

# Proteção aos municípios contra extremos climáticos: a importância do seguro paramétrico e o reúso de água



São Paulo – outubro de 2026

## **Proteção aos municípios contra extremos climáticos: a importância do seguro paramétrico e o reúso de água**

### **Autores:**

Gesner Oliveira

Thelma Krug

Franziska Arnold-Dwyer

Ana Silvia Santos

Maira Lima

Ceci Caprio

Tulio Marques

Luccas Saqueto

### **Realização:**

Instituto de Inovação em Seguros e Resseguros da Fundação Getúlio

Vargas

### **Contato:**



## Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	IMPORTÂNCIA DA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA PARA PROTEÇÃO DOS MUNICÍPIOS.....	10
3.	A IMPORTÂNCIA DO REÚSO DE ÁGUA PARA ADAPTAÇÃO AO EXTREMO CLIMÁTICO: MÉTRICAS ÚTEIS PARA OS GESTORES.....	18
4.	REÚSO DE ÁGUA E O SEGURO PARAMÉTRICO: EFEITO SOBRE O PRÊMIO DE SEGURO .....	26
4.1.	Fundamentos Microeconômicos do Seguro e sua Adaptação aos Seguros Paramétricos.....	26
4.2.	Falhas de Mercado e Assimetria de Informação no Contexto dos Seguros de Seca.....	28
4.3	Relação entre as métricas do reuso de água e o prêmio de seguro .....	28
4.3.1	O Papel da Gestão de Riscos Climáticos e a Integração do Reúso de Água.....	28
4.3.2	O Potencial do Reúso de Água na Precificação de Seguros Paramétricos contra Seca .....	29
4.4	A prática do mercado: pesquisa com Painel de especialistas ....	31
4.4.1	Adaptação da Metodologia Delphi e Justificativas .....	32
4.4.2	Procedimentos Metodológicos Adaptados .....	33
4.4.4	Utilidade, Desafios e Estratégias para a Adoção de Seguros Paramétricos.....	35
4.4.5	Interface com a Gestão Hídrica Sustentável: o Caso da Água de Reúso.....	36

4.4.6 Viabilidade para Pequenos e Médios Municípios e Considerações Finais .....	37
5. MUNICÍPIO DE REFERÊNCIA: RIBEIRÃO PRETO .....	38
6. CONCLUSÕES E PONTOS PARA FUTURAS PESQUISAS .....	44
7. REFERÊNCIAS .....	48
8. Material suplementar 1: conceito do seguro .....	51
9. Material suplementar 2: questionário utilizado. ....	64
10. Material suplementar 3: planilha contendo as respostas dos especialistas .....	67
Glossário.....	68

## Índice de quadros

Quadro 1: estrutura da pesquisa .....	9
Quadro 2: risco atual global de seca e as suas componentes (ameaça (a); vulnerabilidade (b); exposição (c); e risco à seca (d)).....	12
Quadro 3: mudança na frequência e intensidade das secas (1950–2000 vs 2000–2020).....	14
Quadro 4: proporção da área terrestre global afetada por secas (1900–2020).15	
Quadro 5: relação entre variáveis relevantes para projetos de reúso de água e grau de importância para a estruturação do seguro .....	22
Quadro 6: relação entre variáveis relevantes para projetos de reúso de água e grau de importância para a estruturação do seguro .....	24
Quadro 7: índice de risco de impacto para seca – região Sudeste.....	39
Quadro 8: localização da bacia hidrográfica do Pardo .....	40
Quadro 9: distribuição de vazão outorgadas nos diversos usos .....	41
Quadro 10: raio de 2km no entorno da ETE Ribeirão Preto .....	42

## Lista de siglas

Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

MEC – Ministério da Educação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SPEI – Índice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste Estudo é estabelecer as bases conceituais para uma orientação de melhores práticas dos gestores visando a construção de um seguro contra extremos climáticos, utilizando inovações financeiras e o saneamento ambiental. Uma revisão sistemática da literatura sugere que este tema tem sido pouco tratado, especialmente na América Latina e no Brasil em particular.

O trabalho está dividido em seis seções, incluindo esta introdução. A Seção 2 relata brevemente a constatação de uma maior intensidade e frequência dos extremos climáticos, bem como seus efeitos socioeconômicos devastadores (Zurich Insurance Group, 2025). Seu escopo foi delimitado de forma a restringir a atenção a um tipo de extremo climático: a seca, cuja definição será feita adiante.

As projeções dos principais centros de pesquisa climática são igualmente sombrias, indicando uma maior concentração e severidade de eventos de precipitação intensa e um prolongamento dos períodos de seca. Este cenário mostra a importância de mecanismos de mitigação e especialmente de adaptação aos extremos climáticos.

A Seção 3 define um vetor de métricas relevantes que podem ser obtidas a partir de um projeto de reúso de água. Sabe-se que há uma grande variabilidade de iniciativas nesta área. A ideia aqui é selecionar um tipo que seja frequente e que possa ser tomado como referência, bem como oferecer o leque de potenciais soluções que serão selecionadas conforme as características de cada município ou região.

Tais métricas permitem uma mensuração da redução dos prejuízos causados por uma seca severa. As métricas serão inseridas sob a forma de uma matriz (setores da economia vs. métricas), indicando as diferentes possibilidades de forma qualitativa.

Definidas tais métricas, a Seção 4 aprofundará a relação entre o reúso de água e o seguro paramétrico, detalhando seu efeito sobre o prêmio de seguro. Esta seção abordará os fundamentos microeconômicos do seguro e sua adaptação aos seguros paramétricos (Subseção 4.1), bem como as falhas de mercado e assimetria de informação no contexto dos seguros de seca (Subseção 4.2),

analisando como as métricas de reúso de água afetam a precificação do seguro, que é inversamente proporcional à resiliência climática do município.

Em seguida, a Subseção 4.3 discutirá a relação entre as métricas do reúso de água e o prêmio de seguro. Para complementar a análise conceitual, a Subseção 4.4 apresentará os resultados de uma pesquisa com Painel de especialistas da indústria de seguros, baseada em uma adaptação da metodologia Delphi, que avaliou o impacto do reúso sobre o cálculo do prêmio do seguro paramétrico em setores específicos.

Os resultados das abordagens contidas na Seção 4 oferecem um teste de robustez para a hipótese de que há um efeito significativo das métricas de reúso de água sobre o prêmio de seguro.

Demonstrada esta influência das métricas de reúso sobre o prêmio de seguro, a Seção 5 discute as melhores práticas dos municípios para facilitar a obtenção de um mecanismo adequado de seguro contra secas. Este Estudo aponta para os principais temas que deverão ser levados em consideração pelas prefeituras, ilustrando com um município de referência.

A Seção 5 mostra a estrutura de um Manual, aplicando-o, a título de ilustração, ao Município de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo. Esta cidade foi escolhida como exemplo pelas suas características e histórico de extremos climáticos captado pela plataforma Adapta Brasil do Ministério de Ciência e Tecnologia do governo federal.

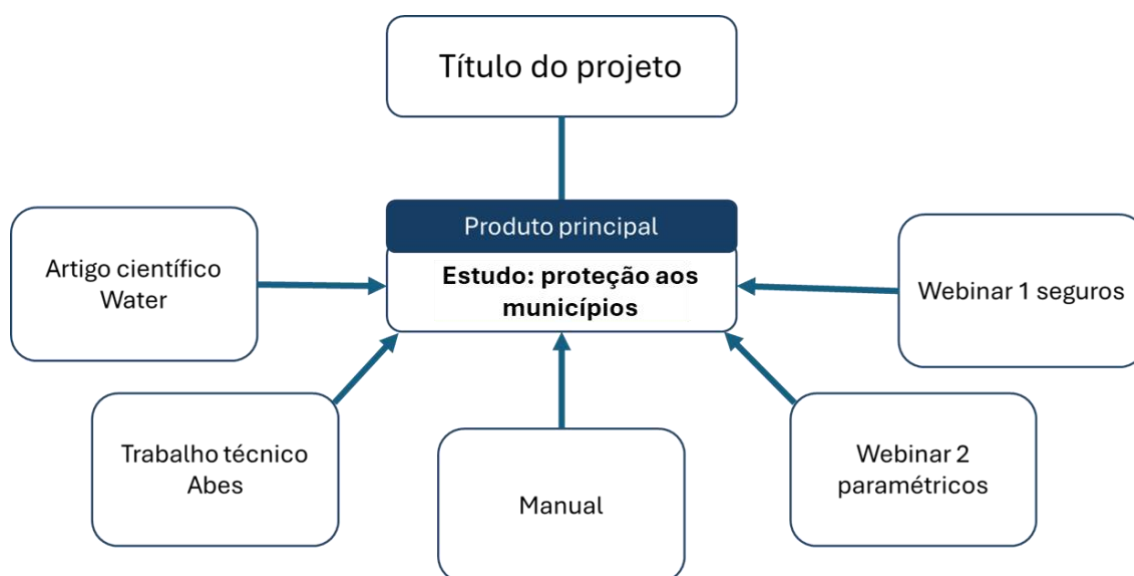
O roteiro a ser percorrido pelos gestores será detalhado no Material Suplementar. A importância do reúso de água e do seguro paramétrico para a resiliência climática deverá ser assinalada em futuros manuais destinados aos gestores municipais, cada qual adaptado às características locais..

Este Manual, cuja estrutura pode ser adaptada a outras cidades, deverá oferecer um caminho de melhores práticas para os municípios atingirem a desejada resiliência climática, facilitando o acesso ao instrumento de mitigação de risco do seguro paramétrico, hoje subutilizado.

Uma seção final resume as principais conclusões, enfatizando uma agenda futura de pesquisa, bem como lições úteis para a política pública.

Conforme indicado no Quadro 1, este Estudo constitui peça central de projeto de pesquisa promovido pelo Instituto de Inovação em Seguros e Resseguros. O trabalho sintetiza diferentes contribuições contidas, parcialmente contidas em trabalho técnico apresentado no 33º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (Abes), um modelo de Manual para gestores municipais, além da realização de dois webinares conceituais sobre seguros.

Quadro 1: estrutura da pesquisa



## **2. IMPORTÂNCIA DA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA PARA PROTEÇÃO DOS MUNICÍPIOS**

O aumento da temperatura média global desde aproximadamente 1970 e a consequente elevação já observada da maior frequência e intensidade de eventos meteorológicos e climáticos extremos está impulsionando, cada vez mais, a busca de alternativas para reduzir os riscos de impactos provocados por esses eventos. A mudança do clima já causou diversos impactos adversos nos sistemas humanos, incluindo a segurança hídrica e a produção de alimentos, saúde e bem-estar, e em cidades, assentamentos e infraestrutura.

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2022) define risco como o potencial para consequências adversas para os sistemas humano e ecológico e que pode surgir como resultado da interação dinâmica entre uma ameaça relacionada ao clima, a exposição e a vulnerabilidade dos sistemas afetados. O risco de impacto é por vezes representado matematicamente como o produto entre ameaça, vulnerabilidade e exposição.

A adaptação tem um papel fundamental na redução da exposição e da vulnerabilidade à mudança do clima. É definida como o processo de ajuste ao clima atual ou esperado e seus efeitos, de forma a moderar a ameaça ou aproveitar as oportunidades benéficas.

Nesta seção, o foco é no recurso à água de reúso como forma de reduzir os riscos de impactos de extremos de seca nos municípios brasileiros. Prevê-se que estes riscos aumentem durante este século em muitas regiões, e segundo o IPCC (2022), em grandes áreas do norte da América do Sul, Mediterrâneo, oeste da China e altas latitudes da América do Norte e Eurásia. Nestas áreas secas agrícolas extremas são projetadas a ser pelo menos duas vezes mais prováveis com um aquecimento global de 1,5°C, 150% a 200% com um aquecimento de 2°C, e mais de 200% com um aumento de 4°C acima dos níveis pré-industriais. Devido aos efeitos combinados de mudanças hídricas e de temperatura, os riscos para a produtividade agrícola podem ser três vezes maiores a 3°C quando comparados aos riscos a 2°C.

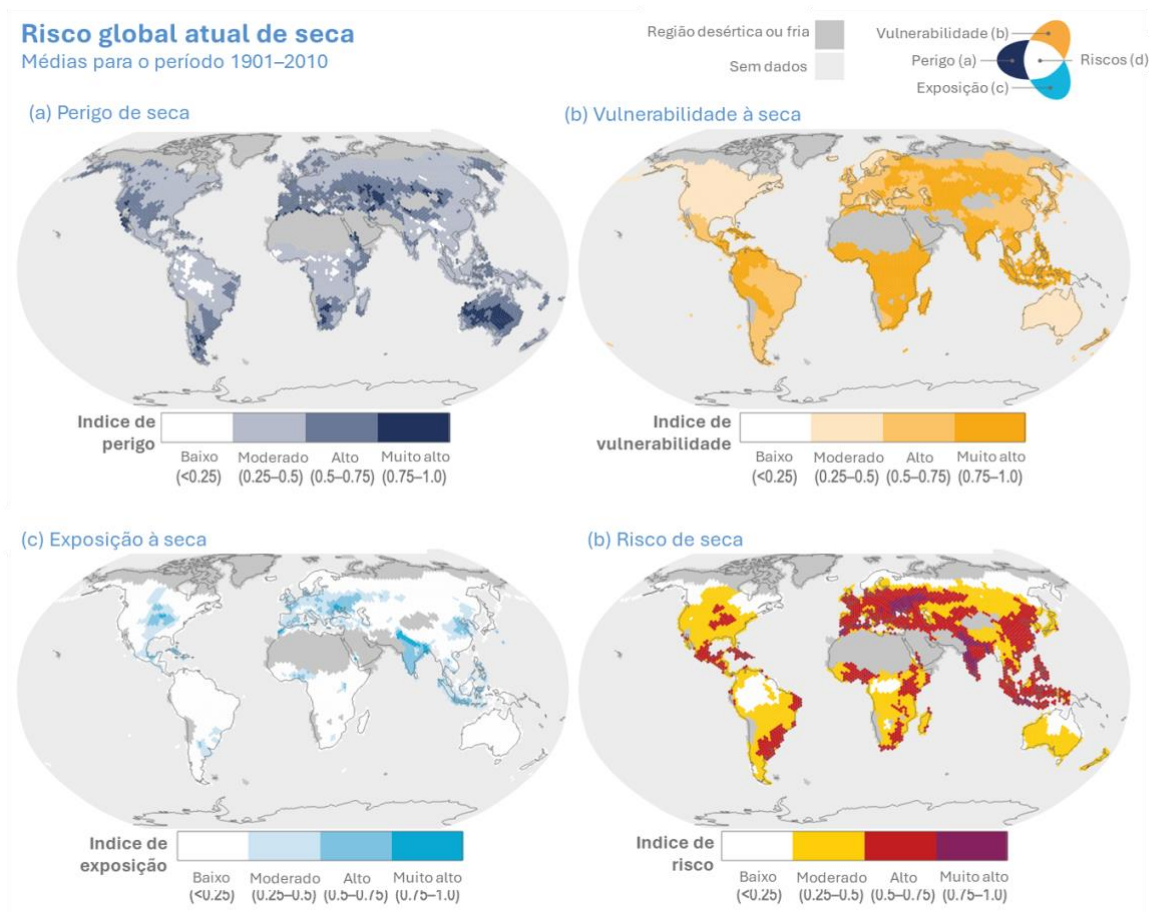
O uso da água de reúso é considerada uma medida de adaptação, já que reduz a pressão sobre os recursos hídricos, preservando a segurança hídrica para atividades humanas e para o funcionamento dos ecossistemas. O tema vem ganhando destaque no Brasil e no mundo, em resposta aos cenários de aumento de demanda de água, recorrência de períodos severos de secas, escassez hídrica e contaminação dos recursos hídricos.

Nesse contexto, o reúso constitui instrumento de um novo modelo de gestão das águas com vistas à segurança hídrica, baseando-se em conceitos como a diversificação de fontes de suprimento de água e economia circular. Para cada uma das diferentes modalidades de reúso, existem requisitos de qualidade que são estabelecidos conforme o risco de exposição especialmente aos usuários, operadores e consumidores. A qualidade dessa água desejada ou requerida, por sua vez, está associada às tecnologias disponíveis de tratamento de efluentes e consequentemente aos seus custos.

Implementar medidas de adaptação para assegurar a segurança hídrica é essencial. Estima-se que aproximadamente quatro bilhões de pessoas estejam sujeitas a severa escassez de água durante pelo menos parte do ano, principalmente devido à seca.

O Quadro 2 mostra o risco atual global de seca e seus componentes. Quando o risco, a vulnerabilidade e a exposição são consideradas em conjunto, o risco de seca é menor para regiões escassamente povoadas, como a tundra e as florestas tropicais, e maior para áreas povoadas e regiões de agricultura e pecuária intensivas, como o sul e o centro da Ásia, o sudeste da América do Sul, a Europa central e o sudeste dos EUA.

Quadro 2: risco atual global de seca e as suas componentes (ameaça (a); vulnerabilidade (b); exposição (c); e risco à seca (d).



Fonte: Figura 4.9 no capítulo 4 do relatório do Grupo de Trabalho II do IPCC, no seguinte link:

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Chapter04.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter04.pdf)

O Quadro 3 apresenta o gráfico (a) o qual mostra que o sul da França experimentou mais de três vezes mais eventos de seca no período de 2000–2020 do que no período de 1950–2000, enquanto o norte do México apresentou uma diminuição no número de secas nos mesmos períodos.

Eventos de seca são definidos como anos em que o valor anual médio de SPEI<sup>1</sup> cai abaixo de  $-1$  (Jain et al., 2015[1]). A frequência de secas ((a) e (c)) é calculada como o número de eventos de seca que ocorreram em cada local nos dois

<sup>1</sup> SPEI, ou Índice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração, é um índice climático usado para medir a seca, levando em consideração tanto a precipitação quanto a evapotranspiração. Ele é multiescalar, permitindo a análise de secas em diferentes períodos de tempo.

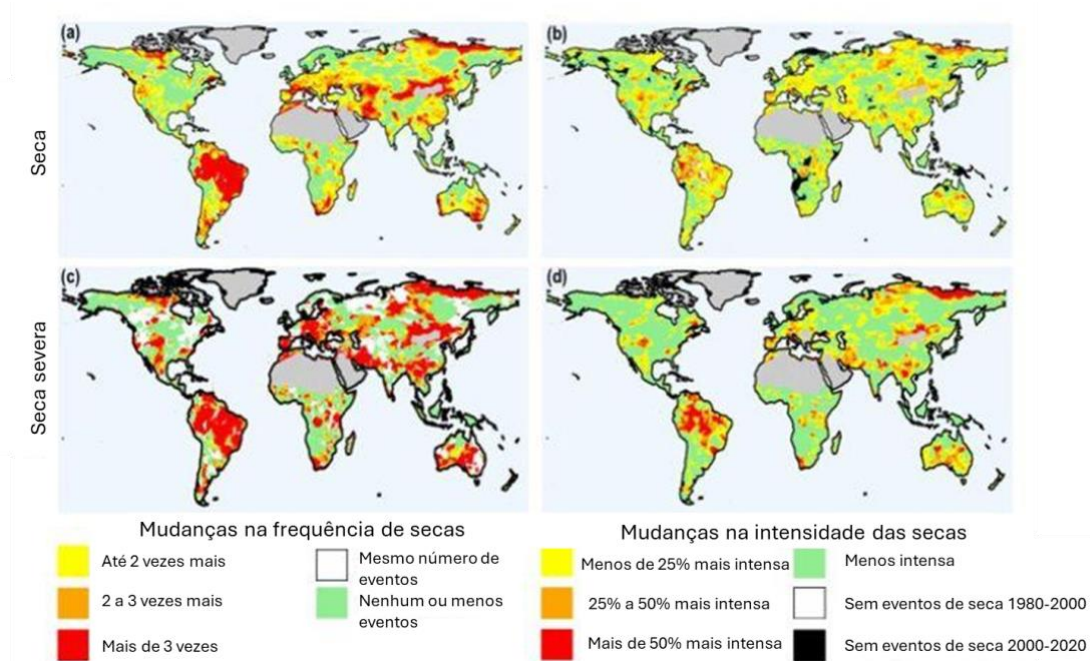
períodos, dividido pelo número de anos em cada período. A intensidade da seca (b) representa o valor SPEI médio dos eventos de seca em cada local para cada período. O painel (d) mostra a mudança na intensidade máxima dos eventos de seca extrema, comparando a diferença média entre o menor valor SPEI durante 2000–2020 e o menor valor SPEI durante 1950–2000 em cada local. Um evento de seca é considerado extremo se o valor SPEI anual for inferior ou igual a  $-2$ , com base na classificação de severidade de seca de Jain et al. (2015).

O gráfico (b) mostra que, na maior parte do norte da África, a intensidade média de todos os eventos de seca (valores Índice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração – SPEI médios abaixo de  $-1$ ) ocorridos durante o período de 2000–2020 foi mais de 50% maior do que a média dos eventos ocorridos durante o período de 1950–2000.

O gráfico (c) mostra que o interior leste da Austrália apresentou três vezes mais eventos de seca extrema durante o período de 2000–2020 do que no período de 1950–2000, enquanto a Indonésia teve uma diminuição no número de eventos de seca extrema nos mesmos períodos.

O gráfico (d) mostra que, na maior parte do Brasil, o evento mais extremo (mesmo com o menor valor SPEI) durante o período de 2000–2020 foi mais de 50% mais intenso do que o evento mais severo registrado durante o período de 1950–2000.

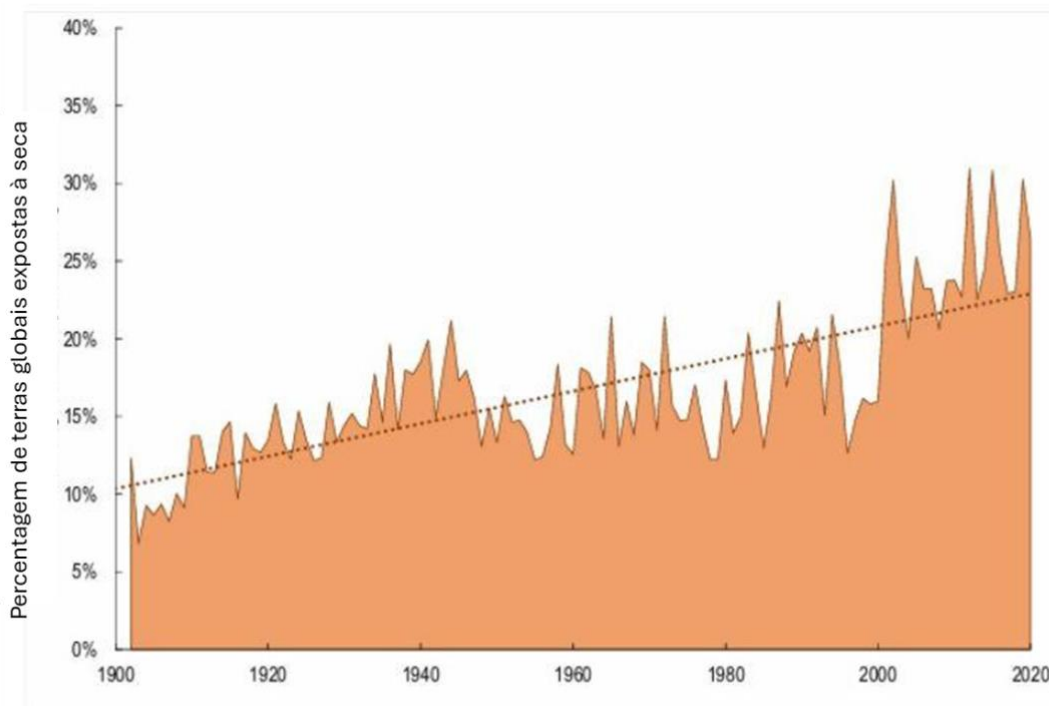
Quadro 3: mudança na frequência e intensidade das secas (1950–2000 vs 2000–2020).



Fonte: dados do *Copernicus Climate Change Service* (2022).

O Quadro 4 a seguir apresenta as áreas identificadas como afetadas por seca em um determinado ano, excluindo os Desertos do Saara, de Gobi, a Península Arábica e as Regiões polares. A linha de tendência mostrada no Quadro 4 é derivada de uma análise de regressão linear da proporção anual de terras afetadas por secas ao longo do tempo.

Quadro 4: proporção da área terrestre global afetada por secas (1900–2020).



Fonte: OECD (2023) – Risks That Matter.

Há diferentes tipos de secas que são interconectados em termos de processos. As secas meteorológicas são caracterizadas por períodos persistentes de baixa precipitação que resultam, ao longo do tempo, por déficits na umidade do solo e armazenamento de água, acarretando uma redução no suprimento de água (seca hidrológica).

A seca agrícola refere-se a um período com uma deficiência (déficit) anormal de umidade no solo, e que resulta do efeito combinado da falta de precipitação e excesso de evapotranspiração e que durante o período de crescimento da cultura afeta a sua produtividade.

O reúso da água é uma prática crucial para a adaptação à mudança do clima, especialmente em regiões que enfrentam escassez hídrica ou extremos como seca. Ao reutilizar a água após tratamento, é possível reduzir a pressão sobre os recursos hídricos naturais, diminuindo a dependência de fontes de água potável e, conseqüentemente, aumentando a segurança hídrica. A maior parte das indústrias com uso intensivo de água estão enfrentando cada vez mais a

escassez de água, tornando o reúso uma estratégia de adaptação cada vez mais antecipada.

O reúso de água contribui para a adaptação de diversas formas, diminuindo os impactos da escassez hídrica que pode afetar a produção agrícola, a segurança alimentar e a saúde pública, e é um exemplo claro de economia circular, onde os recursos são reutilizados ou têm seu desperdício reduzido. Durante eventos de seca, o reúso de água pode substituir o uso de água potável para atividades que não requerem esta qualidade, como irrigação, limpeza urbana e refrigeração industrial, além de tornar as comunidades e setores menos vulneráveis às flutuações nas precipitações e eventos climáticos extremos.

O reúso de água com águas residuais tratadas para fins potáveis e não potáveis pode ser praticado de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente. Por exemplo, quando implementado com padrões de tratamento adequados, o uso de água reciclada para irrigação de culturas é protetor da saúde pública. No entanto, existem várias barreiras à adoção do reúso de águas residuais; estas incluem barreiras técnicas e aspectos de saúde pública relacionados a riscos microbiológicos e farmacêuticos. Atualmente, essas questões estão sendo abordadas por meio do fortalecimento dos padrões regulatórios e no Brasil há várias legislações reguladoras. Os benefícios do reúso de águas residuais geralmente superam os custos.

Uma grande parcela das intervenções de adaptação (~60%) é moldada em resposta a riscos relacionados à água e envolve intervenções hídricas (irrigação, coleta de água da chuva, conservação da umidade do solo). As respostas de adaptação em países em desenvolvimento tendem a ser autônomas, incrementais e focadas na gestão de riscos relacionados à água na agricultura. Em contraste, em países desenvolvidos, as respostas são mais orientadas para políticas e focadas em áreas urbanas. A irrigação ajuda a estabilizar e aumentar a produtividade das culturas e é frequentemente uma estratégia preferida por agricultores e formuladores de políticas para redução de riscos, mas a irrigação também está associada a uma série de resultados adversos, incluindo a extração excessiva de águas subterrâneas. Além disso, a irrigação em larga escala

também afeta os climas locais e regionais, tanto em termos de mudanças de temperatura quanto de precipitação.

O reúso de água reduz a vulnerabilidade às secas, garantindo a disponibilidade de água em um cenário de uma escassez projetada de água em muitas regiões. Para a agricultura e uso industrial, o reúso de água pode ser uma medida de adaptação eficiente e incentivando inovações tecnológicas progressivamente mais eficientes no tratamento e aproveitamento da água.

Apesar de todos esses benefícios, é importante que o uso de água de reúso seja tornado público, enfatizando seu benefício e demonstrando a segurança no seu uso. Além disso, há necessidade de investimentos e planejamento para viabilizar a construção e manutenção de sistemas de tratamento e distribuição de água de reúso, além de uma regulamentação adequada para garantir a qualidade da água de reúso e a segurança de sua utilização. Finalmente, é importante assegurar incentivos para a implantação e o uso da água de reúso, como subsídios, parcerias e programas de educação.

Em muitos locais, o tratamento e o reúso de águas residuais de fontes urbanas, residenciais e industriais, podem ser a principal opção de abastecimento em situações de escassez aguda de água e ajudar a reduzir outras captações de água doce. O reúso agrícola de águas residuais de baixa qualidade tornar-se-á cada vez mais necessário, mas o tratamento consome muita energia e pode contribuir para maiores emissões de gases de efeito estufa.

Em conclusão, o reúso de água é uma ferramenta essencial para a adaptação à mudança do clima e seus impactos, especialmente no contexto da escassez hídrica e da necessidade de uma gestão sustentável dos recursos naturais. Ao adotar essa prática, é possível aumentar a segurança hídrica, reduzir o consumo de água potável e promover uma economia circular, contribuindo para um futuro mais sustentável.

### 3.A IMPORTÂNCIA DO REÚSO DE ÁGUA PARA ADAPTAÇÃO AO EXTREMO CLIMÁTICO: MÉTRICAS ÚTEIS PARA OS GESTORES

Conforme mencionado na Seção 2, o aquecimento global é uma das principais causas de mudanças nos padrões meteorológicos e climáticos (IPCC, 2022), que levam a eventos extremos, incluindo secas severas, precipitações intensas e duradouras, além de temperaturas elevadas. Estes eventos passaram a ocorrer com maior frequência e em períodos desiguais, com previsibilidade mais complexa (Giorgi et al., 2019). Muitos países do mundo, principalmente os mais desenvolvidos e/ou aqueles mais suscetíveis aos impactos das alterações climáticas, vêm definindo estratégias, planejando ações, executando projetos e tomando decisões no sentido de avançar no conceito da resiliência climática.

De acordo com *The Climatic Dictionary* (2023), resiliência climática é a capacidade que uma comunidade ou um ambiente tem de absorver os impactos climáticos, antecipando-os e gerenciando-os de forma a minimizar seus danos, recuperar-se e transformar-se, conforme necessário após o choque inicial (*The Climatic Dictionary*, 2023).

Uma das principais áreas afetadas pelas alterações do clima é a gestão de recursos hídricos. Por este motivo, o termo “resiliência climática” ganhou um desdobramento neste setor, conhecido e adotado atualmente na Europa como “resiliência hídrica” ou *water resilience* (Water Europe, 2025). Dentre as estratégias europeias de resiliência climática e resiliência hídrica, destaca-se a circularidade da água para o enfrentamento de secas, uma vez que a escassez de água já afeta 38% da população da União Europeia (Water Europe, 2025).

No Brasil, segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em 2024, 58% do território nacional (mais de 5 milhões de km<sup>2</sup>) e 4583 municípios (mais de 80%) enfrentaram alguma condição de seca (Cemaden, 2025). Em 2023, cerca de 30% dos municípios brasileiros apresentaram ao menos um mês em condição de seca severa, extrema ou excepcional e estes 1.677 municípios abrangeram mais de 4 milhões de km<sup>2</sup> de

área territorial e uma população estimada em mais de 42 milhões de habitantes (aproximadamente 20% da população) (Cemaden, 2025).

Os extremos climáticos no Brasil já são perceptíveis pela sociedade e noticiados nos principais veículos de comunicação do país. No ano de 2024, a região Amazônica passou pela pior seca da sua história e o Rio Grande do Sul sofreu com a enchente mais catastrófica que já acometeu a região até hoje. No entanto, mal começou 2025 e a região Amazônica está sofrendo com enchentes, (principalmente Acre e Rondônia), enquanto o Rio Grande do Sul decretou racionamento de água em meio à seca do verão e mais recentemente novas enchentes voltaram a causar mortes e destruição.

As perdas econômicas, ambientais e sociais decorrentes dos extremos climáticos que o Brasil vem vivenciando, são inúmeras, tanto em relação às enchentes como às secas. Segundo as projeções científicas realizadas por Avila-Diaz et al. (2020), estes eventos relacionados às mudanças climáticas aumentarão em intensidade e frequência ao longo deste século, tanto no Brasil quanto no mundo.

No contexto deste trabalho, será dada ênfase à seca como condição de extremo climático e serão apresentadas e discutidas as ações mitigadoras para este fim. Segundo Water Europe (2025), a estratégia para a resiliência hídrica que tem o objetivo de fortalecer a segurança hídrica passa por três pontos principais: i) abordar a eficiência, a escassez, a poluição e os riscos relacionados com a água; ii) aumentar a vantagem competitiva e inovadora das infraestruturas hídricas, desenvolver tecnologia limpa, e adotar uma abordagem de economia circular; e iii) digitalizar a gestão da água, principalmente em relação às companhias prestadoras de serviços de água e saneamento.

No contexto da Europa, observa-se o envolvimento claro da economia circular como estratégia de resiliência hídrica. Neste caso, a circularidade de água trata da sua reutilização posteriormente ao seu uso, em detrimento ao seu simplório descarte no meio ambiente. A prática de reúso de água é o termo adotado para a utilização de águas residuárias na cidade ou no campo, que tem como requisito primordial a adequação da qualidade da água ao uso almejado, sempre com base na segurança sanitária e ambiental (Santos et al., 2021).

Ressalte-se ainda que a prática de reúso de água é destacada pelo Objetivo do Desenvolvimento 6 (ODS 6) – Água e saneamento para todos, em suas metas 6.4 e 6.6a. (UN, 2015):

- 6.3: melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.
- 6.6a: ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reúso.

No Brasil, é possível perceber os avanços em termos de adaptação às mudanças do clima, como por exemplo a publicação recente (09/04/2025) da consulta pública da Estratégia Nacional de Mitigação (ENM) do Plano Clima, cuja elaboração foi iniciada em 2023, como ação interministerial do governo federal. No entanto, considera-se que este processo vem sendo desenvolvido de forma morosa, visto a urgência que as alterações climáticas impõem (Agência Gov, 2025). Os seus efeitos vêm causando danos cada vez mais agressivos e com maior potencial de catástrofe.

Neste sentido, entende-se que a sistematização da prática de reúso de água, de forma a conter os efeitos das secas mais duradouras e mais severas, pode ser uma ação atenuante, conforme já internalizada em diversos países do mundo (Santos et al., 2022).

O reúso de água pode ser aplicado a diferentes modalidades hidroeintensivas, tais como usos urbanos, agrícolas, industriais e outros. Para cada modalidade, há características distintas que devem ser levadas em consideração, tais como qualidade de água requerida para garantia de segurança sanitária e ambiental, demanda quantitativa, logística de transporte com a conseqüente relação custo-benefício, existência de quadro regulatório para garantia de segurança jurídico-administrativa, entre outras.

O conceito das modalidades de reúso de água, bem como suas principais características podem ser mais facilmente entendidos a partir do Quadro 2. Adota-se, doravante, a sigla AR para “Água para Reúso”, de modo a simplificar a leitura.

Quadro 5: relação entre variáveis relevantes para projetos de reúso de água e grau de importância para a estruturação do seguro

Modalidade	Características gerais
Urbano	<p><b>Conceito:</b> Aplicação da AR em ambientes urbanos para usos como lavagem de pátios, estacionamentos, logradouros públicos e similares; irrigação paisagística de canteiros, praças e parques; lavagem de veículos comuns e especiais como trens, metrô, aviões, ônibus e caminhões de lixo; desobstrução de galerias de águas pluviais e/ou tubulações de esgotos sanitários; construção civil, para cura de concreto, maquinário que utiliza água para o funcionamento, umectação de solo, abaixamento de poeira; combate a incêndio; descarga de bacia sanitária em sistemas descentralizados.</p> <p><b>Características:</b> As aplicações urbanas, em geral, demandam água de qualidade média, em vazões inferiores à produção, exceto usos potáveis que não estão aqui considerados. Pelo fato de a produção da AR e sua utilização se darem no mesmo perímetro urbano, a logística de transporte é facilitada, bem como os custos do projeto são reduzidos. Outro ponto relevante é a facilidade entre parcerias municipais para validação/execução do projeto.</p>
Agrícola	<p>Aplicação da AR em irrigação de diferentes tipos de cultura e a partir de diferentes tipos de equipamentos de irrigação. Os diferentes tipos de cultura requerem diferentes qualidades de AR. Neste processo incluem-se os seguintes aspectos relacionados às culturas: i) consumo cru ou após algum tipo de processamento; ii) desenvolvimento rente ou distante do solo; iii) consumo humano ou não; iv) que apresentam contato direto com a água de irrigação ou não; e outros.</p> <p><b>Características:</b> A qualidade da água para aplicações agrícolas é variável em função do maior ou menor risco de contaminação de seres vivos e do meio ambiente. Ainda, os diferentes métodos/sistemas de irrigação acabam por se manifestarem como barreiras adicionais à proteção ambiental e sanitária. O principal inconveniente é que em geral, a demanda agrícola de água é bastante elevada e pode dificultar a logística de transporte, bem como seu custo-benefício. O produtor de água para reúso, normalmente está afastado do consumidor, além de requerer convênios e contratos mais elaborados.</p>

Industrial	<p>Aplicação da AR em ambientes industriais: 1) no parque industrial como água de processo e/ou em equipamentos como caldeiras e torres de resfriamento; 2) tipo urbana, porém em ambiente industrial. A AR destinada a atividades industriais pode ser proveniente de um reúso interno ou externo, bem como de um sistema centralizado ou descentralizado.</p> <p><b>Características:</b> em geral, a aplicação industrial é a que demanda água de qualidade mais elevada e maior quantidade, principalmente nos casos de uso direto na produção. Por outro lado, os contratos, convênios e parcerias são mais ágeis, garantindo viabilidade técnico-econômica, mesmo com complexas logísticas de transporte.</p>
------------	--

Fonte: Santos et al. (2021) e Santos e Lima (2025).

Muitas variáveis interferem tanto na tomada de decisão como no desenvolvimento do arcabouço do seguro climático paramétrico. Neste sentido, o Quadro 4 apresenta uma relação entre variáveis relevantes e o grau de importância para a estruturação do seguro.

Quadro 6: relação entre variáveis relevantes para projetos de reúso de água e grau de importância para a estruturação do seguro

Variáveis relevantes		Modalidade de reúso de água		
		Urbano	Agrícola	Industrial
1	Vazão: adequada ao quantitativo de demanda	x	xx	xxx
2	Qualidade: adequada a cada modalidade prevista	x	xx	xxx
3	Operacionalização: qualidade operacional a partir da infraestrutura e da sua gestão	x	xx	xxx
4	Distância: entre o produtor e o consumidor	x	xxx	xx
5	Logística de Transporte: tubulação ou caminhão	x	xxx	xx
6	Custo-benefício: custo de ficar sem água e o custo de captação e tratamento de outras fontes de água	x	xx	xxx
7	Área ocupada: extensão e custo por m <sup>2</sup>	-	-	-
8	Garantia financeira. Caução para indenização por eventuais acidentes sanitários	-	-	-
9	Existência de regulamentação: segurança jurídico-administrativa e sanitária-ambiental	x	xxx	xxx
10	Cliente âncora: viabilização do investimento a uma tarifa constante por determinado período	x	xx	xxx
11	Apoios institucionais: produtores, usuários, intermediários e órgãos do governo	x	xx	xxx

Legenda: x – menor influência; xx – influência média; xxx – maior influência.

Fonte: Elaboração própria

Note-se que as variáveis relevantes influenciam menos a aplicação urbana de reúso de água, quando comparada às demais modalidades. Nos casos das modalidades agrícola e industrial, as variáveis exercem mais influência. Observe-se que a maior influência se concentra no reúso industrial, principalmente quando se dá a aplicação da AR na produção industrial.

A modalidade agrícola prevê maior flexibilidade, quando se consideram diferentes culturas e distintos métodos e sistemas de irrigação. Destaquem-se, neste aspecto, os principais pontos de alerta: a distância entre o produtor e o consumidor, a logística de transporte e a relação custo-benefício.

Em relação à distância, em geral, as instalações produtoras de AR (as estações avançadas de tratamento de esgotos ou estações produtoras de água para reúso) encontram-se instaladas na malha urbana, enquanto a agricultura é desenvolvida, majoritariamente, nas áreas rurais. Neste caso, a logística de transporte pode ser bastante complexa, em função da necessidade de vencer grandes distâncias com adutoras, uma vez que o transporte da AR por caminhão é quase inviável pelo motivo de elevados volumes de água requeridos na irrigação. O transporte da AR e as tecnologias avançadas de tratamento de água, juntos, representam os maiores custos em projetos de reúso de água e por este motivo, a relação custo-benefício destes projetos na agricultura demanda maior atenção.

Por outro lado, há que se destacar o nexo água-energia-alimento, em que o reúso de água se destaca como papel fundamental, garantindo não somente a água para irrigação, como a manutenção da produtividade agrícola e para a produção de energia elétrica. De acordo com Demir e Alp (2025), a necessidade crescente de produção agrícola e as consequências das alterações climáticas exigem novos paradigmas para a gestão sustentável dos recursos, tais como o nexo Água-Energia-Alimento-Ecossistema (ou *Water-Energy-Food-Ecosystem* – *WEFE*) e a abordagem da economia circular. A estrutura da economia circular complementa o nexo WEFE, promovendo o uso eficiente e a reutilização de recursos em seus componentes interconectados.

Feitas as considerações acima sobre métricas do reúso de água, a próxima seção as relaciona com o prêmio de seguro e do seguro paramétrico em particular.

## **4. REÚSO DE ÁGUA E O SEGURO PARAMÉTRICO: EFEITO SOBRE O PRÊMIO DE SEGURO**

O objetivo desta seção é discutir a relação entre as métricas de reúso apresentadas na Seção e o prêmio de seguro em um arcabouço de seguro paramétrico.

A crescente frequência e intensidade de eventos de seca representam um desafio significativo para a sustentabilidade econômica e social dos municípios brasileiros (Marengo et al., 2016). A gestão eficaz dos riscos climáticos, portanto, assume um papel crucial para garantir a segurança hídrica e promover o desenvolvimento sustentável em um cenário de mudanças climáticas (IPCC, 2021).

Nesse contexto, os seguros paramétricos emergem como uma ferramenta inovadora para a transferência de riscos (Zurich Insurance Group, 2025), oferecendo pagamentos rápidos e transparentes baseados em parâmetros objetivos e verificáveis, como índices pluviométricos ou níveis de reservatórios (Heller, 2019). Paralelamente, o reúso de água surge como uma estratégia promissora para mitigar os impactos da seca, diversificando as fontes hídricas, reduzindo a pressão sobre os recursos convencionais e aumentando a disponibilidade de água para diversos usos, especialmente em regiões com escassez (Unesco, 2017).

A questão central deste estudo consiste em saber de que forma a implementação do uso efetivo de água de reúso pode impactar a avaliação do risco e, conseqüentemente, a precificação dos seguros paramétricos contra seca, criando um círculo virtuoso de reforço da resiliência climática e promoção da gestão sustentável da água em municípios brasileiros.

### **4.1. Fundamentos Microeconômicos do Seguro e sua Adaptação aos Seguros Paramétricos**

A teoria microeconômica do seguro se baseia na premissa de que indivíduos avessos ao risco podem aumentar sua utilidade esperada ao transferir incertezas

financeiras para uma entidade especializada, a seguradora (Arrow, 1971). Esse mecanismo de mutualização permite a distribuição do risco entre um grande número de participantes, transformando a incerteza individual em uma previsibilidade estatística para a seguradora (Knight, 1921). A eficiência desse sistema reside na precificação precisa do risco, refletida em prêmios que buscam espelhar a probabilidade de ocorrência de sinistros e a magnitude das perdas esperadas (Harrington & Niehaus, 2003).

Embora os seguros paramétricos compartilhem esses fundamentos, sua estrutura difere daquela do seguro tradicional. Em vez de indenizar perdas reais comprovadas, os pagamentos são acionados quando um índice predefinido atinge um determinado patamar. Essa característica elimina a necessidade de avaliação de perdas *in loco*, agilizando o processo de indenização e reduzindo custos administrativos (Miranda & Farrin, 2012).

No entanto, introduz o risco de "erro de base" (*basis risk*), onde o índice não reflete perfeitamente as perdas efetivas incorridas (Clarke, 2016). A aplicação dos princípios microeconômicos aos seguros paramétricos exige uma adaptação, considerando a correlação entre o índice utilizado e as perdas reais, bem como a modelagem estatística para precificar o risco associado ao índice.

A modelagem estatística torna-se crucial para estabelecer uma correlação robusta entre o índice escolhido e as perdas reais que se pretende cobrir. Uma baixa correlação pode resultar em um risco de base elevado, onde o pagamento do seguro não corresponde adequadamente à perda sofrida pelo segurado (Clarke, 2016). Portanto, a precificação deve levar em conta não apenas a probabilidade de o evento que aciona o índice ocorrer, mas também a incerteza associada à relação entre o índice e as perdas efetivas. Técnicas estatísticas avançadas são utilizadas para analisar dados históricos e projetar cenários futuros, buscando otimizar a correlação e minimizar o risco de base, tornando o seguro paramétrico uma ferramenta eficaz na gestão de riscos climáticos (Swiss Re, 2023).

## 4.2. Falhas de Mercado e Assimetria de Informação no Contexto dos Seguros de Seca

O mercado de seguros, incluindo o de seguros contra riscos climáticos, não está imune a falhas que podem comprometer sua eficiência e equidade. A assimetria de informação, manifestada através da seleção adversa e do risco moral, representa um desafio significativo (Akerlof, 1970; Zweifel et al., 2021). A seleção adversa ocorre quando indivíduos com maior probabilidade de sofrerem perdas (por exemplo, agricultores em áreas mais propensas à seca) são mais propensos a contratar seguros, elevando os prêmios para todos. O risco moral surge quando a posse do seguro altera o comportamento do segurado, incentivando potencialmente práticas menos cuidadosas no uso da água, por exemplo (Holmström, 1979).

Nos seguros paramétricos contra seca, o risco moral pode ser mitigado, pois o pagamento não depende das ações do segurado, mas sim do índice objetivo. No entanto, a seleção adversa ainda pode ser um problema, exigindo uma cuidadosa modelagem e segmentação dos riscos, as quais mitigam também o risco de base. A falta de dados históricos confiáveis e a complexidade dos modelos climáticos também podem exacerbar a assimetria de informação entre seguradoras e segurados, especialmente em relação à probabilidade e intensidade das secas futuras.

## 4.3 Relação entre as métricas do reuso de água e o prêmio de seguro

### 4.3.1 O Papel da Gestão de Riscos Climáticos e a Integração do Reúso de Água

A gestão de riscos climáticos envolve a identificação, avaliação e implementação de estratégias para reduzir a vulnerabilidade aos impactos adversos das mudanças climáticas (IPCC, 2014). Essas estratégias incluem medidas de adaptação, que visam ajustar sistemas humanos e naturais aos impactos presentes ou futuros do clima, e medidas de mitigação, que buscam reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A integração dessas abordagens é

fundamental para construir resiliência climática a longo prazo (Smit & Wandel, 2006).

O reúso de água se insere no contexto da gestão de riscos climáticos como uma importante estratégia de adaptação. Ao diversificar as fontes hídricas e aumentar a disponibilidade de água, o reúso contribui para reduzir a vulnerabilidade dos municípios à escassez hídrica durante períodos de seca (Jiménez & Asano, 2008). A implementação de sistemas de reúso pode aumentar a segurança hídrica, permitindo a manutenção de atividades econômicas e sociais mesmo em condições de precipitação abaixo da média.

#### 4.3.2 O Potencial do Reúso de Água na Precificação de Seguros Paramétricos contra Seca

A presença de infraestrutura de reúso de água em um município pode influenciar a precificação dos seguros paramétricos contra seca de diversas maneiras. Primeiramente, ao aumentar a disponibilidade de água e reduzir a dependência da precipitação direta, o reúso pode diminuir a magnitude das perdas econômicas associadas a um determinado déficit pluviométrico. Isso, por sua vez, pode levar a uma redução na severidade esperada dos sinistros para as seguradoras.

Em segundo lugar, a implementação de sistemas de reúso pode sinalizar um esforço do município em aumentar sua resiliência hídrica, o que pode ser interpretado pelas seguradoras como uma redução no risco geral. Municípios com menor vulnerabilidade à seca podem ser considerados menos arriscados, o que poderia se traduzir em prêmios de seguro mais baixos.

No entanto, a influência do reúso na precificação dependerá de diversos fatores, incluindo a capacidade e confiabilidade do sistema de reúso, a proporção da demanda hídrica municipal atendida por essa fonte e a correlação entre a capacidade do sistema de reúso e a redução efetiva das perdas durante secas de diferentes intensidades. A modelagem da precificação de seguros paramétricos precisaria incorporar esses fatores para refletir adequadamente o impacto do reúso na redução do risco.

A relação entre as métricas de projetos de reúso de água e a precificação de seguros paramétricos contra seca é complexa e multifacetada, mas promissora para a criação de soluções mais eficientes e sustentáveis. A incorporação das características e do desempenho dos sistemas de reúso nos modelos de precificação pode refletir de forma mais precisa a real vulnerabilidade dos municípios à seca, potencialmente impactando os prêmios de seguro.

Diversas métricas relevantes de projetos de reúso de água podem influenciar a avaliação do risco pela seguradora. A vazão constante e adequada à demanda (variável a), por exemplo, indica a capacidade do sistema de reúso em suprir uma parcela significativa das necessidades hídricas do município, reduzindo a dependência de fontes convencionais durante períodos de escassez. Municípios com sistemas de reúso robustos e confiáveis podem demonstrar menor exposição a perdas econômicas decorrentes da seca, justificando uma possível redução no prêmio do seguro. Similarmente, a qualidade da água de reúso (variável b), adequada aos usos pretendidos, garante a operacionalidade de atividades econômicas chave, como a agricultura e a indústria, mesmo em cenários de seca, mitigando perdas seguráveis.

A operacionalização eficiente do projeto e da infraestrutura (variável c), incluindo a gestão e a engenharia, assegura a continuidade do fornecimento de água de reúso, minimizando interrupções que poderiam aumentar a vulnerabilidade à seca. A distância entre produtor e consumidor (variável d) e a logística de transporte (variável e) afetam a viabilidade e a confiabilidade do sistema de reúso. Sistemas com menor distância e logística eficiente tendem a ser mais resilientes e a contribuir de forma mais eficaz para a segurança hídrica.

A relação custo-benefício do reúso (variável f), quando favorável em comparação com alternativas de captação de água, pode incentivar a adoção de sistemas de reúso pelos municípios, sinalizando um comprometimento com a gestão hídrica sustentável e potencialmente influenciando positivamente a percepção de risco da seguradora. A existência de regulamentação local (variável i) também é um indicador importante, pois estabelece padrões e garantias para a qualidade e a segurança do reúso, aumentando a confiança na sua eficácia como medida de mitigação da seca.

Ainda que a quantificação exata do impacto dessas métricas no prêmio do seguro seja desafiadora, a lógica sugere que municípios com sistemas de reúso bem planejados, implementados e operados demonstram uma menor vulnerabilidade aos impactos econômicos da seca. Essa redução da vulnerabilidade pode ser considerada pelas seguradoras na avaliação do risco, potencialmente resultando em prêmios mais competitivos.

A pesquisa de Clarke (2016) sobre seguros paramétricos e segurança alimentar em países em desenvolvimento destaca a importância de considerar as características específicas do contexto local na modelagem dos seguros. Da mesma forma, Miranda e Farrin (2012) discutem a necessidade de adaptar os seguros paramétricos às necessidades dos segurados. Nesse sentido, a incorporação das métricas de reúso de água pode ser vista como uma forma de adaptar o seguro paramétrico à realidade de municípios que investem em soluções inovadoras para a gestão hídrica.

No entanto, barreiras como a falta de dados padronizados e confiáveis sobre a performance dos sistemas de reúso e a dificuldade em quantificar o impacto direto do reúso na redução das perdas seguráveis representam desafios significativos para a incorporação dessas métricas nos modelos de precificação. Superar essas barreiras exigirá colaboração entre o setor de seguros, os gestores de recursos hídricos e a academia para desenvolver metodologias e métricas robustas que permitam a valoração do reúso de água no contexto dos seguros paramétricos.

#### 4.4 A prática do mercado: pesquisa com Painel de especialistas

Para compreender a realidade e as perspectivas da adoção do seguro paramétrico no Brasil, foi realizado um levantamento por meio de questionário aplicado a um grupo de especialistas, cujas respostas foram submetidas a análises quantitativa e qualitativa de conteúdo. Os resultados revelam um panorama complexo, com reconhecimento do potencial do instrumento, mas também com a identificação de barreiras significativas e a necessidade de estratégias multifacetadas para sua disseminação.

A metodologia empregada neste estudo, com o objetivo de explorar o impacto da utilização de água de reuso na redução do prêmio de seguro paramétrico contra seca, foi delineada para equilibrar o rigor científico com a flexibilidade inerente à investigação de um tema complexo e incipiente. Partindo dos princípios da metodologia Delphi (Okoli e Pawlowski, 2004), reconhecida por sua eficácia na coleta de opiniões de especialistas para construir um consenso ou identificar divergências sobre um determinado assunto, o presente trabalho adotou uma abordagem adaptada para se adequar às particularidades do cenário brasileiro e à natureza exploratória da pesquisa.

#### 4.4.1 Adaptação da Metodologia Delphi e Justificativas

A metodologia Delphi tradicional envolve múltiplas rodadas de questionários anônimos e feedback controlado, visando a convergência de opiniões. No entanto, o contexto deste estudo impôs a necessidade de adaptações significativas. As justificativas para este percurso metodológico foram multifacetadas:

##### a) Especificidade e Novidade do Tema

O seguro paramétrico, especialmente aplicado à seca e em sinergia com o reúso de água, é um campo de conhecimento relativamente novo no Brasil. A escassez de literatura nacional e a fase inicial de sua aplicação prática tornam a obtenção de dados e a identificação de um grande número de especialistas um desafio.

##### b) Número Limitado de Profissionais Especializados

Conforme observado na pesquisa de mercado e no processo de recrutamento de participantes, o universo de profissionais com experiência prática e teórica aprofundada em seguros paramétricos no Brasil é restrito. Dentre a lista inicial de potenciais entrevistados (total de 10 profissionais de diversas áreas do mercado segurador e jurídico), foi possível contar com a participação de 6 especialistas que efetivamente responderam à pesquisa (CA, JC, MM, LC, ED, SK), um número que, embora aquém do ideal para uma saturação completa de dados em métodos mais quantitativos, é considerado adequado para uma investigação exploratória e para identificar tendências consistentes neste nicho.

##### c) Caráter Exploratório e Inicial da Investigação

O estudo visa primariamente identificar tendências, desafios, oportunidades e levantar hipóteses para futuras pesquisas mais aprofundadas e potencialmente quantitativas. Não se busca uma conclusão estatisticamente generalizável, mas sim a compreensão qualitativa do fenômeno a partir da perspectiva de especialistas de mercado. Conforme o Material Suplementar 2, o "Nível de Precisão" da pesquisa é explicitamente declarado como não resultando em "conclusões estatisticamente generalizáveis", mas sim sendo "valiosa para identificar tendências, hipóteses e áreas para investigações mais detalhadas no futuro".

#### d) Barreiras Práticas na Coleta de Dados

Um ponto crucial na adaptação da metodologia foi a dificuldade inicial em obter respostas ao "Questionário INICIAL" mais abrangente e complexo. O protocolo de entrevista anexo revela que "em razão do fato de somente um especialista ter devolvido o questionário ORIGINAL respondido, optou-se por flexibilizar o Questionário INICIAL, substituindo-o por um mais simples, porém, considerando os mesmos assuntos". Esta flexibilização foi uma decisão pragmática para viabilizar a coleta de dados e garantir a participação de um número maior de especialistas, ainda que em um formato ligeiramente mais conciso. Esta adaptação garantiu que a pesquisa não fosse inviabilizada pela complexidade percebida pelo corpo de especialistas, permitindo a continuidade da coleta de *insights* valiosos.

#### 4.4.2 Procedimentos Metodológicos Adaptados

A metodologia adaptada, baseada no painel de especialistas, seguiu um percurso bem definido, iniciando pela clara delimitação de seus objetivos, que era "explorar se a utilização de água de reuso por municípios pode impactar positivamente na redução do prêmio de seguros paramétricos contra seca". Para isso, os critérios de seleção de especialistas focaram em profissionais com experiência relevante em seguros paramétricos, buscando inicialmente aqueles com no mínimo 10 anos de atuação no mercado segurador. A lista de entrevistados, conforme a tabela Dados-Entrevistados, confirmou a diversidade de perfis, abrangendo executivos de corretoras, seguradoras, consultorias de risco e advogados, o que garantiu uma visão ampla do setor.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários enviado aos especialistas por meio de e-mail. É importante notar que a transição de um "Questionário INICIAL", mais extenso, para um "Questionário ALTERNATIVO" mais conciso, mas abordando os mesmos temas essenciais, foi uma decisão estratégica para aumentar a taxa de resposta e a viabilidade do estudo. Finalmente, as respostas obtidas foram submetidas a uma análise qualitativa de conteúdo, tal como detalhado nesta seção. Este tipo de análise mostrou-se apropriado para extrair temas recorrentes, identificar consensos e divergências, e compreender as percepções e experiências dos especialistas quanto aos desafios, barreiras, estratégias e ao potencial de integração do reúso de água na precificação de seguros paramétricos.

#### 4.4.3 Coerência e Robustez no Contexto da Pesquisa

A metodologia adotada demonstrou coerência fundamental com o teor da pesquisa. As constatações do trabalho sobre o consenso unânime sobre a utilidade dos seguros paramétricos, os desafios citados (falta de apetite do mercado, barreiras regulatórias, desconhecimento) e as estratégias propostas (produtos personalizados, tecnologias, capacitação), são frutos diretos das respostas dos especialistas coletadas por esta metodologia.

Apesar de não seguir estritamente o protocolo Delphi em sua forma mais rígida (devido à ausência de múltiplas rodadas de feedback para convergência), a adaptação implementada conferiu a robustez adequada para os objetivos exploratórios do estudo. Ao coletar a perspectiva de um grupo seletivo de especialistas atuantes em um mercado tão específico e ainda em desenvolvimento como o de seguros paramétricos no Brasil, a pesquisa conseguiu captar *insights* ricos e fundamentados. Esta robustez reside na qualidade do conhecimento dos entrevistados e na capacidade da metodologia de obter suas visões sobre um tema onde dados empíricos são escassos e a experiência prática é fundamental.

Em suma, a adaptação do método Delphi para uma pesquisa de painel de especialistas se justifica plenamente pelo caráter pioneiro do estudo, pela especificidade do tema, pela limitação de profissionais na área e pelas barreiras práticas de coleta de dados. Essa abordagem permitiu que o artigo

estabelecesse bases conceituais sólidas e identificasse direções cruciais para a proteção dos municípios brasileiros contra os extremos climáticos, validando a sinergia proposta entre reúso de água e seguro paramétrico a partir da percepção de quem atua diretamente nesse mercado. Para futuros estudos acadêmicos, esta metodologia serve como um valioso ponto de partida, provendo uma fundação qualitativa para investigações mais aprofundadas.

#### 4.4.4 Utilidade, Desafios e Estratégias para a Adoção de Seguros Paramétricos

Houve consenso unânime (100% dos respondentes) quanto à utilidade dos seguros paramétricos para a promoção da resiliência contra extremos climáticos. Contudo, a adoção generalizada por municípios enfrenta obstáculos importantes. Dentre os desafios mais citados nas opções pré-definidas destacaram-se a "falta de apetite do mercado e complexidade na modelagem de riscos" e as "barreiras regulatórias e tributárias" (ambos com 66,7% de menções). O "desconhecimento e a falta de cultura de prevenção" também foram apontados como relevantes (50%). Notavelmente, todos os especialistas indicaram a existência de "outros" desafios, detalhando aspectos como a "falta de planejamento climático nos municípios", "influência política nos processos de contratação", "baixa capacidade técnica local" e "dificuldades na adequação dos produtos às diferentes realidades regionais", além de questões técnicas como a "quantificação do risco de base".

Para superar tais desafios, os especialistas sugeriram um conjunto diversificado de estratégias. Sobressaíram propostas voltadas ao "desenvolvimento de produtos personalizados (*taylor-made*)", ao "uso de novas tecnologias e modelagens preditivas" e à "capacitação técnica dos gestores públicos". A "promoção dos seguros como política pública", a "formação de consórcios intermunicipais" para diluição de riscos, a "melhoria da análise e quantificação de riscos" e a "educação e divulgação" sobre o tema também foram enfatizadas. Adicionalmente, mencionou-se a importância da "simplificação regulatória" e o uso de "instrumentos financeiros alternativos", como *Cat Bonds*.

O papel dos incentivos governamentais foi considerado crucial. As sugestões incluíram "subvenção ao prêmio do seguro" (análoga ao seguro rural), "criação

de fundos públicos" para garantir ou co-financiar a contratação, "emissão de títulos com incentivos fiscais", "apoio técnico e regulatório" para a estruturação de produtos e a "desburocratização" dos processos de contratação. A ideia de "contratações em escala regional" para otimizar custos e diversificar riscos também foi proposta como um caminho a ser fomentado pelo poder público.

#### 4.4.5 Interface com a Gestão Hídrica Sustentável: o Caso da Água de Reúso

A investigação também explorou a viabilidade de incorporar o uso de água de reúso (AR) no cálculo do prêmio de seguros paramétricos contra seca. A percepção sobre os critérios e métricas para tal incorporação mostrou-se dispersa, com um número significativo de menções a "sem conhecimento", indicando uma área ainda incipiente. Entre os critérios mais assinalados por aqueles que se posicionaram, destacam-se "vazão da água de reúso como percentual da demanda de água", "relação custo-benefício", "existência de regulamentação local" e "existência de cliente âncora". Um especialista ressaltou a necessidade de um "banco de dados" robusto sobre o tema.

As barreiras para essa integração são consideráveis. Foram citadas a "ausência de dados padronizados e históricos sobre o desempenho dos sistemas de reúso", a "falta de modelos testados e consolidados" e a "complexidade na mensuração dos impactos reais do reúso na mitigação de riscos". Um ponto crítico levantado foi a preferência dos subscritores por cenários de "clima puro", onde não há interferência de fatores humanos ou tecnológicos (como a gestão de um sistema de reúso), pois estes adicionam camadas de incerteza que dificultam a precificação do risco. A necessidade de um "agente reportador terceiro" para validar dados de reúso também foi mencionada.

Para combinar a estratégia de água de reúso com outros incentivos, os especialistas sugeriram "escalar incentivos conforme o nível de reúso implementado", "oferecer estímulos a seguradoras para investir em tecnologia e dados" relacionados ao reúso, e "priorizar municípios com práticas de reúso em linhas de crédito ou investimentos federais". A "adoção de benefícios fiscais para a cadeia produtiva" de seguros que incorporem tais práticas e o "fomento ao

mercado de água de reúso" através de subsídios a empresas usuárias foram outras abordagens recomendadas.

#### 4.4.6 Viabilidade para Pequenos e Médios Municípios e Considerações Finais

A maioria dos especialistas (83,3%) considerou viável oferecer seguros paramétricos contra seca para pequenos e médios municípios, que frequentemente carecem de recursos para seguros tradicionais. Contudo, essa viabilidade é condicionada. As observações apontaram para a necessidade de "subsídios governamentais", "contratação via consórcios intermunicipais", "estruturação de produtos escaláveis e flexíveis" e "disponibilidade de um bom nível de informação". Um especialista enfatizou que, para pequenos municípios com orçamentos limitados, o "incentivo do governo federal ou de fundos internacionais" seria ideal para promover estratégias de resiliência.

Em síntese, os resultados indicam um forte reconhecimento do potencial dos seguros paramétricos para a gestão de riscos climáticos no Brasil. No entanto, sua efetiva disseminação, especialmente em municípios de menor porte e na interface com práticas sustentáveis como o reúso de água, depende da superação de desafios técnicos, regulatórios, financeiros e culturais. A implementação de políticas de incentivo, o desenvolvimento de capacidades locais, a inovação em produtos e a colaboração entre os setores público e privado são cruciais para transformar o potencial desses seguros em realidade tangível para a resiliência municipal (Zurich Insurance Group, 2025).

## 5. MUNICÍPIO DE REFERÊNCIA: RIBEIRÃO PRETO

O objetivo desta seção é desenvolver as diretrizes estratégicas para orientar os municípios na interlocução com o setor segurador, visando à mitigação dos impactos de eventos climáticos extremos. Como resultado, será elaborado um manual de boas práticas para gestores municipais

Para seleção do município-piloto — e como referência para análises futuras — foram estabelecidos quatro critérios fundamentais: (i) comprometimento das autoridades locais com a adesão ao instrumento de seguro, aliando capacidade de gestão e equilíbrio fiscal; (ii) potencial de inclusão da população local nas medidas de proteção; (iii) porte populacional e territorial adequado à viabilidade da implementação de mecanismo de financiamento de seguro contra seca; e (iv) localização em área exposta a riscos de extremos climáticos relevantes ou à confluência de múltiplos fatores de risco.

As duas primeiras características são fundamentais quando se trata do desenvolvimento efetivo de um produto de seguro customizado para o município, uma vez que sua viabilidade dependerá diretamente do engajamento e da opção de política da administração municipal no momento da contratação.

Em relação às demais condições, optou-se por focar em municípios com população superior a 500 mil habitantes, partindo do pressuposto de que uma economia de maior porte tende a perceber valor na mitigação de prejuízos por meio de instrumentos como o seguro, ao mesmo tempo em que demanda um volume financeiro capaz de atrair o interesse do setor segurador.

Utilizando dados da plataforma AdaptaBrasil, foram identificadas regiões com maior propensão à ocorrência de eventos climáticos extremos, em particular de secas. Com base nesses critérios, foi selecionado o município de Ribeirão Preto, que reúne 698.642 habitantes (IBGE, 2022), PIB per capita de R\$ 55.484,91 (IBGE, 2021) e receita bruta de R\$ 4,2 bilhões (IBGE, 2023), indicadores que atestam sua robustez econômica e a adequação ao desenvolvimento de soluções em seguros climáticos.

A plataforma AdaptaBrasil MCTI, mantida pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, apresenta projeções climáticas para os anos de 2030 e 2050,





Na Seção 3, foram apresentadas variáveis-chave para avaliação da viabilidade do uso de água de reúso. Ribeirão Preto constitui caso promissor, com índice de cobertura de coleta de esgoto urbano de 99,3%, dos quais 94% são tratados. O tratamento é realizado nas Estações de Tratamento de Esgoto Ribeirão Preto e Caiçara, utilizando tecnologia de lodos ativados com aeração prolongada, com remoção média da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da ordem de 93,5% e 96%, respectivamente — indicador que reflete a eficiência na remoção de matéria orgânica dos efluentes, conforme o Plano de Saneamento Básico de Ribeirão Preto de 2024.

De acordo com o Relatório de Situação 2021 do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo (com dados de 2020), a vazão total outorgada para atendimento das demandas hídricas da região de Ribeirão Preto é de 18,66 m<sup>3</sup>/s, conforme detalhamento no Quadro 9. Por sua vez, o volume total de efluente tratado potencialmente disponível para reúso é estimado em 1,97 m<sup>3</sup>/s (SNIS, 2020).

Quadro 9: distribuição de vazão outorgadas nos diversos usos

<b>Uso</b>	<b>Abastecimento Público</b>	<b>Industrial</b>	<b>Rural</b>	<b>Outros</b>
<b>Vazão Outorgada (m<sup>3</sup>/s)</b>	6,87	1,95	8,19	1,65

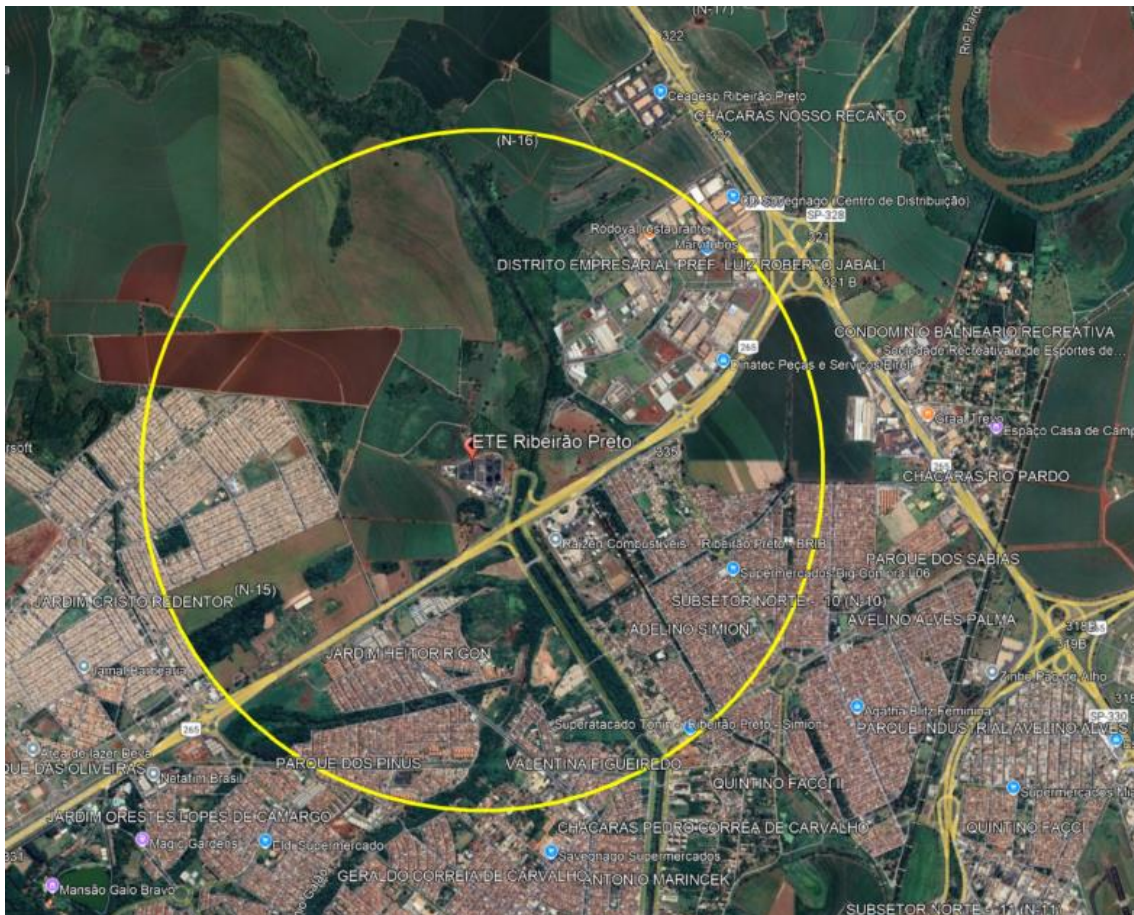
Fonte: Comitê de Bacias, Relatório de Situação 2021

O primeiro critério analisado na matriz apresentada da Seção 3 (Quadro 9) refere-se à relação entre a produção de água de reúso e demanda existente. No que tange ao segundo critério, qualidade da água, mesmo desconsiderando a possibilidade de aplicação para abastecimento público, a vazão disponível de água de reúso seria suficiente para atender integralmente a demanda industrial ou, alternativamente, aproximadamente 25% da demanda de irrigação agrícola, cujos requisitos de qualidade são menos restritivos.

Ressalte-se, ainda, que as estações de tratamento de esgotos de Ribeirão Preto, foram concebidas, desde a fase de projeto, com estrutura técnica e operacional

compatível com a futura implementação de uma Estação Para Água de Reúso (EPAR), representando um diferencial positivo para a viabilidade e integração do reúso no sistema de saneamento local. Conforme o Plano de Saneamento Básico de Ribeirão Preto de 2024, o sistema de produção de água de reúso da ETE Ribeirão Preto está licenciado e em operação.

Quadro 10: raio de 2km no entorno da ETE Ribeirão Preto



Fonte: Google Earth Pro Elaboração: Própria

Em um raio de 2km da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Ribeirão Preto localizam-se o Distrito Empresarial Prefeito Luiz Roberto Jabali, como se vê no Quadro 10, o centro de distribuição da Ipiranga e a unidade da Raízen Combustíveis. Destaque-se, além disso, uma extensa área de cultivo de cana de açúcar. A proximidade desses potenciais consumidores sugere a viabilidade logística para fornecimento de água de reúso., embora a operacionalização de cada modalidade de atendimento exija estudo específico de viabilidade técnica e econômica, sobretudo para fins distintos como uso industrial e agrícola.

Ainda que um raio de 2 km seja, tecnicamente, reduzido para sistemas de reúso, representa uma vantagem comparativa significativa em termos de custos logísticos. Outro aspecto crítico a ser analisado é o custo da não disponibilidade hídrica, bem como os impactos de conflitos pelo uso da água, cada vez mais presentes nas discussões sobre gestão integrada de recursos hídricos.

Conforme estabelece a Constituição Federal, em seu art. 5º, XXIII (função social da propriedade) e art. 225 (meio ambiente equilibrado), a água é bem de uso comum e essencial à vida, devendo ter prioridade no abastecimento público. A Lei 9.433/97, Política Nacional de Recursos Hídricos, trata especialmente sobre prioridades de uso e instrumentos de gestão, com a mesma diretriz da Constituição. No entanto, a prática revela a existência de múltiplos interesses e disputas pelo acesso a esse recurso.

A ETE Ribeirão Preto foi originalmente concebida com previsão de integração de uma Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR), fato que contribui para o atendimento de mais um critério da matriz de métricas propostas. Entretanto, a efetivação do reúso em larga escala depende da definição de arcabouço normativo e de mecanismos de viabilização econômica, os quais estão intrinsecamente ligados à vontade política e à capacidade institucional do município.

A localização estratégica da estação em relação ao distrito empresarial e às centrais de distribuição de combustíveis permite a prospecção de um cliente âncora, cuja adesão ao projeto possa impulsionar sua implementação. Isso poderia ser fomentado por políticas públicas de incentivo, como a oferta de infraestrutura de apoio logístico ou benefícios fiscais.

A descrição criteriosa dos itens da matriz do Quadro 8 apresentada neste estudo serve de modelo metodológico para que outros municípios identifiquem suas particularidades e estabeleçam, com base em dados concretos, as bases técnicas e econômicas para o desenvolvimento de soluções em seguros climáticos baseados em reúso de água. Trata-se de uma abordagem que alia sustentabilidade, planejamento territorial e estímulo ao setor privado, favorecendo tanto o ente público quanto a iniciativa privada e o mercado segurador.

## 6. CONCLUSÕES E PONTOS PARA FUTURAS PESQUISAS

### Objetivo da pesquisa

Este trabalho estabeleceu as bases conceituais para uma abordagem inovadora na proteção dos municípios brasileiros contra os crescentes e severos impactos dos extremos climáticos, com foco particular na seca. A solução proposta que deve ser adaptada a cada região e município envolve a estratégia dos três Ss: seguros, saneamento e securitização. A importância maior ou menor de cada um dos três componentes vai variar conforme o caso concreto.

### Extremos climáticos mais frequentes e intensos e a importância do reúso para enfrentar a seca

Diante da constatação de uma maior intensidade e frequência desses eventos, que geram perdas socioeconômicas devastadoras, a pesquisa sublinha a urgência de mecanismos eficazes de adaptação e mitigação. A proposta central reside na sinergia entre a prática do reúso de água como estratégia de resiliência hídrica e o seguro paramétrico como instrumento financeiro de transferência de risco.

A análise detalhada do reúso de água demonstrou seu potencial como vetor de adaptação, diversificando as fontes hídricas e reduzindo a vulnerabilidade à escassez. A urgência dessa adaptação é ressaltada pelos dados alarmantes: o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) revelou que, em 2024, 58% do território nacional (mais de 5 milhões de km<sup>2</sup>) e mais de 80% dos municípios (4583) enfrentaram alguma condição de seca, e em 2023, 30% dos municípios brasileiros (1.677) apresentaram ao menos um mês em condição de seca severa, extrema ou excepcional, afetando aproximadamente 20% da população do país. Tal cenário de perdas econômicas, ambientais e sociais, que segundo projeções científicas deve aumentar em intensidade e frequência, exige uma forte ênfase na construção da resiliência hídrica.

Nesse contexto, o reúso de água se alinha perfeitamente com os princípios da economia circular, transformando águas residuárias em um recurso valioso e reduzindo a pressão sobre as fontes de água potável, um pilar fundamental da

segurança hídrica e da sustentabilidade, conforme preconizado pelo Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) – Água e saneamento para todos, em suas metas 6.3 e 6.6a, que visam aprimorar a qualidade da água e expandir a reciclagem e reutilização segura globalmente.

### **Matriz de possibilidades de implementação da água de reúso**

Para a estruturação de projetos de reúso de água, métricas relevantes foram identificadas como cruciais, e sua influência varia significativamente conforme a modalidade de aplicação – urbana, agrícola ou industrial. Variáveis como vazão constante e adequada à demanda, qualidade da água de reúso (que demanda tecnologias de tratamento específicas), a operacionalização eficiente do projeto e da infraestrutura, a distância entre o produtor e o consumidor, a logística de transporte (tubulação ou caminhão), a relação custo-benefício (considerando o custo de ficar sem água e de outras captações), a existência de regulamentação local (segurança jurídico-administrativa e sanitário-ambiental), a presença de um cliente âncora e os apoios institucionais são determinantes.

Observou-se que a modalidade industrial frequentemente exerce a maior influência nessas variáveis, dadas suas elevadas demandas de qualidade e quantidade, embora possua contratos e convênios mais ágeis. Já o reúso agrícola, embora flexível em termos de culturas, enfrenta desafios consideráveis relacionados à distância e logística de transporte, muitas vezes necessitando de adutoras para vencer grandes extensões, o que torna desvantajosa a relação custo-benefício.

Por sua vez, as aplicações urbanas tendem a ser menos impactadas por essas variáveis, devido à proximidade entre produção e consumo e demandas de qualidade menos rigorosas. A integração dessas métricas na gestão de riscos climáticos é apresentada como um caminho para fortalecer a segurança hídrica e promover a sustentabilidade.

### **Seguro paramétrico e como o reuso afeta sua precificação**

Paralelamente, o estudo explorou os fundamentos microeconômicos do seguro paramétrico, destacando sua capacidade de oferecer pagamentos rápidos e

transparentes com base em índices predefinidos, mitigando o risco moral, embora ainda sujeito ao risco de base e à seleção adversa.

A questão central investigada – como o reúso de água pode impactar a precificação desses seguros – revelou que a redução da vulnerabilidade municipal, sinalizada pela implementação de sistemas de reúso robustos, tem o potencial de diminuir a severidade esperada dos sinistros, justificando uma possível redução nos prêmios de seguro. Contudo, a quantificação exata desse impacto ainda representa um desafio, dada a complexidade da modelagem e a necessidade de dados padronizados.

### **Achados a partir de painel de especialistas**

A pesquisa com um painel de especialistas do mercado de seguros corroborou a utilidade dos seguros paramétricos para a resiliência climática, mas também evidenciou barreiras significativas à sua adoção generalizada, como a falta de apetite do mercado, complexidade na modelagem de riscos, desafios regulatórios e o desconhecimento.

Para superar tais desafios foram sugeridas estratégias como o desenvolvimento de produtos personalizados, o uso de novas tecnologias, a capacitação de gestores públicos e, crucialmente, a promoção dos seguros como política pública, com incentivos governamentais como a subvenção ao prêmio. A dificuldade em incorporar as métricas de reúso de água no cálculo do prêmio, devido à ausência de dados históricos e à preferência por cenários de "clima puro", foi um ponto crítico levantado, embora a ideia de escalar incentivos conforme o nível de reúso implementado tenha sido considerada promissora.

### **Município de referência: Ribeirão Preto**

O Município de Ribeirão Preto foi apresentado como um caso de referência, ilustrando a aplicabilidade prática dos conceitos discutidos. Sua vulnerabilidade à seca, aliada à sua robustez econômica e à infraestrutura existente de saneamento (com alta cobertura de tratamento de esgoto e previsão de Estação de Produção de Água de Reúso – EPAR), demonstra o potencial para a implementação de um esquema de seguro paramétrico integrado ao reúso de água. A proximidade de potenciais consumidores de água de reúso, como o

Distrito Empresarial e áreas agrícolas, reforça a viabilidade logística e econômica.

### **Conclusões e a oportunidade de manuais customizados para os municípios**

Em síntese, o artigo defende que a combinação estratégica do reúso de água com o seguro paramétrico oferece um caminho promissor para fortalecer a resiliência climática dos municípios, transformando a gestão da água em um fator de mitigação de risco financeiro. Embora desafios técnicos, regulatórios e de dados persistam, a pesquisa aponta para a necessidade de uma colaboração multissetorial – entre o setor de seguros, gestores de recursos hídricos, academia e o poder público – para desenvolver metodologias robustas, superar barreiras e criar um ambiente favorável à adoção dessas soluções.

A elaboração de manuais de melhores práticas para gestores municipais, como o ilustrado com Ribeirão Preto, será fundamental para traduzir esses conceitos em ações concretas, franqueando o acesso a instrumentos de mitigação de risco hoje subutilizados e construindo um futuro mais resiliente para as cidades brasileiras. A agenda de pesquisa futura deve focar na quantificação mais precisa do impacto do reúso de água nos prêmios de seguro e na validação de modelos de precificação que incorporem essas métricas.

## 7. REFERÊNCIAS

- ADAPTABRASIL MCTI.** Disponível em: <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>. Acesso em: abr. 2025.
- AGÊNCIA GOV.** Plano Clima: governo federal lança consulta pública da Estratégia Nacional de Mitigação. 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202504/plano-clima-governo-federal-lanca-consulta-publica-da-estrategia-nacional-de-mitigacao>. Acesso em: abr. 2025.
- AKERLOF, G. A.** The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, v. 84, n. 3, p. 488-500, 1970.
- ARROW, K. J.** *Essays in the theory of risk-bearing*. Amsterdam: North-Holland, 1971.
- BRASIL.** Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.
- BRASIL.** Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.
- BRASIL.** Ministério do Desenvolvimento Regional. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2020*. Brasília: MDR, 2021.
- CEMADEN.** Secas estão se tornando mais frequentes e intensas no Brasil, aponta Cemaden. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/09/secas-estao-se-tornando-mais-frequentes-e-intensas-no-brasil-aponta-cemaden>. Acesso em: abr. 2025.
- CLARKE, D.** Strengthening the contribution of weather index insurance to food security in developing countries. *Applied Economic Perspectives and Policy*, v. 38, n. 1, p. 59-81, 2016.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARDO.** *Relatório de Situação 2021: Dados de 2020*. Disponível em: [https://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-PARDO/21690/relatorio-de-situacao-2021\\_2020.pdf](https://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-PARDO/21690/relatorio-de-situacao-2021_2020.pdf). Acesso em: abr. 2025.

- DEMIR, E.; ALP, E.** Understanding the design of insurance mechanisms in climate risk governance. *Sustainable Cities and Society*, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.01.009>. Acesso em: abr. 2025.
- GIORGI, F. et al.** Climate change regional projections and impacts. *Journal of Climate Studies*, 2019.
- HARRINGTON, S. E.; NIEHAUS, G.** Capital, corporate income taxes, and catastrophe insurance. *Journal of Financial Intermediation*, v. 12, n. 4, p. 365-389, 2003.
- HELLER, R.** Index insurance for natural disasters: A review of recent research and policy debates. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 35, n. 2, p. 295-317, 2019.
- HOLMSTRÖM, B.** Moral hazard and observability. *Bell Journal of Economics*, p. 74-91, 1979.
- IPCC.** *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- IPCC.** *Climate change 2021: the physical science basis.* Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- IPCC.** *Climate change 2022: mitigation of climate change.* Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- JIMÉNEZ, B.; ASANO, T. (Ed.).** *Water reuse: an international survey of current practice, issues and needs.* Londres: IWA Publishing, 2008.
- KNIGHT, F. H.** *Risk, uncertainty and profit.* Boston: Houghton Mifflin, 1921.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M.** Secas no Nordeste do Brasil – passado, presente e futuro. *Parcerias Estratégicas*, v. 21, n. 42, p. 149-176, 2016.

- MIRANDA, M. J.; FARRIN, K. L.** Index insurance for agricultural risk management in developing countries. *Applied Economic Perspectives and Policy*, v. 34, n. 3, p. 391-427, 2012.
- OKOLI, Chitu; PAWLOWSKI, Suzanne D.** The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. **Information & management**, v. 42, n. 1, p. 15-29, 2004.
- SANTOS, E. et al.** Serviços ecossistêmicos e adaptação às mudanças climáticas: uma análise para o Brasil. *Revista Gestão e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 1, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43709/25041>. Acesso em: abr. 2025.
- SÃO PAULO (Estado).** *Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH*. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br>. Acesso em: abr. 2025.
- SMIT, B.; WANDEL, J.** Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 282-292, 2006.
- SWISS RE.** *Comprehensive guide to parametric insurance*. Zurich: Swiss Re Corporate Solutions, 2023.
- THE CLIMATE DICTIONARY.** United Nations Development Programme (UNDP), 2023. Disponível em: <https://www.undp.org/publications/climate-dictionary>. Acesso em: abr. 2025.
- UNESCO.** *The United Nations world water development report 2017: wastewater – the untapped resource*. Paris: UNESCO, 2017.
- WATER EUROPE.** *Water Resilience Strategy: Position Paper*. 2025. Disponível em: [https://watereurope.eu/wp-content/uploads/2025/02/WE-Position-Paper-Water-Resilience-Strategy\\_.pdf](https://watereurope.eu/wp-content/uploads/2025/02/WE-Position-Paper-Water-Resilience-Strategy_.pdf). Acesso em: abr. 2025.
- ZURICH INSURANCE GROUP.** *Climate risks: strategies for building resilience in a more volatile world*. Zurich Insurance Group, 2025. Disponível em: <https://edge.sitecorecloud.io/zurichinsur6934-zwpcorp-prod-ae5e/media/project/zurich/dotcom/industry-knowledge/climate-change/docs/strategies-for-building-resilience.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

ZWEIFEL, P.; BREUER, M.; EISEN, R. *Insurance markets and asymmetric information*. Cham: Springer, 2021.

## 8. Material suplementar 1: conceito do seguro

Este material suplementar tem como objetivo aprofundar a compreensão dos fundamentos econômicos do mercado de seguros, servindo como base para a discussão sobre o papel do seguro paramétrico em um cenário de mudanças climáticas. Abordaremos os principais conceitos microeconômicos, as falhas de mercado inerentes ao setor, a dinâmica da transação securitária e os elementos que compõem o cálculo do prêmio, com especial atenção aos fatores de risco, incluindo os eventos climáticos. As informações apresentadas são extraídas das apresentações "Webinar - Aspectos Econômicos sobre Seguros" e "Webinar – Especificidades dos Seguros Tradicional e Paramétrico" da GO Associados.

### Fundamentos Econômicos do Mercado de Seguros e sua Relevância para Riscos Climáticos

O mercado de seguros, em sua essência, é uma sofisticada estrutura econômica desenhada para gerenciar e mitigar riscos. Compreender seus princípios fundamentais é crucial para apreciar a inovação e a necessidade de soluções como o seguro paramétrico, especialmente frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas. A seguir, detalhamos os aspectos econômicos que regem esse setor vital.

#### A Lógica Microeconômica do Seguro

A atividade seguradora se baseia em princípios microeconômicos que permitem a transferência e a diluição de riscos<sup>2</sup>, transformando incertezas individuais em previsibilidade coletiva. A lógica microeconômica do seguro é multifacetada:

---

<sup>2</sup> Transferência de Risco: mecanismo fundamental do seguro é a transferência do risco de uma parte (o segurado) para outra (a seguradora). Em vez de o indivíduo ou empresa arcar sozinho com o ônus financeiro de um evento adverso, a seguradora assume essa responsabilidade mediante o pagamento de um prêmio. Essa transferência permite que o segurado proteja seu patrimônio e sua estabilidade financeira.

- Mutualismo – o seguro opera sob o princípio do mutualismo, onde muitos contribuem com pequenas quantias (os prêmios) para um fundo comum, que será utilizado para indenizar os poucos que sofrerem perdas. Isso cria uma comunidade de risco, onde a solidariedade financeira permite que o impacto de um evento catastrófico seja pulverizado entre um grande número de participantes. Importante ressaltar que o mutualismo é um pilar da Lógica Microeconômica.
- Distribuição e Diluição de Risco – complementar ao mutualismo, a seguradora atua na distribuição e diluição do risco. Ao agregar uma vasta carteira de riscos, a seguradora se beneficia da Lei dos Grandes Números. Eventos que são imprevisíveis e potencialmente severos para um único segurado tornam-se estatisticamente mais previsíveis para um grande conjunto de segurados. Assim, a seguradora consegue calcular a probabilidade média de sinistros e a severidade esperada das perdas, diluindo o impacto financeiro. Isso permite que "Prêmios [sejam] baseados em Risco", conforme descrito na *Webinar Aspectos Econômicos sobre Seguros, Lógica Microeconômica*.
- Eficiência Alocativa – o seguro contribui para a eficiência alocativa de recursos na economia. Ao mitigar o medo de perdas financeiras, ele encoraja indivíduos e empresas a investir, inovar e empreender, pois o custo potencial de riscos é gerenciável. Sem o seguro, muitos agentes econômicos seriam avessos a riscos, inibindo atividades produtivas.
- Redução de Externalidades Negativas – o seguro pode reduzir as externalidades negativas, que são custos arcados por terceiros não envolvidos diretamente em uma transação. Por exemplo, em caso de um acidente de carro, o seguro de responsabilidade civil garante que as vítimas sejam indenizadas, evitando que o custo do acidente recaia sobre a sociedade ou sobre o próprio acidentado.
- Incentivos para Prevenção e Mitigação de Riscos – embora o seguro transfira riscos, ele também pode criar incentivos para a prevenção e mitigação. As seguradoras frequentemente exigem ou oferecem descontos para práticas de segurança (instalação de alarmes,

manutenção preventiva, etc.). Além disso, a simples existência do seguro pode conscientizar o segurado sobre a necessidade de gerenciar seu próprio risco. Essa característica é fundamental no contexto climático, onde a prevenção de desastres e a adaptação são cruciais.

### **Falhas de Mercado no Setor de Seguros**

Apesar de sua importância, o mercado de seguros, como qualquer outro, está sujeito a falhas de mercado<sup>3</sup> que podem comprometer sua eficiência e acessibilidade.

- **Concorrência (Falta de Concorrência, Barreiras à Entrada)**

A "Falta de Concorrência" e as "Barreiras à Entrada" são problemas significativos. A alta regulamentação, a necessidade de grande capital inicial e a complexidade dos produtos podem dificultar a entrada de novas seguradoras, resultando em menos opções e preços potencialmente mais altos para os consumidores.

- **Regulação (Captura Regulatória)**

A "Captura Regulatória" é uma falha onde a agência reguladora, que deveria proteger o interesse público, passa a servir aos interesses das empresas que deveria regular. Isso pode levar a regulamentações que favorecem as seguradoras estabelecidas em detrimento de novos entrantes ou dos consumidores.

- **Externalidades**

---

<sup>3</sup> Estruturas de Mercado Imperfeitas (Monopólio, Oligopólio, Monopsônio, Cartéis):

- Monopólio: ocorre quando há apenas uma seguradora, permitindo-lhe ditar preços e condições sem concorrência.
- Oligopólio: envolve poucas grandes seguradoras dominando o mercado, o que pode levar à coordenação de preços e à redução da inovação.
- Monopsônio: seria um cenário raro onde há apenas um grande comprador de seguros.
- Cartéis: representam acordos explícitos entre seguradoras para fixar preços ou dividir mercados, eliminando a concorrência e prejudicando o consumidor.

Embora o seguro possa reduzir externalidades negativas, ele também pode gerá-las ou ser impactado por elas. Por exemplo, a incapacidade de segurar certos riscos (como os climáticos extremos não precificados adequadamente) pode levar a custos sociais que não são internalizados pelo mercado.

- **Assimetria de Informação**

Esta é uma das falhas mais críticas no mercado de seguros. Refere-se à situação em que uma das partes na transação possui informações mais completas e relevantes que a outra. Na relação segurado-seguradora, o segurado geralmente conhece melhor seu próprio risco do que a seguradora. Essa assimetria dá origem a dois problemas principais:

- Seleção Adversa – ocorre quando, devido à assimetria de informação, o produto de seguro atrai desproporcionalmente indivíduos com maior risco, pois eles têm mais a ganhar com o seguro. Se a seguradora não consegue distinguir entre riscos altos e baixos, ela precifica o seguro para um risco médio, o que torna o produto atrativo para os de alto risco e desinteressante para os de baixo risco. Isso pode levar a um ciclo vicioso onde apenas os piores riscos permanecem segurados, elevando os prêmios e potencialmente levando ao colapso do mercado.
- Risco Moral – surge após a contratação do seguro. Uma vez segurado, o indivíduo pode ter menos incentivos para tomar precauções, pois o custo de um evento adverso será coberto pela seguradora. Isso não implica má-fé, mas uma mudança de comportamento induzida pela proteção securitária. Por exemplo, um motorista com seguro total pode dirigir de forma mais imprudente.

Essas falhas de mercado, especialmente a assimetria de informação, são centrais para entender por que as seguradoras precisam de mecanismos robustos para avaliar e monitorar riscos, e por que inovações como o seguro paramétrico se tornam relevantes, pois podem mitigar alguns desses problemas

ao basear o acionamento da cobertura em índices objetivos, e não em avaliações subjetivas de perdas.

### **O Ciclo da Transação Securitária**

A transação de seguro é um processo contínuo que busca gerenciar os desafios impostos pela assimetria de informação ao longo do tempo. A apresentação esquematiza esse ciclo da seguinte forma:

- i. Assimetria de Informação – como discutido, o ponto de partida é a disparidade de conhecimento sobre o risco entre segurado e seguradora.
- ii. Seleção Adversa – seguradora tenta lidar com a seleção adversa através de questionários de risco, exames médicos (em seguros de vida/saúde), histórico de sinistros, e outras ferramentas de subscrição para precificar o risco de forma mais precisa ou recusar riscos excessivos.
- iii. Risco Moral – para mitigar o risco moral, as seguradoras utilizam mecanismos como franquias (o segurado arca com uma parte da perda), coparticipação, limites de cobertura e cláusulas contratuais que exigem certas condutas. O "Contrato (APÓLICE)" é a materialização dessas condições.
- iv. Análise e Monitoramento – após a emissão da apólice, a seguradora continua a analisar o perfil de risco do segurado e, em alguns casos, monitora o comportamento ou as condições do bem segurado.
- v. Prêmio – o prêmio é o valor pago pelo segurado em troca da cobertura, calculado para cobrir o risco esperado, despesas administrativas e uma margem de lucro.
- vi. Sinistro – quando o evento segurado ocorre, caracteriza-se o sinistro. O segurado notifica a seguradora.
- vii. Indenização – após a verificação e regulação do sinistro, a seguradora paga a indenização correspondente à perda coberta, conforme os termos da apólice.

Todo esse ciclo é uma tentativa de transformar a complexidade e a incerteza do risco em um produto financeiro viável, lidando com as informações disponíveis e as condutas dos envolvidos.

### Cálculo do Prêmio de Seguro

O cálculo do prêmio é o coração financeiro da operação seguradora, permitindo que a seguradora cubra suas obrigações e mantenha sua solvência. A apresentação detalha os componentes e fatores que influenciam esse cálculo.

### Frequência versus Severidade (Fr x S)

Dois conceitos cruciais para a precificação de riscos são "Frequência" e "Severidade".

- Frequência refere-se à probabilidade de ocorrência de um evento adverso dentro de um determinado período.
- Severidade é o custo financeiro médio ou a magnitude da perda quando o evento ocorre.

Apresentamos abaixo quadro que ilustra a relação entre Frequência e Severidade com uma tabela exemplificativa:

FREQUÊNCIA X SEVERIDADE			
Probabilidade	Descrição	Frequência*	Severidade (R\$*)
Certa	Ocorrência esperada de forma rotineira	> 01 vez por ano	Baixa (KR\$)
Provável	Ocorrência irá provavelmente ocorrer na maioria das circunstâncias	01 vez por ano	Média-baixa (1MR\$ a 10MR\$)
Possível	Ocorrência irá acontecer algumas vezes	01 vez a cada 05 anos	Média (10MR\$ a 30MR\$)
Remota	Ocorrência pode ocorrer algum dia	01 vez a cada 10 anos	Alta (30MR\$ a 100MR\$)
Muito remota	Ocorrência possível em situação bem específica	01 vez a cada 30 anos	Muito alta (>100MR\$)

(\*) Exemplificativo

- Para "Ocorrência pode ocorrer algum dia" (Frequência 01 vez a cada 10 anos), a Severidade é "Alta (30MR\$ a 100MR\$)".

- Para "Ocorrência possível em situação bem específica" (Frequência 01 vez a cada 30 anos), a Severidade é "Muito alta (>100MR\$)". Este conceito é particularmente relevante para "Aplicação do Conceito Fr x S em Casos de Extremo Climático" e "Eventos Climáticos Recentes".
- A crescente frequência e severidade de eventos climáticos extremos impactam diretamente a precificação dos riscos pelas seguradoras, exigindo análises e modelos cada vez mais sofisticados.

### Componentes do Prêmio Bruto

O prêmio que o segurado paga, conhecido como Prêmio Bruto, é composto por diversos elementos:

- Prêmio Puro (PP) – é a parcela do prêmio destinada a cobrir as indenizações esperadas dos sinistros. É o custo direto do risco, representado pela seguinte fórmula:

$$\text{Prêmio Puro (PP)} = (\text{Probabilidade de Sinistro}) \times (\text{Valor Médio de Sinistro})$$

A "Probabilidade de Sinistro" corresponde à frequência, e o "Valor Médio de Sinistro" corresponde à severidade. Portanto, o Prêmio Puro é essencialmente o produto da frequência pela severidade do risco individual ou de um grupo de riscos homogêneos.

- Despesas Administrativas (DA) – correspondem aos custos operacionais da seguradora para gerenciar as apólices, como salários, aluguel, tecnologia, marketing, entre outros. A fórmula para o cálculo dessas despesas por apólice é:

$$DA = \frac{\text{Custos Operacionais Totais}}{\text{Nº de Apólices Emitidas}}$$

A eficiência operacional da seguradora impacta diretamente este componente do prêmio.

- Margem de Lucro (ML) – é a remuneração da seguradora pelo capital investido e pelo risco assumido. É o lucro esperado pela atividade. A fórmula fornecida é:

$$ML = \text{Prêmio Total} \times \text{Taxa de Lucro Esperada}$$

A taxa de lucro esperada pode variar dependendo da competitividade do mercado e da estratégia da seguradora.

- Ajustes de Fatores de Risco – além dos componentes básicos, o prêmio bruto é ajustado por diversos fatores que personalizam o risco do segurado. A "Fórmula Genérica para Cálculo do Prêmio de Seguro" apresentada é:

$$\text{Prêmio Bruto} = (\text{Prêmio Puro} + \text{Despesas Administrativas} + \text{Margem de Lucro}) \times \text{Ajustes de Fatores de Risco}$$

### 4.3. Exemplos de Fatores de Risco

Os ajustes de fatores de risco tornam o cálculo do prêmio mais preciso e individualizado:

- Características do Segurado – incluem "idade, histórico de sinistros, etc.". Por exemplo, um motorista jovem pode ter um prêmio de seguro de carro mais alto devido a estatísticas que apontam maior risco em sua faixa etária.
- Localização – fatores de risco geográficos, como a incidência de roubos em uma determinada área para seguros residenciais, ou, crucialmente, a exposição a "riscos associados à localização geográfica" para eventos climáticos. Regiões costeiras ou em planícies de inundação naturalmente terão prêmios mais altos para riscos de enchente.
- Fator do Bem – relaciona-se com o "tipo e valor do bem segurado". Um carro de luxo ou uma joia rara naturalmente terão prêmios mais elevados devido ao seu maior valor de reposição.
- Cobertura e Franquia – o nível de proteção desejado pelo segurado. Uma "Cobertura" mais ampla (ex: seguro compreensivo versus apenas roubo) e uma "Franquia" menor (a parte que o segurado paga do sinistro) geralmente resultam em prêmios mais altos, pois a seguradora assume mais risco.

- Fator Econômico – "ajustes para considerar condições econômicas e de regulamentação". Isso pode incluir inflação, taxas de juros (que afetam os rendimentos dos investimentos das seguradoras) e mudanças nas políticas regulatórias que impactam os custos operacionais ou as exigências de capital.

Todos esses fatores são meticulosamente analisados e ponderados pelas seguradoras para garantir que o prêmio seja justo para o segurado (refletindo seu risco individual) e sustentável para a seguradora (permitindo cobrir perdas e obter lucro).

### **Considerações Finais: A Ponte para o Seguro Paramétrico e o Cenário Climático**

Os conceitos econômicos aqui detalhados, como a lógica microeconômica, as falhas de mercado (especialmente a assimetria de informação) e a complexidade do cálculo do prêmio (com base em frequência, severidade e fatores de risco), são os alicerces do seguro tradicional.

No contexto das mudanças climáticas, a previsibilidade da frequência e severidade de eventos extremos se torna cada vez mais desafiadora. O aquecimento global não apenas aumenta a intensidade e a frequência de fenômenos como inundações, secas, ondas de calor e tempestades severas, mas também introduz novos padrões climáticos, tornando os dados históricos menos representativos do risco futuro. Isso exacerba a dificuldade em aplicar a fórmula tradicional de Prêmio Puro, pois as "probabilidades de sinistro" e os "valores médios de sinistro" tornam-se mais voláteis e incertos.

É nesse cenário de incerteza crescente e na busca por maior eficiência na gestão de riscos que o seguro paramétrico emerge como uma solução inovadora. Diferente do seguro tradicional, que indeniza perdas efetivas (após complexa regulação e perícia), o seguro paramétrico paga um valor pré-definido quando um índice específico e mensurável (o "parâmetro") atinge um determinado gatilho. Por exemplo, em vez de avaliar os danos de uma inundação, um seguro paramétrico pode pagar quando o nível de um rio excede um certo limite ou

quando a precipitação atinge um volume pré-determinado em uma estação meteorológica.

O seguro paramétrico busca mitigar a assimetria de informação e o risco moral ao basear-se em dados objetivos e verificáveis, reduzindo a necessidade de perícias demoradas e subjetivas.

- Sua precificação ainda depende da análise de frequência e severidade do evento climático que aciona o gatilho, mas com foco em dados de sensores e satélites, que podem oferecer uma perspectiva mais atualizada e granular dos riscos climáticos em comparação com o histórico de perdas seguradas.
- A eficiência alocativa pode ser aprimorada, pois os pagamentos são rápidos e transparentes, permitindo uma recuperação mais ágil para o segurado após um evento climático.
- Em suma, a robustez dos princípios econômicos que fundamentam o seguro tradicional fornece a base para compreender a necessidade e a concepção de modelos mais adaptativos, como o seguro paramétrico, diante das complexas e evolutivas ameaças impostas pelas mudanças climáticas. A capacidade de inovar nessas estruturas é vital para garantir que o mercado de seguros continue a desempenhar seu papel crucial na estabilidade econômica e na resiliência social frente a um futuro de riscos ambientais cada vez mais dinâmicos.

Com o intuito de oferecer uma compreensão melhor sobre o seguro paramétrico, apresentamos nos quadros a seguir um comparativo, ancorando os diversos conceitos relacionados, com o seguro tradicional:

	Seguro Tradicional	Vs	Seguro Paramétrico
Definição & Design	Riscos tipicamente seguráveis. Podem ser nomeados ou abrangente (All Risks)	 Riscos Cobertos	Quaisquer riscos que sejam fortuitos e não especulativos. Apenas riscos nomeados
	Varia de modelos padronizados (linhas pessoais) a coberturas complexas e personalizadas (linhas grandes e comerciais)	 Desenho do Produto	Coberturas comumente personalizadas e adaptadas às necessidades específicas do segurado ou de um grupo de segurados
Processos & Obrigações	Perda ou dano do objeto segurado	 Trigger	Ocorrência ou evento coberto
	Reparação ou substituição do dano real sofrido ou reembolso da perda real sofrida	 Obrigações da Seguradora	Pagamento pré-determinado em dinheiro ou equivalente
Prazo & Regulação	Em regra, anual	 Período Coberto	Geralmente sazonal (para cobertura de risco climático ou baseada em colheitas) ou anual. Eventualmente, plurianual
	Baseada na avaliação das perdas reais. Pode durar semanas ou meses	 Regulação e Liquidação	Pagamento rápido e transparente devido à não exigência de avaliação de perdas

Fonte: elaboração própria.

	Seguro Tradicional	Vs	Seguro Paramétrico
Falhas de Mercado	Média a alta	 Seleção Adversa	Baixa
	Médio a alto	 Risco Moral	Baixo
RISCOS	Condições de apólice, exclusões e limites de apólice	 Risco de Base	Correlação entre a perda baseada no modelo (ou o pagamento) e a perda real sofrida
	Alto	 Potencial de Litígio	Baixo, critérios objetivos
Exemplos	Indenização após enchente	 Chuvas	Pagamento após chuva intensa
	Indenização após Perdas Agrícolas devido à Seca	 Seca	Pagamento Automático após Baixa Pluviometria

Fonte: elaboração própria.



## 9. Material suplementar 2: questionário utilizado.

Para conduzir a pesquisa exploratória com o objetivo de entender o impacto da utilização de água de reuso na redução do prêmio de seguro paramétrico contra seca, foi utilizado o seguinte questionário: Questionário ALTERNATIVO\*:

(\*) Em razão do fato de somente um especialista ter devolvido o questionário ORIGINAL respondido, optou-se por flexibilizar o Questionário INICIAL, substituindo-o por um mais simples, porém, considerando os mesmos assuntos.

1. O seguro paramétrico pode ser definido como um tipo de seguro que indeniza o segurado com base na ocorrência de um evento pré-definido e mensurável, sem a necessidade de comprovação de perdas materiais diretas. Na sua opinião, este tipo de seguro pode ser útil para resiliência contra extremos climáticos?

- a. Sim
- b. Não
- c. Talvez
- d. Não sei avaliar

2. Quais são os maiores desafios e barreiras que impedem a adoção generalizada de seguros paramétricos por municípios no Brasil?

- a. Falta de séries históricas confiáveis
- b. Falta de apetite do mercado e complexidade na modelagem de riscos
- c. Barreiras regulatórias e tributárias
- d. Limitações financeiras e orçamentárias dos municípios
- e. Desconhecimento e falta de cultura de prevenção
- f. Outros (favor relacionar)

3. Como esses desafios podem ser superados para tornar os seguros paramétricos mais acessíveis e atraentes para os municípios?
4. Que tipo de incentivos governamentais poderiam ser implementados para estimular a contratação de seguros paramétricos por municípios?
5. Assinale dentre os critérios ou métricas abaixo, aqueles que poderiam ser utilizados para avaliar o impacto da utilização de água de reúso no cálculo do prêmio dos seguros paramétricos contra seca?
  - a. Vazão da água de reúso como percentual da demanda de água
  - b. Qualidade da AR adequada ao uso pretendido (isso envolve diferentes tecnologias de tratamento)
  - c. Operacionalização do projeto de RA e da infraestrutura de produção de AR (isso envolve tanto a gestão como a engenharia)
  - d. Distância entre produtor de AR e consumidor de AR
  - e. Logística de transporte da AR (tubulação ou caminhão)
  - f. Relação custo-benefício (destaca-se aqui o custo de ficar sem água e variáveis envolvidas na captação de água natural de pior qualidade e/ou a longas distâncias, tanto geométrica como manométrica)
  - g. Área ocupada pela infraestrutura de produção de AR. Áreas extensas e em locais com custo do m<sup>2</sup> elevado x áreas menores com custo menor.
  - h. Investimento de caução para eventuais acidentes sanitários. Pensei nisso como forma de garantia, conforme mencionei na reunião.
  - i. Existência de regulamentação local. A depender do nível da regulamentação, há maior ou menor garantia e até mesmo obrigatoriedade em alguns casos.
  - j. Existência de cliente âncora que viabilize o investimento a uma tarifa constante por um determinado período. Modelo do Aquapolo.
  - k. Existência de apoios institucionais como por exemplo: cia de saneamento (produtor) e instituição de compra da mercadoria irrigada com AR (tipo sadia que compra a carne do gado que pasta em área irrigada com AR)

I. Outras variáveis não mencionadas acima (favor relacionar)

AR – Água para Reúso (produtor); RA – Prática de Reúso da Água (serviço)

6. Que barreiras ou desafios poderiam surgir na incorporação de água de reúso no cálculo do prêmio de seguro?

7. Como essa estratégia poderia ser combinada com outros incentivos, como subsídios e financiamentos, para promover a adoção de práticas sustentáveis de gestão da água?

8. Pareceria viável oferecer seguros paramétricos contra seca para pequenos e médios municípios, que muitas vezes não têm recursos para investir em seguros tradicionais?

Objetivos: explorar se e como a utilização de água de reúso por municípios pode impactar positivamente na redução do prêmio de seguros paramétricos contra seca.

Critérios de Seleção: profissionais com experiência relevante em seguros paramétricos.

Número de Participantes: Considerando o caráter exploratório e o seu objetivo de captar insights iniciais, 8 especialistas é um número adequado para identificar tendências consistentes, embora não atinja saturação completa de dados.

Método de Coleta: entrevistas semiestruturadas, virtuais, gravadas e transcritas.

Nível de Precisão: a pesquisa não resultará em conclusões estatisticamente generalizáveis. Contudo, será valiosa para identificar tendências, hipóteses e áreas para investigações mais detalhadas no futuro.

## **10. Material suplementar 3: planilha contendo as respostas dos especialistas**

## Glossário

- **Acordo de Paris:** acordo internacional sobre mudanças climáticas, adotado em 2015, que visa limitar o aumento da temperatura global bem abaixo de 2 °C acima dos níveis pré-industriais e buscar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C.
- **Adaptação:** ajustes em sistemas naturais ou humanos em resposta aos impactos climáticos reais ou esperados. Isso pode incluir a construção de defesas costeiras, desenvolvimento de culturas resistentes à seca e implementação de planos de gestão de desastres.
- **Água de Reúso:** água que foi previamente utilizada em atividades domésticas, industriais ou agrícolas e que, após tratamento adequado, é reutilizada para fins benéficos.
- **Águas Residuais:** água que foi contaminada por atividades humanas, incluindo esgoto doméstico, efluentes industriais e águas pluviais que carregam poluentes. Também chamadas de águas servidas.
- **Águas Residuárias:** sinônimo de águas residuais. Ambos os termos se referem à água que já foi utilizada e teve sua qualidade alterada por atividades humanas.
- **Aquecimento Global:** aumento gradual da temperatura média da Terra, impulsionado pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.
- **Apólice de Seguro:** contrato entre a seguradora e o segurado, que estabelece os termos e condições da cobertura do seguro, incluindo os riscos cobertos, o valor da indenização e as obrigações de ambas as partes.
- **Cenário Climático:** descrição plausível e frequentemente simplificada de como o clima futuro pode evoluir com base em um conjunto coerente de suposições sobre fatores determinantes (como emissões de gases de efeito estufa).
- **Efeito Estufa:** processo natural em que gases na atmosfera (como dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) retêm o calor do sol,

aquecendo a Terra. O aumento da concentração desses gases intensifica o efeito estufa, levando ao aquecimento global.

- **Efluente:** água que sai de um processo industrial ou de uma estação de tratamento de esgoto. Pode ser tratada ou não.
- **Evento Climático Extremo:** evento climático raro em sua ocorrência dentro de sua distribuição estatística de referência em um local. Exemplos incluem ondas de calor, secas, inundações e tempestades intensas.
- **Gases de Efeito Estufa (GEE):** gases na atmosfera que absorvem e emitem radiação infravermelha, retendo calor. Os principais GEE são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e gases fluorados.
- **Gerenciamento de Risco:** processo de identificação, avaliação e controle dos riscos para minimizar as perdas potenciais.
- **Indenização:** valor pago pela seguradora ao segurado em caso de ocorrência de um sinistro coberto pela apólice.
- **Irrigação:** aplicação controlada de água ao solo para fornecer umidade às plantas para produção agrícola.
- **Mitigação (mudanças climáticas):** ações tomadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e limitar a extensão das mudanças climáticas. Isso pode incluir a transição para fontes de energia renovável, aumento da eficiência energética e adoção de práticas agrícolas sustentáveis.
- **Mitigação (seguros e riscos):** ações tomadas para reduzir a probabilidade ou o impacto de um evento adverso.
- **Modelagem Climática:** uso de modelos computacionais para simular e prever o comportamento do sistema climático, incluindo tendências de temperatura, precipitação e outros fatores.
- **Mudanças Climáticas:** alterações de longo prazo nos padrões de temperatura e clima, causadas principalmente por atividades humanas que aumentam os níveis de gases de efeito estufa na atmosfera.
- **Precipitação Extrema:** quantidade de chuva ou neve que excede os valores esperados para uma determinada região, podendo causar inundações.

- **Prêmio de Seguro:** valor pago pelo segurado à seguradora para obter a cobertura do seguro.
- **Recarga de Aquíferos:** processo de adicionar água artificialmente a um aquífero subterrâneo para aumentar suas reservas. A água de reúso pode ser usada para essa finalidade, desde que atenda aos padrões de qualidade apropriados.
- **Resiliência (geral):** capacidade de um sistema, comunidade ou indivíduo de se recuperar de eventos adversos e retornar ao seu estado original ou a um novo estado de equilíbrio.
- **Resiliência (climática):** capacidade de uma comunidade ou ambiente de absorver os impactos climáticos, antecipando-os e gerenciando-os para minimizar danos, recuperar-se e transformar-se conforme necessário após o choque inicial.
- **Reúso Agrícola:** utilização de água de reúso para fins de irrigação na agricultura.
- **Reúso da Água:** prática de utilizar água que já foi usada anteriormente, após tratamento, para outras finalidades. Isso pode incluir irrigação, uso industrial, recarga de aquíferos, uso urbano não potável, entre outros.
- **Reúso Urbano Não Potável:** utilização de água de reúso em áreas urbanas para fins que não requerem água potável, como irrigação de paisagens, lavagem de ruas, recarga de vasos sanitários, etc.
- **Risco de Base (Basis Risk):** risco que ocorre em seguros paramétricos ou outros instrumentos financeiros quando o índice ou parâmetro usado para determinar os pagamentos não corresponde perfeitamente às perdas reais sofridas pelos segurados.
- **Risco Moral (Moral Hazard):** risco de que o comportamento de um segurado mude após a contratação do seguro, aumentando a probabilidade ou o valor das perdas.
- **Seca:** período prolongado de deficiência de precipitação em relação às condições normais, resultando em escassez de água.
- **Seleção Adversa (Adverse Selection):** problema que ocorre nos mercados de seguros quando os indivíduos com maior probabilidade de

sofrer perdas têm maior probabilidade de comprar seguro, criando desequilíbrios na carteira de segurados.

- **Seguro Ambiental:** tipo de seguro que oferece cobertura para perdas ou danos resultantes de eventos adversos ao meio ambiente, como poluição, contaminação do solo, vazamentos de substâncias tóxicas ou outros desastres ecológicos.
- **Seguro Paramétrico:** modalidade de seguro que indeniza o segurado com base em parâmetros ou índices predefinidos, em vez da avaliação das perdas reais.
- **Sinistro:** evento que causa danos ou perdas cobertas pela apólice de seguro.
- **Subscrição de Risco:** processo de avaliação e aceitação de um risco pela seguradora, determinando as condições e o preço do seguro.
- **Tratamento de Águas Residuais:** processo de remoção de poluentes das águas residuais para torná-las seguras para descarte no meio ambiente ou para reúso.
- **Tratamento Terciário:** etapa avançada de tratamento de águas residuais que remove poluentes específicos, como nutrientes, metais pesados ou microrganismos, para atender a padrões de qualidade mais rigorosos para reúso.
- **Uso Consuntivo:** uso da água em que ela não retorna ao corpo hídrico de onde foi retirada, como na irrigação, onde parte da água é evaporada ou absorvida pelas plantas.
- **Uso Não Consuntivo:** uso da água em que ela retorna ao corpo hídrico após ser utilizada, como na geração de energia hidrelétrica.
- **Vulnerabilidade:** grau em que um sistema é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas.
-