

Desenvolvimento de infraestrutura de transporte resiliente ao clima

Profa. Andrea Santos, D.Sc.
Programa de Engenharia de Transportes -
COPPE UFRJ, Brasil

Via Viva 2023
Brasília - novembro de 2023





Andrea Santos (She/Her)

University Professor #climatechange #sustainabletransportation

Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil · [Informações de contato](#)

1.705 seguidores · + de 500 conexões

www.linkedin.com/in/andrea-santos-15971a2b

LabTS Laboratório
de Transporte Sustentável
SUSTAINABLE TRANSPORT LAB
PET - COPPE - UFRJ



Programa de Engenharia de
Transportes - PET/COPPE



Universidade Federal do Rio
de Janeiro

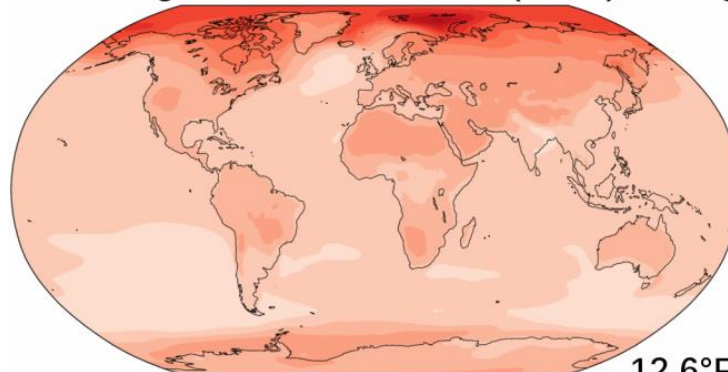


Programa de Engenharia
de Transportes
COPPE - UFRJ



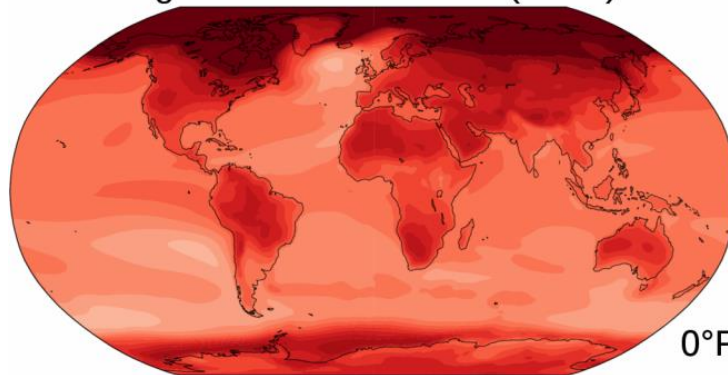
Source: IPCC Climate Change Report 2021 (via Berkeley Lab News Center)

Warming distribution at 1.5°C (2.7°F) average



12.6°F 7°C

Warming distribution at 4.0°C (7.2°F)



0°F 0°C

Acordo de Paris: Manter a temperatura em 1.5°C não mais que 2°C





Eventos climáticos extremos estão cada vez mais frequentes e intensos...

Fenómenos meteorológicos extremos sin precedentes



The background of the slide is an aerial photograph of a complex highway interchange with multiple lanes and overpasses. A large, semi-transparent green rectangle covers the left and central portions of the image. A thick white diagonal slash cuts across the green area from the bottom left towards the top right.

Como os eventos climáticos
extremos têm impactado a
infraestrutura de transportes?



Programa de Engenharia
de Transportes
COPPE - UFRJ

Mudanças climáticas como temperaturas extremamente altas, chuvas intensas levando a inundações, ventos e/ou tempestades mais intensas e a subida do nível do mar podem afetar seriamente as infraestruturas de transportes, operações, mobilidade para subsetores: rodovias, ferrovias, navegação e aviação.

IPCC (2022)



Chapter 10: Transport

Coordinating Lead Authors: Suzana Kahn Ribeiro (Brazil), Peter Newman (Australia)

Lead Authors: Subash Dhar (India), Ogheneruona Diemuodeke (Nigeria), Paulina Jaramillo (USA), Tsutomu Kajino (Japan), David S. Lee (UK), Sudarmantobudi Nugroho (Indonesia), Xunmin Ou (China), Anders Hammer Stromman (Norway)

Contributing Authors: Otavio Cavalett (Brazil), Michael Craig (USA), Maximilian Held (Switzerland), Christine Hung (Norway), Alan Jenn (USA), Paul Kishimoto (USA), Helene Muri (Norway), Shivika Mittal (India), Minal Pathak (India), Daniel Posen (Canada), **Andrea Santos (Brazil)**, Rohit Sharma (India), Benjamin Sovacool (Denmark/United Kingdom), Linda Steg (Netherlands), Jake Whitehead (Australia), Sonia Yeh (Sweden), Aranya Venkatesh (USA/India), Lorenzo Uzai (Italy)

Review Editors: Lynette Cheah (Singapore), Ralph E H Sims (New Zealand)

Chapter Scientist: Yuan Gao (China)

Date of Draft: 07/01/2020

Alterações na temperatura e precipitação

- Ondas de calor
- Enchentes
- Inundações
- Tempestades
- Deslizamentos de terra
- Elevação do nível médio do mar



O que diz o IPCC - AR6?

- Todas as rodovias, Obras de Artes Estruturais (pontes, túneis, etc.), sistemas ferroviários, aéreos e portos provavelmente serão afetados de alguma forma (IPCC, 2021 - WGIII, Ch 10).
- Os pavimentos flexíveis são particularmente vulneráveis a temperaturas extremamente elevadas que podem causar deformação permanente e afundamento de asfalto (Underwood et al. 2017; Qiao et al., 2019; IPCC, 2021).

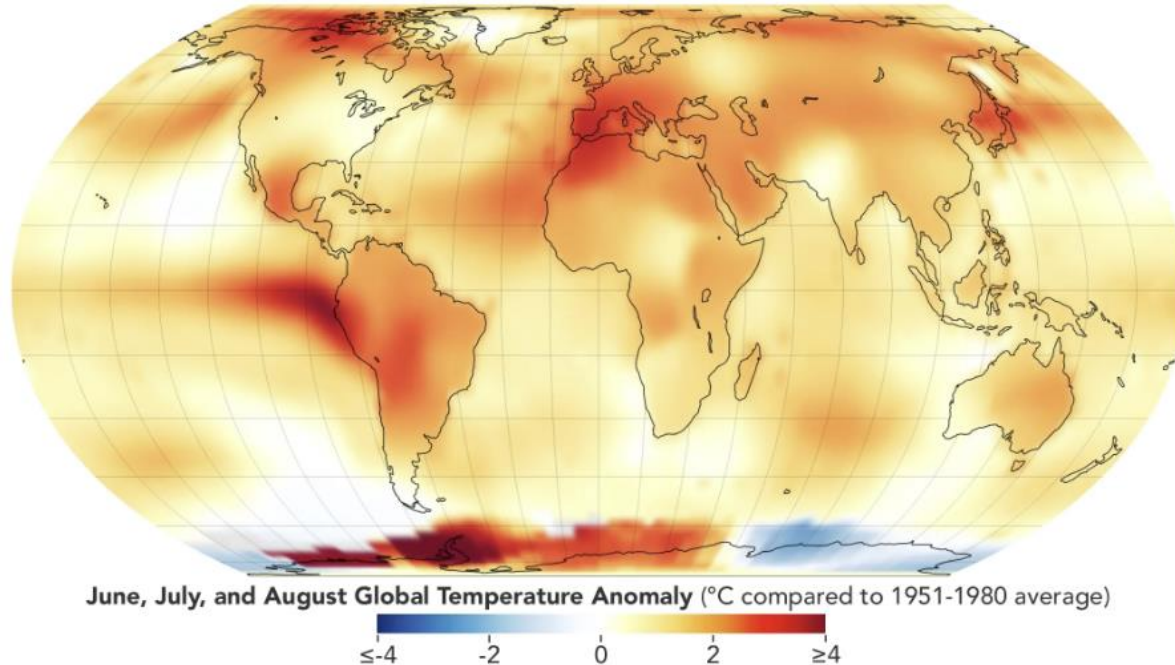


O que diz o IPCC - AR6?

- Os sistemas ferroviários também são vulneráveis, com uma variedade de perigos, tanto meteorológicos quanto não meteorológicos, afetando a vida útil dos ativos ferroviários (IPCC, 2021 - WGIII, Ch 10).



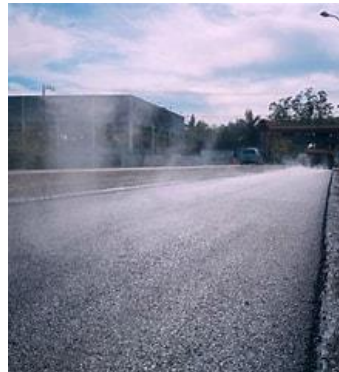
- Os **danos anuais** do setor de transportes europeu relacionados ao clima foram de US\$ 820 milhões em 2017 e devem aumentar para US\$ 12,2 bilhões até 2100.
- Mesmo se limitarmos o aquecimento a 1,5 ou 2 graus, os **custos operacionais** aumentariam em pelo menos 33%.



Altas temperaturas/ Ondas de calor: impactos diretos

- No caso das consequências associadas às altas temperaturas, há um predomínio do **nível médio de riscos**, atingindo 63,2% da malha rodoviária brasileira.
- Os trechos mais afetados estão no interior do país (AdaptaVias).

Propriedades do material - Redução da rigidez e resistência do asfalto, aumento do índice internacional de rugosidade (IRI)





- **Defeitos**

Deflexões relativamente grandes, fissuras transversais e taxa de deformação asfáltica.

- **Propriedades do material**

Redução da rigidez e resistência da camada asfáltica, Aumento do Índice Internacional de Rugosidade (IRI)



Impactos indiretos

A mudança do clima, especificamente o **aumento das temperaturas**, têm um impacto significativo na segurança viária, com variações regionais e disparidades demográficas.

- Por que e como o aumento da temperatura afeta a segurança nas estradas?
- Como podemos mitigar isso?



Estratégias de Mitigação e Adaptação (Estrutural)

- Técnicas de Resfriamento de Pavimentos
- Suprimir a temperatura do pavimento superficial
- Novos materiais
- Sensores para medir a temperatura do trilho e aplicar restrições de velocidade em períodos de altas temperaturas.

Pavimento evaporativo



Pavimentos Refletivos



Pavimento permeável

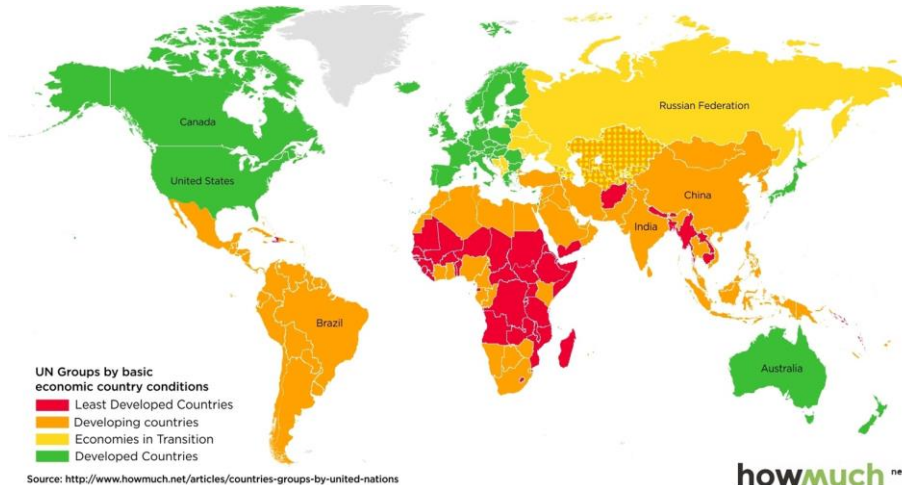


Sensores



Estratégias de Mitigação e Adaptação (Não-Estrutural)

- Planejamento – Seleção de materiais suscetíveis à temperatura, como ligante asfáltico, considerando toda a vida útil
- Obtenção de mapas temáticos para territórios - extremamente útil para engenheiros para seleção de ligante asfáltico
- Conhecimento da significância estatística dos efeitos das tendências de temperatura em pavimentos



Como tornar a infraestrutura de transportes mais resiliente?

- Sinergia entre ações: mitigação e adaptação
- A emergência climática exige ações imediatas: infraestrutura verde, soluções baseadas na natureza - SbN, novos materiais, modernização, etc.
- Construção de diques, considerando o provável aumento do nível do mar em 1 m (IPCC - AR6)
- Planejamento de curto, médio e longo prazo



Análise de Risco Climático

Capacidade Adaptativa

Governança:
Estratégia
Gerenciamento de
Risco e Métricas
Objetivos





Andrea Santos
Profa. COPPE/UFRJ
andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br

<http://www.pbmc.coppe.ufrj.br>
www.pet.coppe.ufrj.br

Instagram @Prof_Andrea_Santos

