






## Mapeamento de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes no município do Rio de Janeiro

### Mapping the susceptibility to fire in green areas in the municipality of Rio de Janeiro

1. Enzo Alborghetti Bruno  <https://orcid.org/0009-0000-5722-3975>
2. Leandro Andrei Beser de Deus  <https://orcid.org/0000-0002-5727-2897>
3. Vladimir da Franca Fernandes  <https://orcid.org/0009-0006-6548-9849>

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro  Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro  Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
3. Secretaria Municipal do Ambiente e Clima  Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Autor de Correspondência: [enzoalborg@gmail.com](mailto:enzoalborg@gmail.com)

#### Resumo

Mapas de suscetibilidade a incêndio têm sido cada vez mais utilizados como instrumento de tomada de decisão no planejamento e na gestão territorial. Diante desse quadro, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver o mapeamento de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes no município do Rio de Janeiro, além de analisar a distribuição dessas classes de suscetibilidade. Para isso, foram considerados seis condicionantes como fatores que foram sobrepostos em processo de álgebra de mapas: Cobertura Vegetal e Uso do Solo; Curvatura Horizontal do Terreno; Declividade; Orientação de Vertentes; Precipitação; e Proximidade a Área Urbana. Além disso, foi elaborado mapa booleano com intuito de refinar o produto final, excluindo as áreas não enquadradas como áreas verdes. Como resultado, pode-se dizer, de forma geral, que o município do Rio de Janeiro apresentou predominância de média suscetibilidade. Destacou-se também, as Áreas de Planejamento e de Reflorestamento da cidade, além da ARIE Floresta da Posse, enquadrada como média-alta suscetibilidade e que tem sofrido incêndios recorrentes.

**Palavras-Chave:** Incêndio; Áreas Verdes; Rio de Janeiro; Geoprocessamento; Planejamento Ambiental.

#### Abstract

Fire susceptibility maps have increasingly been used as decision-making tools in territorial planning and management. In this context, the present study aims to develop a fire susceptibility mapping for green areas in the municipality of Rio de Janeiro, as well as analyze the distribution of these susceptibility classes. For this purpose, six determinants were considered as factors overlapped through a map algebra process: Vegetation Cover and Land Use; Planform Curvature; Slope; Aspect; Precipitation; and Proximity to Urban Areas.

---

Additionally, a Boolean map was created to refine the final product by excluding areas not classified as green areas. As a result, it can be generally stated that the municipality of Rio de Janeiro exhibited a predominance of medium susceptibility. The city's Planning and Reforestation Areas were also highlighted, along with the ARIE Floresta da Posse, categorized as medium-high susceptibility and affected by recurring fires.

**Keywords:** Fire; Green Areas; Rio de Janeiro; Geoprocessing; Environmental Planning.

---

## Introdução

Os incêndios em áreas verdes são uma das principais ameaças à conservação e preservação da biodiversidade, causando alterações drásticas no ambiente. Além disso, constata-se danos significativos para o governo, que destina parte de seus recursos tanto à proteção contra incêndios, quanto ao reflorestamento, que perde parte de seu trabalho toda vez que o fogo se alastra, bem como, o perigo à vida.

Portanto, a importância do mapeamento de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes é ressaltada quando se leva em conta o município do Rio de Janeiro, que possui predomínio de vegetação remanescente de Mata Atlântica, principalmente dentro das unidades de conservação, que coexistem com uma forte presença e pressão antrópica.

Dessa forma, devido à grande diversidade de unidades territoriais no Rio de Janeiro, esse mapeamento pode ser utilizado de diversas maneiras, incluindo como instrumento para a tomada de decisões e o planejamento de recursos destinados ao reflorestamento e à prevenção de incêndios ambientais.

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver o mapeamento de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes no município do Rio de Janeiro, além de analisar a distribuição dessas classes de suscetibilidade. Para isso, os objetivos específicos incluem: Identificar as áreas verdes no município, propor classes de suscetibilidade a incêndio e analisar a suscetibilidade com base nas Áreas de Planejamento da cidade.

Para tal, decidiu-se utilizar de camadas vetoriais contendo as delimitações das Áreas de Reflorestamento e Áreas de Planejamento do município, além de elaborar gráficos para facilitar a visualização das porcentagens relevantes sobre as áreas suscetíveis a incêndio, destacando ainda mais sua importância para o planejamento ambiental e controle de incêndio nas áreas verdes da cidade.

---

Produções científicas com a temática sobre suscetibilidade a incêndio vêm sendo recorrentes, e dentre elas destacam-se os trabalhos: *Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. In: Remote Sensing of Environment* (Chuvieco; Congalton, 1989); Mapeamento Geoecológico da Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca, Município do Rio de Janeiro (Coura *et al.*, 2009); Modelagem do Conhecimento Aplicada ao Estudo da Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia (Sousa, 2013); *Forest Fire Susceptibility Mapping in the Minudasht Forests, Golestan Province, Iran* (Pourtaghi *et al.*, 2015); Suscetibilidade a Incêndios Florestais em Unidade de Conservação Localizada na Região de Transição dos Biomas Cerrado e Mata Atlântica, Brasil (Lacerda *et al.*, 2022); Previsão da Suscetibilidade à Incêndios e Queimadas utilizando um Modelo Baseado em Inteligência Artificial e Sistema de Inferência Fuzzy (Duarte, 2022); Suscetibilidade a Incêndios Florestais e Determinação dos Pontos mais Eficientes para a Instalação de Torres de Detecção na Região Sul de Moçambique (Conjo *et al.*, 2023).

Ademais, este trabalho também se justifica através de uma série de políticas públicas destinadas à prevenção e controle de incêndios ambientais para manutenção da biodiversidade, ressaltando o Plano de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Rio de Janeiro, o Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro e a Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro.

### **Metodologia / Estratégia Metodológica**

A área de estudo é o município do Rio de Janeiro, que está localizado na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro - Brasil, com área de 1.200,329 km<sup>2</sup> e população estimada em 2024 de 6.729.894 pessoas (IBGE, 2024).

A base para esse estudo foram os dados pluviométricos mensais, de cada uma das 33 estações espalhadas pelo município, de 2017 a 2021, obtidos no AlertaRio (2022), o Modelo Digital de Elevação (IPP, 2008), na escala de 1:2.000, e o dado geográfico

Cobertura Vegetal e Uso do Solo obtido pelo SIG Floresta (SMAC, 2018), na escala de 1:10.000, trabalhados dentro do *software* ArcGIS 10.8.

Para os dados obtidos em formato vetorial, foi necessária sua conversão para a estrutura matricial. Posteriormente, foi feita a reclassificação dos dados considerando as notas atribuídas e suas classes correspondentes (0 - Nula, 1 - Baixa, 2 - Média, 3 - Alta), considerando sua contribuição para suscetibilidade.

Foram considerados seis condicionantes, mais a variável booleana, como fatores principais para gerar o mapeamento de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes, são eles:

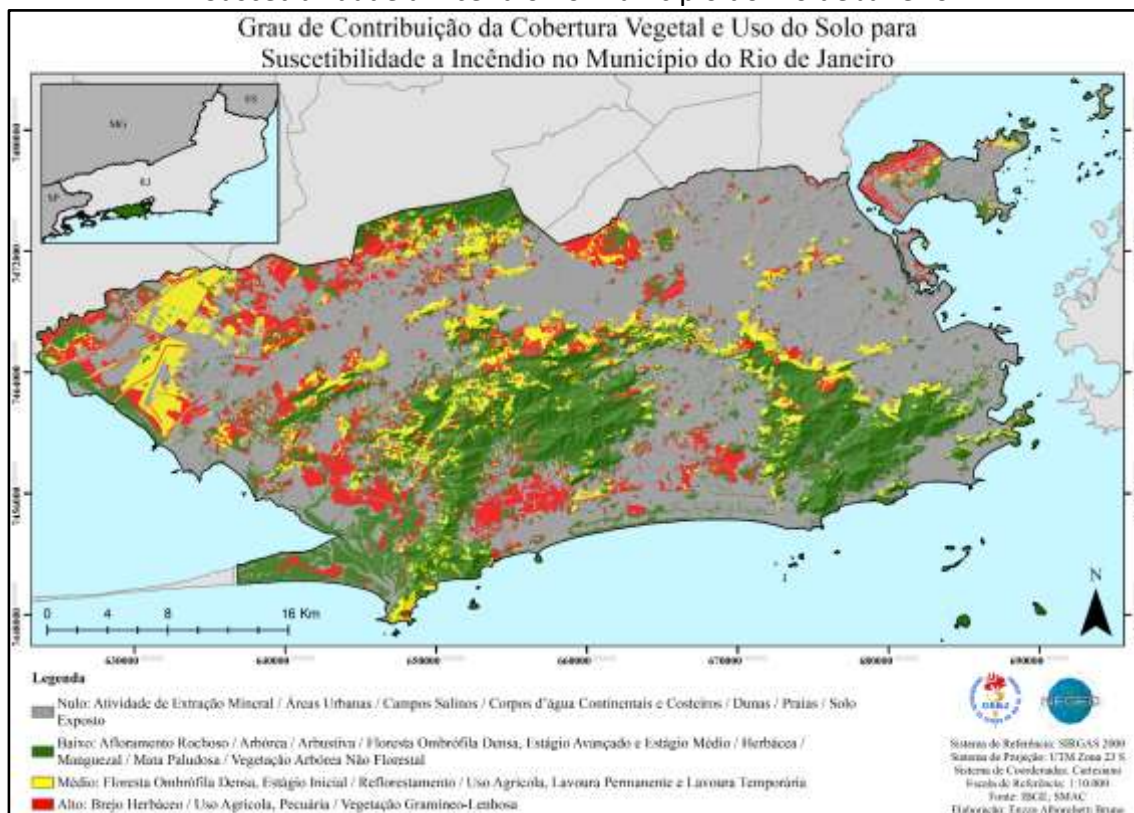
**Cobertura Vegetal e Uso do Solo (CVUS):** As classes de vegetação e afloramento rochoso, organizadas numa classe maior, chamada de Áreas Verdes, foram dispostas de acordo com o seu grau de combustibilidade para iniciar uma chama, nas classes Baixa, Média e Alta. Para as classes não enquadradas como áreas verdes, foi definida a classe Nula (Tabela 1). Por ser variável categórica, foi necessária a atribuição de sequência numérica para cada classe e, em seguida, conferidas as respectivas notas (Figura 1).

**Tabela 1:** Classes do SIG Floresta agrupadas por grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio

Nota	Grau de Contribuição	Classes do SIG Floresta
0	Nulo	Atividade de Extração Mineral / Áreas Urbanas / Campos Salinos / Corpos d'água Continentais e Costeiros / Dunas / Praia / Solo Exposto
1	Baixo	Afloramento Rochoso / Arbórea / Arbustiva / Floresta Ombrófila Densa, Estágio Avançado e Estágio Médio / Herbácea / Manguezal / Mata Paludosa / Vegetação Arbórea Não Florestal
2	Médio	Floresta Ombrófila Densa, Estágio Inicial / Reflorestamento / Uso Agrícola, Lavoura Permanente e Lavoura Temporária
3	Alto	Brejo Herbáceo / Uso Agrícola, Pecuária / Vegetação Gramíneo-Lenhosa

Fonte: Autores

**Figura 1:** Mapa do Grau de Contribuição da Cobertura Vegetal e Uso do Solo para Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro



Fonte: Autores

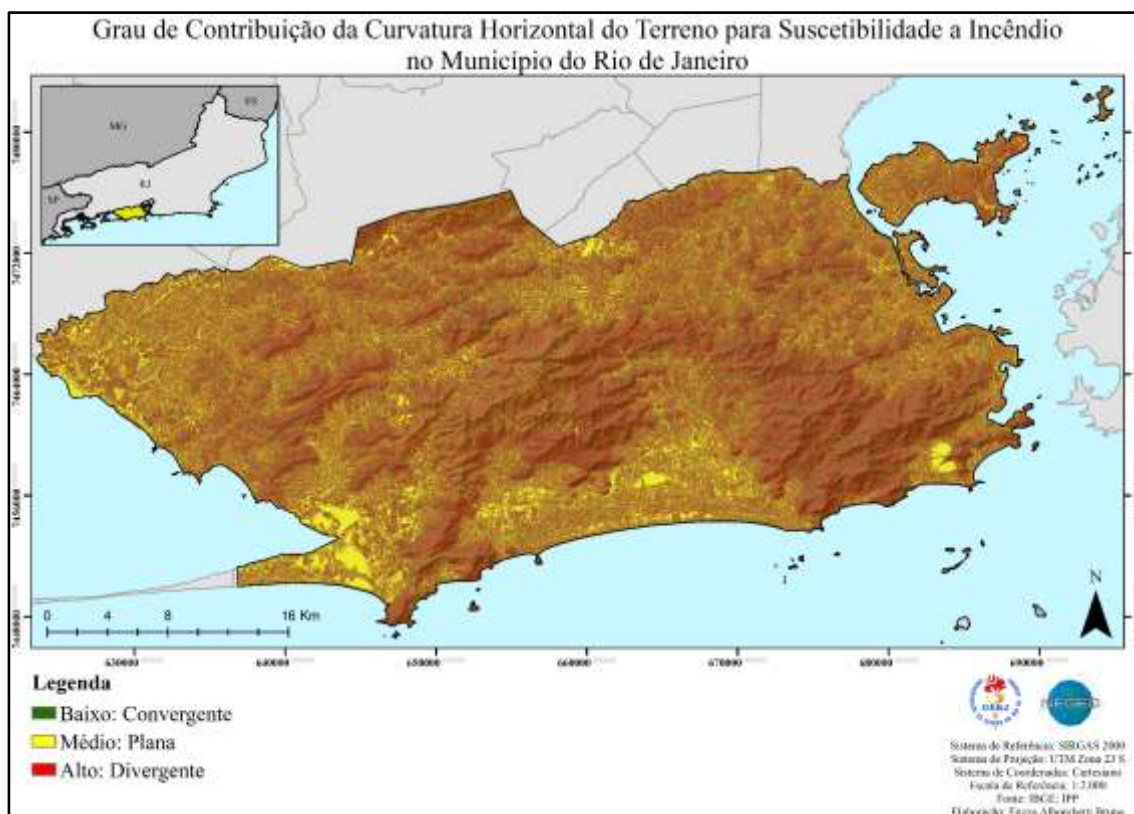
**Curvatura Horizontal do Terreno (CHT):** Gerada a partir do MDE, utilizando a ferramenta *curvature* e selecionando a opção *planform*, a curvatura horizontal do terreno visa discernir as encostas convergentes, divergentes e planas, indicando as áreas que possuem maior ou menor concentração de umidade, através do acúmulo ou dispersão de fluxos (Tabela 2 e Figura 2).

**Tabela 2:** Intervalos de valores da curvatura horizontal do terreno agrupados por grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio

Nota	Grau de Contribuição	Intervalos	Tipo de Curvatura
1	Baixo	Menor que 0	Convergente
2	Médio	Igual a 0	Plana
3	Alto	Maior que 0	Divergente

Fonte: Esri, 2024

**Figura 2:** Mapa do Grau de Contribuição da Curvatura Horizontal do Terreno para Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro



Fonte: Autores

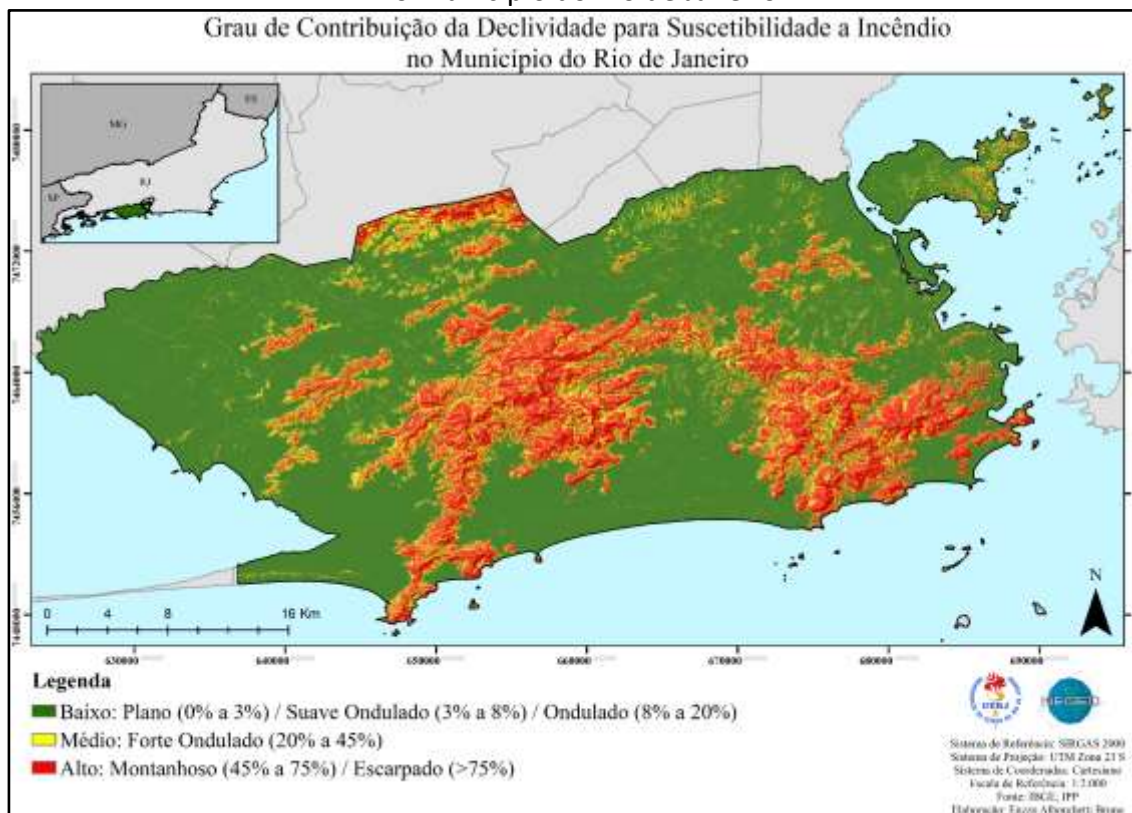
**Declividade (D):** Por se tratar de uma variável topográfica que ocasiona uma elevada propagação do incêndio, a declividade, direciona e facilita a transferência de calor no sentido do aclave (Camargo *et al.*, 2019). O mapa de declividade percentual foi gerado a partir do MDE e através da ferramenta *slope*. Os intervalos definidos foram baseados na metodologia proposta pela EMBRAPA (2018), e atribuídas as notas de acordo com sua relevância para a suscetibilidade a incêndio (Tabela 3 e Figura 3).

**Tabela 3:** Intervalos dos valores de declividade por grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio

Nota	Grau de Contribuição	Intervalos de Declividade
1	Baixo	0% a 3% - relevo plano; 3% a 8% - relevo suave ondulado / 8% a 20% - relevo ondulado
2	Médio	20% a 45% - relevo forte ondulado
3	Alto	45% a 75% - relevo montanhoso / acima de 75% - relevo escarpado

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de EMBRAPA (2018)

**Figura 3:** Mapa do Grau de Contribuição da Declividade para Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro



Fonte: Autores

**Orientação de Vertentes (OV):** De acordo com Pezzopane *et al.* (2001), a disponibilidade energética influencia diretamente na redução de umidade da vegetação, por isso, as faces que apresentam maior risco de incêndio são aquelas de maior exposição ao Sol. Utilizando o MDE do município, o mapa de orientação do terreno foi produzido através da ferramenta *aspect*, agrupando seus pontos cardeais e colaterais gerados em três classes (Tabela 4 e Figura 4).

**Tabela 4:** Intervalos de graus da orientação de vertentes agrupados por grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio

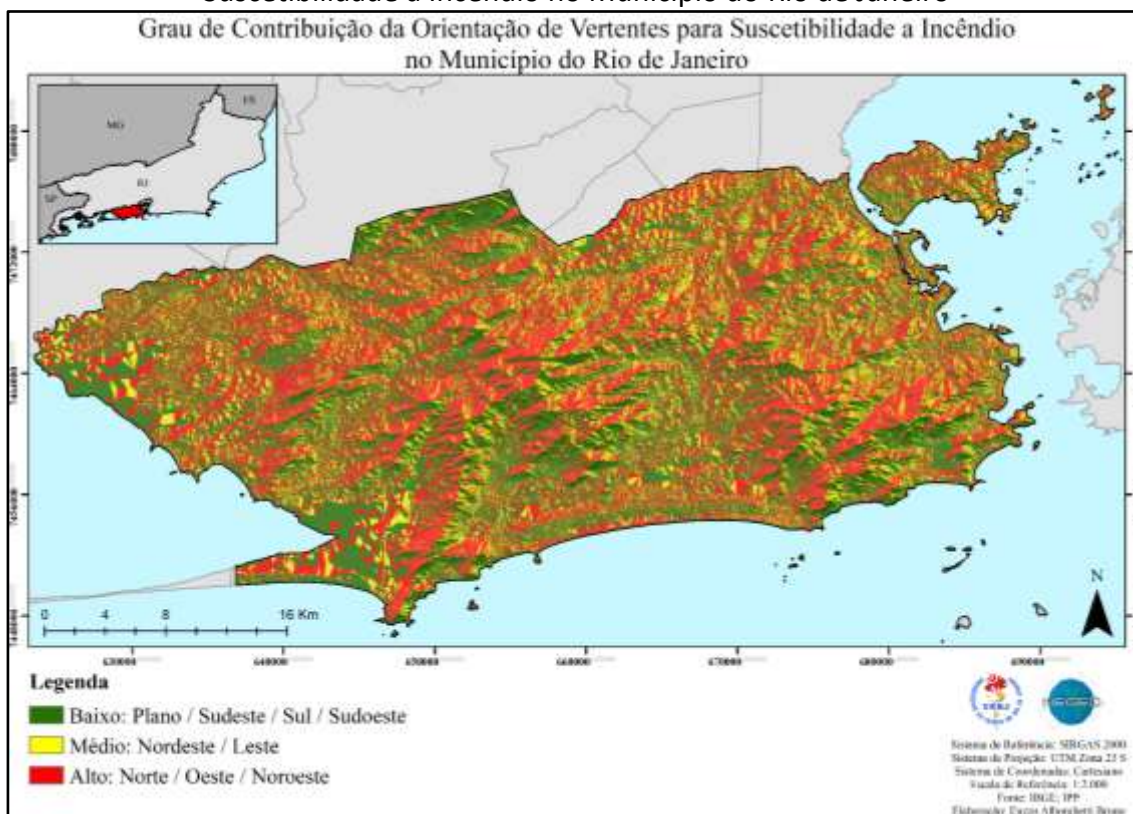
Nota	Grau de Contribuição	Pontos Cardeais e Colaterais	Intervalos de Graus
1	Baixo	Plano / Sudeste / Sul / Sudoeste	-1° / 112,5° a 157,5° / 157,5° a 202,5° / 202,5° a 247,5°
2	Médio	Nordeste / Leste	22,5° a 67,5° / 67,5° a 112,5°

**Tabela 4:** Intervalos de graus da orientação de vertentes agrupados por grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio

3	Alto	Norte / Oeste / Noroeste	0° a 22,5° / 337,5° a 360° / 247,5° a 292,5° / 292,5° a 337,5°
---	------	--------------------------	---

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Camargo (2019)

**Figura 4:** Mapa do Grau de Contribuição da Orientação de Vertentes para Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro



**Precipitação (P):** A quantidade de chuvas afeta diretamente a umidade da vegetação, por isso, foram coletados dados de acumulados mensais de cada uma das trinta e três estações do AlertaRio, calculada a precipitação média mensal dos anos compreendidos entre 2012 e 2022, e contabilizado os focos de incêndio ocorridos nesse mesmo período por meio do Programa Queimadas (INPE, 2023).

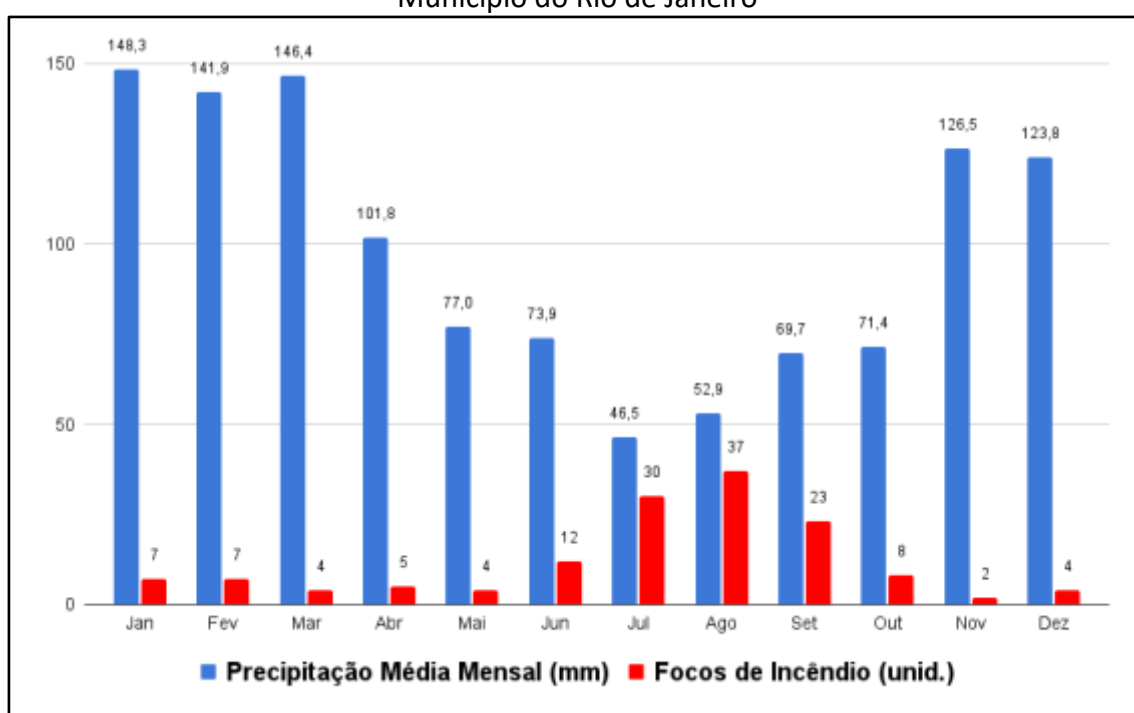
Foi observado que os meses de julho, agosto e setembro, que correspondem ao inverno, apresentaram as menores médias de precipitação e, concomitantemente, os maiores números de focos de incêndio (Figura 05). Diante disso, decidiu-se utilizar os dados pluviométricos apenas desses meses do inverno como subsídio para sua espacialização.



Dessa forma, foi gerado um Inverse Distance Weighting (IDW) (com base em Bacani, 2016) para distribuir espacialmente esses valores de cada uma das estações para o restante da cidade.

Para finalizar, agrupou-se os valores de forma que fossem dispostos de acordo com seu Baixo, Médio ou Alto grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio (Tabela 5 e Figura 6). Vale ressaltar que essa é uma razão inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o valor da precipitação média, menor será seu grau de contribuição.

**Figura 5:** Gráfico da Precipitação Média Mensal e Focos de Incêndio (2012 - 2022) no Município do Rio de Janeiro



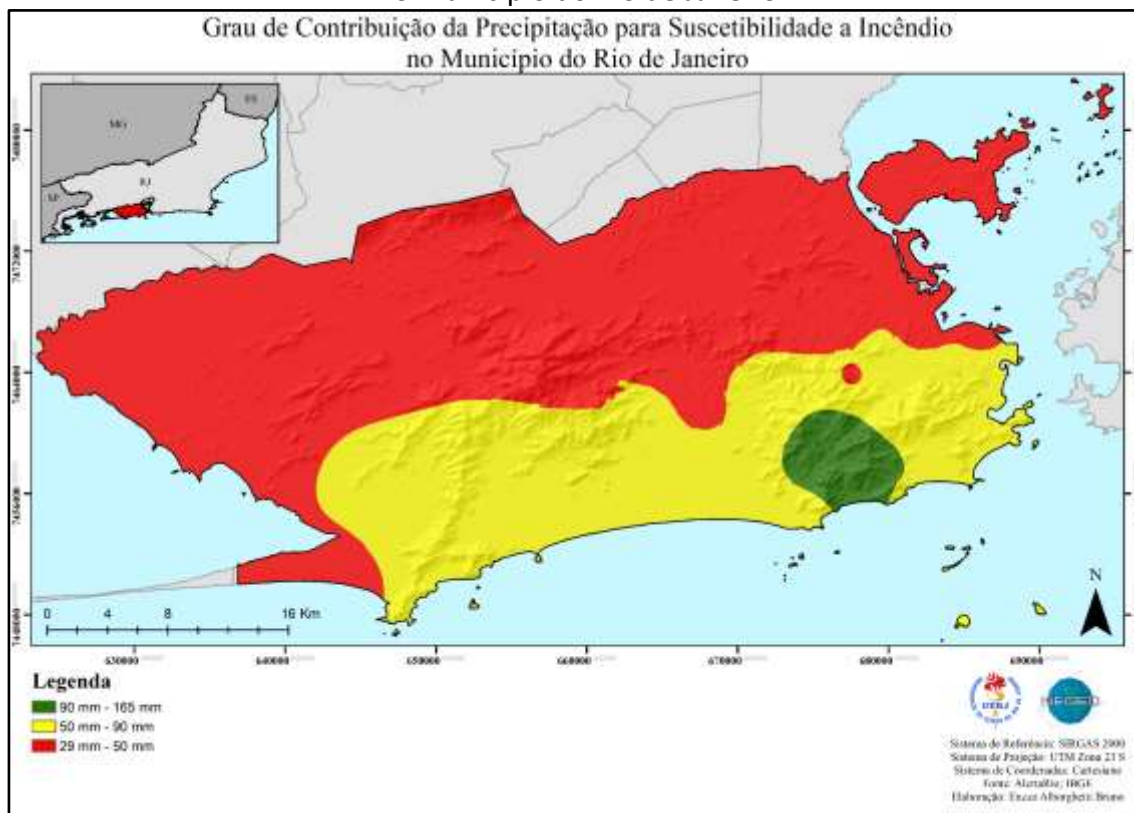
Fonte: Autores

**Tabela 5:** Intervalos dos milímetros médios mensais definidos pelo grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio

Nota	Grau de Contribuição	Intervalos dos Milímetros Acumulados
1	Baixo	90 mm a 165 mm
2	Médio	50 mm a 90 mm
3	Alto	29 mm a 50 mm

Fonte: Autores

**Figura 6:** Mapa do Grau de Contribuição da Precipitação para Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro



Fonte: Autores

**Proximidade as Áreas Urbanas (PAU):** As áreas urbanas representam um elemento fundamental no que tange à ignição do fogo, já que possuem uma maior expressividade de áreas construídas, ameaçando fragmentos vegetais em seu entorno (Oliveira *et al.*, 2020). As áreas de proximidade foram definidas por raio de influência de 50 m, considerando os limites dos polígonos de áreas urbanas e consideradas como alta contribuição para suscetibilidade. A partir desse raio, outra faixa de 50 m foi estabelecida (intervalo de 50 m a 100 m), a partir do limite anterior, classificado como Média contribuição para suscetibilidade. Em relação à extensão territorial restante, não contemplada como área urbana ou faixa de influência, foi conferida a classe Baixa contribuição para suscetibilidade (Tabela 6 e Figura 7).

**Tabela 6:** Intervalos dos raios de influência definidos pelo grau de contribuição para suscetibilidade a Incêndio

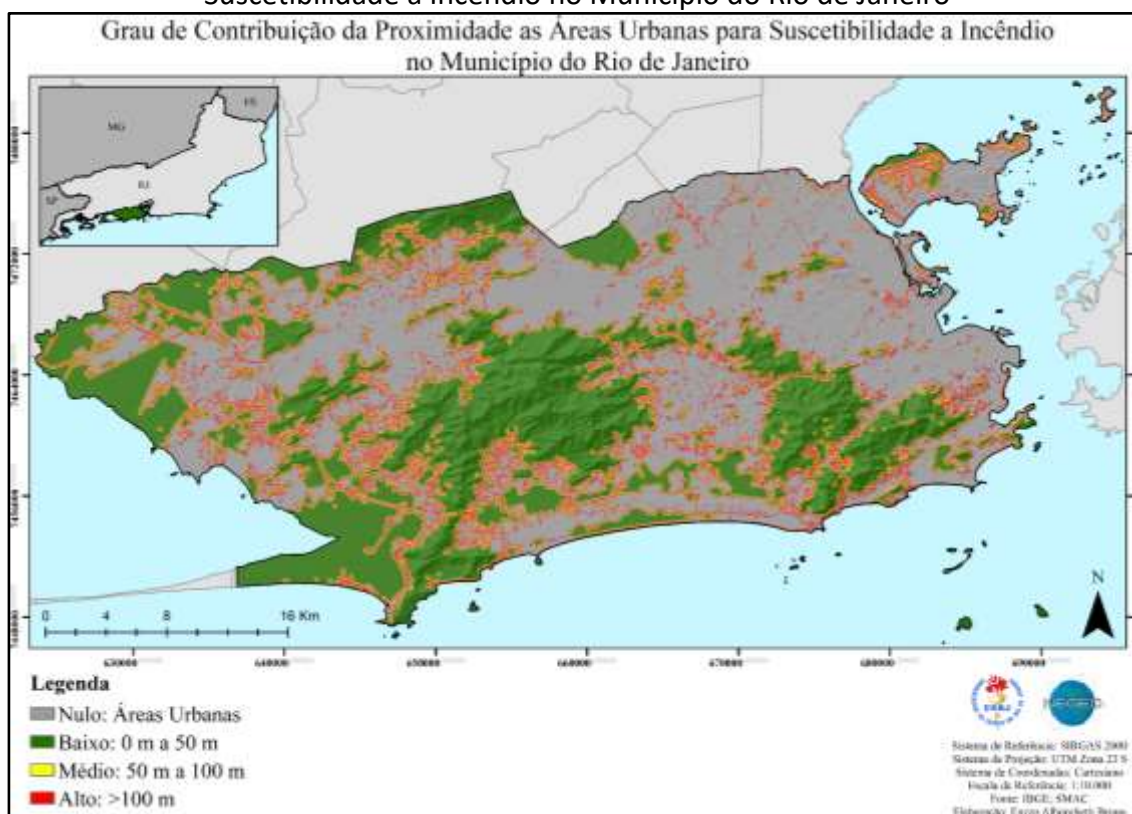
Nota	Grau de Contribuição	Raio de Influência
------	----------------------	--------------------

**Tabela 6:** Intervalos dos raios de influência definidos pelo grau de contribuição para suscetibilidade a Incêndio

0	Nulo	Áreas Urbanas
1	Baixo	0 m a 50 m
2	Médio	50 m a 100 m
3	Alto	Acima de 100 m

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Ferraz e Vettorazzi (1998)

**Figura 7:** Mapa do Grau de Contribuição da Proximidade as Áreas Urbanas para Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro



Fonte: Autores

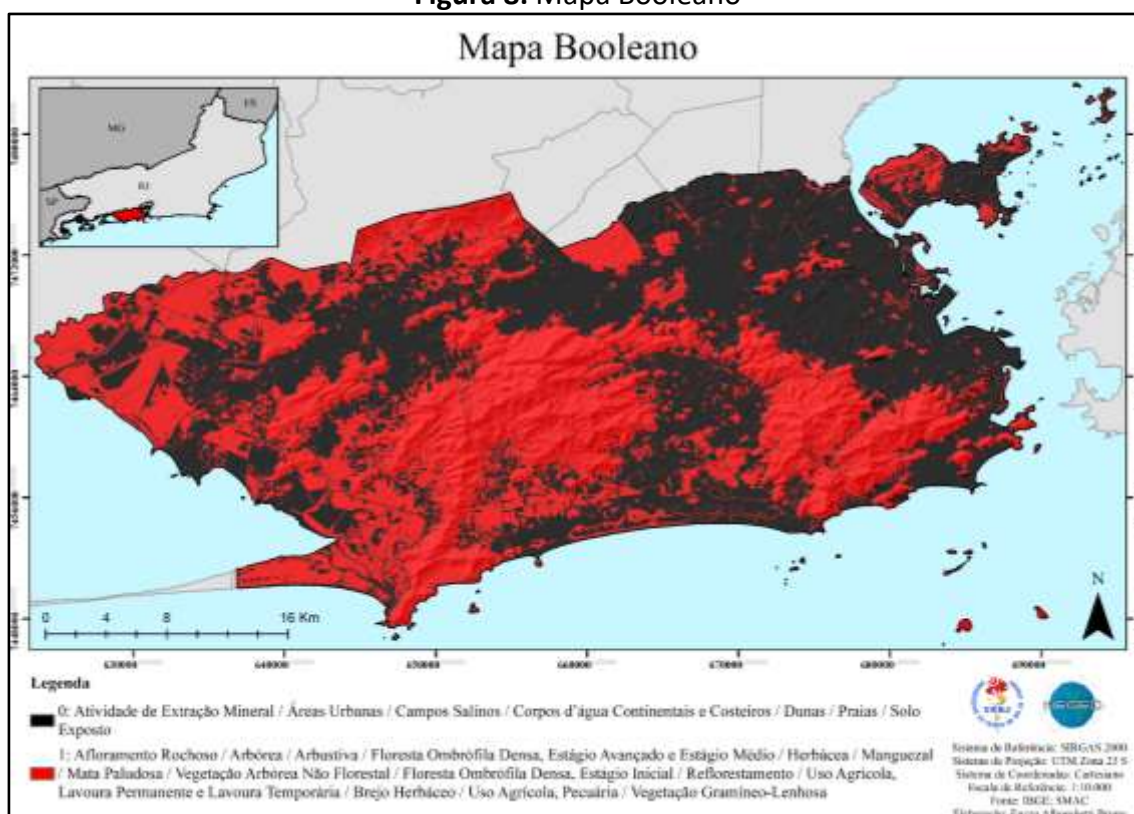
**Mapa Booleano (MB):** O mapa de aptidão e inaptidão foi necessário ao processo de geração do mapa final de suscetibilidade com intuito de refinar os resultados e excluir áreas não enquadradas como áreas verdes. Desta forma, foi atribuído valor 1 (*True*) para as áreas aptas à suscetibilidade e valor 0 (*False*) para áreas nulas, de acordo com os critérios estabelecidos (Tabela 7 e Figura 8).

**Tabela 7:** Classes do SIG Floresta agrupadas de acordo com áreas nulas ou verdes

Nota	Tipo de Área	Classes do SIG Floresta
0	Nulas	Atividade de Extração Mineral / Áreas Urbanas / Campos Salinos / Corpos d'água Continentais e Costeiros / Dunas / Praias / Solo Exposto
1	Verdes	Afloramento Rochoso / Arbórea / Arbustiva / Floresta Ombrófila Densa, Estágio Avançado e Estágio Médio / Herbácea / Manguezal / Mata Paludosa / Vegetação Arbórea Não Florestal / Floresta Ombrófila Densa, Estágio Inicial / Reflorestamento / Uso Agrícola, Lavoura Permanente e Lavoura Temporária / Brejo Herbáceo / Uso Agrícola, Pecuária / Vegetação Gramíneo-Lenhosa

Fonte: Autores

**Figura 8:** Mapa Booleano



Fonte: Autores

Por fim, o produto final, mapa de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes, foi gerado por meio do processo de álgebra de mapas através da ferramenta de calculadora

matricial, levando em consideração os condicionantes e a aplicação dos seus respectivos pesos, conforme fórmula a seguir:

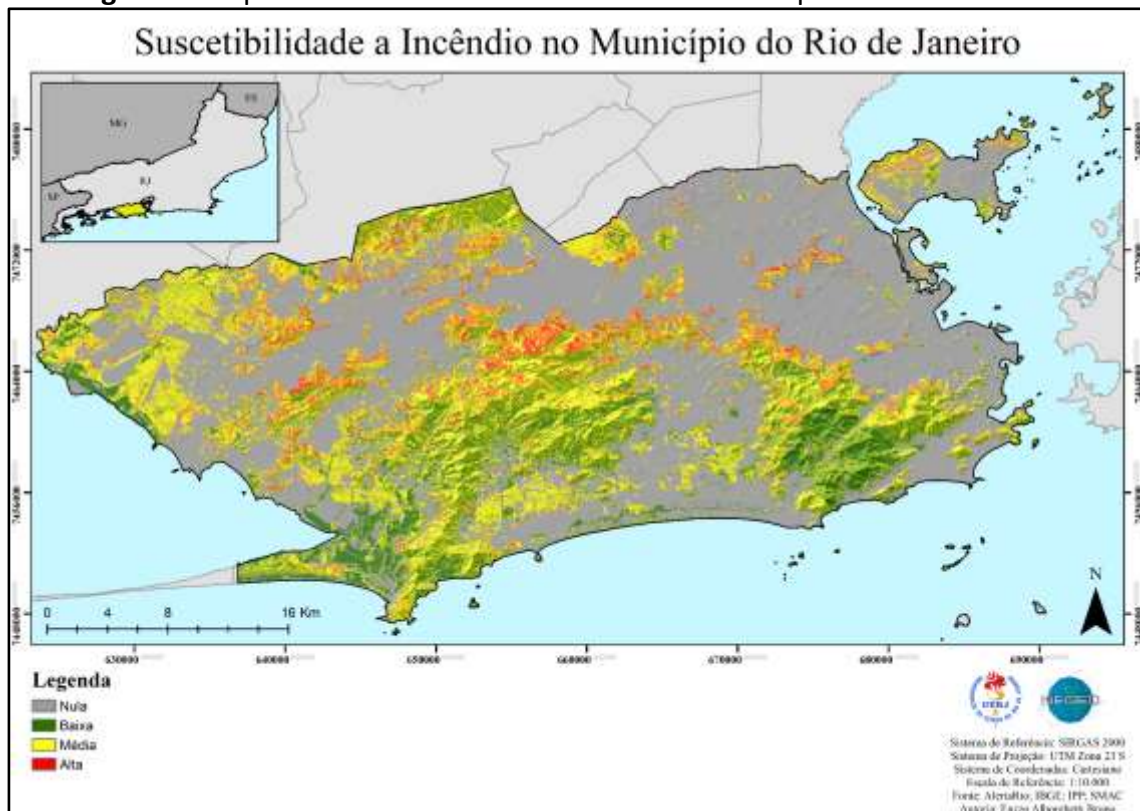
$$\text{Suscetibilidade} = (3 \cdot \text{CVUS}) + [2(\text{CHT} + \text{D} + \text{OV} + \text{P})] + (1 \cdot \text{PAU})$$

A soma da pontuação abarca as notas atribuídas da contribuição de cada variável à suscetibilidade: Baixa - 1; Média - 2; Alta - 3; em conjunto com os seus pesos atribuídos, estabelecidos por relevância. O resultado foi multiplicado pelo Mapa Booleano, que buscou excluir as áreas nulas.

### Resultados e discussões

O mapa de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes possui *pixels* que compreendem valores 0 e entre 12 e 36 resultantes da fórmula aplicada. Dessa forma, seus valores foram sistematizados em quatro classes de suscetibilidade: Nula - 0, Baixa - 12 a 20, Média - 20 a 28 e Alta - 28 a 36 (Figura 9).

**Figura 9:** Mapa de Suscetibilidade a Incêndio no Município do Rio de Janeiro

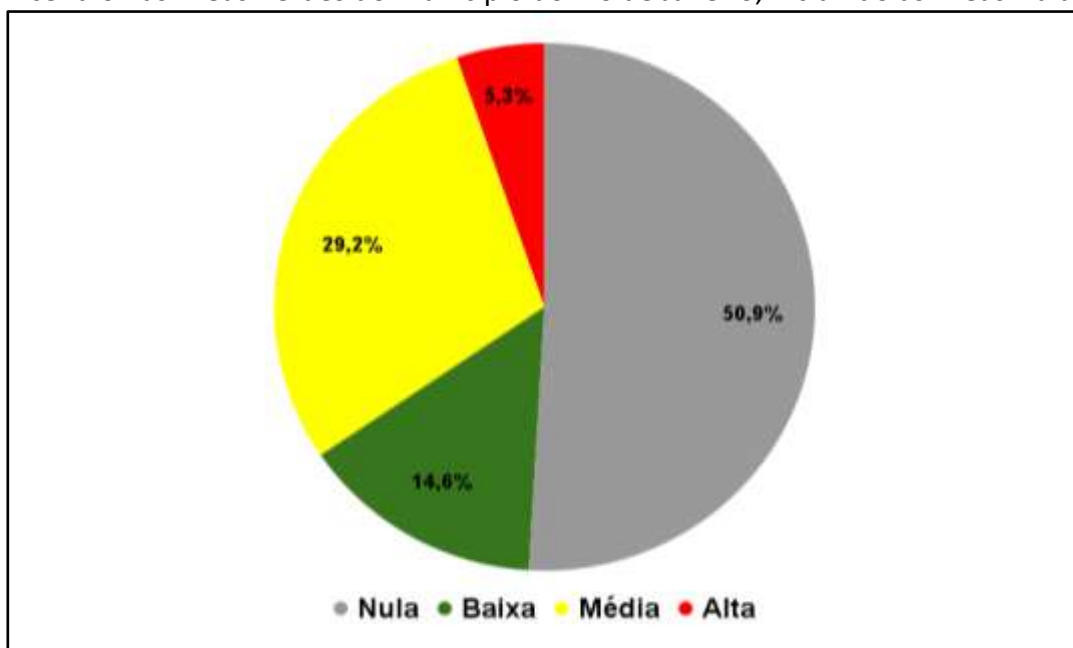


Fonte: Autores

Ao utilizar o recorte da cidade como um todo, é possível constatar que a parcela do território classificado como áreas nulas preenche um pouco mais da metade do município, ocupando 50,9% de sua totalidade (Figura 10). Sendo assim, as áreas verdes abarcam 49,1% do Rio de Janeiro, ou seja, mais da metade de sua extensão é suscetível a incêndio em algum tipo de vegetação.

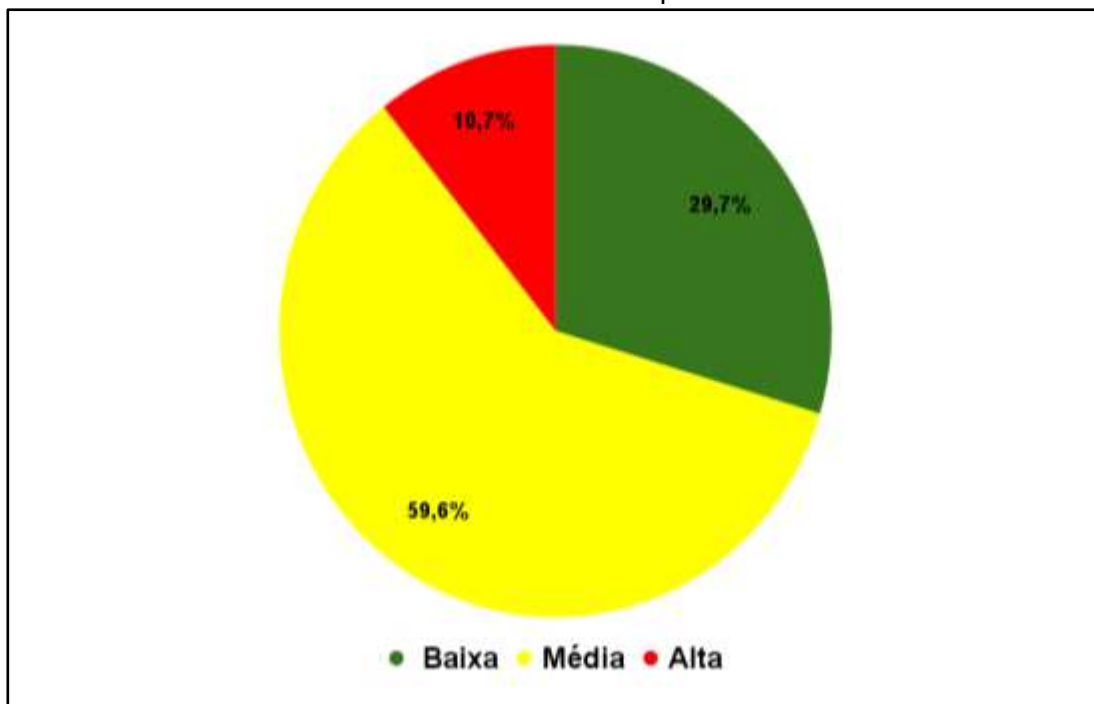
Levando em consideração apenas as áreas contempladas como verdes, nota-se que existe uma predominância da média suscetibilidade, abrangendo quase 60% de sua área total e, em seguida, a baixa suscetibilidade com quase 30% de incidência, ambos sobrepondo em muito o valor apresentado pela alta suscetibilidade (Figura 11).

**Figura 10:** Gráfico da Porcentagem Aproximada das Classes de Suscetibilidade a Incêndio nas Áreas Verdes do Município do Rio de Janeiro, Incluindo as Áreas Nulas



Fonte: Autores

**Figura 11:** Gráfico da Porcentagem Aproximada das Classes de Suscetibilidade a Incêndio nas Áreas Verdes do Município do Rio de Janeiro



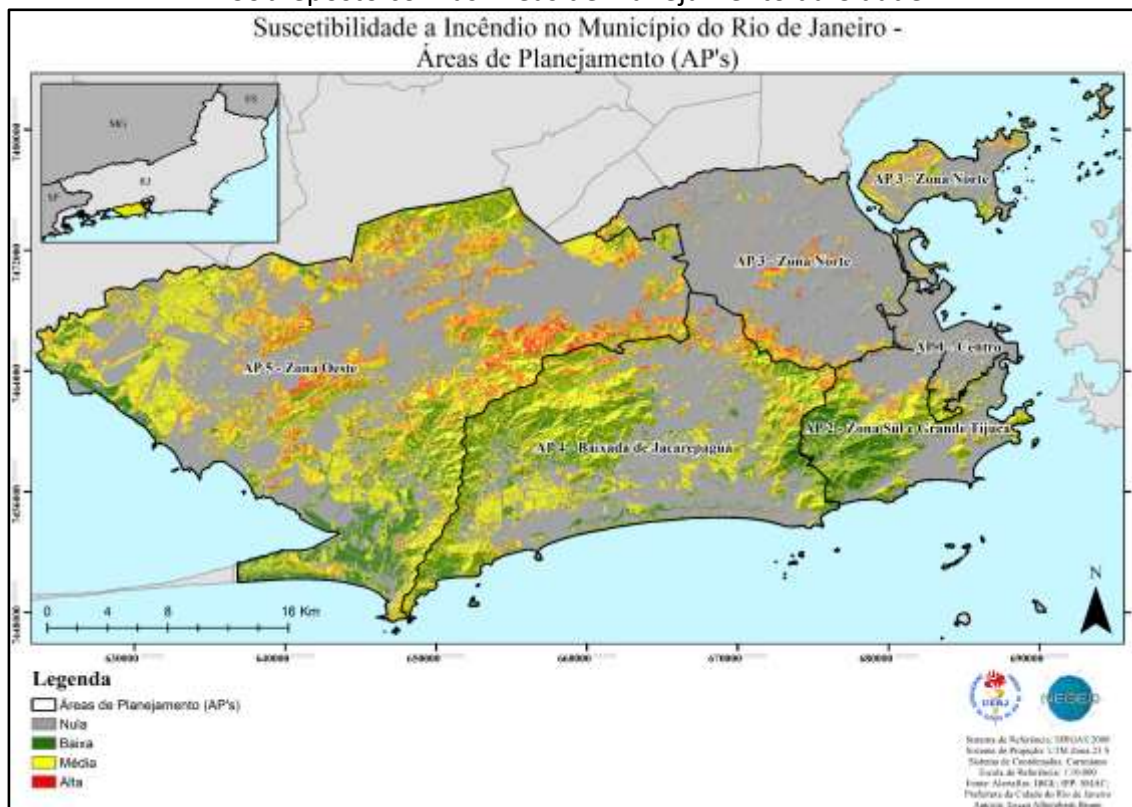
Fonte: Autores

Para o presente estudo, destacam-se, para fins analíticos, as Áreas de Planejamento (AP's), que são divisões mais abrangentes propostas pelo governo municipal, a partir de critérios de compartimentação ambiental, de características histórico-geográficas e de uso e ocupação do solo. No total, são cinco Áreas de Planejamento da cidade (Figura 12): AP 1 - Centro, AP 2 - Zona Sul e Grande Tijuca, AP 3 - Zona Norte, AP 4 - Baixada de Jacarepaguá e AP 5 - Zona Oeste. Essa divisão política-administrativa objetiva orientar políticas públicas de forma ordenada, para que haja melhor gestão e planejamento da cidade.

Sobre a distribuição de áreas verdes na cidade, de forma comparativa, a AP 1 - Centro e a AP 3 - Zona Norte apresentam a menor porcentagem de áreas verdes (Figura 13) decorrentes de processo de ocupação territorial e apropriação desigual de recursos (Abreu, 2022). Esse histórico de ocupação fez com que a expansão urbana alcançasse as áreas verdes antes que a crescente do ambientalismo pudesse agir para sua proteção ou mesmo por meio de instrumentos de planejamento ambiental, ainda incipientes, inexistentes ou sem efetividade. Diante de tal quadro, tais AP's apresentam as maiores

porcentagens de áreas nulas, ocupadas majoritariamente por áreas urbanizadas. As áreas verdes presentes de baixa suscetibilidade representam as menores porcentagens dentre todas as AP's (Figura 14).

**Figura 12:** Mapa de Suscetibilidade a Incêndio do Município do Rio de Janeiro Sobreposto com as Áreas de Planejamento da Cidade



Fonte: Autores

Por outro lado, a AP 2 - Zona Sul e Grande Tijuca e AP 4 - Baixada de Jacarepaguá possuem as menores porcentagens de áreas nulas (Figura 13) e destacam-se as maiores áreas ocupadas por vegetação na cidade. Isso pode ser explicado por inúmeras razões como instrumentos de proteção mais efetivos, presença de maciços e áreas de difícil acesso com altos valores de declividade, especulação imobiliária associada a elementos naturais voltada para construção de alto padrão, políticas segregacionistas e de expulsão da força de trabalho das áreas mais valorizadas pelo capital, entre outras possibilidades de análise. Sobre as áreas de baixa suscetibilidade a incêndio em áreas verdes, essas APs apresentam as maiores porcentagens (Figura 14).



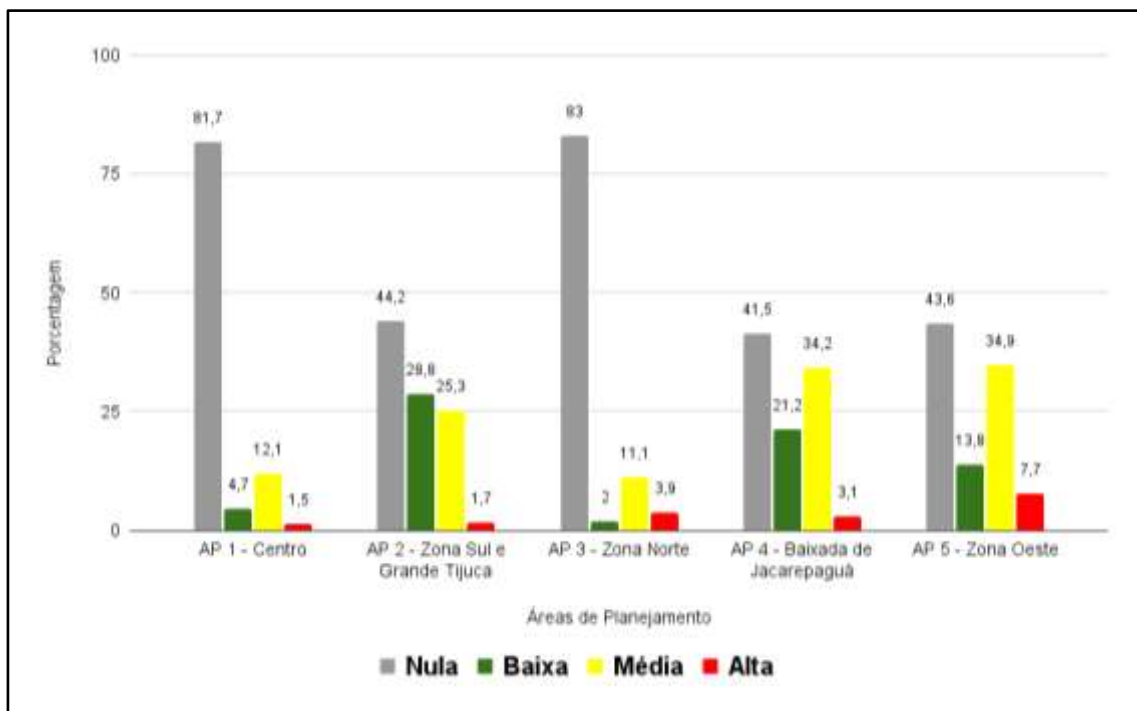
---

E, finalmente, tem-se a AP 5 - Zona Oeste, considerada a mais complexa de ser analisada por ser uma Área de Planejamento que possui recorte espacial significativo, ao mesmo tempo que possui uma porcentagem de áreas nulas menos que as AP's 1 e 3 (Figura 13). Ela detém a segunda maior porcentagem de áreas de alta suscetibilidade ao levarmos em conta as áreas verdes da cidade (Figura 14). Suas características mais marcantes que podem ajudar a entender esse fenômeno são: a presença da outra metade do Maciço da Pedra Branca, uma parte do Maciço do Gericinó-Mendanha e possuir um avanço mais tardio na intensificação das áreas urbanas que ocupam as áreas reservadas pelo capital. O conjunto dessas características faz com que tenhamos uma grande quantidade de áreas verdes ainda presentes nessa Área de Planejamento. Por outro lado, revela também maior grau de ameaça devido à expansão urbana sem planejamento urbano e ambiental de forma efetiva. Inclusive, esse avanço exponencial da expansão da mancha urbana que acontece na AP 5 - Zona Oeste requer uma maior atenção do ponto de vista ambiental, para que seja possível conservar sua fauna e flora e comunidades locais tradicionais antes que essa expansão dificulte, ainda mais, o processo de protegê-las.

Ainda sobre a AP5, ao se analisar um pouco mais as razões de sua alta porcentagem de suscetibilidade a incêndio, tem-se como fator de destaque o grau de contribuição alto/médio para o condicionante Cobertura Vegetal e Uso da Terra na região entre o Maciço da Pedra Branca e o Maciço do Gericinó-Mendanha, justamente a área de incessante expansão urbana do município nos dias de hoje.

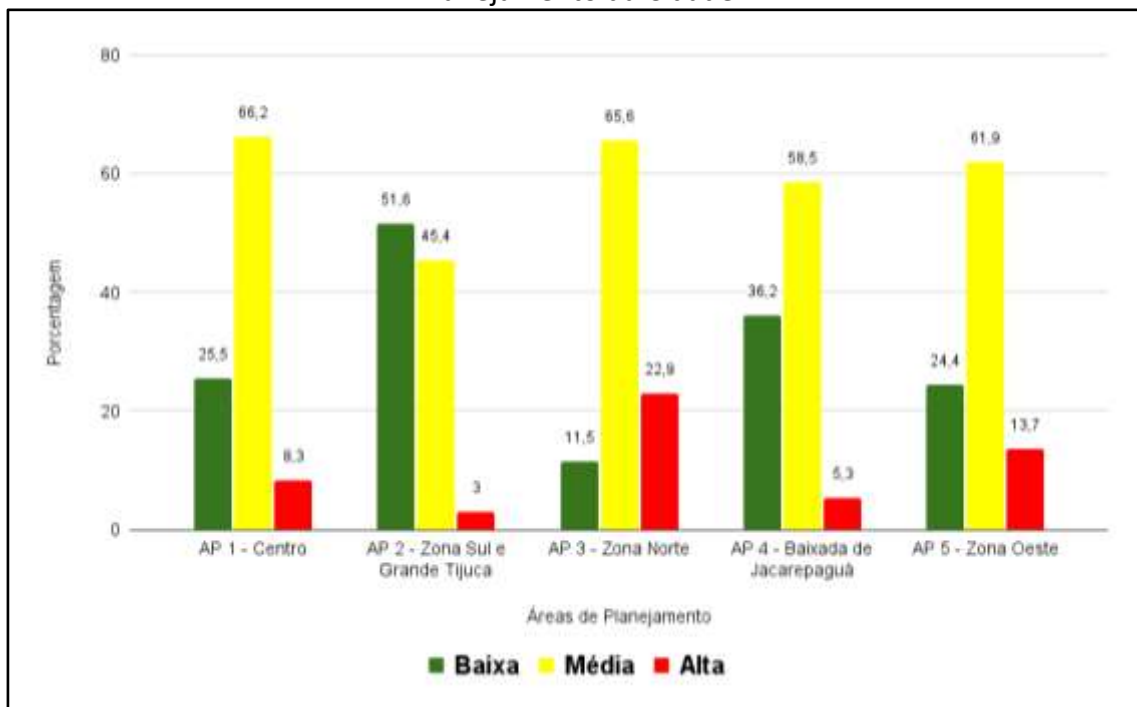
A partir disso, entende-se que apesar do mapeamento ter sido predominantemente realizado com condicionantes físicos, a expansão urbana conseguiu afetar diretamente na vegetação dessa área, fazendo com que refletisse no resultado final do mapeamento devido às classes de vegetação que foram modificadas em razão de desmatamentos ou outros fatores advindos da urbanização. Esses fatos fazem com que a AP 5 seja um desafio do ponto de vista do planejamento ambiental e gestão territorial pensados tanto para o presente quanto para o futuro.

**Figura 13:** Gráfico da Porcentagem Aproximada das Classes de Suscetibilidade a Incêndio nas Áreas Verdes do Município do Rio de Janeiro de acordo com as Áreas de Planejamento da Cidade, incluindo as Áreas Nulas



Fonte: Autores

**Figura 14:** Gráfico da Porcentagem Aproximada das Classes de Suscetibilidade a Incêndio nas Áreas Verdes do Município do Rio de Janeiro de acordo com as Áreas de Planejamento da Cidade



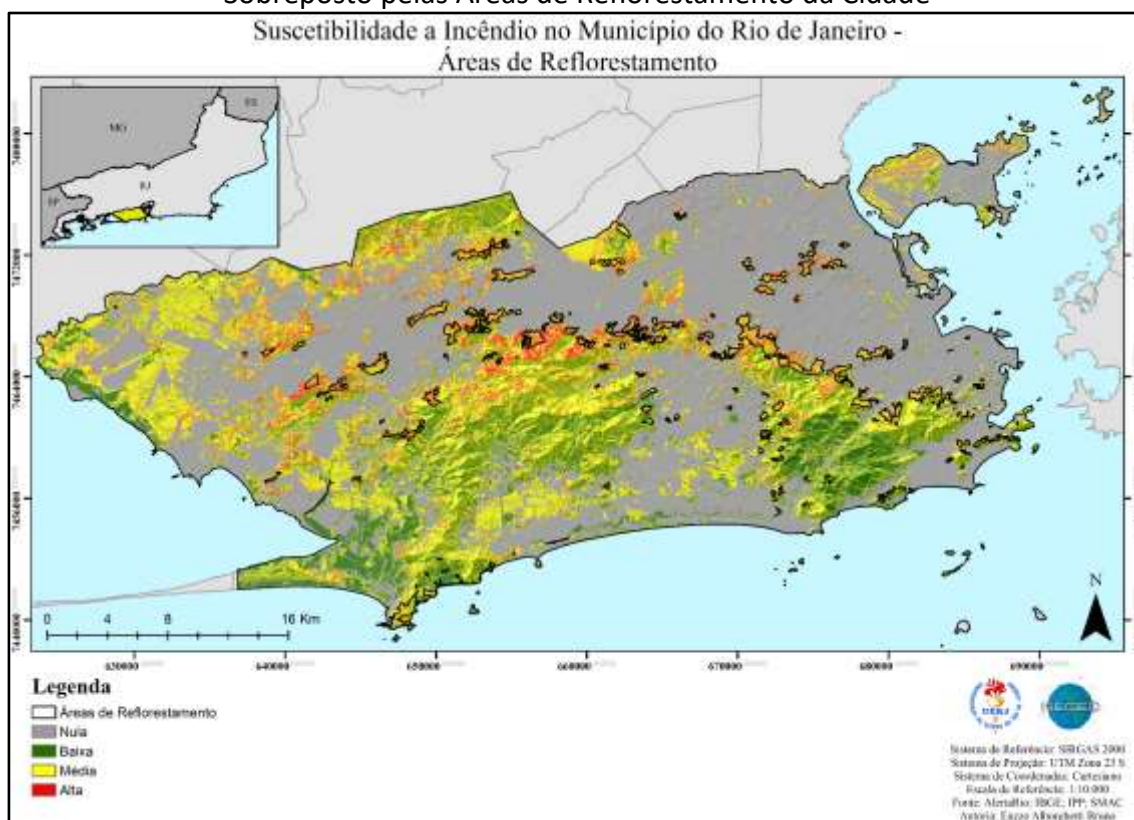
Fonte: Autores

Numa perspectiva específica, o mapa de suscetibilidade a incêndio em áreas verdes apresenta padrão em arco tomado como alta suscetibilidade, acompanhando as áreas de

reflorestamento da cidade, em destaque, a vertente norte do Maciço da Tijuca e do Maciço da Pedra Branca. Há também áreas críticas, dispostas de forma dispersa, no Maciço de Gericinó.

Nota-se também que grande parte dos polígonos de reflorestamento são tidos como média/alta suscetibilidade, e que quase não há presença de baixa suscetibilidade (Figura 15).

**Figura 15:** Mapa de Suscetibilidade a Incêndio do Município do Rio de Janeiro Sobreposto pelas Áreas de Reflorestamento da Cidade



Fonte: Autores

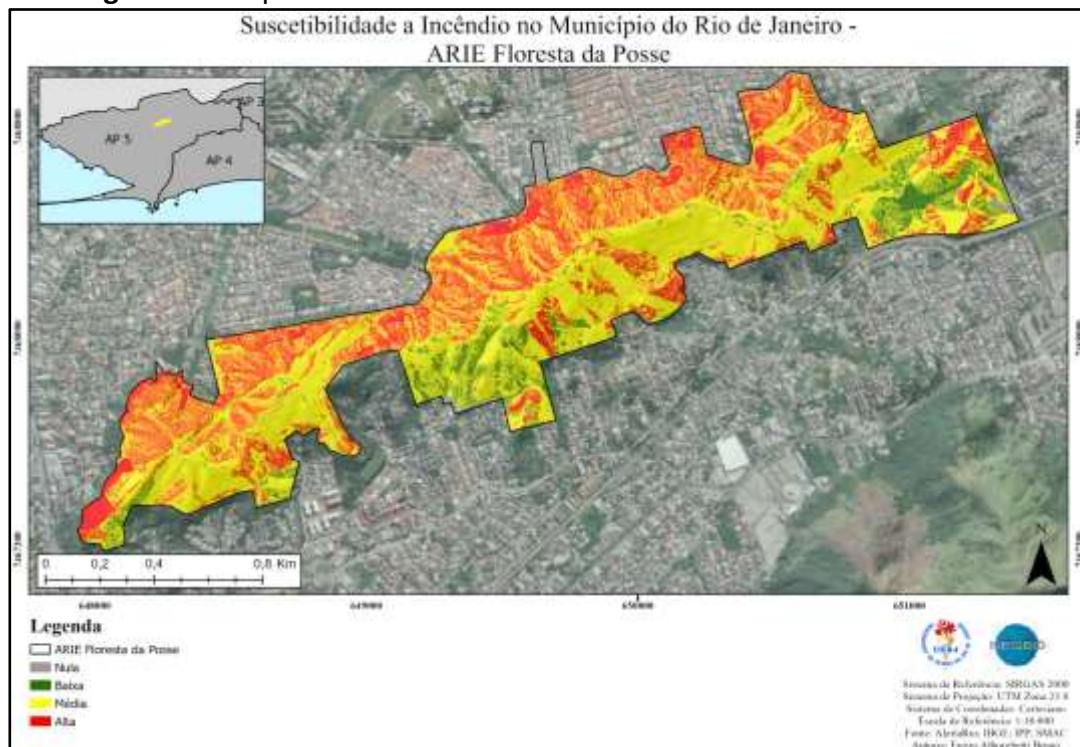
Esse quadro pode ser compreendido graças ao maior peso atribuído ao condicionante Cobertura Vegetal e Uso do Solo, do SIG Floresta, que abarca a classe de reflorestamento de forma bem generalizada. Dependendo do seu estágio, áreas reflorestadas podem funcionar como uma barreira natural para contenção dos incêndios. Contudo, o sistema a considera como uma classe maior que inclui, sem o devido detalhamento, diversos tipos de vegetação, como gramíneo-lenhosas, reflorestamento em estágio inicial, intermediário e final, que foram agrupadas, o que confere uma generalização dessas áreas e nos faz carecer de maior precisão. Portanto, nessa perspectiva generalista, foi

conferida à essa classe do SIG Florestal um médio grau de contribuição para a suscetibilidade, sem considerar os diferentes tipos de cobertura vegetal nela existentes e impactando no resultado apresentado.

Esse agrupamento de diversas vegetações dentro de uma única classe de “reflorestamento” no SIG Floresta, fez com que seus diversos tipos de graus de contribuição a incêndio que iriam variar de baixo a alto, também fossem agrupadas num único grau médio. Assim, contribuindo para que as áreas de reflorestamento da cidade, majoritariamente, não possuíssem áreas de baixa suscetibilidade a incêndio.

Deve-se ressaltar também a Floresta da Posse (Figura 16), que está localizada entre os bairros de Campo Grande, Santíssimo e Senador Vasconcelos e possui importante remanescente florestal de Mata Atlântica. Por sua relevância, recentemente, tornou-se Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), intitulada Floresta da Posse, categoria aprovada pela Lei No 7.524, de 12 de setembro de 2022.

**Figura 16:** Mapa de Suscetibilidade a Incêndio na ARIE Floresta da Posse



De acordo com o mapa de suscetibilidade a incêndio na ARIE Floresta da Posse (Figura 16), a área apresenta padrão linear contínuo de áreas com médio-alto grau de

---

suscetibilidade. Esse quadro pode ser evidenciado por problemas recorrentes históricos e recentes. Em agosto de 2022, segundo Nosso Bosque (2022), aconteceu um incêndio de grandes proporções, possivelmente provocado por conta de fogo utilizado para limpeza de terreno ou “fogo em lixo”. Considerando-se que parte significativa da área ainda não foi reflorestada, onde há presença expressiva de capim colonião, o incêndio consumiu dezenas de hectares e milhares de árvores, impactando totalmente um ecossistema e a vida de milhares de pessoas, por conta de problemas respiratórios potencializados pela fumaça e também pela fuligem que atinge as residências de moradores locais.

### **Considerações Finais / Conclusão**

O processo de mapeamento de áreas suscetíveis a incêndios pode atuar como etapa relevante para o ordenamento territorial e seus instrumentos, tanto no planejamento ambiental e urbano quanto na gestão de riscos de desastres. Nesse âmbito, pode-se considerar o mapa, que inclui sua análise/avaliação crítica, ferramenta fundamental, que possibilita agregar diferentes perspectivas sobre o território, a partir de uma visão integrada do ambiente urbano.

Para uma melhor precisão do mapeamento, sugere-se que a prefeitura adote, para a próxima versão do SIG Floresta, um modelo de classes que detalhe a classe de “Reflorestamento”, utilizando “Reflorestamento em Estágio Inicial”, “Reflorestamento em Estágio Intermediário”, “Reflorestamento em Estágio Final” ou “Intenção de Reflorestamento”, este último para áreas que não tenham começado o processo de reflorestamento de fato. Dessa forma, o condicionante de Cobertura Vegetal e Uso do Solo seria melhor aproveitado com esse detalhamento, ao invés de considerar os polígonos de reflorestamento apenas como médio grau de contribuição para suscetibilidade a incêndio devido à generalização necessária.

Do mesmo modo, torna-se necessário uma maior atenção da prefeitura sobre esse assunto, investindo em planos de controle de incêndio e em reflorestamento de áreas de alta suscetibilidade, principalmente as áreas que são repletas de vegetação gramíneo-lenhosas, levando em consideração estudos técnicos e especificidades ambientais.

---

Embora o mapeamento, desenvolvido com dados predominantemente municipais, tenha sido satisfatório, ainda há uma deficiência de informações fornecidas pela prefeitura sobre a ocorrência de incêndio, o que impossibilita a elaboração de um mapa de validação exclusivamente municipal e gera uma lacuna de conhecimento para os órgãos públicos locais. Diante disso, sugere-se a criação de um protocolo para registrar, sempre que houver um incêndio, seu ponto de ocorrência, de modo que esses dados possam fundamentar pesquisas futuras.

Finalmente, como recomendação, é necessário refinamento metodológico e mais ensaios, considerando diferentes critérios estatísticos de ponderação das notas e a adição de mais classes de suscetibilidade (Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta) ou utilização da Lógica *Fuzzy*, para melhor delimitação de áreas prioritárias para ação do governo. Além disso, também é necessária a validação do mapa e suas classes por meio de atividade de campo em áreas de alta, média e baixa suscetibilidade no Município do Rio de Janeiro.

### **Referências Bibliográficas**

Abreu, M. A. **A Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. 5.ed. Rio de Janeiro: Publicações Pereira Passos, 2022.

AlertaRio. **Acumulados Mensais**. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/acumulados-mensais/>.

Bacani, V. M. **Geoprocessing Applied to Risk Assessment of Forest Fires in the Municipality of Bodoquena, Mato Grosso do Sul**. Revista *Árvore*, Viçosa - MG, v.40, n.6, p.1003-1011, 2016.

Camargo, L. S.; Silva, R. W.; Amaral, S. S.; Silva, A. P.; Ferreli, T.; Silva, M. P. D. **Mapeamento de Áreas Susceptíveis a Incêndios Florestais do Município de Petrópolis - RJ**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v.42, p.630-641, 2019.

Chuvieco, E.; Congalton, R. G. **Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping**. In: *Remote Sensing of Environment*, 29, pp.147-159, 1989.

Conjo, M. P. F.; Victor, V. B.; Torres, F.; Hadlich, G. M. **Suscetibilidade a Incêndios Florestais e Determinação dos Pontos mais Eficientes para a Instalação de Torres de**

---

**Detecção na Região Sul de Moçambique.** In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis. Anais Eletrônicos..., INPE, 2023. p.1226-1229. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/suscetibilidade-a-incendios-florestais-e-determinacao-dos-pontos-mais-eficientes?lang=pt-br>.

Coura, P. H. F.; Sousa, G. M.; Fernandes, M. C. **Mapeamento Geoecológico da Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca, Município do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências UFRJ, 32 (2): 14-25, 2009.

Duarte, M. L. **Previsão da Suscetibilidade à Incêndios e Queimadas Utilizando um Modelo Baseado em Inteligência Artificial e Sistema de Inferência Fuzzy.** 2022. 131f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, Distrito Federal. p. 294-295, 2018.

Esri. **Função Curvatura.** 2024. Disponível em: <https://doc.arcgis.com/pt-br/arcgis-online/analyze/curvature-function.htm>.

Ferraz, S. F. B.; Vettorazzi, C. A. **Mapeamento de Risco de Incêndios Florestais por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG).** Scientia Forestalis, n.53, p.39-48, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População Residente nos Municípios Brasileiros com Data de Referência em 1º de Julho de 2024.** Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas de Populacao/Estimativas 2024/POP2024\\_202411\\_01.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2024/POP2024_202411_01.pdf).

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Programa Queimadas do INPE.** 2023. Disponível em: <http://terrabrasis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>.

IPP - Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. **Modelo Digital de Elevação.** 2008.

Lacerda, H. C.; Faria, A. L. L.; Torres, F. T. P.; Fonseca, H. P.; Soares, W. O.; Silva, M. A. S. **Suscetibilidade a Incêndios Florestais em Unidade de Conservação Localizada na Região de Transição dos Biomas Cerrado e Mata Atlântica, Brasil.** Ciência Florestal, v.32, n.1, p.451-473, 2022.

Nosso Bosque. **Organização para Preservação Ambiental.** Campo Grande, Rio de Janeiro, 2022.

---

Oliveira, V. F. R.; Silva, E. R. S.; Silva, B. H. M.; Vick, E. P.; Lima, C. G. R.; Bacani, V. M. **Geoprocessamento Aplicado ao Mapeamento de Risco a Incêndios**. Revista Brasileira de Geografia Física, v.13, n.03, p.1194-1212, 2020.

Pezzopane, J. E. M.; Neto, S. N. O.; Vilela, M. F. **Risco de Incêndios em Função da Característica do Clima, Relevo e Cobertura do Solo**. Floresta e Ambiente, v.8, n.1, p.161-166, 2001.

Pourtaghi, Z. S.; Pourghasemi, R. R.; Rossi, M. **Forest Fire Susceptibility Mapping in the Minudasht Forests, Golestan Province, Iran**. *Environ Earth Sci* 73, p.1515-1533, 2015.

Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro**. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/12937849/4327050/PDS\\_COMPLETO\\_0406.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/12937849/4327050/PDS_COMPLETO_0406.pdf)

Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **PMMA - Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Rio de Janeiro**. 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5362208/4140310/PMMARJCOMPLETObaixa.pdf>.

Rio de Janeiro (RJ). **Lei Complementar nº 111, de 1 de Fevereiro de 2011**. Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor no Rio de Janeiro e dá outras providências.

Rio de Janeiro (RJ). **Lei nº 7.514, de 12 de Setembro de 2022**. Cria a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Posse, nos bairros de Campo Grande, Santíssimo e Senador Vasconcelos, no Município do Rio de Janeiro, e dá outras providências.

Rio de Janeiro (RJ). **Lei Orgânica, de 05 de abril de 1990**. Dispõe sobre a Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro.

SMAC - Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade. **SIG Floresta**. 2018.

Sousa, G. M. **Modelagem do Conhecimento Aplicada ao Estudo da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia**. 2013. 145f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Recebido: 29/08/2024 Publicado: 07/04/2025

Editor Geral: Dr. **Eliseu Pereira de Brito**