IA para a gestão de riscos de desastres (GRD)

Apresentado por Mersedeh Tariverdi

A partir do meu trabalho no Grupo Banco Mundial e dos trabalhos de nossos parceiros em aplicações ao desenvolvimento internacional

18 de agosto de 2026

23 slides de conteúdo

6 seções

~90 minutos

Apenas para uso oficial

Quantificar riscos para decidir

Interseção entre serviços públicos e gestão de riscos de desastres

Riscos multiameaça e em cascata



Indonésia, Flores Oriental, 2021

SEÇÃO 01

01

Com ou sem IA?

Dados e IA lado a lado ~ do AM para visão ….



IA para a gestão de riscos de desastres

OBJETIVO Definir a GRD em linguagem simples e explicar por que a IA importa à medida que os riscos climáticos se intensificam.

- A GRD identifica, avalia e ajuda a desenhar intervenções para reduzir riscos de ameaças naturais: inundações, terremotos, ciclones, secas, incêndios florestais etc.…
- A GRD tradicional dependia de levantamentos manuais, modelos físicos e ciclos de dados lentos.
- Satélites, redes sociais, sensores, drones e dados móveis já superam a capacidade dos analistas humanos (com algumas ressalvas!)
- O aprendizado de máquina encontra padrões em escala: a informação de risco fica mais rápida, barata e completa.

NA PRÁTICA



05/2016



05/2017



06/2019



02/2025

Mudança climática vs. GRD

OBJETIVO Distinguir a mudança climática, vetor de risco de longo prazo, da GRD, sistema prático de gestão de choques.

- A mudança climática aumenta a frequência e a intensidade das ameaças: chuvas mais fortes, tempestades mais intensas, secas mais longas.
- Ela não decide se uma ameaça vira desastre: quem decide é a GRD.
- Alertas, edificações resilientes e recursos de recuperação determinam o desfecho.
- A IA serve aos dois lados: modela as mudanças futuras das ameaças e melhora os sistemas de GRD que precisam funcionar hoje.

Realidade

Of the top 10 disasters, droughts proved to be the deadliest hazard during the period, causing 650,000 deaths, followed by storms that led to 577,232 deaths; floods, which took 58.700 lives; and extreme temperature events, during which 55,736 died.

(a)	Disaster type	Year	Country	Deaths
1	Drought	1983	Ethiopia	300 000
2	Storm (*Bhola*)	1970	Bangladesh	300 000
3	Drought	1983	Sudan	150 000
4	Storm (*Gorky*)	1991	Bangladesh	138 866
5	Storm (*Nargis*)	2008	Myanmar	138 366
6	Drought	1973	Ethiopia	100 000
7	Drought	1981	Mozambique	100 000
8	Extreme temperature	2010	Russian Federation	55 736
9	Flood	1999	Bolivarian Republic of Venezuela	30 000
10	Flood	1974	Bangladesh	28 700

WMO | Deadliest disasters in the past 50 years.

Apenas para uso oficial

A fórmula do risco

OBJETIVO Entender que o risco depende da ameaça, da exposição e da vulnerabilidade, e não só da ameaça.

Risco = Ameaça × Exposição × Vulnerabilidade

- A ameaça é o evento físico; a exposição é quem e o que está no caminho.
- A vulnerabilidade é a suscetibilidade de pessoas e bens a danos e a rapidez com que se recuperam.
- A IA ajuda a caracterizar cada componente e a combiná-los em avaliações integradas.

NA PRÁTICA

Dois distritos enfrentam a mesma inundação, mas moradias informais, drenagem precária e rotas de evacuação ruins tornam um deles muito mais arriscado.

QUIZ DA SEÇÃO

P **Se duas comunidades enfrentam a mesma profundidade de inundação, quais dois fatores, além da ameaça, mais explicam as diferenças nas perdas?**

R *A exposição (o que e quem está no caminho da ameaça) e a vulnerabilidade (sua suscetibilidade a danos).*

Apenas para uso oficial

SEÇÃO 02

02

Ameaças: o que pode dar errado, e onde?

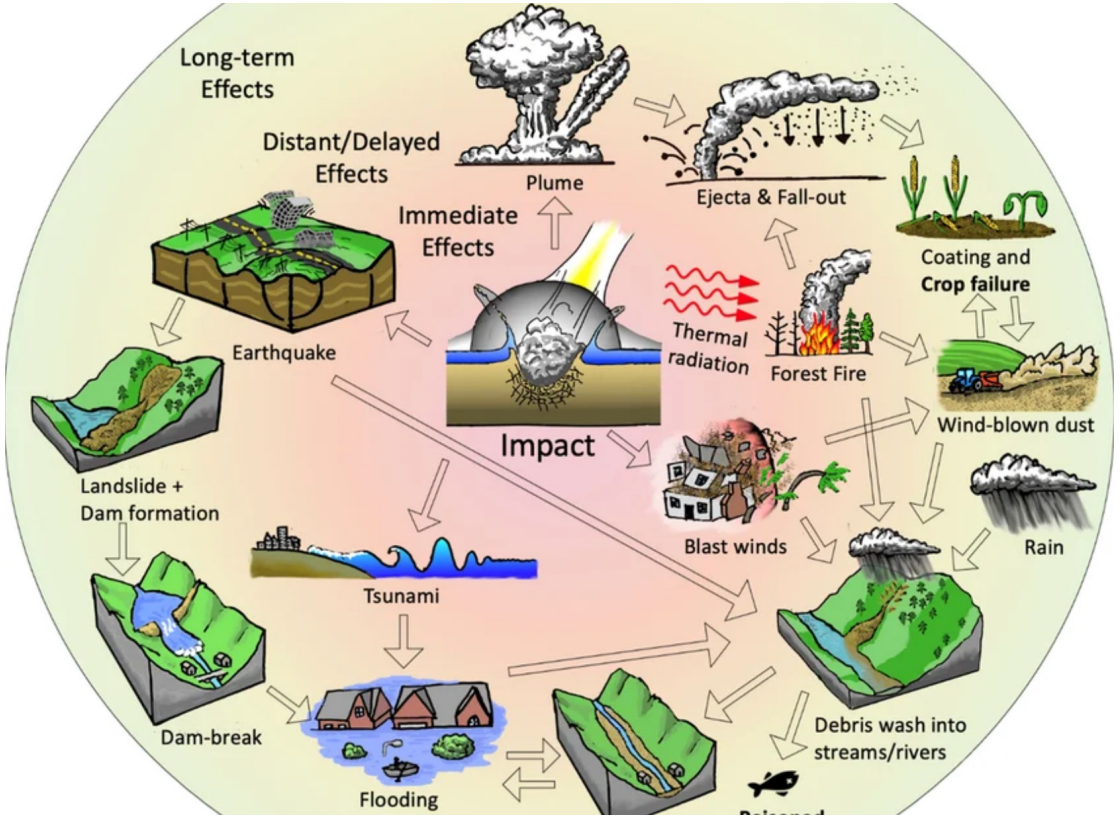
Slides 4–7 · ~20 minutos



As ameaças na GRD

OBJETIVO Identificar as principais categorias de ameaças: inundações, tempestades, secas, calor, deslizamentos, terremotos e eventos compostos.

- Hidrológicas: inundações e marés de tempestade.
- Meteorológicas: ciclones, ondas de calor, secas.
- Geofísicas: terremotos, deslizamentos, erupções vulcânicas.
- Eventos compostos: duas ou mais ameaças juntas => cada vez mais comuns e os mais difíceis de modelar.
    - Há outros fatores de risco, como fragilidade de governos e Estados, violência e conflitos
    - Outros tipos de choques (pandemias, crises financeiras etc.)



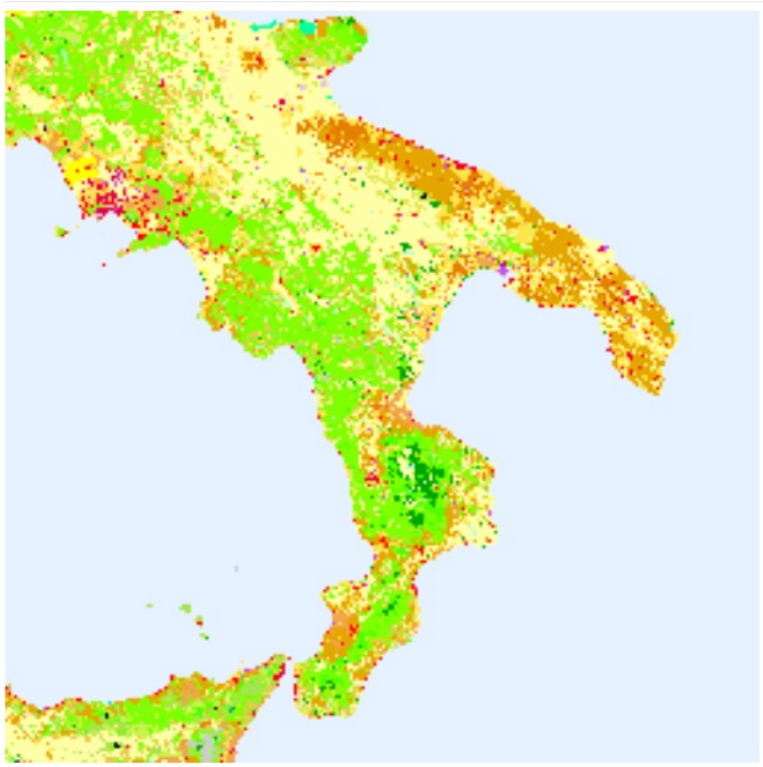
DOI:10.1007/s11069-022-05722-z

Apenas para uso oficial

IA para previsão

OBJETIVO Explicar como a IA melhora a previsão de ameaças combinando dados de satélite, radar, sensores e meteorologia.

- O AM treinado com chuva, nível dos rios e imagens produz previsões mais rápidas e baratas.
- Ele se destaca na previsão imediata de curtíssimo prazo, em que a velocidade é decisiva.
- Mapas de impacto de ciclones podem chegar até 120 horas antes de o ciclone tocar a terra.
- Um alerta mais cedo permite a ação antecipatória e o pré-posicionamento da ajuda.



`ee.ImageCollection("COPERNICUS/CORINE/V20/100m")`

NA PRÁTICA

Na África Ocidental, sistemas que fundem em tempo real dados de satélite e de sensores em solo apoiam o monitoramento de inundações e a resposta do governo.

TÉCNICA DE IA

Previsão de inundações / ciclones com AM

Apenas para uso oficial

IA para mapeamento de ameaças

OBJETIVO Mostrar como o aprendizado de máquina produz mapas de ameaças de maior resolução, sobretudo onde os dados tradicionais são escassos.

- Mapas estáticos de várzeas, zonas sísmicas e encostas instáveis embasam o planejamento da GRD.
- A visão computacional aplicada a imagens de satélite e de drones reduz muito o custo do mapeamento.
- Os mapas podem ser atualizados com muito mais frequência à medida que as condições mudam.
- Modelos treinados em outros lugares podem ser transferidos e ajustados com poucos dados locais.

NA PRÁTICA

Em Moçambique, o mapeamento de inundações por IA identifica assentamentos que podem ficar isolados de estradas e serviços na temporada de ciclones.

TÉCNICA DE IA

Visão computacional em imagens de satélite

https://www.esri.com/en-us/geospatial-artificial-intelligence

Apenas para uso oficial

Limites dos modelos de ameaças

OBJETIVO Reconhecer que a IA não substitui os modelos físicos: as previsões ainda precisam de validação especializada e incerteza clara.

- Os modelos falham diante de mudança de distribuição, extremos raros ou física mal representada.
- A incerteza deve ser comunicada com clareza quando os alertas acionam ações caras.
- Confiar demais na IA sem validação especializada é um risco crítico de segurança.
- O uso responsável exige validação rigorosa, transparência e supervisão humana.

NA PRÁTICA

Nos pequenos Estados insulares, a IA pode refinar a resolução das marés de tempestade, mas os meteorologistas locais ainda precisam traduzir os alertas em mensagens em que as comunidades confiem.

QUIZ DA SEÇÃO

P **Por que uma previsão de ameaça precisa, sozinha, não basta para boas decisões em GRD?**

R *O risco também depende da exposição e da vulnerabilidade, e as previsões precisam chegar aos tomadores de decisão a tempo e de forma acionável.*

Apenas para uso oficial

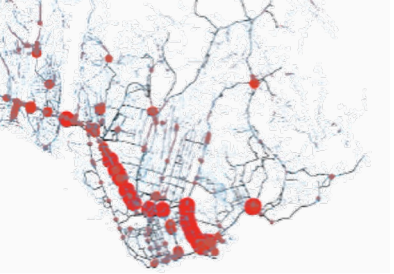
SEÇÃO 03

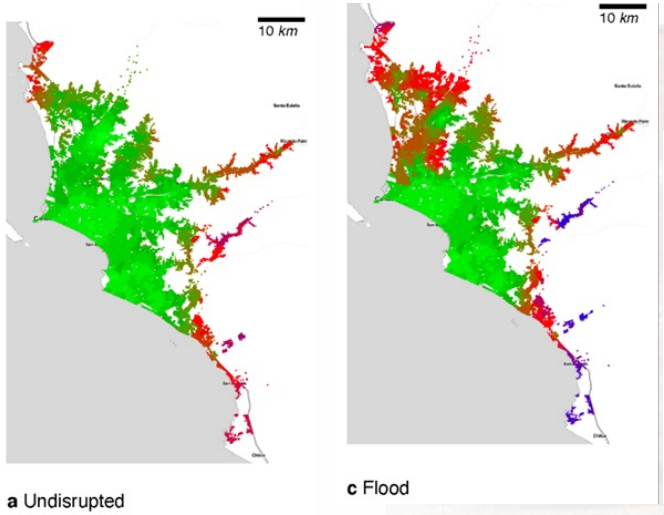
03

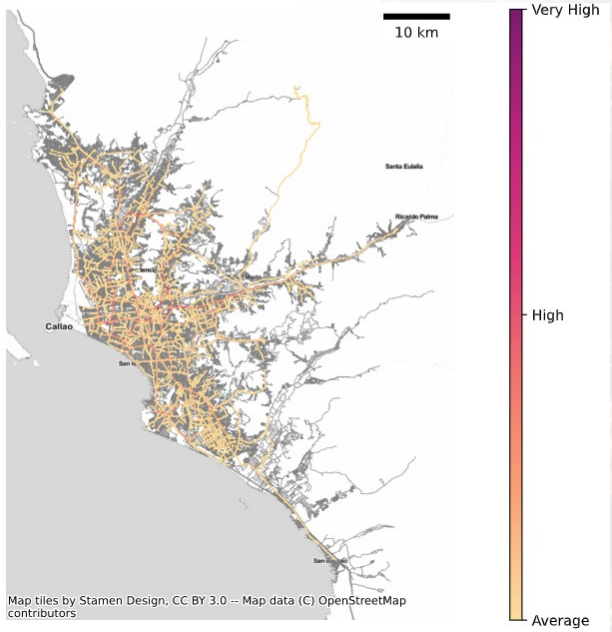
Bens e pessoas: quem e o que está no caminho?



Acesso contínuo aos serviços de saúde | Identificar possíveis gargalos e áreas desassistidas







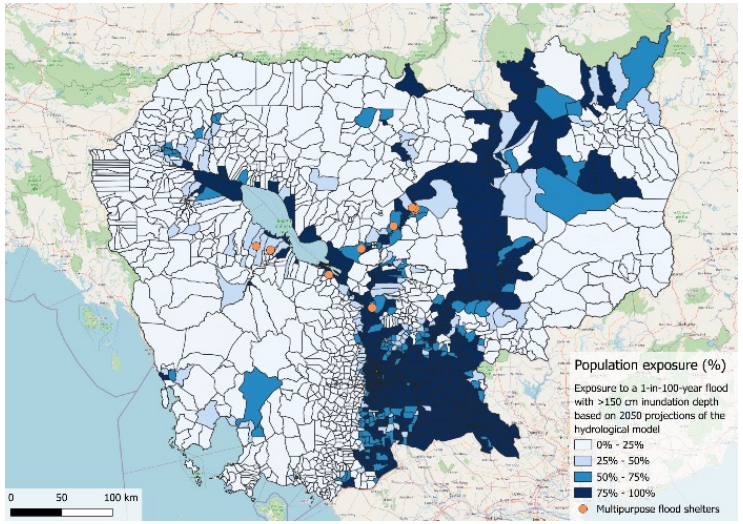


Bens em risco

OBJETIVO Definir a exposição como as pessoas, edificações, infraestruturas e serviços localizados em áreas sujeitas a ameaças.

- O mapeamento da exposição faz uma pergunta simples: o que está no caminho do perigo?
- Ele abrange edificações, estradas, pontes, energia, hospitais, escolas e os serviços que prestam.
- Muitos países têm cadastros de ativos incompletos, desatualizados ou sem georreferência.
- O mapeamento assistido por IA está preenchendo essa lacuna: não dá para proteger o que não se vê.

Exposição da população a inundações e localização dos abrigos existentes (acima), e priorização de comunas segundo vulnerabilidade e exposição (abaixo) (Camboja, relatório do GBM, EP&R)



Apenas para uso oficial

IA para mapeamento de bens

OBJETIVO Entender como a visão computacional extrai das imagens contornos de edificações, estradas e instalações críticas.



- Modelos de visão detectam e classificam edificações: tipo de construção, material do telhado, altura.
- É muito mais rápido e barato que levantamentos de campo manuais.
- O Open Cities AI Challenge do Banco Mundial mapeou cidades africanas para a resiliência.
- Detector de mudanças: https://business.esa.int/projects/building-stock-monitor-service

TÉCNICA DE IA

Agência Espacial Europeia (ESA): a detecção de edificações usa dados de observação da Terra e aprendizado de máquina para mapear, acompanhar e analisar automaticamente estruturas urbanas e novas construções.

Apenas para uso oficial

Pessoas em risco

OBJETIVO Explicar que a exposição inclui onde as pessoas vivem, trabalham, circulam e se abrigam, não só onde estão os bens.

- O risco para as pessoas depende de quando e onde elas estão, o que muda o tempo todo.
- Uma inundação às 3h atinge as casas; a mesma ao meio-dia atinge o centro comercial.
- Dados móveis e de censo com AM estimam a população por hora do dia.
- Migração, deslocamento e crescimento informal mudam a exposição além do censo estático.

NA PRÁTICA

Em Manila ou Daca, os mapas de população diurna e noturna divergem muito: um único mapa estático distorce a exposição real.

TÉCNICA DE IA

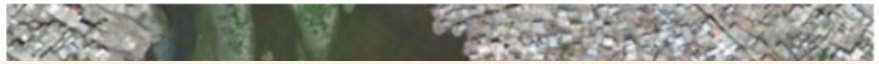
Fusão de dados móveis + censo

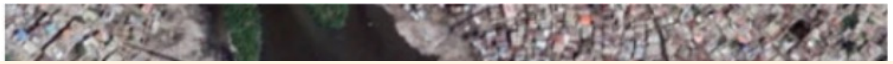
Registros de chamadas (CDRs) de celulares permitem inferir padrões de mobilidade nas cidades e entre regiões com alta resolução espacial e temporal.

Apenas para uso oficial

Exposição dinâmica

OBJETIVO Reconhecer que a exposição muda com o tempo por causa da urbanização, da migração e dos meios de vida sazonais.





QUIZ DA SEÇÃO

P Qual a diferença entre mapear a exposição de bens e a de pessoas?

R *Bens são estruturas fixas em áreas de ameaça; mapear pessoas exige acompanhar onde e quando elas de fato estão, o que é muito mais dinâmico.*





TÉCNICA DE IA

Análise de tendências com big data
Detecção de mudanças por satélite (fig. Maxar Technologies)

- A urbanização empurra populações para áreas sujeitas a ameaças.
- A migração climática e o trabalho sazonal deslocam as pessoas.
- Mapas estáticos baseados em censo subestimam sistematicamente a exposição.
- A detecção de mudanças em séries temporais de imagens permite um monitoramento quase contínuo.

Apenas para uso oficial

SEÇÃO 04

04

Vulnerabilidade: quem corre mais risco de sofrer danos?

Slides 12–15 · ~15 minutos



O que significa vulnerabilidade

OBJETIVO Definir a vulnerabilidade como a suscetibilidade a danos e a rapidez com que pessoas e bens se recuperam (resiliência).

- A vulnerabilidade é diferente da exposição.
- Um hospital reforçado em área de várzea está exposto, mas pouco vulnerável.
- Um assentamento de casas de barro na mesma várzea está exposto e é muito vulnerável.
- Duas dimensões, física (estrutura) e social (capacidade de enfrentamento), podem ser mapeadas com IA.

NA PRÁTICA

Drenagem precária, moradias frágeis e pouca poupança agravam muito a mesma inundação nos bairros de baixa renda.

Apenas para uso oficial

Vulnerabilidade social

OBJETIVO Identificar os fatores sociais que moldam os impactos: pobreza, idade, deficiência, saúde, gênero e acesso a serviços.

- A vulnerabilidade social é a capacidade de antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar.
- Renda, bens, capital social e afins são reservas para absorver perdas.
- Idade, deficiência e saúde condicionam a capacidade de evacuar ou sobreviver.
- Redes sociais e acesso a serviços completam o quadro; os fatores se somam.

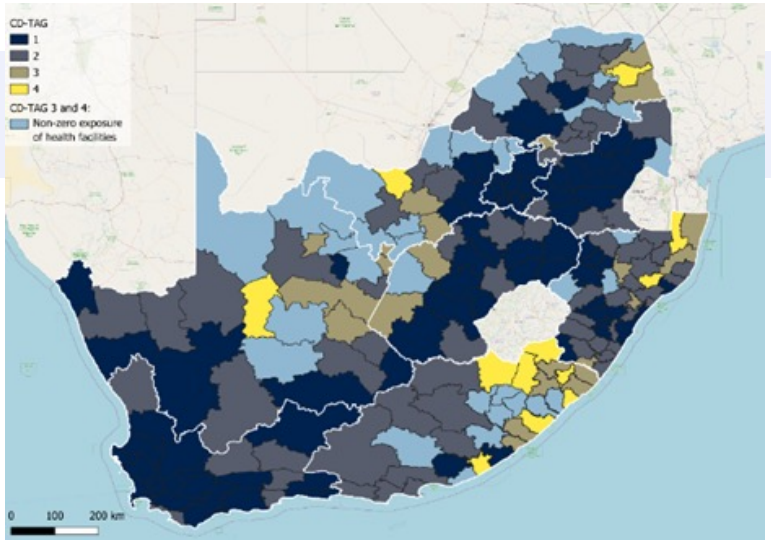
NA PRÁTICA

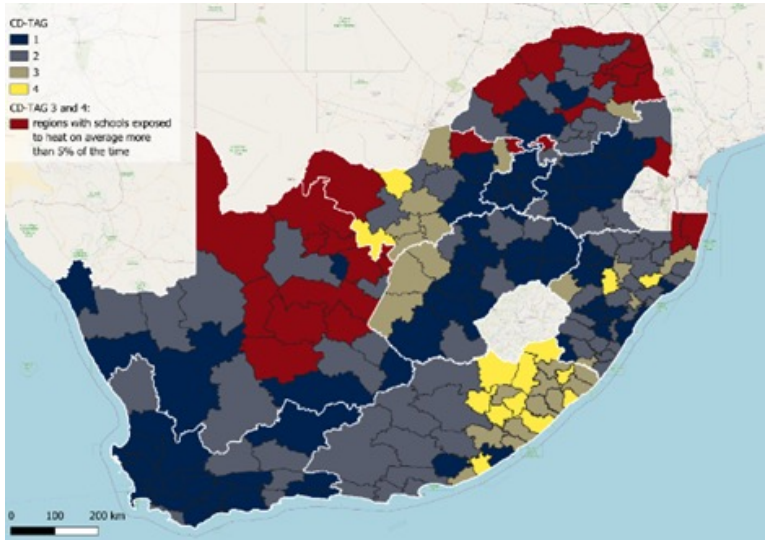
Acesso viário precário, moradias frágeis, encostas íngremes e ausência de serviços formais de emergência geram alto risco de mortalidade por inundação.

TÉCNICA DE IA

Tipos de dados e classificação mistos => luzes noturnas + indicadores de pobreza

CD-TAG multiameaça para o setor de saúde com foco na exposição a inundações (acima) e para a educação com foco no calor extremo (abaixo) (relatório do GBM, África do Sul)



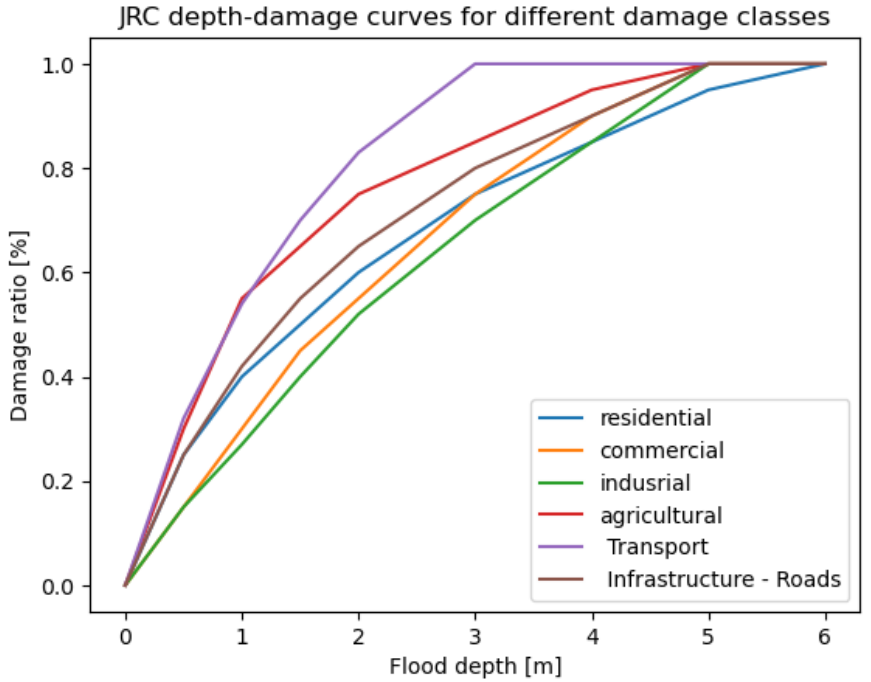


Apenas para uso oficial

Vulnerabilidade dos bens

OBJETIVO Explicar a vulnerabilidade física das edificações: como projeto, materiais e manutenção afetam os danos.

- Curvas de vulnerabilidade relacionam a intensidade da ameaça ao dano esperado.
- Modelos catastróficos as usam para transformar mapas de ameaça em estimativas de perdas.
- Os danos variam muito conforme o tipo de construção, a qualidade, a idade e a manutenção.
- O mesmo terremoto destrói alvenaria não armada, mas poupa concreto armado bem projetado



Exemplos de curvas: https://handbook.climaax.eu/resources/FAQ/vulnerability_curves.html

NA PRÁTICA

Em Madagascar, sujeito a ciclones, escolas com telhado leve e ligação fraca entre telhado e paredes cedem com ventos menores.

TÉCNICA DE IA

Curvas de dano por AM a partir de levantamentos

Apenas para uso oficial

IA para avaliar a vulnerabilidade

OBJETIVO Mostrar como a IA estima a vulnerabilidade social e física a partir de imagens, pesquisas, registros e dados de danos.

- Indicadores de pobreza por satélite (luzes noturnas, telhados, densidade viária) estimam a condição socioeconômica em alta resolução.
- Eles apontam quais bairros não têm recursos para se recuperar.
- O AM aplicado a levantamentos de danos passados aprende a relação ameaça-dano.
- Esse aprendizado se transfere para lugares sem registros prévios de danos.

NA PRÁTICA

Após as inundações recorrentes no Paquistão, imagens antes/depois refinam as probabilidades de dano por tipo de moradia; o mesmo vale para zonas de conflito.

O papel da IA na identificação da vulnerabilidade na GRD é transformador em escala e velocidade, mas sua precisão e equidade dependem inteiramente de as comunidades mais expostas estarem no centro de como os dados são coletados, os modelos treinados e os resultados usados.

QUIZ DA SEÇÃO

P Um bairro muito exposto a inundações, mas com moradias sólidas, drenagem e serviços, é necessariamente muito vulnerável?

R Não. Alta exposição não significa alta vulnerabilidade. A mesma inundação causa poucos danos em uma área resiliente e uma catástrofe em uma frágil.

Apenas para uso oficial

SEÇÃO 05

05

Quantificação de riscos => juntando tudo ao longo do ciclo da GRD: antes, durante, depois

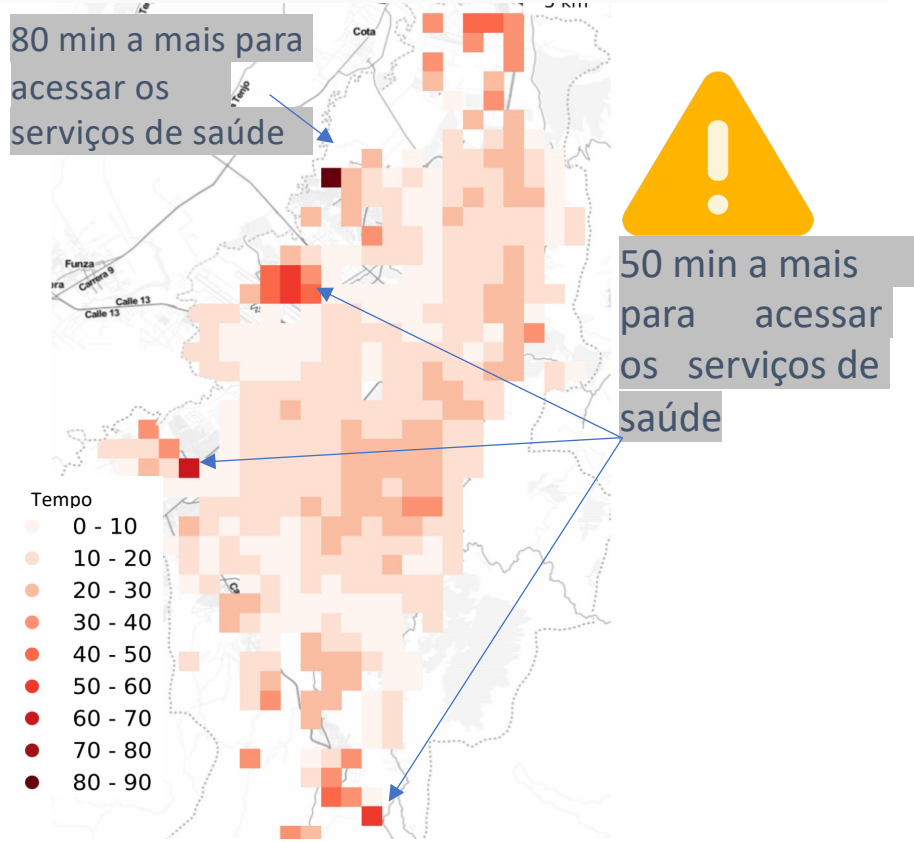


Das camadas ao risco

OBJETIVO Combinar ameaça, exposição e vulnerabilidade em um arcabouço prático de avaliação de riscos.

- A quantificação de riscos é a etapa de integração ~ muito debatida: qual risco, para quem, com que finalidade
- Sobrepor ameaça, exposição e vulnerabilidade para achar pontos críticos onde as três coincidem => métodos e limiares importam
    - **Análise de viés: áreas com falta de informação ficarão sub-representadas, e populações com menor pegada digital ficarão menos visíveis**
- Os pontos críticos orientam barreiras, o reforço direcionado de moradias e o pré-posicionamento de suprimentos.
- A IA melhora cada camada de entrada e ajuda a lidar com a incerteza entre camadas.

Mudança no tempo de acesso aos serviços de saúde (GBM, Peru)



Apenas para uso oficial

Noções básicas de quantificação de riscos

OBJETIVO Entender métricas simples de risco: perda anual esperada, perda máxima provável, vítimas, interrupções, deslocamentos.

- Perda anual esperada (PAE): perda média anual em muitos eventos de tamanhos diferentes.
- Perda máxima provável (PMP): o pior caso para um período de retorno (p. ex. 1 em 100 anos).
- Métricas de impacto: vítimas, pessoas deslocadas, dias de interrupção, perdas econômicas.
- Modelos catastróficos probabilísticos simulam milhares de cenários; a IA os acelera.

NA PRÁTICA

Estimar as perdas anuais esperadas por inundações em estradas e postos de saúde de uma cidade secundária de Moçambique justifica os orçamentos de drenagem.

TÉCNICA DE IA
Modelagem catastrófica probabilística

Apenas para uso oficial

IA para estimar perdas

OBJETIVO Explicar como a IA apoia a estimativa de perdas e danos quando os dados históricos são incompletos ou lentos de coletar.

Aquisição de dados: coletar imagens GeoTIFF ou ópticas de alta resolução georreferenciadas antes (linha de base) e depois do desastre.
Localização: usar segmentação automática ou contornos de edificações para identificar estruturas e malhas viárias.
Detecção de mudanças: alimentar redes neurais siamesas ou de dupla atenção com as duas datas para filtrar falsas mudanças, como de clima ou iluminação.
Classificação: classificar a integridade estrutural em níveis padrão: *sem dano, dano leve, dano grave* ou *destruído*.

NA PRÁTICA

A IA aplicada a imagens pós-inundação acelera a estimativa de danos às moradias, agilizando o direcionamento de abrigos e transferências de renda.

TÉCNICA DE IA
Classificação de danos com imagens antes/depois

Apenas para uso oficial

Risco futuro sob a mudança climática

OBJETIVO Mostrar como a IA testa o risco futuro em diferentes cenários climáticos e de desenvolvimento, inclusive o crescimento urbano.

- A IA permite a análise de cenários: elevação do nível do mar, mudança e movimento da população, códigos aprimorados.
- Uma grande área hoje: **o downscaling por AM produz projeções de maior resolução para modelos de risco locais.**

QUIZ DA SEÇÃO

P **Qual a diferença prática entre mapear a exposição atual a inundações e quantificar o risco futuro de inundação**

? **R** *O mapeamento da exposição descreve a situação atual; a quantificação do risco estima a probabilidade e a magnitude de perdas futuras para planejamento e investimento.*

Apenas para uso oficial

SEÇÃO 06

06 IA responsável e orientada à ação



SEÇÃO 06 · IA RESPONSÁVEL E ORIENTADA À AÇÃO

Escolher casos de uso de alto valor e criar bases para ganhar escala

OBJETIVO Priorizar casos de uso de IA por disponibilidade de dados, relevância para a decisão, capacidade institucional e impacto na equidade.

- Disponibilidade de dados: há dados de qualidade suficientes para treinar e validar?
- Relevância para a decisão: o resultado melhora uma decisão específica de redução de risco?
- Capacidade institucional: o órgão consegue mantê-lo e interpretá-lo?
- Impacto na equidade: chega aos mais vulneráveis, ou só a quem já é atendido?

QUIZ DA SEÇÃO

P **Em um país com recursos limitados, o que torna prioritário um caso de uso de IA em GRD: sofisticação técnica ou utilidade para a decisão**

? **R** *Utilidade para a decisão. Ferramentas simples que embasam decisões reais de instituições reais reduzem mais o risco do que ferramentas avançadas que não fazem isso.*

Apenas para uso oficial

IA responsável na GRD

OBJETIVO Identificar riscos de governança: viés, opacidade, lacunas de dados, exclusão, privacidade e excesso de confiança na automação.

- Os modelos podem reproduzir os vieses dos dados de treinamento, subcontando áreas pobres ou informais.
- A opacidade (o problema da caixa-preta) esconde por que um modelo produziu um resultado.
- As lacunas de dados deixam as populações de maior risco como as menos representadas.
- Dados de mobilidade, financeiros ou de saúde trazem riscos à privacidade; o excesso de confiança é um perigo reconhecido.

NA PRÁTICA

Um modelo treinado só com bairros formais tem desempenho pior em assentamentos informais, justamente onde a vulnerabilidade é maior.

Apenas para uso oficial

Implementação centrada nas pessoas

OBJETIVO Entender por que os resultados da IA devem se combinar com o conhecimento local, as instituições da linha de frente e alertas confiáveis.

- A IA gera resultados; as pessoas tomam as decisões.
- A cadeia vai do modelo ao membro da comunidade, ao servidor, ao engenheiro e ao ministro da Fazenda.
- Cada elo precisa de comunicação, confiança, capacidade e validação comunitária.
- O conhecimento local muitas vezes revela erros da IA que, de outra forma, causariam danos.

NA PRÁTICA

Nos pequenos Estados insulares, alertas em linguagem ou referências geográficas pouco familiares são ignorados, mesmo quando a previsão é tecnicamente precisa.

Apenas para uso oficial

Recapitulação e debate

OBJETIVO Explicar o papel da IA na cadeia central: ameaças + bens e pessoas + vulnerabilidade → risco → decisões melhores.

A IA melhora cada etapa dessa cadeia, mas funciona melhor quando está inserida em instituições que funcionam, é validada com conhecimento local e é pensada para chegar aos mais vulneráveis.

- Caracterizar a ameaça: o que pode acontecer, onde e com que intensidade.
- Mapear a exposição de bens e pessoas.
- Avaliar a vulnerabilidade: a suscetibilidade a danos.
- Quantificar o risco e apoiar decisões melhores antes, durante e depois.

Atividade em sala

Atividade de encerramento: cada participante escolhe um caso de uso de IA em GRD para seu contexto e indica os dados, a decisão e as necessidades institucionais envolvidas.

QUIZ DA SEÇÃO

P Cite um motivo pelo qual um modelo de IA tecnicamente preciso ainda pode falhar na prática da GRD.

R Vários: resultados não comunicados de forma acionável; falta de validação local; falta de capacidade institucional; grupos vulneráveis excluídos dos dados; ou ausência de supervisão humana.

Apenas para uso oficial

REFERÊNCIA

Casos de uso da IA por componente da GRD

Componente da GRD	Aplicação da IA	Exemplo em país em desenvolvimento
Ameaça — previsão	Previsão de inundações / ciclones com AM	Ação antecipatória antes da seca, Chifre da África
Ameaça — mapeamento	Visão computacional em imagens de satélite	Mapeamento de áreas inundáveis em Moçambique
Exposição — bens	Detecção e classificação de edificações	Mapeamento Open Cities AI, cidades da África Ocidental
Exposição — pessoas	Fusão de dados móveis + censo	Mapeamento dinâmico da população em Daca
Exposição — dinâmica	Detecção de mudanças por satélite	Crescimento de assentamentos informais, África Oriental
Vulnerabilidade — física	Curvas de dano por AM a partir de levantamentos pós-evento	Previsão de danos às moradias após as inundações no Paquistão
Vulnerabilidade — social	Luzes noturnas + indicadores de pobreza	Mapeamento da vulnerabilidade social em Freetown
Quantificação de riscos	Modelagem catastrófica probabilística	Perdas anuais esperadas por inundações em Dar es Salaam
Avaliação pós-desastre	Classificação de danos com imagens antes/depois	Mapeamento de danos por ciclone no Malawi
Ação antecipatória	Gatilhos de financiamento baseado em previsões	Gatilhos de transferência de renda para seca no Quênia
Priorização da recuperação	Direcionamento de necessidades assistido por IA	Alocação de recursos de reconstrução na Nigéria

Apenas para uso oficial