

# INVESTIMENTO EM RESILIÊNCIA PARA INFRAESTRUTURAS E CONTINUIDADE DAS FUNÇÕES CRÍTICAS

## INVESTMENT IN RESILIENCE FOR INFRASTRUCTURES AND CONTINUITY OF CRITICAL FUNCTIONS

### INVERSIÓN EN RESILIENCIA PARA INFRAESTRUTURAS Y CONTINUIDAD DE FUNCIONES CRÍTICAS

**Silvana V Croope, PhD**

Systems & Technology Resilience Solutions LLC/EUA

[silcroope@gmail.com](mailto:silcroope@gmail.com)

**Frank Broen, ESP**

Metro Analytics LLC/EUA

[fbroen@metroanalytics.com](mailto:fbroen@metroanalytics.com)

**Chris Huffman, BEL**

Huffman Corridor Consulting LLC/EUA

[chuffman@huffmancorridorconsulting.com](mailto:chuffman@huffmancorridorconsulting.com)

**Viviane Coelho de Sellos-Knoerr, PhD**

Centro Universitário Curitiba/Brazil

[viviane.knoerr@unicuritiba.com.br](mailto:viviane.knoerr@unicuritiba.com.br)

#### RESUMO

Este artigo discute o processo para desenvolver negócios para a resiliência em infraestrutura e continuidade do funcionamento das funções críticas, usando para esta discussão a revisão da literatura e o conhecimento prático dos especialistas em resiliência e estudo de casos. O modelo apresenta a análise de risco, a identificação de recursos, as técnicas de interoperabilidade e os prós e contras da fusão do conhecimento com IA. Atualmente a resiliência pode ser definida como a capacidade de preparar, planejar, absorver, recuperar e adaptar com mais sucesso as infraestruturas a eventos adversos. Identificados vários modelos de resiliência dos sistemas, verificou-se a ausência de um processo consolidado de investimento em resiliência. Os projetos de resiliência envolvem vários níveis hierárquico do poder público com o setor privado e ONGs. Os negócios para resiliência resultam de processos escaláveis visando o planejamento intermediário e a longo prazo pela fusão da inteligência multidisciplinar e auxílio de IA.

**Palavras-chave:** Caso de negócios; Resiliência; Decisões baseadas em dados; Infraestrutura de transporte; IA.

#### ABSTRACT

This article discusses the process for developing business for infrastructure resilience and continuity of critical functions, using a literature review and practical knowledge from resilience experts and case studies for this discussion. The model presents risk analysis, resource identification, interoperability techniques, and the pros and cons of merging knowledge with AI. Resilience can currently be defined as the ability to prepare, plan, absorb, recover, and adapt infrastructures more successfully to adverse events. Several models of system resilience have been identified, but a consolidated process for investing in resilience has been found. Resilience projects involve several hierarchical levels of government, the private sector, and NGOs. Business for resilience results from scalable processes aimed at intermediate and long-term planning by merging multidisciplinary intelligence and AI assistance.

**Keywords:** Business case; resilience; data driven decisions; transportation infrastructure; AI.



## RESUMEN

Este artículo analiza el proceso de desarrollo de negocios para la resiliencia en infraestructura y la continuidad de la operación de funciones críticas, utilizando para esta discusión la revisión de la literatura y el conocimiento práctico de expertos en resiliencia y estudios de casos. El modelo presenta análisis de riesgos, identificación de recursos, técnicas de interoperabilidad y los pros y los contras de fusionar conocimientos con IA. Actualmente, la resiliencia se puede definir como la capacidad de preparar, planificar, absorber, recuperar y adaptar con mayor éxito las infraestructuras ante eventos adversos. Identificados varios modelos de resiliencia de los sistemas, se verificó la ausencia de un proceso consolidado de inversión en resiliencia. Los proyectos de resiliencia involucran varios niveles jerárquicos, desde autoridades públicas hasta el sector privado y ONG. Las empresas para la resiliencia son el resultado de procesos escalables destinados a la planificación a mediano y largo plazo mediante la fusión de inteligencia multidisciplinaria y asistencia de IA.

**Palabras clave:** Caso de negocio; Resiliencia; Decisiones basadas en datos, Infraestructura de transporte; IA.

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da discussão sobre resiliência de sistemas da ciência para a implementação prática que permite uma abordagem sistemática, repetível, interoperável e flexível para investimentos atrativos, potenciais e viáveis é discutida. Lições aprendidas e exemplos de abordagens bem-sucedidos ilustram como tal tarefa foi realizada aproveitando e influenciando políticas públicas, incluindo a inclusão observada e ideias de aplicação de tecnologias semelhantes à IA. Um processo de três estágios para "defender a resiliência numa caixa" é apresentado. A integração da resiliência em cinco modelos diversos e uma abordagem geral relativo ao custo da falha/falência ajudam a mostrar como tal processo pode ser usado por todos que buscam apresentar propostas de investimento em resiliência para proprietários ou gerentes de infraestrutura, autoridades eleitas, partes interessadas e a comunidade.

## 2 O CUSTO PERCEBIDO DA RESILIÊNCIA

Foram publicados diferentes aspectos da resiliência dos sistemas, preparando o terreno para a implementação; no entanto, falta um argumento comercial claro para a resiliência. A resiliência no sentido de liderança do DOT requer esforço contínuo e representa mais uma forma de pensar do que a aplicação de uma ferramenta ou técnica específica. A Figura 1 é uma representação visual desta realidade.

Figura 1 Resiliência numa Caixa



Fonte: os autores (2022).

A resiliência, tal como a segurança, no transporte pode ser difícil de definir e pode significar muitas coisas para muitas pessoas. Em geral, a resiliência pode ser definida como a capacidade de preparar e planejar, absorver, recuperar ou adaptar-se com mais sucesso a eventos adversos reais ou potenciais. Uma abordagem de caso de negócio é necessária para apoiar soluções de resiliência e deve incluir ferramentas de visualização para ajudar a avaliar, identificar e comunicar as necessidades, a visão e os benefícios. A maioria dos DETs tem algum nível de compreensão e provavelmente já tem algumas iniciativas em vigor para a resiliência e segurança das infraestruturas. Este esforço é auxiliado e desafiado pelos dados criados e crescentes utilizando sistemas de detecção de diversos sistemas de sensoriamento, sistemas chave de indicadores de desempenho e controles, que podem existir em silos, em sistemas de integração ou interoperação (TIBCO, 2024. CONTRIBUTOR; Kumar, 2024. U.S. DOT ITS JOINT PROGRAM OFFICE, 2020). As decisões baseadas em dados de risco e resiliência necessitam, portanto, se utilizar de tecnologias como a aprendizagem automática (de máquina) e a IA para ajudar a identificar os principais tipos de dados e análises num processo analítico e de fusão de conhecimentos (Mitchell; Harris, 2012). O caso de negócios e a comunicação para esse fim, entretanto, devem considerar muitos requisitos de nível federal, como:

- a) Lei Bipartidária de Infraestrutura de 2022;
- b) 2015 Fixing America’s Surface Transportation Act (“FAST Act”);
- c) Programa Nacional de Desempenho Rodoviário (PNDR); e a
- d) Lei de Avançar para o Progresso no Século XXI de 2012 (“MAP 21”) e políticas relacionadas.

A integração de uma abordagem abrangente de resiliência requer parceria com organizações locais e

regionais para identificar estrangulamentos do sistema que terão impacto tanto nas infraestruturas como nas funções críticas do governo. Os recursos necessários para recuperar de perturbações nestas duas áreas podem rapidamente ultrapassar as capacidades de qualquer agência ou mesmo nível de governo. O produto resiliência-in-a-box apresentado aqui é um resultado aprimorado de uma colaboração inicial entre o STRS, UniCuritiba, e a Metro Analytics. Representa tanto uma forma de pensar como um conjunto de ferramentas desenvolvidas para apoiar DETs e outras agências de transporte à medida que desenvolvem a sua resiliência e sistemas de segurança na forma de um caso de negócios convincente num espaço de alta tecnologia em rápida evolução.

A metodologia de investigação utilizada para apoiar este trabalho incluiu tanto a revisão da literatura como a prática de especialistas que devem produzir resultados resilientes para a infraestrutura, o ambiente construído e os processos humanos, tanto para o governo como para o público aproveitando as tecnologias.

### 3 O PROCESSO

O processo desenvolvido possui três etapas:

**Fase 1 – Definição de Resiliência e Identificação de Medidas:** Como afirmado acima, resiliência significa muitas coisas para muitas pessoas. O primeiro passo inclui uma análise do SDOT para definir a resiliência e desenhar metas e objetivos.

**Fase 2 – Análise de Risco e Desenvolvimento de Programa:** A análise de risco para um SDOT é um desafio particular, uma vez que a maioria dos SDOT são auto segurados e não estão familiarizados com o pensamento da tolerância ao risco através da lente da resiliência. Esta é uma área de significativa necessidade de pesquisa. Uma vez estabelecido o limite de risco, no entanto, o programa de resiliência é desenvolvido com a análise e o design da fase anterior entre parênteses pela análise de risco desta fase. O uso de IA para análise de risco é um processo de adoção em evolução.

**Fase 3 – Integração do Programa de Resiliência:** A análise, concepção e desenvolvimento de um programa não garante a sua implementação. A integração de um programa de resiliência inclui a comercialização do programa junto dos principais intervenientes internos e externos, a criação de parcerias intergovernamentais e público/privadas e a integração do programa nos quadros políticos existentes.

#### 3.1. Primeira Fase: Análise e Design de Resiliência

O esforço começa com uma análise dos atributos de Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (FFOA) para os esforços de resiliência e segurança do DETs. Essas informações estão organizadas em:

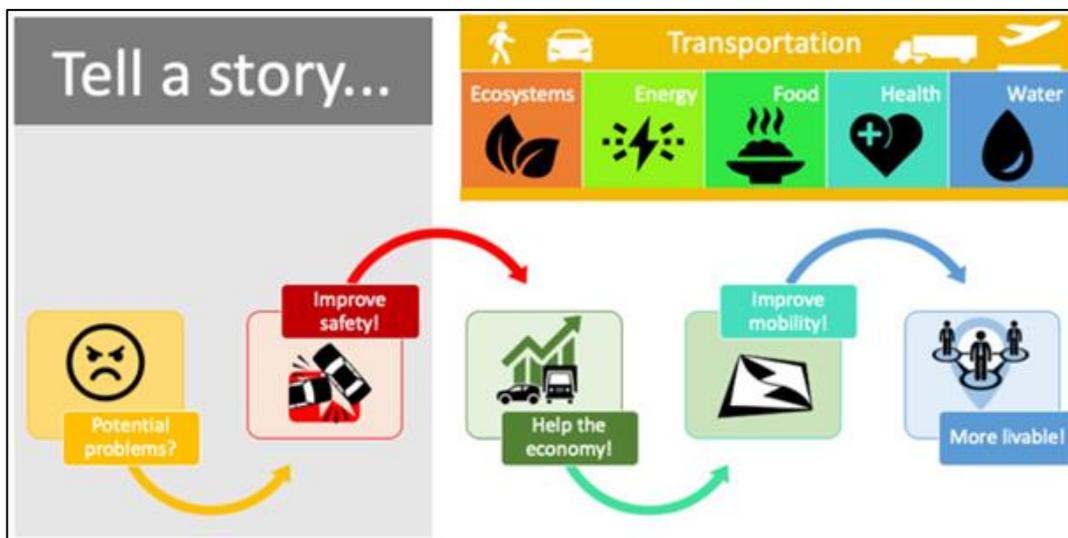
**Estratégias de desempenho:** que incluem estratégias para avaliar o sucesso da comunicação e identificar necessidades com base nessas características de referência. A IA e outras ferramentas analíticas podem ajudar a fornecer ideias para isso.

**Estratégias de Parceria:** Que incluem estratégias interagências e intra-agências.

**Business Case:** Que descreve a tolerância ao risco do SDOT em termos dos custos de interrupções em relação aos custos de preparação, que a IA e outras ferramentas analíticas podem ajudar a demonstrar, e

**Planos de Comunicação:** Que identificam como o caso de negócio é efetivamente comunicado. O objetivo do(s) plano(s) de comunicação é contar a história que obriga ao comprometimento de recursos apropriados para o esforço de resiliência/segurança. Um exemplo disso é representado graficamente na Figura 2, que também pode se beneficiar com o uso de ferramentas de IA como o ChatGPT (OPEN AI, 2015).

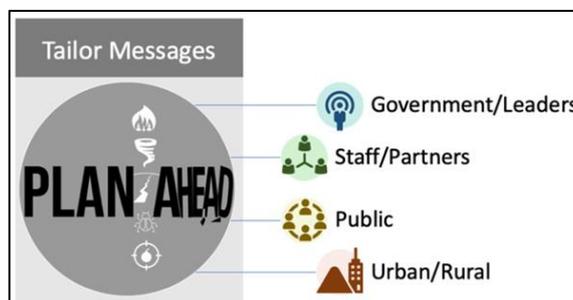
Figure 2 - Telling the Story for Resilience Investments



Source: the authors (2022).

O plano de comunicação deve ser customizado para as partes interessadas envolvidas no esforço em questão. Cada plano de comunicação transmite uma mensagem personalizada com detalhes técnicos e linguagem para as partes interessadas envolvidas, considerando as realidades políticas do local e da época, as características dos parceiros internos, o público em geral e a geografia (urbana vs. rural), conforme ilustrado na Figura 3.

Figure 3 - Resilience Business Case Communication



Source: the authors (2022).

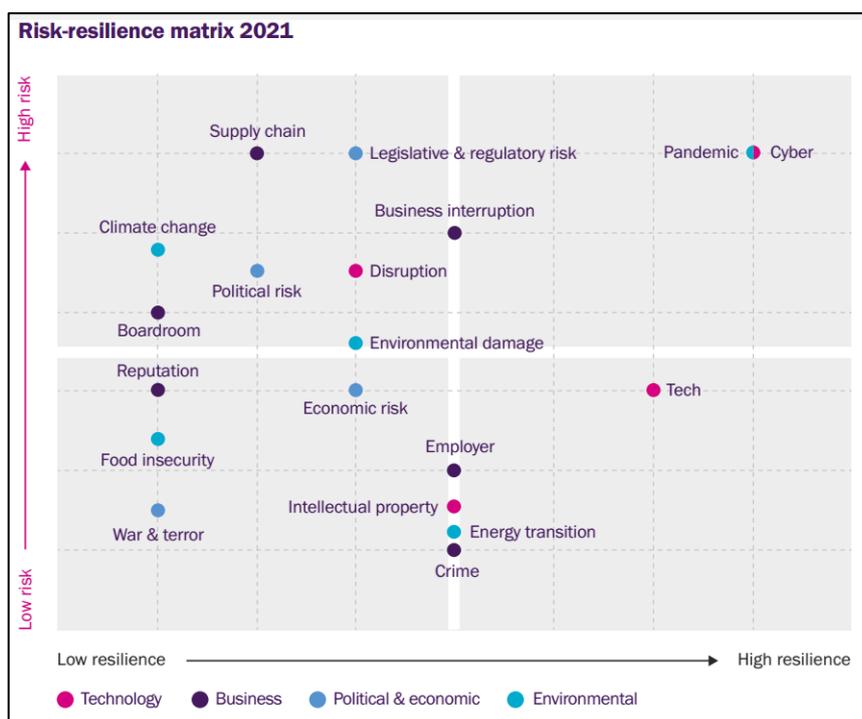
### 3.2 Segunda Fase: Análise de Risco e Desenvolvimento de Programa

Basicamente, o objetivo desse processo é facilitar conversas que visam moldar os produtos de maior valor para o DETs. O caso de negócios apresenta os produtos de maior valor através do enquadramento das seguintes questões para discussão:

- a) Onde estão os elementos críticos da infraestrutura?
- b) Onde estão as áreas com redundância zero?
- c) Onde estão os planos de triagem para a reconstrução de infraestruturas críticas?
- d) Onde estão os locais para realização do resgate e recuperação?
- e) Como são servidos?
- f) Onde estão os planos para recorrer ao apoio de múltiplas agências?

O conceito de análise de risco não é novo. Os DETs estão familiarizados há muito tempo com a análise de risco na área jurídica, na área de segurança e outras. O conceito de análise de risco em resiliência é, no entanto, um território desconhecido. A indústria de seguros há muito pratica a análise de risco e exemplos como a Matriz de Resiliência de Risco Beazley 2021 (conforme representado na Figura 4) fornecem uma estrutura para a análise de risco pós-pandemia na indústria de seguros.

Figure 4 - Risk-resilience matrix 2021



Source: adopted from Beazley (2021, 2023).

Tal como discutido acima, no entanto, a maioria dos DETs são auto-segurados, e um processo defensável e confiável através do qual um DET possa avaliar adequadamente a sua tolerância ao risco é uma necessidade significativa de investigação e aumento de prática. Este é um passo vital no desenvolvimento de um programa de resiliência de um DET e, como descreve o estudo de caso abaixo, pode ser uma fonte de debate considerável. A adoção de IA para análise de risco para metas de resiliência é algo que não é facilmente encontrado na literatura disponível publicamente e que poderia auxiliar os DETs nessa necessidade.

### 3.3 Construindo o Caso para Negócios

**Caso de Negócio Definido** – Um caso para negócio descreve o que é um curso de ação recomendado e então descreve *por que* ele deve ser realizado. O público-alvo de um caso de negócio é um grupo *externo* de partes interessadas ou tomadores de decisão. Um caso de negócios apresentará as razões para o curso de ação recomendado em termos de:

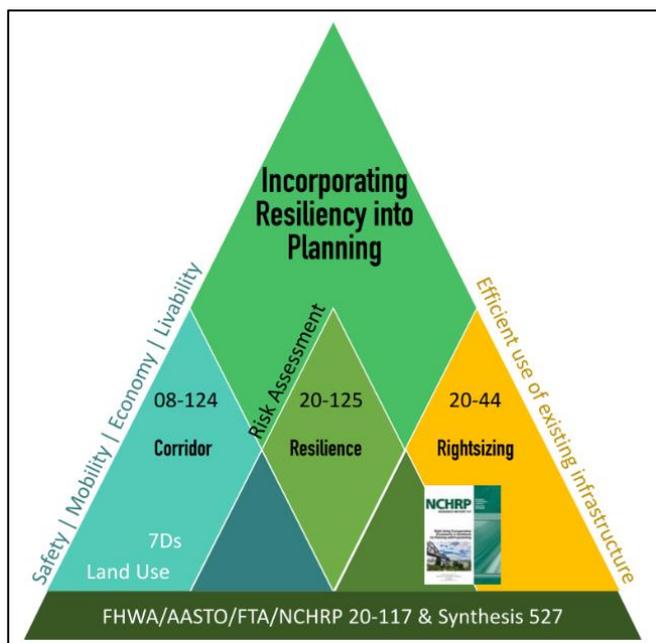
- a) Retorno do Investimento (RDI)
- b) Valor Futuro (VF)
- c) Valor Presente Líquido (VPL)
- d) Valor Presente (VP)
- e) Período de retorno, Taxa Interna de Retorno (TIR)
- f) Análise de Sensibilidade
- g) Análise de Benefício/Custo (B/C)
- h) Análise Comparativa

O caso para negócios é escrito por especialistas no assunto (não especialistas em marketing) para convencer um público-alvo (provavelmente um grupo não técnico, mas pode ser misto) de tomadores de decisão a adotar uma mentalidade de resiliência. Um caso de negócio fornece suporte para o empreendimento e uma justificativa para a solução recomendada. A adoção de IA para permitir uma análise mais rápida de todos esses oito tipos diferentes de ações é desejável e, bem-organizada, permite a replicação e a amplificação de opções e gargalos não facilmente identificados.

**Em Contraste com um Plano de Negócios** – Enquanto um caso de negócios é direcionado externamente e se concentra no *quê* e *por quê*, um plano de negócios é direcionado internamente e se concentra em *onde*, *quando* e *como*. Os dois podem ter elementos comuns, mas não são intercambiáveis. O business case deve incorporar uma análise cuidadosa do público-alvo para compreender os motivos e prioridades do público externo, de modo que as mensagens direcionadas possam ser desenvolvidas e entregues através de vetores que o público externo considere credíveis.

**Principais Obstáculos à Aplicação** – A Figura 5 representa graficamente um dos principais obstáculos à integração da resiliência. O conceito é demasiado grande e esmagador, e um SDOT já sobrecarregado nem sabe por onde começar. Explicar como a integração direcionada da resiliência no planejamento pode apoiar outras prioridades políticas, como a gestão de corredores críticos e o dimensionamento correto dos investimentos em transportes é um exemplo de desafio.

Figure 5 - Incorporating Resiliency into Planning



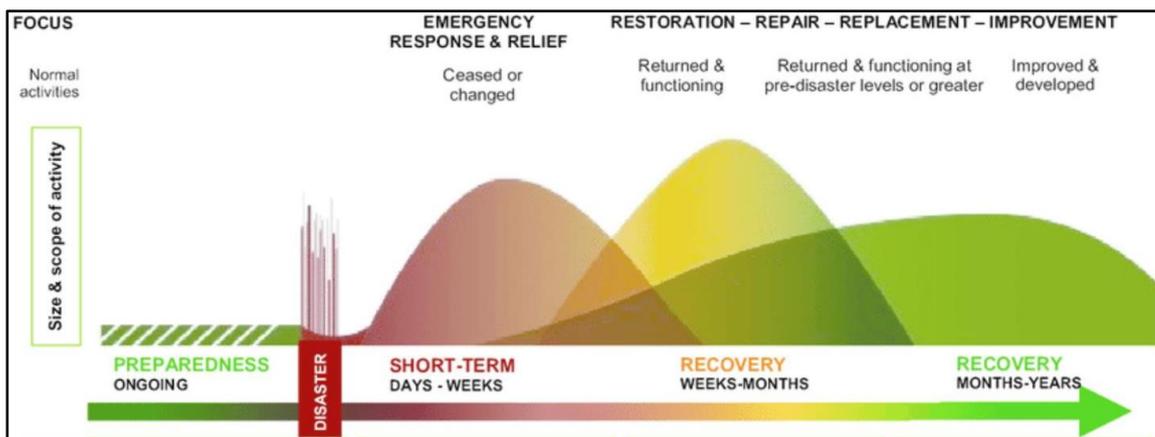
Source: the authors (2022).

Outros obstáculos incluem a inércia e a apatia política ou institucional. Estes podem assumir a forma de:

- a) Não somos um estado costeiro e a resiliência só se aplica a situações como a evacuação de furacões.
- b) É fiscalmente irresponsável planear o evento dos 500 anos. Não temos recursos para isso.
- c) Não temos dinheiro para manter as estradas que temos e você quer que construamos mais?

A Figura 6 é uma representação do ciclo de resiliência da FEMA (U.S.DHS, 2016, p. 5). À primeira vista, é fácil presumir que estamos a falar de desastres naturais, e isso enquadra toda a discussão sobre resiliência. O business case alarga a discussão para incluir respostas ágeis e adaptativas a desastres económicos, de saúde pública e de agitação política (social) (continuidade de função). A resiliência representa um investimento. A responsabilidade pelos custos dos empreendimentos de resiliência será suportada pelos atuais decisores, enquanto os benefícios serão provavelmente obtidos pelos seus sucessores. A questão de “o que isso traz para mim?” é um componente-chave do caso de negócios. A urgência por resultados que são percebidos como suporte à continuidade ou retorno ao cargo de cargos políticos e autoridades eleitas desafia o tempo de adoção da resiliência. A resiliência plena e verdadeira depende de opções altruístas em comparação com resultados imediatos e de curto prazo que podem ser a expressão de algum nível de resiliência possível de ser verificado por meio do nível de esforço e investimento abrangente. O ciclo de feedback adverso e os resultados de benefício e tempo reduzidos dos investimentos em resiliência são outra maneira de avaliar os obstáculos às estratégias de resiliência em potencial.

Figure 6 - FEMA Resilience Cycle



Source: adopted from U.S.DHS (2016).

### 3.4 Terceira Fase: Integração do Programa de Resiliência

**O Modelo dos Cinco Casos** – As principais partes interessadas e os grupos de decisão que são o público-alvo de um determinado caso de negócio de resiliência representarão uma variedade de perspectivas. Para ter em conta pontos de vista distintos, cada caso de negócio terá de abordar cinco elementos distintos:

- a) **O Caso Estratégico:** Demonstra como o curso de ação recomendado se alinha aos objetivos estratégicos e de gestão do público-alvo.
- b) **O Caso Económico:** Que demonstra a eficácia do curso de ação recomendado em termos de valor futuro, valor presente líquido e benefício/custo conforme descrito acima.
- c) **O Caso Comercial:** Demonstra como as produções e atrações, e as ligações de atividades compatíveis estão disponíveis e são resilientes para apoiar os objetivos do público-alvo na adoção do curso de ação recomendado. Poderá ser necessário descrever o nível de esforço necessário para tornar as ligações comerciais disponíveis e resilientes.
- d) **O Caso Financeiro:** Está relacionado com o caso económico e o caso comercial, na medida em que descreve quanto custará o curso de ação recomendado para alcançar em termos de ROI e TIR, conforme descrito acima.
- e) **O Caso de Gestão:** Demonstra como o curso de ação recomendado será integrado nos quadros estatutários, regulamentares ou políticos existentes. Isto garante ao público-alvo que ele tem a capacidade de adotar o curso de ação recomendado.

O público-alvo do caso de negócio provavelmente não terá um conhecimento detalhado do assunto. É importante evitar jargões e manter a linguagem o mais simples possível. Use frases curtas e divida o texto com vários subtítulos. Os parágrafos não devem ter mais de quatro a cinco linhas e deve haver uma linha entre os parágrafos. Mais curto é melhor do que mais longo, embora seja importante tentar incutir um sentido de urgência na adoção do curso de ação recomendado porque algumas estratégias de resiliência podem ser sensíveis ao tempo.

#### 4 O CUSTO DA FALHA (FRACASSO)

É difícil argumentar contra a resiliência e a segurança no conceito. Uma das principais ameaças a tais esforços, contudo, é o custo de “entrada” de tais esforços. Para justificar a resiliência e a segurança, a tolerância ao risco do cliente deve ser quantificada. Então, os custos do fracasso podem ser medidos em relação aos custos iniciais das ações propostas. É importante notar que nem todos os custos podem ser quantificados em dólares. A perda de credibilidade e a introdução (ou reforço) de uma imagem negativa do SDOT por parte dos funcionários eleitos/nomeados ou do público é um custo muito real, embora não quantificável.

##### 4.1 O Custo do Fracasso – Resiliência da Infraestrutura

Um dos exemplos mais dramáticos dos custos da falta de resiliência/segurança das infraestruturas é observado no rescaldo do furacão Katrina e das falhas dos diques em Nova Orleães. Descobriu-se, naturalmente, que a infraestrutura da cidade (transportes, água, águas residuais, energia) poderia ser radicalmente perturbada. Isso deixou milhares de pessoas presas por um longo período. Os danos causados às infraestruturas podem ser quantificados, os impactos no bem-estar e na imagem pública são qualitativos e não quantitativos, mas ainda assim significativos. Exemplos semelhantes incluem as inundações e falhas de infraestrutura em Brumadinho e no Rio Grande do Sul, responsáveis por extensos danos e destruição de terras e propriedades, além de muitas vidas perdidas (Sax, 2024; IFRC, 2024; Buschschlüter, 2024).

##### 4.2 O Custo do Fracasso – Continuidade da Função

Os confinamentos econômicos causados pela pandemia da COVID-19 em 2020 forçaram muitos DETs a entrar em território desconhecido. A preservação de funções governamentais críticas é desafiada quando a arquitetura de TI e de segurança não está implementada para operações remotas. Além disso, a falta de capacidade de banda larga atrasava frequentemente os serviços, por vezes durante semanas. Embora os impactos fiscais possam ter sido limitados, os danos à imagem são significativos.

#### 5 UM ESTUDO DE CASO – O PROGRAMA DE RESILIÊNCIA DO DET DE DELAWARE (FASE 3 – INTEGRAÇÃO DO PROGRAMA DE RESILIÊNCIA)

Em julho de 2017, o Departamento de Transportes de Delaware (DelDOT) adotou o Plano Estratégico de Implementação para Mudanças Climáticas, Sustentabilidade e Resiliência para Transportes (“SIP”). Este SIP é a primeira tentativa do DelDOT de desenvolver um plano estratégico e coeso para promover um sistema de transporte mais resiliente e sustentável em Delaware. As raízes desta iniciativa remontam à Ordem Executiva 41 (“EO41”), emitida pelo Governador Jack Markell em 2013. EO41, Preparando Delaware para Impactos Climáticos Emergentes e Aproveitando Oportunidades Econômicas para Reduzir Emissões, orienta as agências de Delaware a abordar as causas e consequências das alterações climáticas. Foram criados um comitê e grupos de trabalho para abordar os objetivos da EO41 de reduzir as emissões que contribuem para as alterações climáticas, aumentar a resiliência aos impactos climáticos e evitar/minimizar os riscos de inundações devido à subida do nível do mar. O

Quadro Climático para Delaware (31 de dezembro de 2014), um relatório importante emitido no âmbito do E041, resume as 150 ações recomendadas que foram atribuídas a agências em todo o estado, incluindo 19 que foram atribuídas ao DelDOT. Estas recomendações estão organizadas em quatro categorias:

- a) Incorporar as Mudanças Climáticas na Gestão de Ativos;
- b) Garantir a Saúde e Segurança Pública dos Trabalhadores;
- c) Apoiar a resiliência climática nas comunidades locais; e
- d) Identificar e apoiar iniciativas políticas que reduzam as emissões.

O SIP documentou os itens de ação e as medidas de desempenho para cada uma das recomendações, fornece uma estratégia para a conclusão das recomendações que aborda os principais desafios e requisitos, e vai além das recomendações do quadro climático para considerar o contexto mais amplo da resiliência e da sustentabilidade.

A análise de risco é descrita como um desafio particular para este esforço. Inúmeras conversas com diversas partes interessadas internas e externas resultaram numa determinação ad hoc de que o orçamento DelDOT de um ano representava o nível aceitável de risco auto segurado para o programa. Uma abordagem mais estruturada e analítica à questão do risco de resiliência aceitável para um programa é uma necessidade significativa de investigação e poderia possivelmente recorrer fortemente ao sector dos seguros. O nível aceitável de risco é uma questão de primordial importância, pois orienta os níveis de investimento necessários durante a fase de desenvolvimento do programa. Uma abordagem proativa que a política desenvolveu para apoiar tais iniciativas torna as abordagens jurídicas proativas em relação às reativas.

Uma das conclusões mais importantes do esforço de implementação do DelDOT é o âmbito e a amplitude do esforço de implementação. Embora um programa de resiliência possa ser “alojado” num escritório específico, a implementação completa é claramente um empreendimento que abrange toda a empresa e que na aplicação DelDOT incluía:

- a) Gabinete do Secretário
- b) Planejamento
- c) Manutenção e Operações (M&O)
- d) Finança
- e) Corporação de Trânsito de Delaware (CTD)
- f) Soluções de Transporte, incluindo o Centro de Gerenciamento de Transporte (CGT)
- g) Tecnologia e Inovação

A integração do SIP em vários quadros políticos é o passo crítico necessário para integrar a resiliência e a segurança na forma como o DelDOT se comporta. Resiliência e segurança tornam-se uma forma de pensar. A IA ou o aprendizado de máquina adotados como ferramentas podem ajudar a integrar a resiliência e a segurança.

Os insights sobre os profissionais de IA e aprendizado de máquina relacionados à integração da resiliência SDOT incluem usos na resiliência urbana, como sistemas de alerta sísmico precoce, controle de tráfego de gerenciamento de tráfego, monitoramento e controle de previsão da qualidade do ar, manutenção preditiva de infraestrutura inteligente, modelagem de resiliência urbana, otimização de recursos hídricos, resposta de emergência orientada, segurança e vigilância e otimização de alocação de recursos, sistemas de detecção de intrusão em redes de IoT, gerenciamento e sustentabilidade da cadeia de suprimentos, ecossistemas de mobilidade autônomos (Samaei, 2024; Oseni et al., 2023; (ARAB ACADEMY FOR SCIENCE; TECHNOLOGY &

MARITIME TRANSPORT; ALEXANDRIA, EGYPT; Elkady; Hesham Sedky, 2023). Os desafios de IA e aprendizado de máquina relacionados a problemas de transporte de acordo com a Ordem Executiva (E.O.) 14110 de 30 de outubro de 2023 intitulada “Desenvolvimento e uso seguro, protegido e confiável de inteligência artificial” é uma pesquisa recentemente solicitada no Registro Federal dos EUA (DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE, 2024). Alguns impactos identificados para a resiliência do transporte incluem implicações para a segurança, acesso, equidade e resiliência no movimento de pessoas e bens do setor de transporte, remodelando como indivíduos, comunidades, corporações, governos e outros usuários interagem com a rede de transporte, incluindo implicações de custo e riscos, incluindo colaboração humano-IA, padrões e benchmarks. O NIST AI Risk Management Framework de outubro de 2022 é identificado como uma abordagem recomendada.

Finalmente, o documento do SIP também inclui sensibilização e formação para subdivisões políticas do Estado e há uma seção inteira no documento do plano sobre a inclusão de entidades locais. Há também uma seção sobre monitorização e reporte das medidas de desempenho identificadas durante a fase de concepção do programa. Isto proporciona ao DelDOT a oportunidade de provar e celebrar sucessos e defender a alocação de recursos. Recursos potenciais nos níveis federal e estadual também estão incluídos.

## 5 CONCLUSÃO

A resiliência e a segurança podem ser difíceis de definir e podem significar muitas coisas para muitas pessoas, mas falta um argumento comercial claro para a resiliência e a segurança. Isto é muito fácil de discutir, mas muito difícil de implementar eficazmente ou investir em. O processo de desenvolvimento de um business case para resiliência em infraestruturas e continuidade de funções críticas tem três fases:

Fase 1 – Definição de Resiliência e Identificação de Medidas.

Fase 2 – Análise de Risco e Desenvolvimento de Programa.

Fase 3 – Integração do Programa de Resiliência, que inclui a comercialização do programa, a criação de parcerias intergovernamentais e público/privadas e a integração do programa nos quadros políticos existentes.

Os custos da falha ou fracasso são elevados e vão muito além das respostas a catástrofes naturais. A resiliência da infraestrutura e a continuidade da função crítica são as duas principais áreas que devem ser motivo de preocupação para os DETs. O esforço de implementação do DelDOT demonstra que a resiliência é um empreendimento que abrange toda a empresa e deve tornar-se uma forma de pensar e não um programa específico. O uso cuidadoso e a adoção de aprendizado de máquina e IA são ferramentas tecnológicas e dão suporte a uma necessidade e opção crescentes que ainda não são bem compreendidas. O esforço contínuo para defender investimentos em soluções de resiliência agora apoiados nos EUA por mandatos financiados é a confirmação da necessidade e um movimento em direção ao atendimento das necessidades de proprietários e gestores de infraestrutura, autoridades eleitas, partes interessadas e a comunidade.

## DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR

Os autores confirmam a contribuição ao artigo da seguinte forma: concepção e desenho do estudo, coleta de dados, análise e visualização dos resultados e preparação do manuscrito. Todos os autores revisaram os resultados e aprovaram a versão final do manuscrito. Este é um artigo original. Este artigo foi aprimorado e

atualizado a partir de um manuscrito anterior que os autores submeteram e foram aprovados para apresentação de pôster no Conselho de Pesquisa em Transporte de 2022 das Academias Nacionais de Ciências, Medicina e Engenharia.

---

Artigo submetido para avaliação em 07/11/2024 e aceito para publicação em 09/12/2024

---

## REFERÊNCIAS

ARAB ACADEMY FOR SCIENCE, TECHNOLOGY & MARITIME TRANSPORT, ALEXANDRIA, EGYPT; ELKADY, G.; HESHAM SEDKY, A. Artificial Intelligence and Machine Learning for Supply Chain Resilience. **Current Integrative Engineering**, v. 1, n. 1, p. 23–28, 31 Oct. 2023.

BEAZLEY.COM. **Homepage | beazley**. Available at: <https://reports.beazley.com/rr/>. Access: 5 Dec. 2023.

BUSCHSCHLÜTER, V. Brazil floods: Hundreds of Rio Grande do Sul towns under water. **BBC News**, 7 May 2024.

CONTRIBUTOR; KUMAR, S. **How Data Silos Hinder Big Data Analytics and How to Overcome Them**. **Inside AI News**, 26 Jan. 2024. Available at: <https://insidebigdata.com/2024/01/26/how-data-silos-hinder-big-data-analytics-and-how-to-overcome-them/>. Access: 25 Jun. 2024.

CROOPE, S. **Managing critical civil infrastructure systems: improving resilience to disasters** - ProQuest. Newark, Delaware: University of Delaware, 2010.

CROOPE, S.; FRANK, B.; HUFFMAN, C. **Online Program Events Archive**. The Business Case for Resilience and Security in Infrastructure and Continuity of Function Poster TRBAM-22-01856. **Anais...** Washington DC: Transportation Research Board of the National Academies of Sciences, Medicine, and Engineering, Jan. 2022. Available at: <https://annualmeeting.mytrb.org/OnlineProgramArchive/Details/17274>. Access: 5 Dec. 2023

DAWLEY, C. B.; HOGENWIEDE, B. L.; ANDERSON, K. O. Mitigation of Instability Rutting of Asphalt Concrete Pavements in Lethbridge, Alberta, Canada. **Journal of Association of Asphalt Paving Technologists**, v. 59, p. 481–508, 1990.

DELDOT. **Strategic Implementation Plan for Climate Change, Sustainability & Resilience for Transportation**. Delaware: Department of Transportation, Jul. 2017. Available at: [https://deldot.gov/Publications/reports/SIP/pdfs/SIP\\_FINAL\\_2017-07-28.pdf](https://deldot.gov/Publications/reports/SIP/pdfs/SIP_FINAL_2017-07-28.pdf).

DNREC. **Climate Framework for Delaware**. Delaware: Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control, 31 Dec. 2014. Available at: [https://uccrma.org/wp-content/uploads/2017/06/Delaware\\_2014\\_Climate-Framework-for-Delaware.pdf](https://uccrma.org/wp-content/uploads/2017/06/Delaware_2014_Climate-Framework-for-Delaware.pdf).

DEWAN, S. A.; SMITH, R. E. Creating Asset Management Reports from a Local Agency Pavement Management System. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1853, n. 1, p. 13–20, Jan. 2003.

FEMA. **National Disaster Recovery Framework**. Washington DC: U. S. DHS, 2011.

FHWA. **Fixing America's Surface Transportation Act (FAST Act)**. Available at: <https://ops.fhwa.dot.gov/fastact/#:~:text=The%20FAST%20Act%20authorizes%20%24305,research%2C%20technology%20and%20statistics%20programs>. Access: 5 Dec. 2023.

FHWA. **NHPP - Federal-aid Programs - Federal-aid Programs and Special Funding - Federal Highway Administration**. Government. Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/specialfunding/nhpp/>. Access: 5 Dec. 2023.

FLANNERY, A. et al. **Resilience in Transportation Planning, Engineering, Management, Policy, and Administration**. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2018.

FMCSA. **MAP-21 - Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act** | FMCSA. Policy. Available at: <https://www.fmcsa.dot.gov/mission/policy/map-21-moving-ahead-progress-21st-century-act> . Access: 5 Dec. 2023.

GOVERNOR JACK A. MARKELL. 41. EXECUTIVE ORDER NUMBER FORTY-ONE. 12 Set. 2013. IFRC. **Brazil, Rio Grande do Sul | Floods - DREF Operation Update nº 1 (MDRBR011) - Brazil | ReliefWeb**. Situation Analysis. Available at: <https://reliefweb.int/report/brazil/brazil-rio-grande-do-sul-floods-dref-operation-update-ndeg-1-mdrbr011>. Access: 22 Aug. 2024.

METRO ANALYTICS. **NCHRP 20-44(22) Right Sizing Transportation Investments**. Washington DC: National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, 15 Jun. 2021. Available at: <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=4832> .

METRO ANALYTICS. **NCHRP 08-124 Quantifying the Impacts of Corridor Management**. Available at: <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=4561>. Access: 5 Dec. 2023.

METRO ANALYTICS. **NCHRP 20-125 Strategies for Incorporating Resilience into Transportation Networks**. Available at: <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=4582>. Access: 5 Dec. 2023.

MIND TOOLS LTD. **MindTools | Home**. Tools. Available at: <https://www.mindtools.com/amtbj63/swot-analysis>. Access: 5 Dec. 2023.

MITCHELL, DR. T.; HARRIS, K. Resilience: A risk management approach. **ODI Background Note**, Prevention Web. p. 1–7, Jan. 2012.

NEWLAND, D. E. **Random Vibrations: Spectral and Wavelet Analysis**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.

OPEN AI. **ChatGPT**. Organizational. Available at: <https://openai.com/chatgpt/>.

OSENI, A. et al. An Explainable Deep Learning Framework for Resilient Intrusion Detection in IoT-Enabled Transportation Networks. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 24, n. 1, p. 1000–1014, Jan. 2023.

PRESIDENT JOE BIDEN. **Guidebook to the Bipartisan Infrastructure Law | Build.gov**. Available at: <https://www.whitehouse.gov/build/guidebook/>. Access: 5 Dec. 2023.

SAMAEI, S. R. **Using Artificial Intelligence to Increase Urban Resilience: A Case Study of Tehran**. Brussels, Belgium. Access: 18 Jan. 2024. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/377443501\\_Using\\_Artificial\\_Intelligence\\_to\\_Increase\\_Urban\\_Resilience\\_A\\_Case\\_Study\\_of\\_Tehran](https://www.researchgate.net/publication/377443501_Using_Artificial_Intelligence_to_Increase_Urban_Resilience_A_Case_Study_of_Tehran).

SANSALONE, M.; LIN, J. M.; STREETT, W. B. Determining the Depths of Surface-Opening Cracks Using Impact-Generated Stress Waves and Time-of-Flight Techniques. **ACI Materials Journal**, v. 95, n. 2, p. 168–177, 1998.

SAX, S. **Scientists now know how the Brumadinho dam disaster happened, and the lessons to learn**. Available at: <https://news.mongabay.com/2024/02/scientists-now-know-how-the-brumadinho-dam-disaster-happened-and-the-lessons-to-learn/>. Access: 22 Aug. 2024.

TIBCO. **What is a data silo?** Glossary. Available at: <https://www.tibco.com/glossary/what-is-a-data-silo#:~:text=A%20data%20silo%20is%20a,are%20relatively%20simple%20to%20resolve..>

TRANSPORTATION DEPARTMENT. **Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence (AI) in Transportation; Request for Information**. The Daily Journal of The United States Government. Available at: <https://www.federalregister.gov/documents/2024/05/03/2024-09645/opportunities-and-challenges-of-artificial-intelligence-ai-in-transportation-request-for-information>. Access: 22 Aug. 2024.

TRIP. **TRANSPORTATION IMPACT AND IMPLICATIONS OF COVID-19**. Washington DC: TRIP, maio 2021. Available at: <https://tripnet.org/reports/transportation-impact-and-implications-of-covid-19-report-may-2021/> >. U.S. DHS. **National Disaster Recovery Framework**. Second ed. Washington D.C.: FEMA, 2016.

U.S. DOT ITS JOINT PROGRAM OFFICE. **Artificial Intelligence (AI) for Intelligent Transportation Systems (ITS) Program**. U.S. Department of Transportation, 2020. Available at: [https://www.its.dot.gov/research\\_areas/emerging\\_tech/pdf/ITSJPO\\_AIforITS\\_Program.pdf](https://www.its.dot.gov/research_areas/emerging_tech/pdf/ITSJPO_AIforITS_Program.pdf).

VON QUINTUS, H. L.; SIMPSON, A. L. **Documentation of the Back calculation of Layer Parameters for LTPP Test Sections**. U.S.: FHWA, 2002.

WSP USA INC. **NCHRP 20-117 Deploying Transportation Resilience Practices in State DOTs**. Available at: <https://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=4208>. Access: 5 Dec. 2023.