

Impactos e riscos climáticos sobre a infraestrutura de transporte terrestres rodoviário e ferroviário: o caso do AdaptaVias

Mesa Redonda II - Desafios para a redução de impactos provocados por eventos climáticos na infraestrutura de transportes

Profa. Andréa Santos



Programa de Engenharia
de Transportes
COPPE - UFRJ



Impactos, vulnerabilidades e adaptação

Descreve o entendimento científico atual dos impactos da mudança climática em sistemas naturais, na capacidade destes sistemas em se adaptar, assim como suas vulnerabilidades.

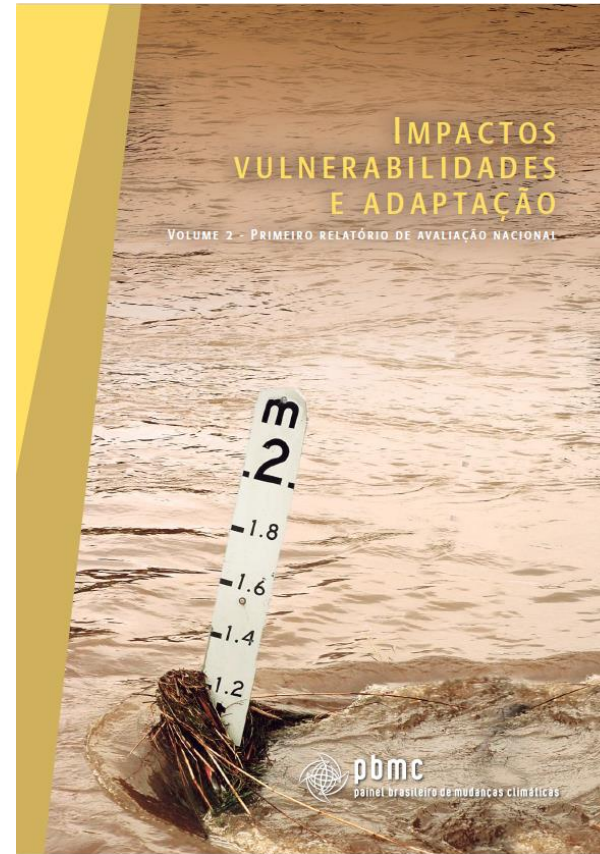
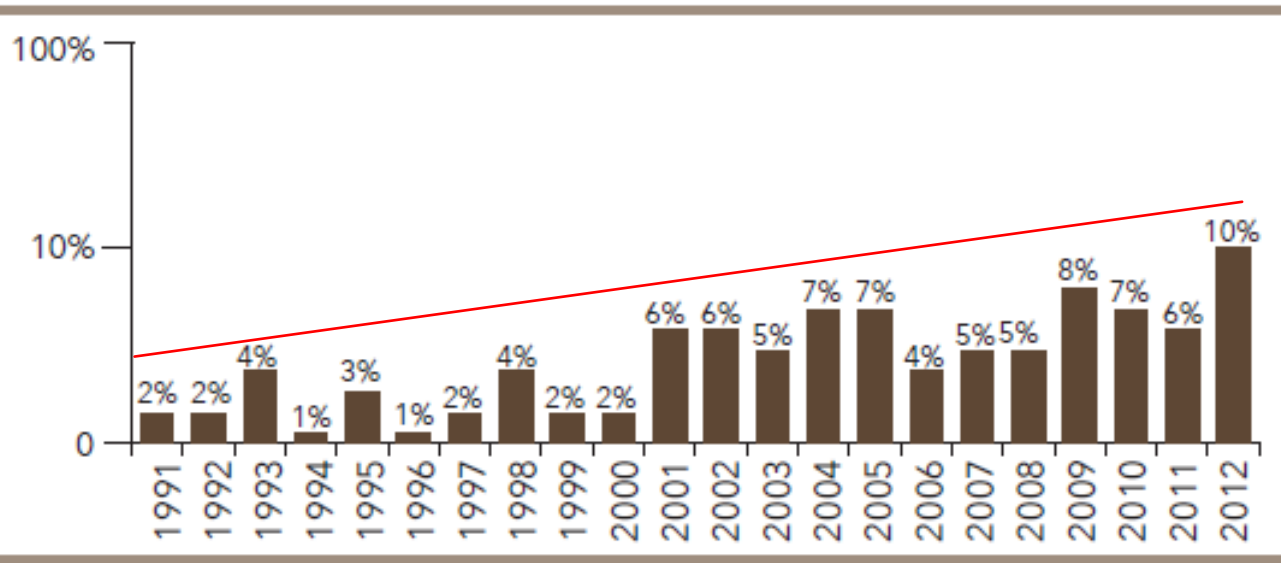


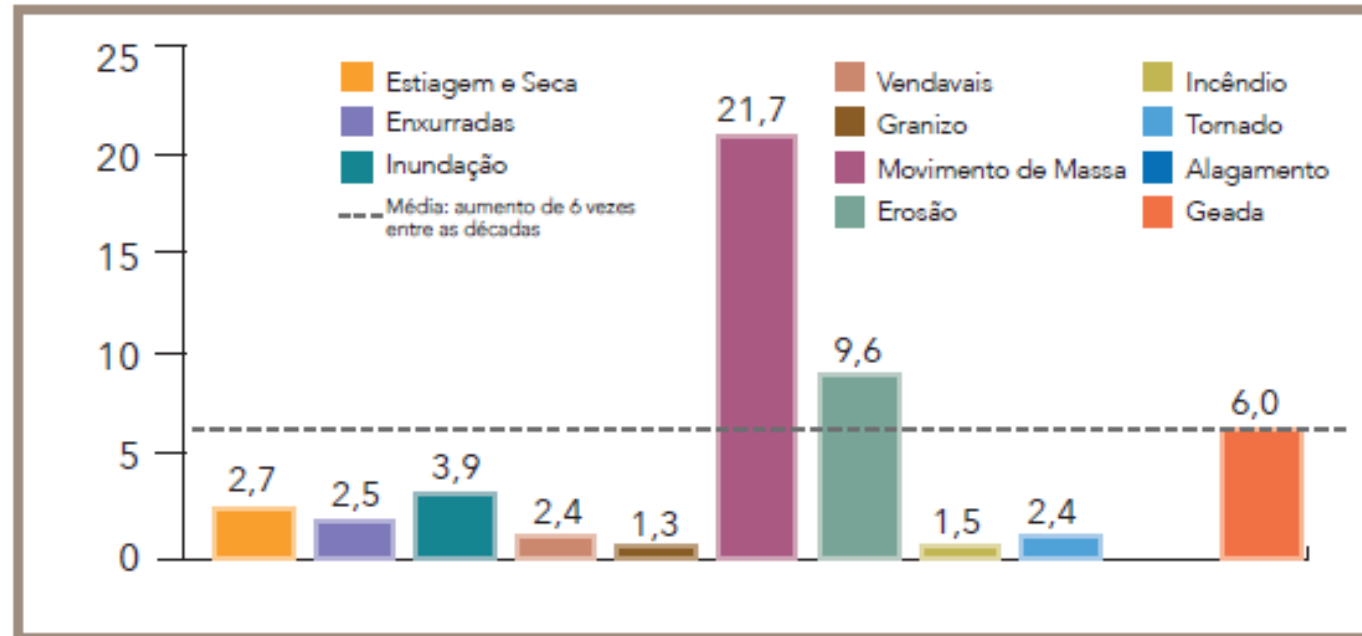
Gráfico 1: Desastres naturais no Brasil



Fonte: Brasil (2013)

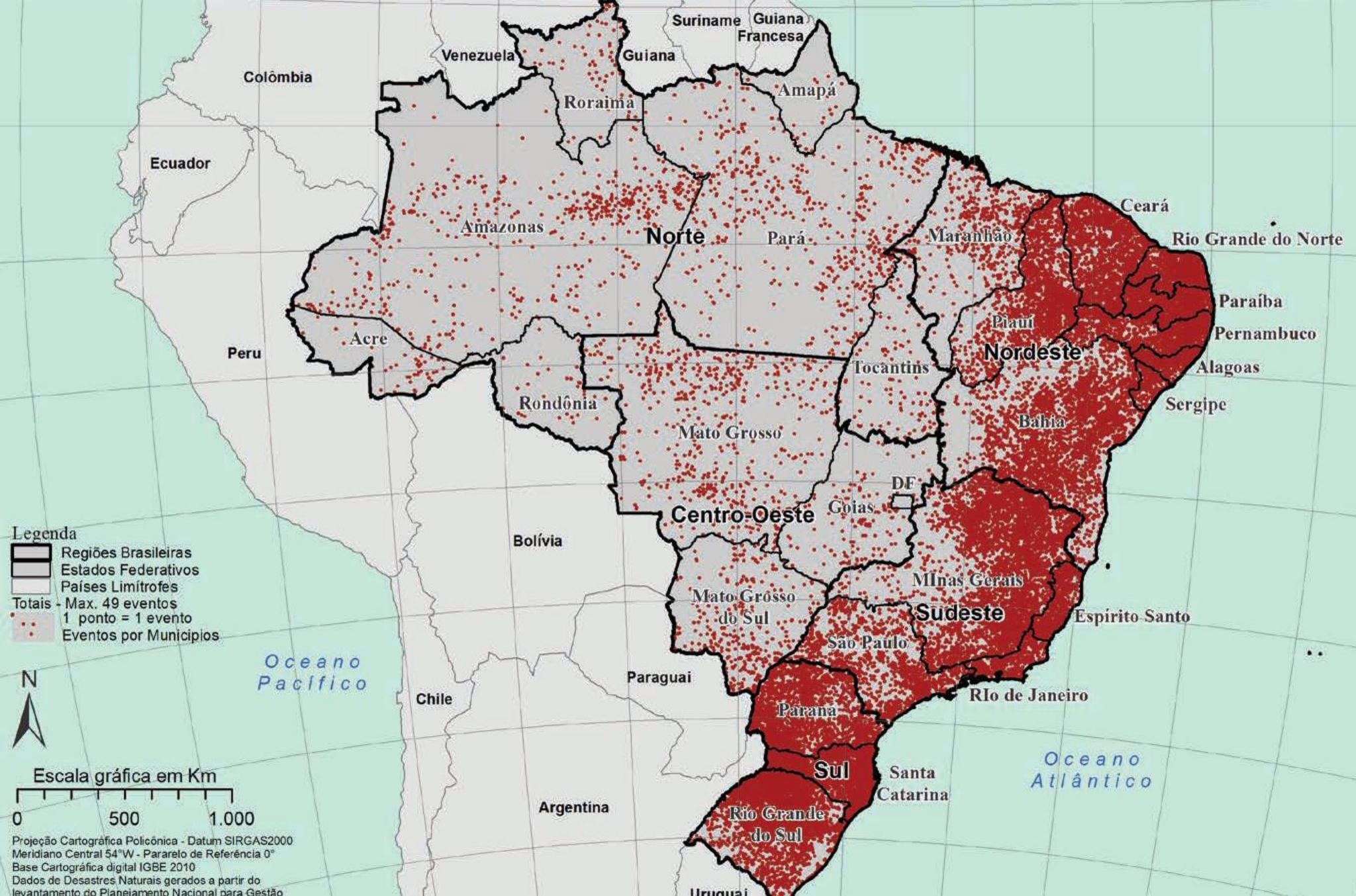
Do total de afetados (126.926.656), **estiagem e seca** é o desastre que mais afeta a população brasileira, por ser mais recorrente, com 51% do total de registros, seguido de **enxurrada**, com 21% e **inundação** com 12%.

Gráfico 3: Aumento de registros de ocorrências entre as décadas de 1990 e 2000



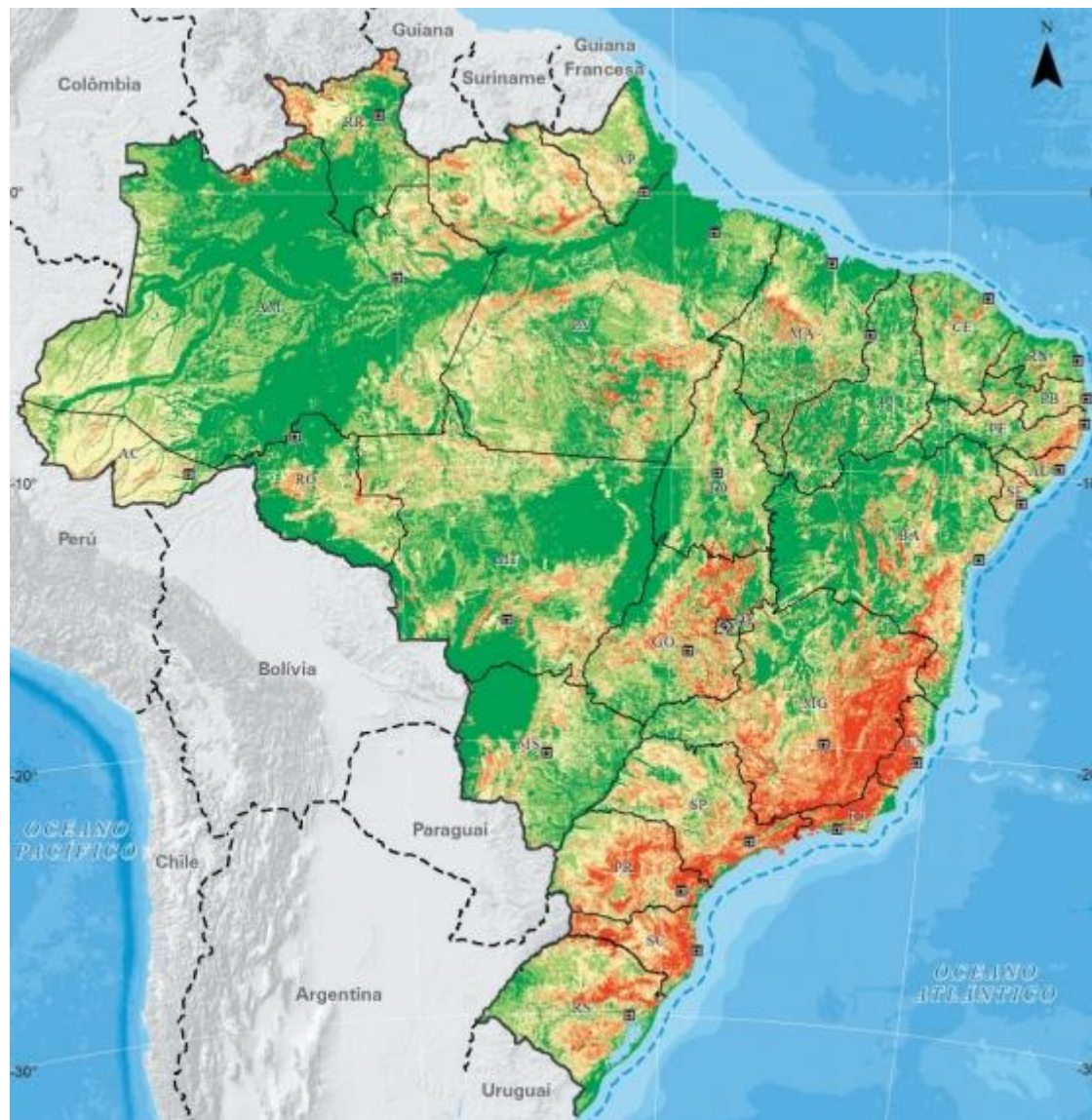
Fonte: Brasil (2013)

Número de registros de desastres na década de 2000 e nos anos 2010, 2011 e 2013 (Brasil, 2013; UFSC, 2013)



Atlas de Desastres Naturais (Brasil, 2013; UFSC, 2013)

- 5,7% do território nacional tem suscetibilidade muito alta a deslizamentos
- 10,4% alta suscetibilidade.
- Regiões Sul e Sudeste concentram a maior parte dessas áreas (IBGE, 2019).



- O estudo leva em consideração seis aspectos: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Cobertura e uso da terra e Vegetação, Declividade e Pluviosidade.



Programa
de Engenharia
de Transportes
COPPE -UFRJ

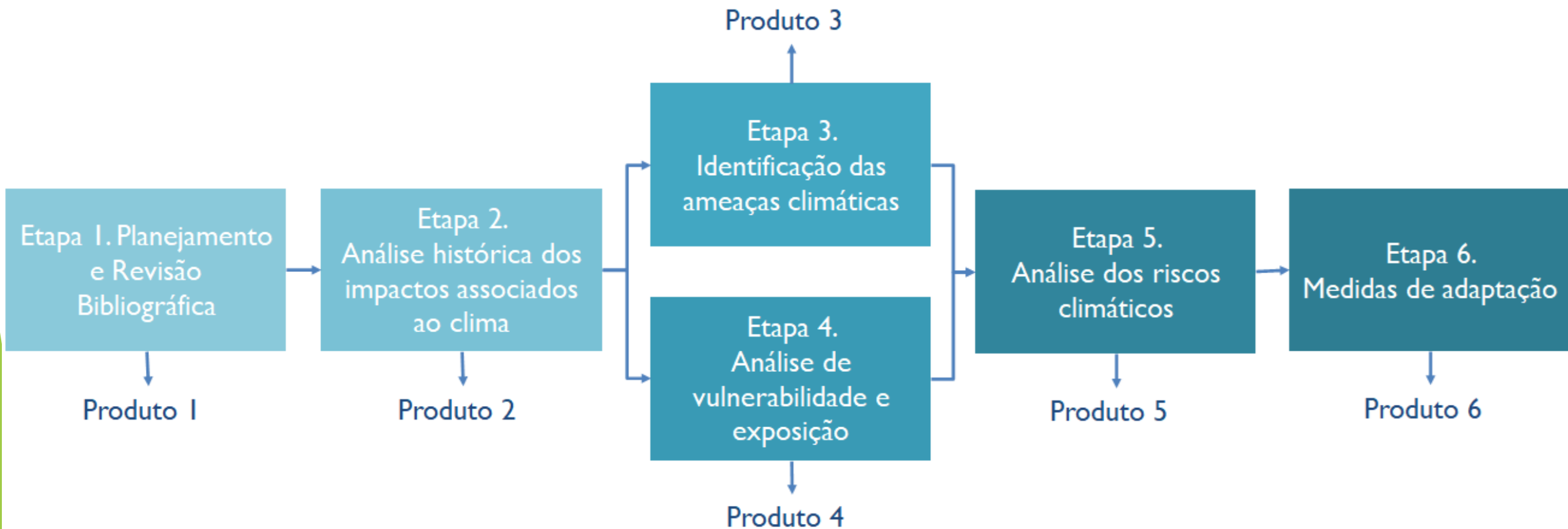
Apresentação do Estudo AdaptaVias

Objetivo Geral:

- Visa identificar e analisar os **impactos e riscos da mudança do clima** na **infraestrutura de transportes terrestres**, rodoviário e ferroviário

Um esforço empreendido pelo **Ministério da Infraestrutura do Brasil**, implementado pela **GIZ**, com apoio do **MCTI** e **INPE**, e executado pela parceria formada entre a **GITEC Brasil** e o **Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ**, no âmbito do PROADAPTA.

Etapas do Estudo



Identificação e análise dos estudos de riscos e impactos à infraestrutura de transporte terrestre

Para análise de impactos à infraestrutura nos baseamos no ***National Research Council (2008)***.

Os impactos são **divididos por tipo de ameaça climática** (por exemplo, altas temperaturas/ondas de calor, precipitação intensa, condições de seca, etc.)

Foram consideradas **10 ameaças climáticas** e para cada uma delas foram coletados em média **5 impactos para cada tipo de infraestrutura** (rodoviária e ferroviária).

Os estudos sobre a temática ainda **são bem limitados**, principalmente no que se refere aos impactos à infraestrutura ferroviária.

Identificação e análise dos estudos de riscos e impactos à infraestrutura de transporte terrestre

Precipitação: Precipitação Intensa

Impactos à infraestrutura rodoviária

Diminuição da vida útil do pavimento, devido a danos prematuros de materiais e estrutura (deflexões relativamente grandes, fissuras transversais e deformação permanente)

Sobrecarga nos sistemas de drenagem, causando inundações de rodovias (pavimentadas e não pavimentadas) e/ou colapso da estrutura

Deslocamento de massa de solo e rocha mais frequentes, gerando bloqueios ou mesmo colapso da via

Erosão das camadas do pavimento rodoviário e de fundações de ponte rodoviária

Fonte: National Research Council (2008); Evans et al. (2009); Nemry & Demirel (2012); Dawson (2014); Rattanachot et al. (2015); Mndawe et al. (2015); Dawson et al. (2016); e World Bank (2017).

Impactos à infraestrutura ferroviária

Danos às camadas do pavimento ferroviário (desguarnecimento de lastro, bombeamento de finos, colmatção e contaminação de lastro)

Sobrecarga nos sistemas de drenagem, causando inundações de via permanente e/ou colapso da estrutura

Deslocamento de massa de solo e rocha mais frequentes, redução da VMA (velocidade máxima autorizada) ou mesmo colapso da via

Erosão do subleito da via permanente e de fundações de ponte ferroviária

Fonte: National Research Council (2008); Nemry & Demirel (2012); Rattanachot et al. (2015); Dikanski et al. (2016); Dawson et al. (2016); Binti Sa'adin et al. (2016); e Wang et al. (2020).

Determinação dos principais dados e indicadores de risco climático na bibliografia

Indicadores de ameaça

Indicadores de exposição

Indicadores de vulnerabilidade:

- Indicadores de sensibilidade
- Indicadores de capacidade adaptativa

Compilação das principais conclusões de estudos nacionais e internacionais

- A mudança do clima **cria vários desafios para o setor de transportes**, que é **altamente vulnerável às condições de tempo e clima** devido à ocorrência de eventos climáticos extremos (Koetse & Rietveld, 2012; IPCC, 2014; PBMC, 2014; Rattanachot et al., 2015, Bachner, 2016).
- A **vida útil da infraestrutura pode ser reduzida** devido o aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos.

Compilação das principais conclusões de estudos nacionais e internacionais

- O risco climático de uma infraestrutura de transporte **depende de uma variedade de fatores**, incluindo sua natureza, localização, características de projeto e práticas de construção (Rattanachot et al., 2015) - **A tomada de decisão é fundamental** sobre quando e onde a infraestrutura deve ser desenvolvida e/ou aprimorada.
- Os impactos na infraestrutura de transporte terrestre **geram custos adicionais de manutenção, recuperação ou reconstrução de ativos** eventualmente danificados, de maneira que determinados efeitos são percebidos imediatamente, enquanto outros manifestam-se em médio ou longo prazo.
- **A literatura** sobre os impactos da mudança climática e adaptação do setor de infraestrutura de transportes **é principalmente qualitativa**, apresentam recomendações gerais e alertas baseados em estudos gerais das condições de tempo (Chinowsky & Arndt, 2012).

Compilação das principais conclusões de estudos nacionais e internacionais

Rodoviário

- Eventos climáticos extremos podem **comprometer seriamente a integridade e a segurança da infraestrutura rodoviária** (acidentes, impactos na mobilidade).
- A **redução da vida útil do pavimento** relacionada à mudança do clima é fortemente evidenciada.





Compilação das principais conclusões de estudos nacionais e internacionais

Rodoviário

- Muitos são os potenciais impactos de ameaças e condições climáticas adversas no transporte rodoviário como:
 - **Altas temperaturas e ondas de calor**, com risco de expansão térmica em juntas de expansão de pontes e superfícies pavimentadas, deformação permanente;
 - **Precipitações intensas**, com aumentos na inundação de rodovias (pavimentadas e não pavimentadas) e túneis subterrâneos, sobrecarga dos sistemas de drenagem, causando *backups* e inunda es nas vias, deslocamento de massa de solo e rocha mais frequentes que geram bloqueios ou mesmo colapso da via, erosão das camadas do pavimento rodoviário e funda es de ponte;
 - **Baixas precipita es ou condi es de Seca**, com maior suscetibilidade a incêndios florestais com danos permanentes na infraestrutura, risco de deslocamento de solo em áreas degradadas por erosão.

5. Compilação das principais conclusões dos estudos nacionais e internacionais

Ferrovário

- As condições meteorológicas extremas impactam nas operações ferroviárias e na segurança, com possíveis danos materiais, ferimentos e mortes (Binti Sa'adin et al., 2016). A infraestrutura ferroviária é uma das mais afetadas pelos impactos da mudança do clima em todo o mundo (Heinz-Peter, 2017).





5. Compilação das principais conclusões dos estudos nacionais e internacionais

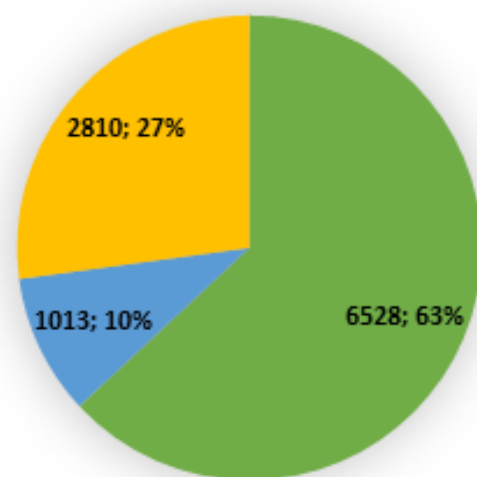
Ferrovário

- Os potenciais impactos das ameaças climáticas e condições climáticas adversas que podem ser ocasionados pelos riscos climáticos à infraestrutura de transporte ferroviário são:
 - **Altas temperaturas e ondas de calor**, com flambagem do trilho (empenamento), gerando defeitos de geometria e comprometendo o uso da via e superaquecimento de equipamentos elétricos.
 - **Precipitação intensa**, aumentos das inundações de linhas ferroviárias e túneis subterrâneos e de sistemas de passagem subterrânea, deslocamento de massa de solo e rocha mais frequentes (deslizamentos), e riscos associados que podem causar descarrilamento, por exemplo.
 - **Baixa Precipitação - Condições de Seca**, como maior suscetibilidade a incêndios florestais que ameaçam diretamente a infraestrutura de transporte, alterações na catenária da rede de alimentação elétrica aérea (cabos elétricos), devido ao recalque diferencial do solo (variação na cota do terreno) em torno das fundações e maior suscetibilidade a deslizamentos de solo em áreas atingidas por incêndios florestais.

Base de dados sobre os impactos danos e prejuízos causados à infraestrutura terrestre

Análise dos dados de impactos climáticos (Rodovias):

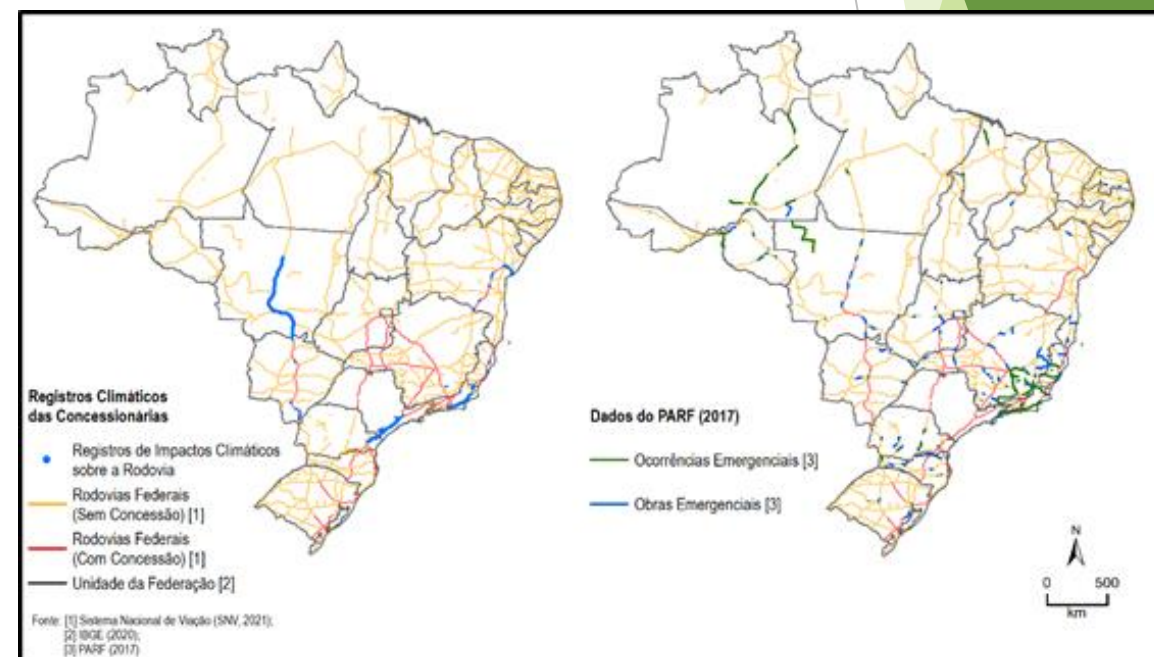
Proporção dos dados georreferenciados de rodovias



■ Concessionárias ■ DNIT (PARF - 2017) ■ Dados Inválidos ou Não Disponíveis

Fonte: Elaboração própria (2021).

Localização dos registros de impactos climáticos nas rodovias.

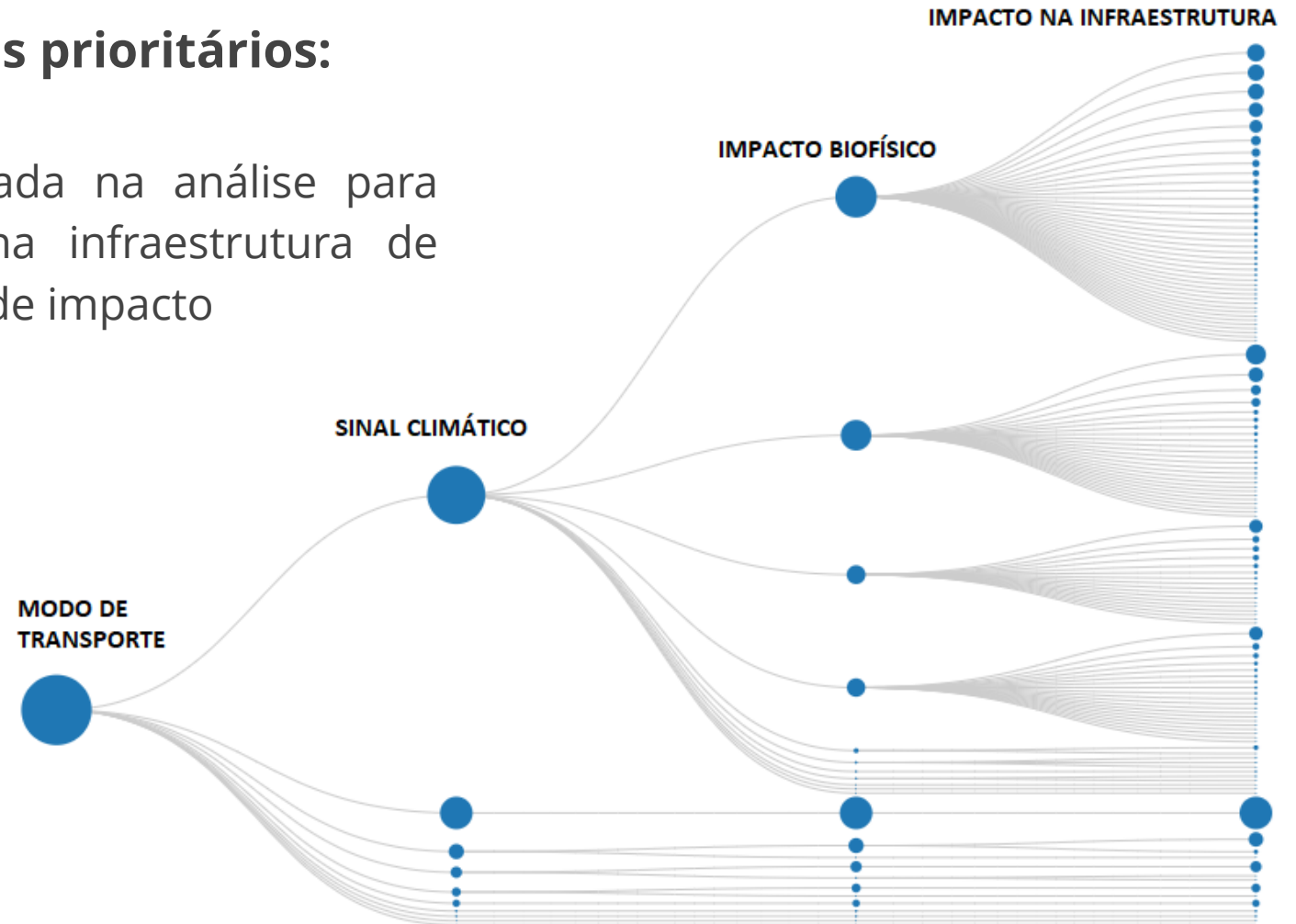


Fonte: Elaboração própria com base em SNV (2021); IBGE (2020) e PARF (2017)

Base de dados sobre os impactos danos e prejuízos causados à infraestrutura terrestre

Identificação dos impactos potenciais prioritários:

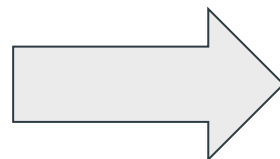
- A Figura ilustra a estrutura empregada na análise para definição dos impactos potenciais na infraestrutura de transporte e a elaboração das cadeias de impacto



Base de dados sobre os impactos danos e prejuízos causados à infraestrutura terrestre

Identificação dos impactos potenciais prioritários: Rodovias

Alagamento
Assoreamento
Ciclone
Descarga Atmosférica
Deslizamento
Elevada Contribuição de Bacia Hidrográfica
Erosão
Incêndio
Inundação
Não Aplicável
Não informado
Precipitação e Ventos
Queda de Componente Arbóreo
Vendaval



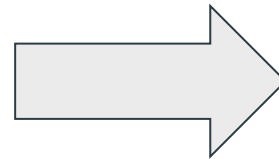
Alagamento/inundação
Assoreamento
Deslizamento
Erosão
Incêndios/queimadas
Vendaval/ventos fortes
Descarga elétrica
Aumento do nível do mar?

*Apesar de não aparecer nas bases de dados, devido à relevância, foi incluído na lista de impactos potenciais prioritizados.

Base de dados sobre os impactos danos e prejuízos causados à infraestrutura terrestre

Identificação dos impactos potenciais prioritários: Ferrovias

Alagamento
Assoreamento
Colapso da estrutura
Colapso do aterro da plataforma
Deslizamento
Deslizamento e colapso do aterro da plataforma
Erosão
Incêndio em dormentes
Incêndio em vegetação
Inundação
Não relativo à impactos climáticos
Ondas de calor
Queda de Árvores
Queda de rochas
Queima de dormentes
Queimadas e incêndios florestais



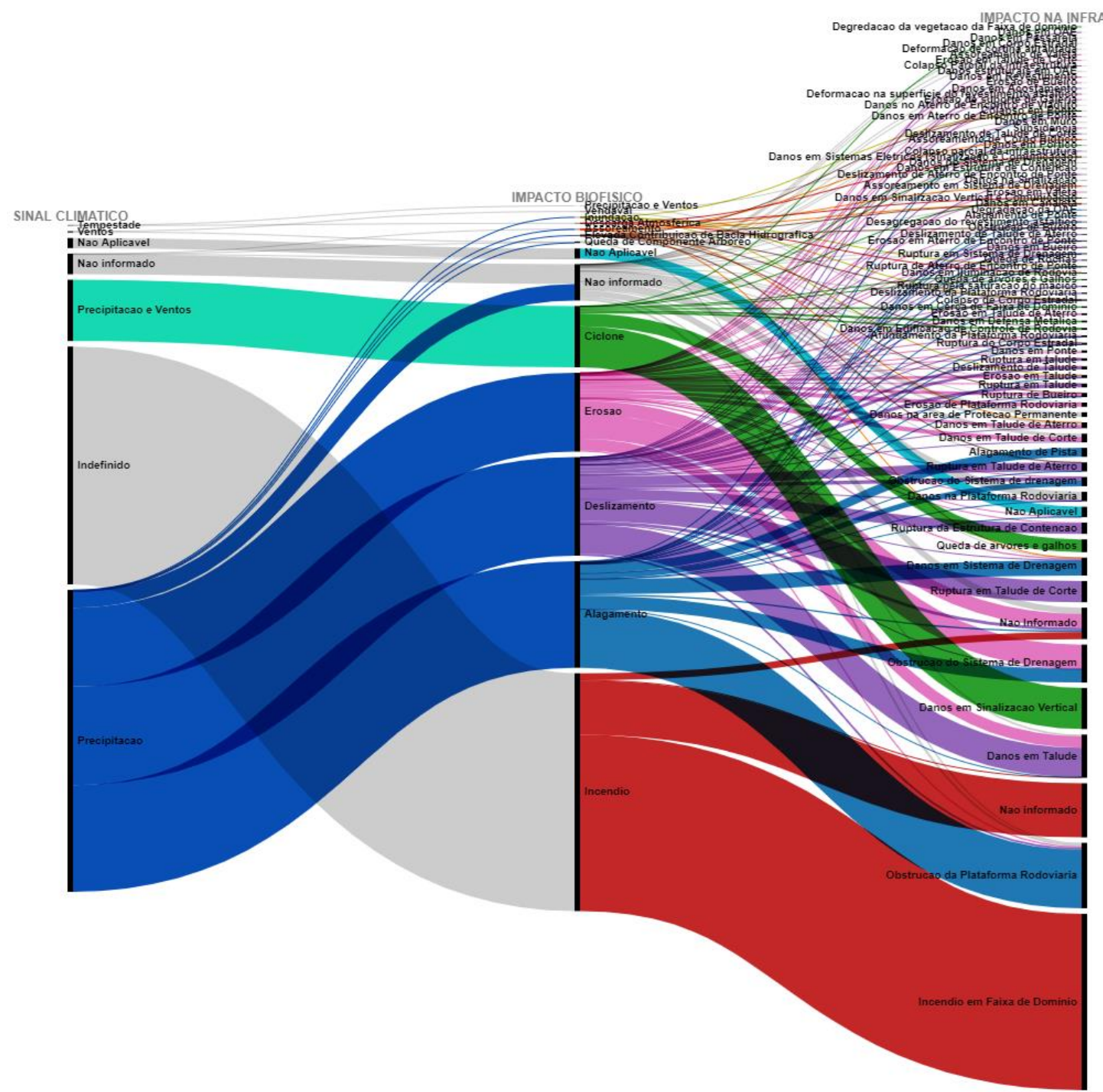
Alagamento/inundação
Assoreamento
Deslizamento
Erosão
Incêndios e queimadas
Temperaturas altas (flambagem dos trilhos & impactos no sistema)
Aumento do nível do mar*

*Apesar de não aparecer nas bases de dados, devido à relevância, foi incluído na lista de impactos potenciais prioritizados.

Síntese histórica resultante:

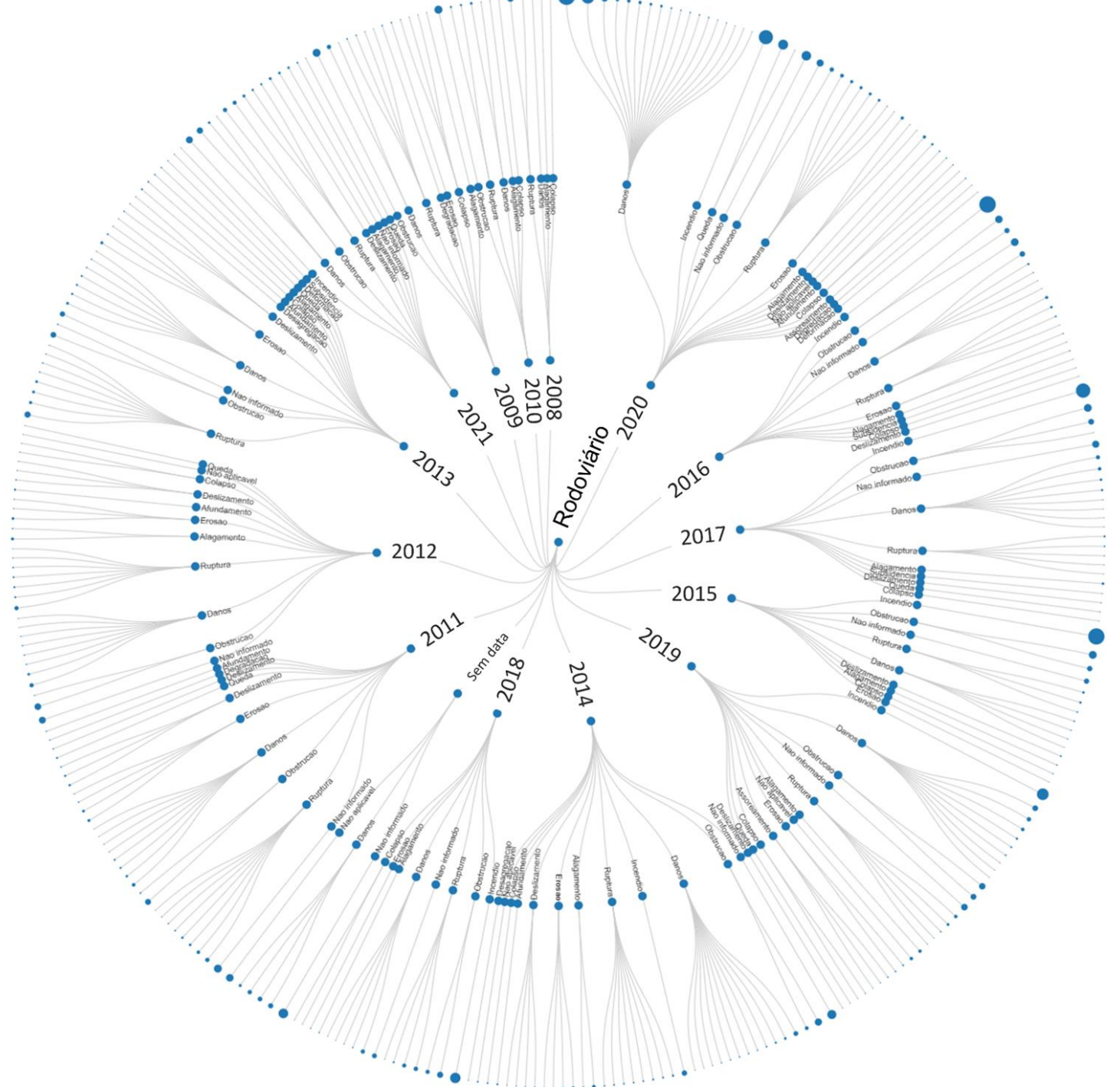
Rodovias

- sinal climático de **precipitação** é o mais relevante;
- impacto biofísico de **incêndio** se apresenta com maior volume entre os considerados;
- quantidade considerável de **impactos na infraestrutura**.



Síntese histórica resultante:

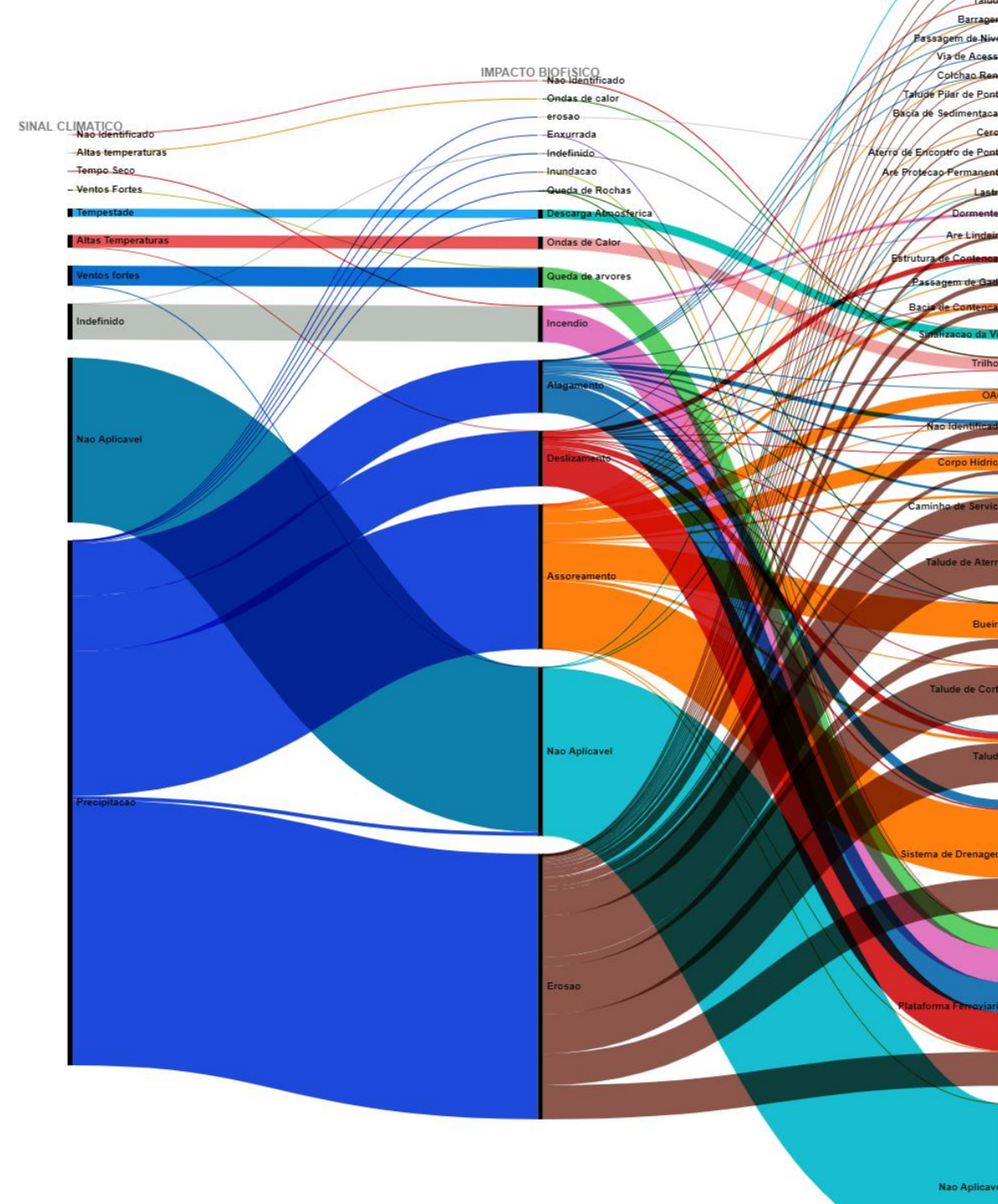
Rodovias



Síntese histórica resultante:

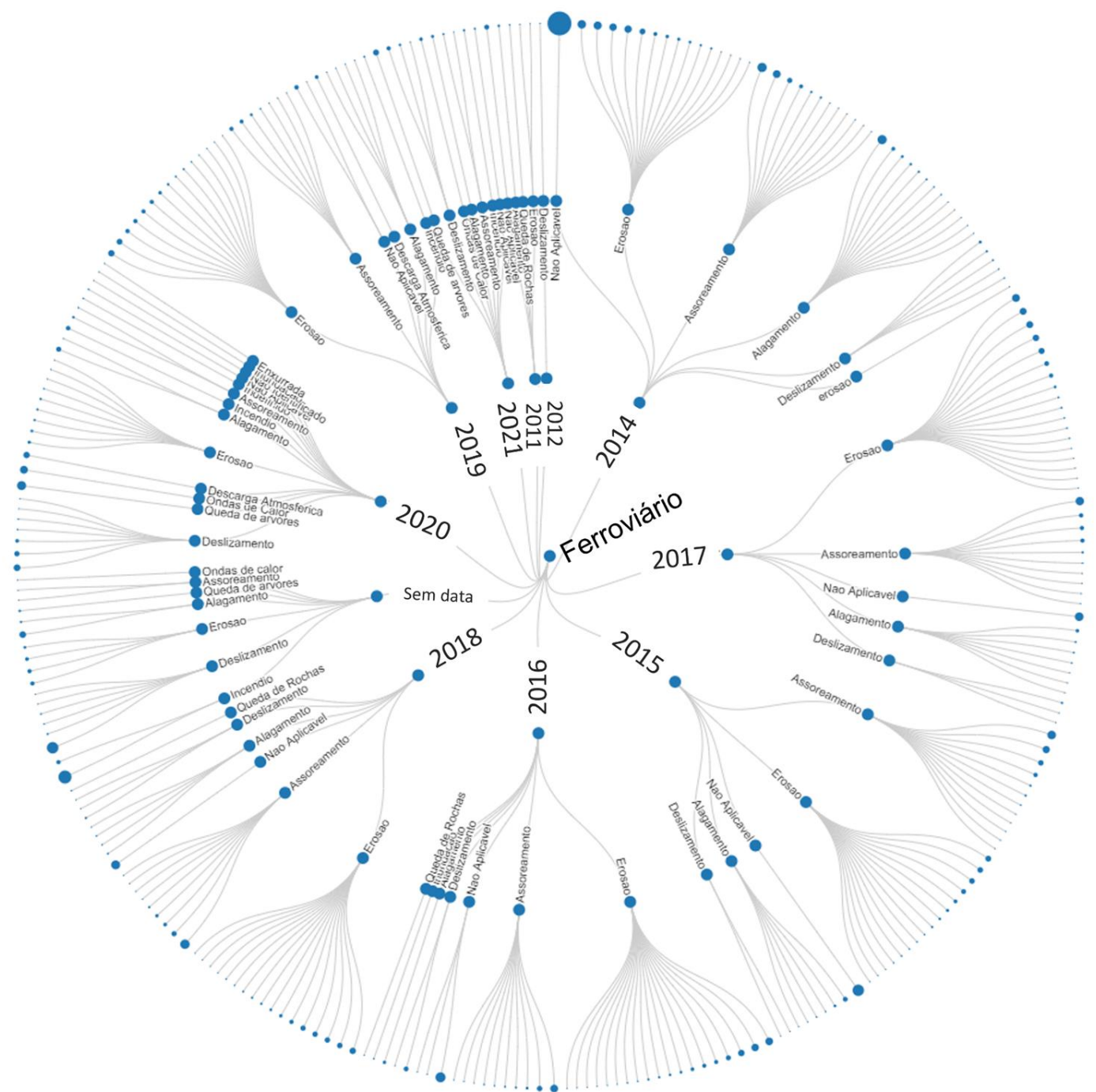
Ferrovias

- sinal climático de **precipitação** é o mais relevante;
- impacto biofísico de **erosão** se apresenta com maior volume entre os considerados;
- quantidade considerável de **impactos na infraestrutura**



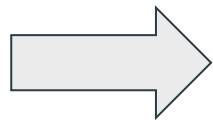
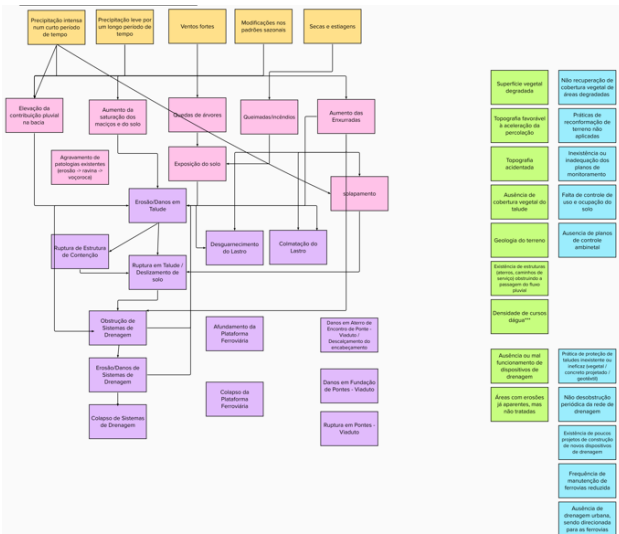
Síntese histórica resultante:

Ferrovias

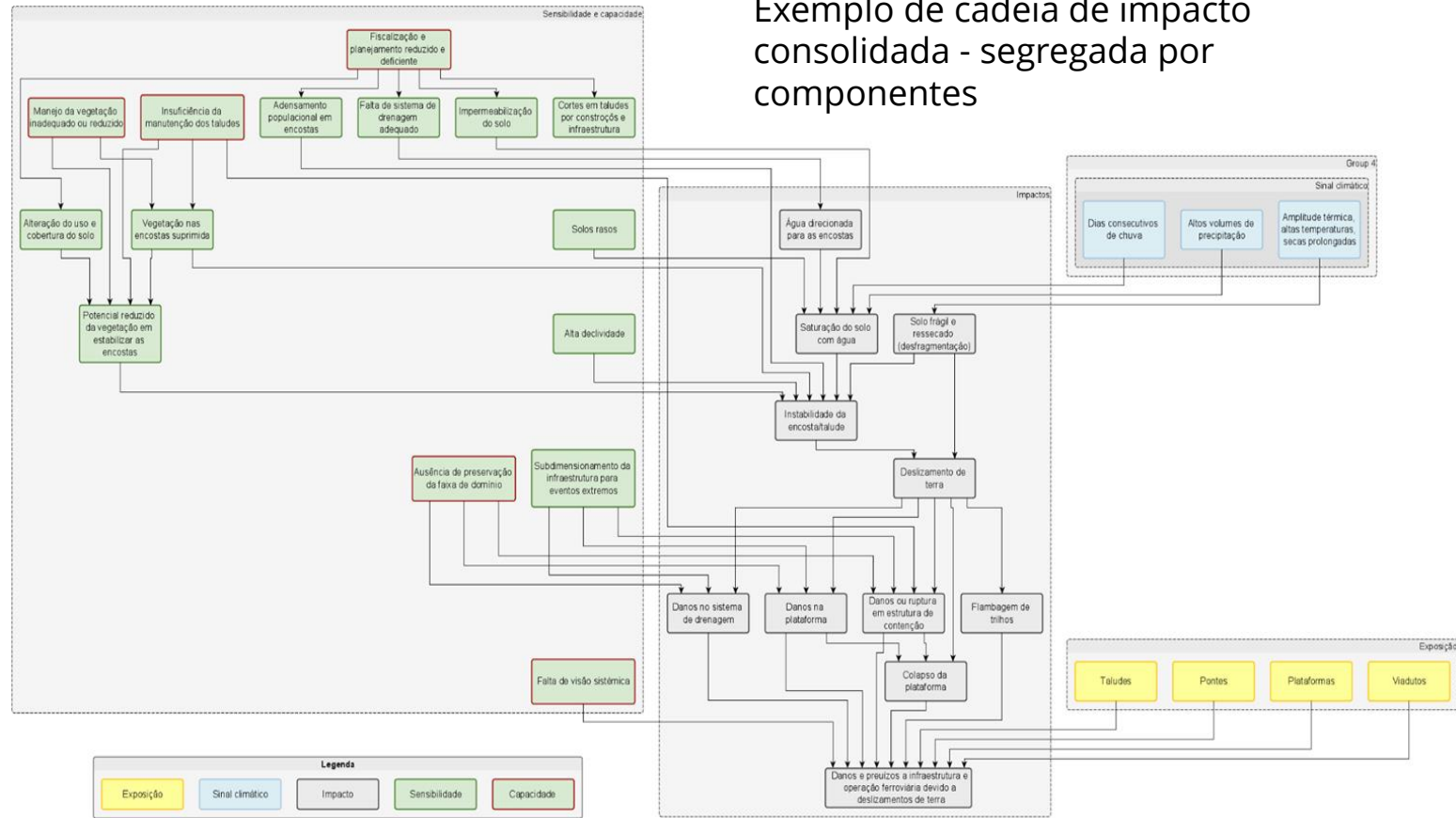


Cadeias de Impacto

Cadeias de Impacto consolidadas:



Exemplo de cadeia no Mural - resultado das oficinas participativas



Exemplo de cadeia de impacto consolidada - segregada por componentes

Cadeias de Impacto

Cadeias de Impacto consolidadas:

Para os impactos não priorizados para a elaboração das cadeias, são apresentadas tabelas com os fatores identificados a partir da análise da literatura e das bases:

Impacto biofísico	Sinal Climático	Sensibilidade	Capacidade	Principais danos e prejuízos na infraestrutura e operação
Deslizamento de terra	Alto volume de precipitação em pouco tempo Dias consecutivos de chuva	Supressão da vegetação nas encostas Solos rasos Alta declividade Cortes em taludes por construções e infraestrutura Sistema de drenagem inadequada Geomorfologia (declividade das vertentes) Subdimensionamento da infraestrutura para eventos extremos Assoreamento progressivo	Inexistência ou inadequação dos planos de monitoramento de deslizamentos Fiscalização do uso e ocupação do solo reduzido Ausência de preservação de faixa de domínio Não recuperação de cobertura vegetal de áreas degradadas Falta de uma visão sistêmica Insuficiência de manutenção de taludes Falta de manutenção preventiva ou corretiva da rodovia	Ruptura em talude de aterro Ruptura em talude de corte Ruptura da estrutura de contenção Obstrução do Sistema de drenagem Danos em Sistema de drenagem Ruptura em Sistema de drenagem Afundamento da Plataforma Rodoviária Colapso parcial da infraestrutura Colapso de corpo estradal
Incêndios/queimadas	Altas temperaturas máximas e médias	Vegetação degradada/Uso indevido do solo Infraestrutura rodoviária frágil	Inexistência ou inadequação dos planos de monitoramento de incêndios/ queimadas	Danos em proteção vegetal de talude Incêndio em faixa de domínio podendo afetar a



OBRIGADA!

Profa. Andréa Santos, D.Sc.

Programa de Engenharia de Transportes – COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro

andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br

VIA
VIVA



VIRTUAL
• 2021 •

19 a 21 de Outubro

