoz	29	29	28	28	27	27	26	26	27	27	28	29	27,6
Goianinha	26	26	25	25	24	23	25	26	26	26	27	26	25,4
Macaíba	28	27	27	26	26	25	24	24	25	25	26	27	25,8
Martins	26	24	24	23	24	25	25	26	26	26	26	25	25,0
Maxaranguape	27	27	28	28	27	26	26	27	28	28	29	28	27,4
Mossoró	32	32	31	30	29	28	29	30	31	32	32	33	30,8
Natal	27	26	26	25	25	25	23	23	24	25	26	27	25,2
Nísia Floresta	28	27	27	26	26	25	25	27	28	28	29	29	27,1
Parnamirim	28	28	28	27	27	26	26	27	27	28	28	28	27,3
S.G. Amarante	30	30	29	27	26	26	25	28	29	29	30	30	28,3
S. J. Mipibu	27	27	27	27	26	26	26	27	28	28	28	28	27,1
S. G. Avelino	29	28	28	27	27	27	28	29	29	29	30	30	28,4
Umarizal	29	29	28	27	27	27	26	26	28	28	28	29	27,7
Média	28,3	28,1	27,5	26,8	26,3	25,9	25,7	26,6	27,3	27,7	28,2	28,4	-

Fonte: INEMET (2019).

Para os valores do PAF, houve alta variabilidade, principalmente quando comparada a variação mensal. A exemplo disso, no mês de abril atingiu valor de 27,5 referente à Natal, região Metropolitana do estado, enquanto outubro e novembro ocorreram valores extremos inferiores com -5,4 em Mossoró (Tabela 4). Isto ocorre devido as variações climáticas intraestaduais, já que o estado do Rio Grande do Norte apresenta características tanto do Semiárido (Caatinga) e como de zonas litorâneas (Mangue e Mata Atlântica) (ENPARN, 2019).

Tabela 4 - Dados mensais do Potencial de Ataque Fúngico (PAF) da madeira, para as diferentes cidades avaliadas no Estado do Rio Grande de Norte, para o ano de 2018.

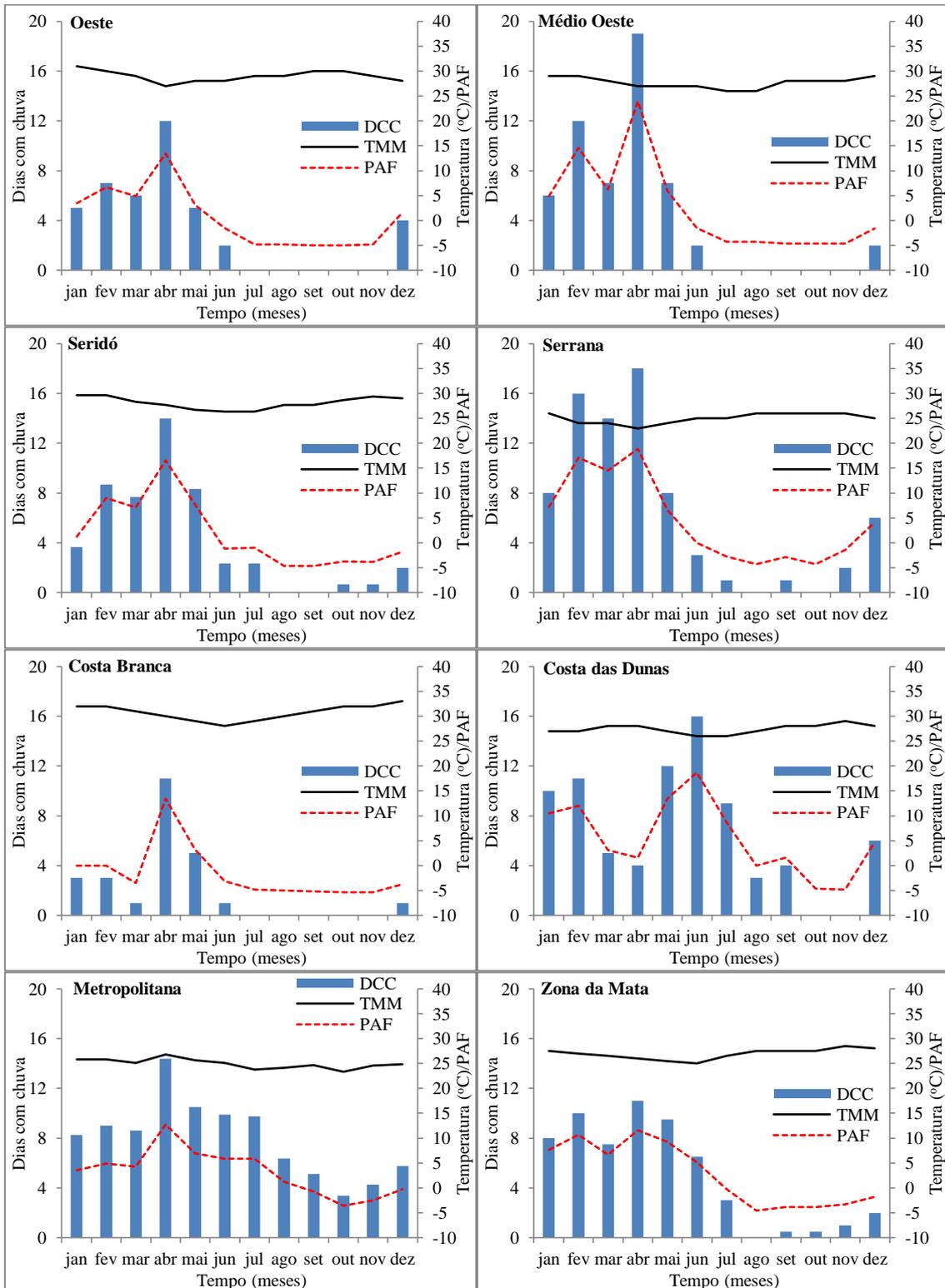
Cidades	Meses												Média
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Apodi	4,9	14,6	6,2	24,0	6,0	-1,5	-4,3	-4,3	-4,7	-4,7	-4,7	-1,6	2,5
Caicó	0,0	3,6	0,0	9,7	1,6	-3,1	-3,0	-4,7	-4,7	-5,2	-5,0	-5,0	-1,3
Ceará Mirim	4,3	4,5	2,9	17,3	9,6	4,0	6,3	0,0	-4,0	-4,3	-4,1	-4,3	2,7
Cerro Corá	-1,4	12,9	9,6	20,7	10,5	1,3	-1,4	-4,3	-4,3	-2,9	-3,0	1,4	3,3
Cruzeta	5,2	10,4	11,7	19,4	10,9	-1,6	1,5	-4,9	-4,9	-3,2	-3,5	-1,7	3,3
Extremoz	1,6	4,9	7,8	12,5	10,5	12,0	7,2	2,9	0,0	-4,5	-4,7	3,2	4,4
Goianinha	7,2	4,3	5,5	9,6	6,6	1,3	4,1	-4,3	-2,9	-2,9	-1,5	1,4	2,4
Macaíba	1,6	7,5	4,5	17,3	2,9	6,9	4,0	1,3	-1,4	-4,1	-1,4	-3,0	3,0
Martins	7,2	17,1	14,5	18,9	6,6	0,0	-2,8	-4,3	-2,9	-4,3	-1,4	4,1	4,4
Maxaranguape	-0,5	10,5	12,0	3,1	1,6	13,5	18,7	8,6	0,0	1,6	-4,7	-4,9	5,0
Mossoró	0,0	0,0	-3,5	13,4	3,2	-3,1	-4,9	-5,0	-5,2	-5,4	-5,4	-3,7	-1,6
Natal	10,5	11,5	8,6	27,5	22,0	22,0	15,1	10,1	9,2	-4,1	2,9	1,5	11,4
Nísia Floresta	6,2	3,0	3,0	17,3	1,4	1,4	4,1	-3,0	-4,7	-4,7	-4,9	-4,9	1,2
Parnamirim	10,9	12,5	7,8	22,5	13,5	14,4	14,4	12,0	6,0	-1,6	3,1	4,7	10,0
S.G. Amarante	5,0	5,0	8,1	16,5	11,5	5,8	9,6	1,6	3,2	-4,9	-3,4	6,7	5,4
S.J. do Mipibu	-1,5	1,5	0,0	-1,5	5,8	2,9	1,4	-4,5	-4,7	-4,7	-4,7	-4,7	-1,2
S. G. Avelino	8,1	17,1	7,8	13,5	12,0	9,0	-4,7	-4,9	-4,9	-4,9	-5,0	-5,0	3,2
Umarizal	10,5	12,0	3,1	1,6	13,5	18,7	8,6	0,0	1,6	-4,7	-4,9	4,7	5,4
Média	4,4	8,5	6,1	14,6	8,3	5,8	4,1	-0,4	-1,6	-3,9	-3,1	-0,6	-

Fonte: INEMET (2019).

Dos fatores utilizados para o cálculo do PAF, o número de dias com chuva para cada microrregião foram os mais determinantes para o aumento do Potencial de Ataque Fúngico. Diversos autores relatam que alto teor de umidade no solo, ocasionado pela elevada quantidade de chuva, favorece a atividade biológica de agentes xilófagos da madeira, de modo a acelerar o seu processo de deterioração (MELO *et al.*, 2010; STANGERLIN *et al.*, 2013a; STANGERLIN *et al.*, 2013b; SOUZA *et al.*, 2016; CASAVECCHIA *et al.*, 2016).

Na época seca, no período de julho a dezembro, na maioria das mesorregiões do estado, o PAF apresentou valores médios mensais baixos variando entre -3,8 a 4,1, tendo como destaque à mesorregião Costa Branca (Figura 1).

Figura 2 - Dados mensais de dias com chuva (DCC), temperatura média (TMM) e potencial de ataque fúngico (PAF) para as diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Norte, para o ano de 2018.



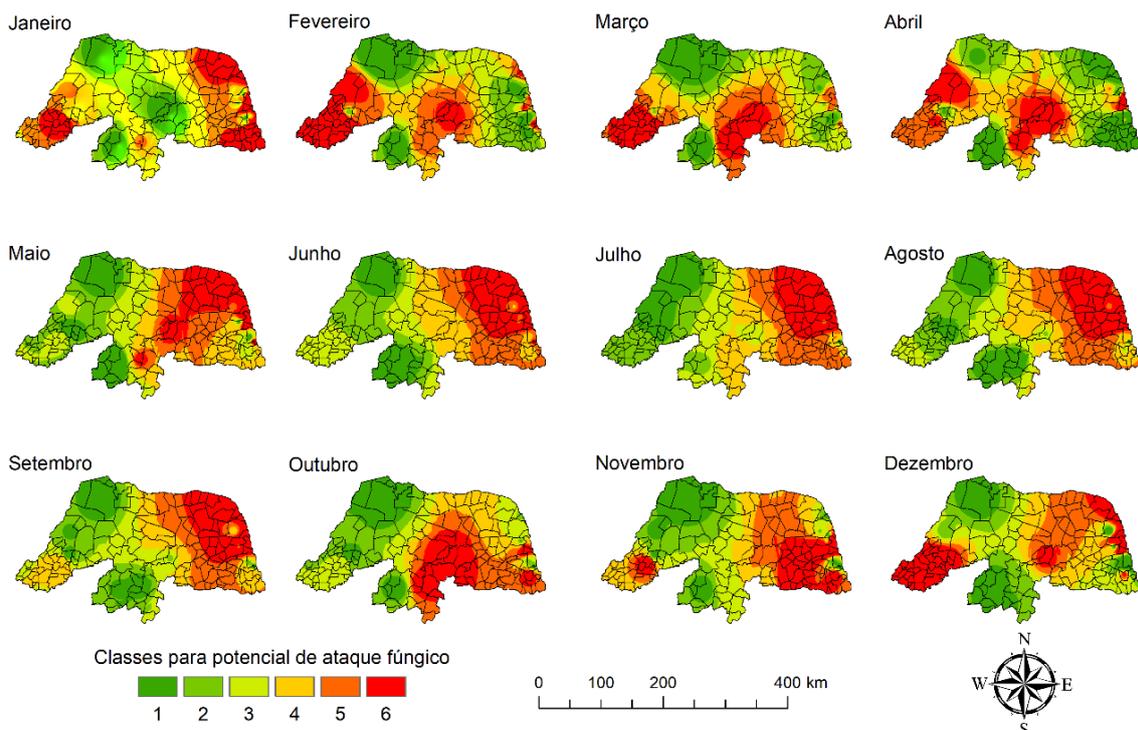
Fonte: INEMET, (2019).

De acordo com Casavecchia *et al.* (2016), normalmente a taxa do PAF depende da temperatura média mensal e do número de dias chuvosos superiores a 0,30 mm. Consequentemente, a ausência de chuvas e altas temperaturas durante o período de seca, permite a obtenção de valores negativos do PAF.

Por sua vez, para o período chuvoso, que abrange o período de janeiro a junho, o PAF apresentou valores elevados, chegando em alguns casos a obtenção de PAF superiores a 10, com máxima de 14,6, destacando as mesorregiões Metropolitanas e Costa das Dunas. Segundo Martins *et al.* (2003), temperatura e teor de umidade elevados possibilitam condições favoráveis para o desenvolvimento de agentes xilófagos, em especial os fungos.

Na Figura 2 pode-se observar diferentes zonas correspondentes aos índices do PAF, em toda a extensão do território no estado do Rio Grande do Norte, variando em classes de 1 a 6, sendo considerados número crescente para classes onde a madeira apresenta a maior vulnerabilidade. Estes dados revelam que, do ponto de vista climatológico, o risco de apodrecimento de madeiras gerado por fungos no estado é muito variável.

Figura 2 - Mapa com distribuição espacial do Potencial de Ataque Fúngico (PAF) da madeira no Estado do Rio Grande do Norte.



(Fonte: INEMET, 2019).

De modo geral, os resultados apresentados indicam que todas as mesorregiões, com exceção à Costa Branca, apresentaram elevado PAF, especialmente quando comparado aos índices obtidos por Scheffer (1971) e Morales, Heras e Marínque (1977).

Os mapas do PAF, elaborado a partir da média mensal de temperatura e do número de dias de precipitação em cada mês, demonstraram que a mesorregião Metropolitana apresentou PAF muito elevado, variando nas classes de 5 a 6, no qual a microrregião de Natal, principal polo econômico do estado, encontra-se numa área excepcionalmente propícia à deterioração biológica.

Os valores médios mensais das classes do PAF mostram uma oscilação de 4 a 6 no Leste do estado, enquanto no Oeste e central variaram de 1 a 4. Analisando diferentes espécies de madeira em diversas regiões na Europa, Meyer *et al.* (2015) constataram que o teor mínimo de umidade necessário para ocorrer a biodeterioração da madeira é de cerca de 19%, valor que pode variar tanto entre espécies e quanto entre fungos.

Além do discutido no presente estudo, as variações do teor de umidade na madeira por conta do período chuvoso que ocorre ao longo dos meses do ano no estado do Rio Grande do Norte, fazem com que a madeira requeira especial atenção com relação à secagem e armazenamento. Pois além de facilitar o desenvolvimento de agentes xilófagos, contribui no aumento de problemas causados pela instabilidade dimensional e perda de resistência da madeira, reduzindo significativamente o seu tempo de vida útil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado do Rio Grande do Norte apresentou uma grande variação do Potencial de Ataque Fúngico (PAF) entre os meses do ano, com maior potencial a deterioração da madeira por fungos entre no período das chuvas, mais precisamente entre os meses de janeiro e junho. As mesorregiões Metropolitanas e Costa das Dunas registraram os valores mais elevados PAF, com maiores possibilidades de ataque de fungos xilófagos a madeira. Tais caracterizadas pelas proximidades dessas regiões a zona litorânea.

Os resultados obtidos no presente estudo podem ser utilizados na orientação de uso adequado da madeira no Estado do Rio Grande do Norte, a partir da adoção de medidas preventivas e/ou corretivas para aquelas madeiras expostas, especificamente na região litorânea onde as madeiras apresentaram uma maior vulnerabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; SOARES, P. R. C.; SENTELHAS, P. C.; JANKOWSKY, I. P. **Circular técnica nº 211: Zoneamento da umidade de equilíbrio mensal de painéis e madeira maciça no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2017. 13 p.

BARREAL, J. A. R. **Patología de la madera**. Madrid: Fundación Conde Del Valle de Salazar, 1998. 349 p.

CASAVECCHIA, B. H.; SOUZA, A. P.; STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R. Potential fungal attack for wood in Mato Grosso state, Brazil. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 3, p. 156-161, mai./jun. 2016.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiás, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015.

EMPRESA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE (EMPARN). Meteorologia. Disponível em: <www.emparn.rn.br>. Acesso em: 08 dez. 2019.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). Software ArcGis Desktop, version 10.6. Disponível em: <<http://www.desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/get-started/setup/arcgis-desktop-quick-start-guide.html>>. Acesso em: 20 out. de 2018.

GERENGI, H.; TASCIOGLU, C.; AKCAY, C.; KURTAY, M.. Impact of Copper Chrome Boron (CCB) wood preservative on the corrosion of St37 steel. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 53, n. 49, p. 19192-19198, nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estados: Rio Grande do Norte. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados meteorológicos**. <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

KOZLOV, V.; KISTERNAYA, M. Sorption properties of historic and recent pine wood. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Barking, v. 86, n. 1, p. 153-157, 2014.

LAREDO, R. F. G.; CASTRO, M. R.; GUZMÁN, N. E. R.; INFANTE, J. A. G.; JIMÉNEZ, M. R. M.; KARCHESY, J. J. Wood preservation using natural products. **Madera y Bosques**, Xalapa, v. 21, p. 63-76, dez. 2015.

LEVY, J. F. The action of wood preservatives in relation to wood anatomy. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 41, n. 6, p. 241-245, jun. 1983.

MARTINS, V. A.; ALVES, M. V. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. G.; PINHO, G. S. C. Umidade de equilíbrio e risco de apodrecimento da madeira em condições de serviço no Brasil. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 22, n. 76, p. 29-34, jul. 2003.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SUSIN, F. Durabilidade da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 357-365, abr./jun. 2010.

MEYER, L.; BRISCHKE, C. Fungal decay at different moisture levels of selected European-grown wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Barking, v. 103, n. 7, p. 23-29, set. 2015.

MORALES, V. P.; HERAS, G.; MARINQUE, R. E. Riesgo a pudricion da la madera em diferentes climas de Mexico. Xalapa: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, 1977. 11 p.

PEREIRA, A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

RINGMAN, R.; PILGARD, A.; BRISCHKE, C.; RICHTER, K. Mode of action of brown rot decay resistance in modified wood: a review. **Holzforschung**, Berlin, v. 68, n. 2, p. 239-246, ago. 2014.

SCHEFFER, T. C. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. **Forest Products Journal**, Madison, v. 21 n. 10, p. 25-31, out. 1971.

SOUZA, A. P.; STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; ULIANA, E. M. Sazonalidade da umidade de equilíbrio da madeira para o Estado de Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 423-433, out./dez. 2016.

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; PASTORE, T. C. M.; GARLET, A. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 43, n. 4, p. 429-438, abr. 2013b.

STANGERLIN, D. M. COSTA, A. F.; PASTORE, T. C. M.; GARLET, A. Dureza Rockwell da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de apodrecimento acelerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 623-630, abr. 2013a.

ZABEL, R. A.; MORRELL, J. J. **Wood microbiology**: decay and its prevention. San Diego: Academic press, 2012. 261 p.

Trabalho enviado em dezembro de 2019

Trabalho aceito em maio de 2020