

# EFETIVIDADE

DOS ALERTAS DA DEFESA CIVIL EM  
SANTA CATARINA



INSTITUTO FEDERAL  
Santa Catarina  
Câmpus Florianópolis

RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO  
ANDRÉ FRANCISCO PUGAS



**AVALIAÇÃO DO IMPACTO EM 24 CIDADES**

E como os alertas impactam as diferentes mesorregiões do Estado



9 786588 663967



# **EFETIVIDADE**

## **DOS ALERTAS DA DEFESA CIVIL EM SANTA CATARINA**

### **AVALIAÇÃO DO IMPACTO EM 24 CIDADES**

**E como os alertas impactam as diferentes  
mesorregiões do Estado**

---

P978e Pugas, André Francisco

Efetividade dos alertas da Defesa Civil em Santa Catarina : avaliação do impacto em 24 cidades e como os alertas impactam as diferentes mesorregiões do estado / André Francisco Pugas; Orientado por Adriano Vitor; Co-Orientado por Mário Francisco Leal de Quadros. - Florianópolis: IFSC, 2025.

27 p. il.

ISBN 978-65-88663-96-7

1. Efetividade 2. Desastres Naturais 3. Chronocast I. Título

---

Ficha catalográfica elaborada pelas bibliotecárias Alvelina de Souza CRB 14/1628 e  
Carine Paulo CRB 14/1814

DOI: 10.5281/zenodo.15002808

## Objetivo

Avaliar a efetividade dos alertas de desastres emitidos pelo Sistema de Alerta *Nowcasting* da Defesa Civil de Santa Catarina, utilizando uma ferramenta baseada em *Machine Learning*, denominada de *Chronocast*.

## Por que avaliar?

Apesar dos avanços nos serviços meteorológicos e no aumento do número de instituições de monitoramento, ainda existe incerteza sobre o impacto real dos alertas nas diversas regiões e cidades de Santa Catarina. A efetividade é avaliada mediante a análise do impacto das ações preventivas, particularmente na precisão das previsões dos eventos e na redução de danos resultantes.

## Método de avaliação

O método de avaliação sobre a efetividade desses alertas emitidos pela Defesa Civil de Santa Catarina, foi realizado por meio de um modelo de *Machine Learning*, o qual é baseado no algoritmo *Random Forest*, denominado *Chronocast*, que incorpora dados meteorológicos, alertas emitidos e registros de danos.

## Coleta de dados

A coleta de dados para este estudo envolveu a integração de várias fontes de informações consideradas fundamentais para a criação das variáveis de entrada do modelo, séries históricas de variáveis meteorológicas, alertas de fenômenos hidrometeorológicos emitidos, Produto de Previsões de Atuação de Zonas de Convergência do Atlântico Sul e relatórios de danos registrados do S2ID.

## Análise dos dados

Focado em identificar quais variáveis utilizadas pelo modelo são mais representativas para a efetividade dos alertas em diferentes grupos de mesorregiões/cidades, comparação entre as cidades com desempenho mais alto e mais baixo em termos de efetividade dos alertas.

## Autores



André Francisco Pugas  
Pesquisador  
IFSC



Adriano Vitor  
Orientador  
IFSC



Mário Francisco Leal de  
Quadro  
Co-orientador  
IFSC

## Contato

squallafp@hotmail.com

[https://  
cmasocialmedia.my.canva  
.site/publicacoes-e-  
pesquisas](https://cmasocialmedia.my.canva.site/publicacoes-e-pesquisas)

Rua Professor Clementino  
de Brito, 405, Capoeiras,  
Florianópolis

55 (49) 9 9992 5006

Introdução	05
Capítulo 1	
Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões	07
Capítulo 2	
Análise da efetividade dos alertas nas cidades de estudo	14
Capítulo 3	
Análise comparativa entre o impacto dos alertas nas cidades com menor e maior efetividade	16
Conclusão	20

# INTRODUÇÃO

Embora a disponibilidade dos serviços meteorológicos tenha aumentado, ao mesmo tempo que o número de instituições de monitoramento, eventualmente, as informações sobre riscos e prevenção não chegam a toda população, de maneira adequada.

Neste sentido, há necessidade de estratégias e instrumentos mais claros e voltados a especificidade de cada local, dado os diferentes riscos e ameaças existentes.

A eficácia dos sistemas de alerta são fundamentais para a redução de riscos de desastres e tornou-se um foco de atenção internacional, conforme evidenciado por tratados e estratégias globais. O *Nowcasting*, por exemplo, é um sistema de alerta que opera continuamente, monitorando parâmetros de perigo para emitir avisos precisos e oportunos.

No entanto, ainda não foi possível mensurar qual é a efetividade desses alertas à população em Santa Catarina, em diferentes locais, o que sugere que a Defesa Civil enfrenta desafios, como ilustrado pela implementação do serviço de alertas.

# INTRODUÇÃO

Embora os sistemas de alerta em Santa Catarina sejam tecnicamente avançados, desafios relacionados à precisão dos dados e à efetividade dos alertas em relação aos seus efeitos práticos à sociedade persistem, como danos e prejuízos. Estes desafios podem comprometer a capacidade dos alertas de alcançar e proteger todas as populações vulneráveis, o que motiva uma investigação mais aprofundada sobre como esses sistemas podem ser otimizados.

A implementação de um modelo baseado em *Machine Learning* para avaliar e prever a efetividade dos alertas de desastres pode oferecer uma oportunidade para abordar essas lacunas. Esta abordagem permite uma análise quantitativa e qualitativa dos fatores que afetam a efetividade dos alertas, proporcionando uma base sólida para recomendações práticas e políticas direcionadas.

Este trabalho se propõe a preencher essa lacuna, analisando a eficácia dos alertas emitidos pelo sistema de *Nowcasting* da Defesa Civil de Santa Catarina, correlacionando-os com a ocorrência real de eventos hidrometeorológicos.

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

Embora os sistemas de alerta em Santa Catarina sejam tecnicamente avançados, desafios relacionados à precisão dos dados e à efetividade dos alertas em relação aos seus efeitos práticos à sociedade persistem, como danos e prejuízos. Estes desafios podem comprometer a capacidade dos alertas de alcançar e proteger todas as populações vulneráveis, o que motiva uma investigação mais aprofundada sobre como esses sistemas podem ser otimizados.

A implementação de um modelo baseado em *Machine Learning* para avaliar e prever a efetividade dos alertas de desastres pode oferecer uma oportunidade para abordar essas lacunas. Esta abordagem permite uma análise quantitativa e qualitativa dos fatores que afetam a efetividade dos alertas, proporcionando uma base sólida para recomendações práticas e políticas direcionadas.

Este trabalho se propõe a preencher essa lacuna, analisando a eficácia dos alertas emitidos pelo sistema de *Nowcasting* da Defesa Civil de Santa Catarina, correlacionando-os com a ocorrência real de eventos hidrometeorológicos.

# CAPITULO 1

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

O modelo demonstrou que a mesorregião da **Grande Florianópolis**, possui um forte influencia sobre determinadas variáveis inseridas no modelo, em especial na variável de precipitação acumulada de 5 dias.

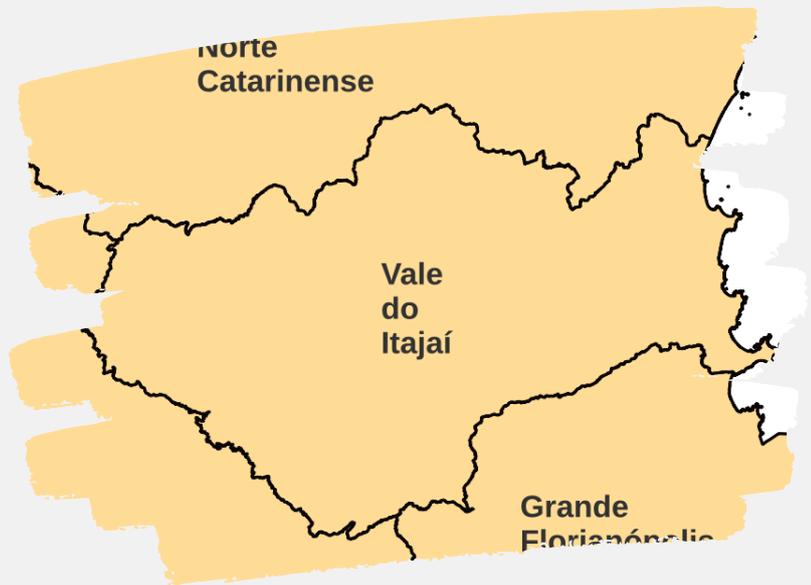


Essa variável demonstrou ser de extrema importância, contribuindo com 86,47% para a efetividade das previsões, essencial para antecipar chuvas intensas e potenciais desastres associados, como enxurradas, enchentes e deslizamentos. Foram também destacadas as variáveis que mede a variação de precipitação entre 72 e 48 horas, que fornece dados sobre a intensidade imediata das chuvas.

Para a mesorregião da Grande Florianópolis, o modelo revelou que a efetividade dos alertas da Defesa Civil, atualmente é de 38,36%. A capacidade de previsibilidade do modelo para essa mesorregião alcançou 34,38%

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

O modelo demonstrou que a mesorregião do **Vale do Itajaí**, é mais impactada em sua efetividade, pela sensibilidade da análise de risco e vulnerabilidade local do que variáveis meteorológicas.



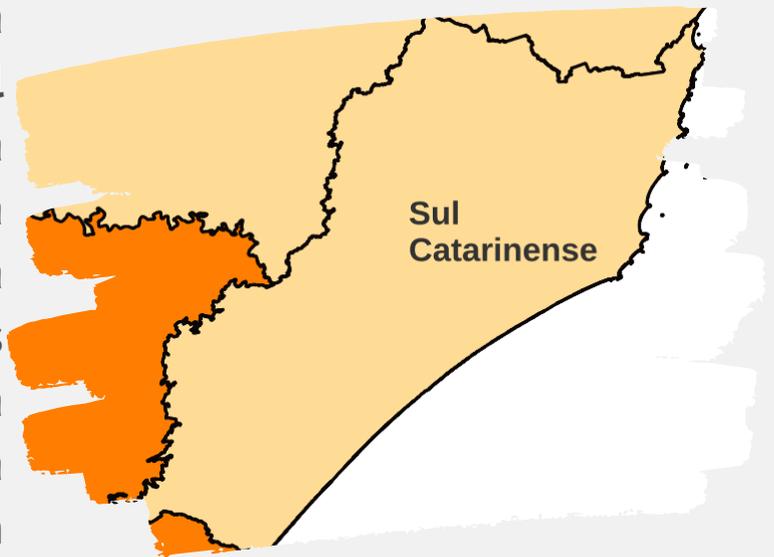
Essa variável apresenta 39,52% da influência no modelo, enquanto as diferenças temporais na precipitação entre 24h e 96h representam cerca de 21,46%, destacando a dinâmica de curto a médio prazo da precipitação na região. A radiação solar, também é analisada, contribuindo com cerca de 8,5% para o modelo. Estas métricas fornecem insights sobre a energia diária e as variações a longo prazo na energia disponível para processos atmosféricos, fundamentais para a convecção e a precipitação.

A efetividade dos alertas da Defesa Civil para essa mesorregião é de 19,60%. Para esse local, o modelo demonstrou possibilidade de aprimorar esse numero, para cerca de 73,13% nessa mesorregião.

# CAPITULO 1

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

O modelo apresenta para a mesorregião **Sul Catarinense**, a precipitação acumulada em 96 horas, é destacada como a mais representativa para a modelagem de alertas na região, contribuindo com 28,93%.

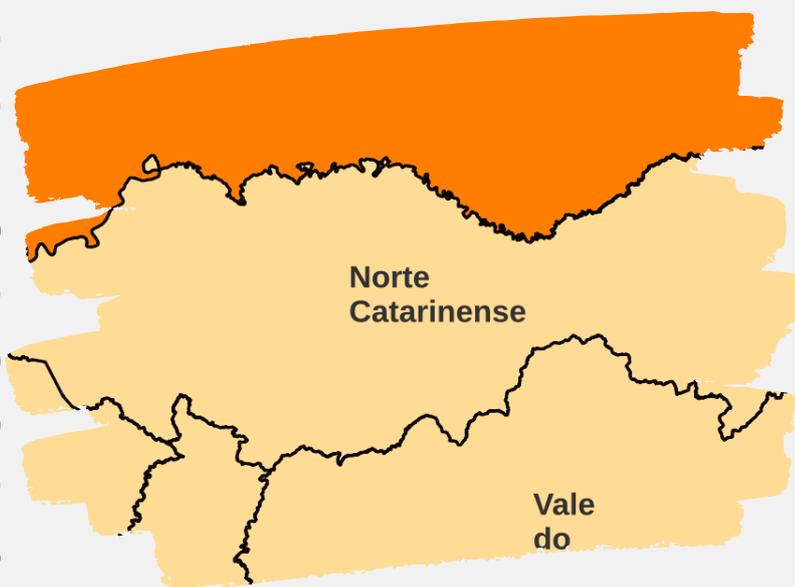


Houve também uma correlação curiosa e inesperada para essa mesorregião, a incidência da zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os desastres ocorridos com registros de danos, sugerindo um aumento na probabilidade e a severidade de eventos adversos quando ativa.

Em relação a efetividade dos alertas para a mesorregião Sul, o modelo mostra uma efetividade de 35,02% da Defesa Civil em seus alertas. A previsibilidade do modelo para essa mesorregião foi de 33,33%, muito semelhante ao resultado alcançado pela Defesa Civil.

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

Semelhante ao que ocorre para a mesorregião do Vale do Itajaí, a mesorregião **Norte Catarinense** tem forte influência da e risco local, ou seja, a relação da vulnerabilidade e ameaça, do que variáveis meteorológicas.



A variável que compila dados de eventos meteorológicos, hidrológicos e geológicos anteriores, destacou-se como a mais significativa, com uma influência superior a 50%. Esta variável demonstra a capacidade do modelo de aprender com o histórico de alertas, ajustando-se para prever com maior precisão os danos potenciais de eventos futuros.

A Defesa civil alcança uma efetividade de seus alertas nessa mesorregião de 40,17%. O modelo demonstrou uma capacidade de aprimorar para 74,19% essa efetividade dos alertas emitidos pela Defesa Civil para a mesorregião Norte.

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

Semelhante ao Vale do Itajaí e Norte, a mesorregião **Serrana** apresenta como variável mais relevante para a efetividade dos alertas os riscos inerentes a sua topografia acidentada e variabilidade climática peculiar.

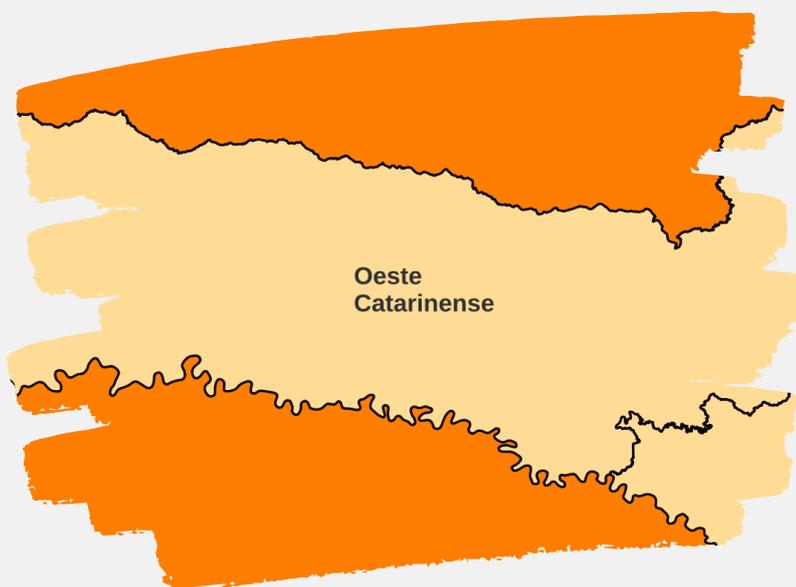


Tal variável representa mais de 66% da sua eficácia, juntamente com a precipitação acumulada de 120h, que representa pouco mais de 20% da efetividade, segundo o modelo. Na Serra Catarinense, períodos prolongados de precipitação são comuns e esta variável permite que a Defesa Civil planeje e emita alertas de desastres com antecedência, adaptando-se a cenários em desenvolvimento.

O nível de efetividade dos alertas da Defesa Civil na Serra é de 28,46%. Com as análises do modelo e sua capacidade preditiva a danos gerados por eventos adversos, a efetividade pode ser aumentada para 59,58%.

## Análise da efetividade dos alertas nas mesorregiões

Na mesorregião Oeste, o modelo indicou que a precipitação acumulada em 96 horas, é a mais significativa, representando 14,40% da influência no modelo, bem como a precipitação de 48h, com 8,11%.



O modelo destaca também que a radiação acumulada em 48 horas, também se destaca com 12,52%, indicando a relevância das condições de radiação solar na dinâmica atmosférica e nos padrões de precipitação. Condições significativas de radiação solar nesse período são um precursor para a formação de sistemas convectivos, que podem incluir tempestades severas e supercélulas, aumentando o risco de danos sérios.

De acordo com a análise do impacto dos alertas no Oeste Catarinense, a Defesa Civil alcança 29,80% de efetividade. a previsibilidade do modelo pode aprimorar essa métrica a 41,34% nessa mesorregião.

## Análise da efetividade dos alertas nas cidades de estudo

Observou-se que a eficácia dos alertas varia significativamente entre as cidades, influenciada por fatores geográficos e infraestruturais. Cidades como Araranguá, Florianópolis, e São Joaquim mostram uma maior eficácia dos alertas da Defesa Civil, sugerindo que certos fatores locais podem não estar completamente integrados no modelo.

Por exemplo, Araranguá registrou uma efetividade de 33,33% pela Defesa Civil, muito superior aos 14,29% do modelo, indicando a necessidade de integrar mais variáveis locais ou revisar os dados. Florianópolis apresentou uma eficácia próxima entre Defesa Civil e modelo, enquanto em Rancho Queimado a diferença foi menor, sugerindo que o modelo tem alguma capacidade preditiva, mas ainda pode ser melhorado para capturar as especificidades climáticas regionais.

Em contraste, cidades como Indaial, Itajaí, e Lages superaram a efetividade da Defesa Civil, mostrando alta precisão do modelo em prever eventos de desastres. A variação na eficácia é documentada em uma tabela classificatória que categoriza as cidades em cinco níveis de desempenho desde alta performance até insuficiente, baseada na assertividade do modelo em relação à Defesa Civil.

# CAPITULO 2

15

## Análise da efetividade dos alertas nas cidades de estudo

### Efetividade do Chronocast

### Efetividade da Defesa Civil

PERFORMANCE	CIDADE	ASSERTIVIDADE	CIDADE	ASSERTIVIDADE	PERFORMANCE
ALTA PERFORMANCE	INDAIAL	100,00%	SAO JOAQUIM	54,55%	ÓTIMA PERFORMANCE
	ITAJAI	87,50%	RIO NEGRINHO	50,00%	
	CHAPECO	85,71%	XANXERE	50,00%	
	ITAPOA	85,71%	FLORIANOPOLIS	48,15%	BOA PERFORMANCE
	URUSSANGA	85,71%	LAGUNA	44,44%	
	LAGES	83,33%	MAJOR VIEIRA	41,94%	
	CURITIBANOS	80,00%	CAMPOS NOVOS	41,67%	
	RIO DO CAMPO	80,00%	ARARANGUA	33,33%	
	DIONISIO CERQUEIRA	77,78%	RIO DO CAMPO	33,33%	
	BOM JARDIM DA SERRA	75,00%	SAO MIGUEL DO OESTE	33,33%	
MAJOR VIEIRA	73,68%	CACADOR	28,57%		
CAMPOS NOVOS	71,43%	ITAPOA	28,57%		
RIO NEGRINHO	63,16%	RANCHO QUEIMADO	28,57%		
CACADOR	50,00%	URUSSANGA	27,27%	REGULAR PERFORMANCE	
FLORIANOPOLIS	43,75%	DIONISIO CERQUEIRA	26,67%		
NOVO HORIZONTE	33,33%	CURITIBANOS	25,00%		
ITUPORANGA	25,00%	ITUPORANGA	23,08%		
RANCHO QUEIMADO	25,00%	JOACABA	20,00%		
ARARANGUA	14,29%	LAGES	20,00%		
XANXERE	12,50%	NOVO HORIZONTE	20,00%		
JOACABA	0,00%	CHAPECO	18,18%		
LAGUNA	0,00%	BOM JARDIM DA SERRA	14,29%		
SAO JOAQUIM	0,00%	ITAJAI	14,29%		
SAO MIGUEL DO OESTE	0,00%	INDAIAL	7,69%		

A tabela fornece uma classificação das performances de cada cidade, em relação a assertividade da Defesa Civil de Santa Catarina em comparação a previsão apresentada pelo modelo Chronocast, em cinco categorias.

-  Alta performance
-  Ótima performance
-  Boa performance
-  Regular performance
-  Performance crítica

Alta performance, (100% a 75% de assertividade), Ótima performance (menos de 75% a 50% de assertividade), Boa performance (menos de 50% a 25% de assertividade), Regular performance (menos de 25% a 1% de assertividade) e Insuficiente (0% de assertividade).

### Efetividade dos Alertas da Defesa Civil

## **Análise comparativa entre o impacto dos alertas nas cidades com menor e maior efetividade**

Uma taxa de assertividade menor da Defesa Civil não significa necessariamente que seus alertas sejam menos precisos ou eficazes. Pode simplesmente refletir uma estratégia mais conservadora que visa a segurança pública ao invés de restringir alertas apenas aos eventos que resultam em danos. A eficácia da Defesa Civil, então, deveria ser medida também pela capacidade de provocar respostas protetivas adequadas, não apenas pela ocorrência real de danos.

Embora o modelo possa ser útil para aprimorar a precisão dos alertas, a Defesa Civil pode beneficiar-se da integração dos dados do modelo para refinar seus critérios de alerta sem perder o foco na prevenção e mitigação. Isso pode ajudar a balancear a precisão e a precaução nos alertas emitidos.

A eficácia percebida dos alertas pode afetar a confiança da população nos sistemas de alerta. A Defesa Civil deve, portanto, esforçar-se para comunicar claramente os objetivos e as expectativas em torno dos alertas para manter e fortalecer a confiança pública.

## **Análise comparativa entre o impacto dos alertas nas cidades com menor e maior efetividade**

Ao analisar o resultado da efetividade do *Chronocast*, entre cidades com desempenhos variados, podemos verificar que as cidades que demonstram maior eficácia geralmente compartilham características similares, como melhor infraestrutura de monitoramento, maior quantidade e melhor acesso a dados meteorológicos. Em contrapartida, cidades com menor efetividade podem enfrentar desafios como menor quantidade de dados e falta de qualidade nos registros de danos.

Essas variações sugerem que o modelo pode precisar de ajustes para refletir melhor as condições locais específicas, como topografia e fatores climáticos, que influenciam a ocorrência e impacto dos desastres. A compreensão de quais variáveis são mais impactantes em cada contexto permite refinar os alertas para serem mais representativos e precisos.

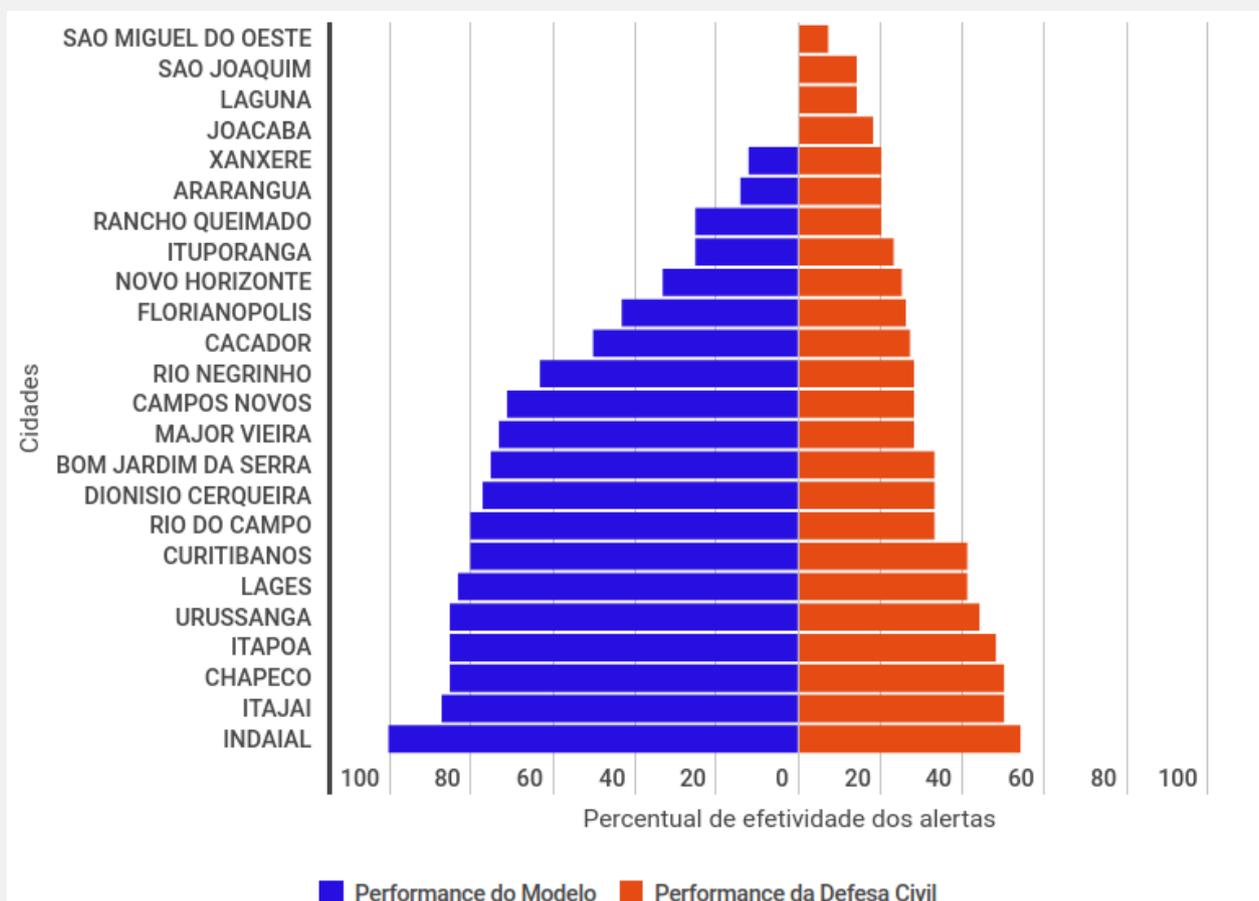
Por exemplo, a análise de como as variações de precipitação, temperatura e radiação afetam cada região pode levar a ajustes nos limiares de alerta e a estratégias de alerta mais personalizadas.

# CAPITULO 3

## Análise comparativa entre o impacto dos alertas nas cidades com menor e maior efetividade

A análise detalhada das performances ajuda para desenvolvimento contínuo do modelo, promovendo ajustes baseados em desempenhos regionais específicos e indica uma necessidade de melhoria tanto a coleta quanto a análise de dados.

Essa compreensão, onde o modelo tem sucesso e onde ele falha, oferece oportunidades significativas a Defesa Civil em aprimorar a emissão de seus alertas, pois, em última análise, pode impactar na melhoria da gestão de risco e a capacidade de resposta a desastres em níveis local e regional.

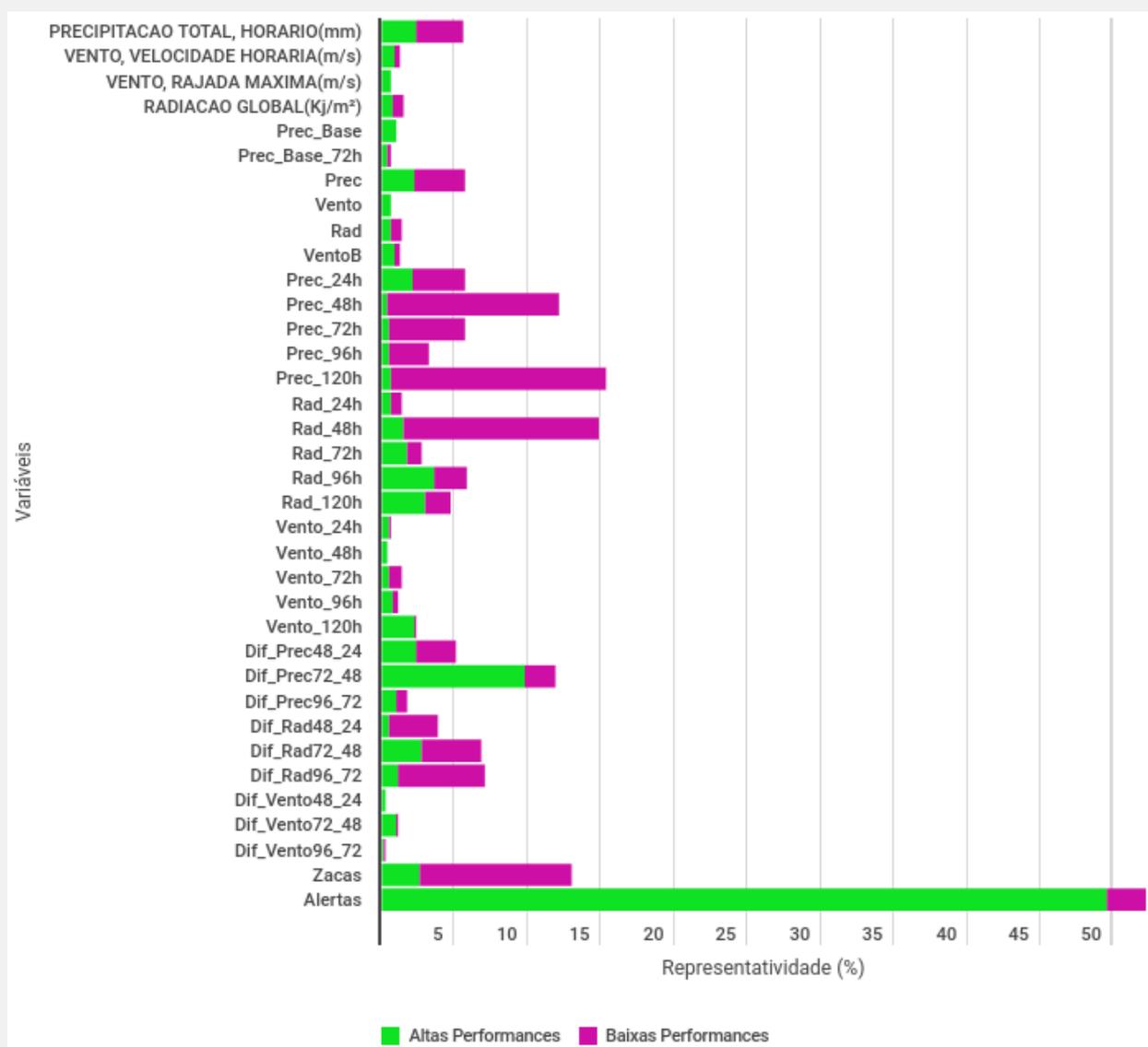


Efetividade dos Alertas da Defesa Civil

# CAPITULO 3

## Análise comparativa entre o impacto dos alertas nas cidades com menor e maior efetividade

A diferença na influência de variáveis específicas entre cidades com diferentes performances no modelo não apenas fornece percepções sobre a interação entre condições meteorológicas e locais específicos, mas também ressalta a importância da necessidade de modelos adaptativos que consideram variações regionais, locais para melhorar o impacto e eficácia dos alertas de desastres.



O problema central investigado foi o impacto da variabilidade entre diferentes variáveis meteorológicas e seus efeitos nas mesorregiões e cidades, bem como na precisão dos alertas emitidos em relação à concretização dos fenômenos previstos e aos danos por eles ocasionados.

As hipóteses iniciais sugeriram que a efetividade dos alertas poderiam não ser as mesmas para todas as regiões e cidade de Santa Catarina, dado a influência de fatores específicos regionais e a variabilidade nos dados de registros de danos, a qual foi confirmada pelo resultado do modelo.

Os resultados mostraram que o modelo foi capaz de realizar a avaliação dos alertas emitidos pela Defesa Civil, com base nas variáveis de entrada do modelo definida neste estudo, como também a capacidade de previsão do modelo, o qual superou em alguns casos a assertividade dos alertas que realmente culminaram em danos registrados pelos métodos convencionais da Defesa Civil, especialmente em cidades como Indaial, Itapoá, Chapecó, Lages, Urussanga, Lages, Curitibanos, Rio do Campo, Dionísio Cerqueira e Bom Jardim da Serra onde obtiveram performances excelentes.

Em mesorregiões onde o modelo superou a Defesa Civil, como Norte Catarinense, Vale do Itajaí, mesorregião Serrana e Oeste Catarinense, a precisão do modelo foi maior, sugerindo que as variáveis e parâmetros utilizados estavam bem alinhados com as dinâmicas meteorológicas e os padrões de resposta locais.

Nos locais onde a eficácia do modelo foi menor do que a Defesa Civil, os percentuais de acerto estão próximos, o que indica um potencial para avaliar os alertas emitidos dentro do espectro das mesorregiões.

Foi possível identificar a contribuição das variáveis, com vistas a efetividade dos alertas nas mesorregiões e cidades, e em relação às estações analisadas, o modelo demonstrou que há diferenças significativas na influência dos fatores meteorológicos sobre a eficácia dos alertas em relação aos danos decorrentes de desastres.

As diferenças de precipitação, desenvolvidas para avaliar as variações rápidas na precipitação, teve impacto significativo em áreas susceptíveis a mudanças abruptas no aspecto meteorologia local, enquanto as variáveis derivadas de períodos de incidência da radiação solar, em cidades litorâneas, apresentou maior relevância, dado que tais locais normalmente são onde a dinâmica solar afeta significativamente as condições meteorológicas locais.

Nas cidades com baixa performance, observou-se uma maior representatividade das variáveis relacionadas à precipitação acumulada. Embora essas variáveis sejam importantes, isoladamente, elas não são suficientes para prever com precisão os desastres hidrometeorológicos nessas regiões. Da mesma forma, as variáveis de radiação apresentaram alta representatividade nas cidades de baixa performance.

A avaliação dos alertas emitidos pela Defesa Civil, de acordo com os resultados obtidos pelo modelo, revelou que a efetividade dos alertas emitidos pela **Defesa Civil** para o Estado de Santa Catarina foi de **31,90%**. A capacidade de previsão do **modelo**, alcançou uma efetividade de **52,66%** em todo o Estado, ao mesmo tempo que apresenta uma análise mais profunda e detalhada das variáveis meteorológicas que tem mais influência em determinada mesorregião ou cidade, e influencia a assertividade dos alertas de maneira variada e distinta, capturando nuances específicas que podem ser perdidas nos métodos tradicionais de avaliação.

Com esses resultados, a Defesa civil de Santa Catarina pode ter uma visão concreta de como seus alertas impactam, em termos de alertas que tem potencial de causar algum tipo de dano, as diferentes mesorregiões e cidades. Pode analisar se o modelo desenvolvido, dado seus resultados estatísticos, podem além de manter uma avaliação contínua da efetividade, aprimorar o modelo com variáveis de entrada que acreditem ser mais interessantes e usar talvez o modelo como ferramenta de suporte ao processo decisório de emissão do alerta, para diferentes regiões ou cidades específicas.

## ◆ Efetividade dos Alertas da Defesa Civil em Santa Catarina

**31,90%**



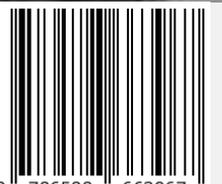
Percentual da efetividade média em todo o Estado de Santa Catarina

## ◆ Potencial efetividade da Defesa Civil com o *Chronocast*

**52,66%**



Efetividade dos Alertas da Defesa Civil



9 786588 663967