GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática

Parecer nº 22

CONSULTA AO COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA REFERENTE A DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS NO ÂMBITO DAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

(Processo Administrativo SEI nº 26/0400-9000134-7)

PLANO RIO GRANDE
Todos nós por todos nós.

25 de junho de 2026

Coordenação Comitê Científico:

Lisiane Lemos,
Secretária Estadual de Inovação, Ciência e Tecnologia

Vice-Coordenação:

Professor Dr. Jorge Audy

Secretaria Executiva:

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum (Secretário Executivo)
Professora Drª. Alexandra Passuello (Assessora Técnica)
Eliana Dienstmann (Assessora Administrativa)

Pareceristas responsáveis:

I. Membros fixo do Comitê Científico:

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum (Relator)
Professora Drª. Alexandra Cruz Passuello (Relatora)
Professor Dr. Fernando Dornelles (Parecerista)

II. Pareceristas *ad hoc*:

Professor Dr. João Francisco Carlexo Horn
Professor Eng. Marcos Augusto Jabor

Sumário

1. INTRODUÇÃO 4

2. CONTEXTUALIZAÇÃO 4

3. CONSULTA EFETUADA 5

4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA RELATORIA 7

5. RESUMOS DOS PARECERES TÉCNICOS SOBRE CONSULTA RELATIVA ÀS DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS 9

5.1. Resumo do parecer técnico – Dr. Fernando Dornelles 9

5.2. Resumo do parecer técnico – Dr. João Francisco Carlexo Horn 12

5.3. Resumo do parecer técnico – Eng. Marcos Augusto Jabor 14

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SECRETARIA EXECUTIVA 16

6.1. Convergências e divergências de posicionamentos entre os pareceristas quanto às diretrizes para dimensionamento de obras hidráulicas 16

6.2. Conclusões e Recomendações Técnicas da Secretaria Executiva 18

7. ANEXOS 21

7.1. Parecer individual do Dr. Fernando Dornelles 21

7.2. Parecer individual do Dr. João Francisco Carlexo Horn 21

7.3. Parecer individual do Dr. Marcos Augusto Jabor 21

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o parecer técnico consolidado elaborado pela Secretaria Executiva do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática referente a definição dos critérios para dimensionamento de obras hidráulicas no âmbito das concessões rodoviárias do Estado do Rio Grande do Sul.

A solicitação de análise foi encaminhada pela Secretaria da Reconstrução Gaúcha (SERG), em 15 de maio de 2026, por meio do processo administrativo eletrônico SEI nº 26/0400-9000134-7.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Secretaria da Reconstrução Gaúcha (SERG), por meio do Departamento de Fiscalização de Concessões Rodoviárias (DFCR), atua na fiscalização de contratos de concessão rodoviária em contratos vigentes com a Concessionária Rota de Santa Maria (RSM) e com a Concessionária Caminhos da Serra Gaúcha (CSG).

Estas concessionárias reportaram diversos danos decorrentes dos eventos hidrometeorológicos ocorridos em 2023 e 2024. No âmbito da fiscalização da recuperação da infraestrutura viária, este comitê foi instado a se manifestar sobre como proceder quanto à exigência de critérios hidrológicos de projeto, tanto para a reconstrução das estruturas danificadas quanto para aquelas que não sofreram danos.

Tal questionamento emerge em um contexto no qual os efeitos das mudanças climáticas se tornam cada vez mais evidentes. Nesse cenário, as premissas de projeto tradicionalmente adotadas baseiam-se em séries históricas que podem não ser plenamente representativas das condições atuais e futuras, seja em razão de sua limitada extensão temporal, seja por não incorporarem adequadamente os eventos extremos observados nas últimas décadas. Soma-se a isso a ausência de adaptação a cenários futuros, uma vez que a não-estacionariedade dos processos hidrológicos e climáticos compromete a validade da premissa de que o comportamento passado seja um indicador confiável das condições futuras.

Com base na contextualização e na exposição dos problemas descritos, evidencia-se a necessidade de maior clareza na definição dos critérios de dimensionamento, especialmente frente à coexistência de diferentes diretrizes técnicas.

3. CONSULTA EFETUADA

A consulta foi formulada em quatro questões e duas propostas de adoção de critérios técnicos, submetidas à apreciação e validação deste comitê.

a. Questionamentos a encaminhados ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do Plano Rio Grande:

Questão 1. A adoção das normativas tradicionais, ainda que com a incorporação de séries históricas atualizadas que incluam os eventos de 1941, 2023 e 2024, é suficiente para representar de forma adequada o cenário hidrológico atual?

Questão 2. Para os projetos a serem executados pelas concessionárias do Programa de Concessões do Estado, devem ser aplicados os valores recomendados na publicação do IPH (2024), como vem sendo feito até o presente momento, ou são recomendados os valores estabelecidos na publicação da ANA (2025)?

Questão 3. Quanto aos critérios utilizados no dimensionamento de OACs e OAEs, devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024, mantendo-se as normas vigentes para as áreas não impactadas?

Questão 4. Para os estudos hidrológicos previstos e os projetos de engenharia, é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros? Como deveriam ser obtidas as curvas IDF, tendo em vista que, devido às mudanças climáticas, as séries tendem a ser não estacionárias?

b. Proposições para adoção de critérios técnicos encaminhadas, em caráter sugestivo, para apreciação e validação do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do Plano Rio Grande, considerando os impactos decorrentes dos eventos climáticos:

Eventuais alterações nos critérios estabelecidos no Programa de Exploração da Rodovia (PER), especialmente aquelas que impliquem modificações no dimensionamento de obras de ampliação e conservação da malha rodoviária concedida, ensejam, em regra, a necessidade de reequilíbrio econômico-financeiro dos contratos de concessão, que serão compensados por aporte público ou resultarão em impacto tarifário. Diante disso, sem prejuízo da resposta aos questionamentos anteriormente apresentados, o DFCR/SERG apresenta, a seguir, em caráter sugestivo, para apreciação e validação do eminente Comitê, a proposta de adoção dos seguintes critérios, considerando os impactos decorrentes dos eventos climáticos:

I. Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA (2025) ou IPH (2024) nas seguintes situações:

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes localizadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos e que tenham sido destruídas ou que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção atestando a inviabilidade estrutural/funcional, bem como às novas OAEs a serem implantadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos;

§ Obras de Arte Correntes (OACs) em áreas impactadas pelos eventos climáticos, a serem implantadas, bem como às existentes cujo levantamento cadastral indique a necessidade de substituição.

II. Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, para os seguintes casos:

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou aquelas existentes em áreas impactadas que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção de viabilidade estrutural/funcional;

§ Obras de Arte Correntes (OACs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou OACs existentes em áreas impactadas que não apresentem comprometimento estrutural.

4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA RELATORIA

Para atender à demanda, a Secretaria Executiva constituiu um Grupo de Trabalho (GT) multidisciplinar, composto por cinco especialistas, além da própria Secretaria Executiva, responsável pela relatoria:

- Dr. Joel Avruch Goldenfum (Relator);
- Drª. Alexandra Cruz Passuello (Relatora);
- Dr. Fernando Dornelles (Membro parecerista);
- Dr. João Francisco Carlexo Horn (Parecerista *ad hoc*);
- Dr. Marcos Augusto Jabor (Parecerista *ad hoc*);

Com o intuito de contextualizar as experiências dos pareceristas, apresenta-se a seguir um breve resumo do histórico profissional de cada um:

- **Fernando Dornelles** – Engenheiro civil formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2004), com mestrado (2007) e doutorado (2012) em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela mesma instituição. Professor Associado e Vice-Diretor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS). Atua nas áreas de drenagem urbana, hidrologia, gestão de águas pluviais, aproveitamento de água da chuva e mitigação de desastres. É coautor do livro Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais e possui ampla produção científica em sistemas de drenagem e gestão de riscos hídricos. Destaca-se pela atuação técnica e científica durante os desastres hidrológicos no Rio Grande do Sul, especialmente na elaboração de prognósticos e na comunicação de risco à população.
- **João Francisco Carlexo Horn** - Engenheiro ambiental formado pelo Centro Universitário Franciscano, com mestrado em Engenharia Civil e Ambiental e doutorado em Engenharia Agrícola, ambos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (mestrado) e Água e Solo (doutorado). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Tecnologia da UFSM, onde também atua como coordenador do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Desenvolve atividades nas áreas de hidrologia, gestão de recursos hídricos, análise de disponibilidade

hídrica em pequenas bacias, impactos da urbanização sobre os recursos hídricos e o meio ambiente, saneamento ambiental e drenagem urbana.

- **Marcos Augusto Jabor** - Engenheiro civil formado pela Escola de Engenharia Kennedy (1978), com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho (1979) pela Universidade FUMEC e em Engenharia Rodoviária (1995) pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Atua como engenheiro civil no Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (DER-MG) desde 1979. Possui ampla experiência em infraestrutura rodoviária, com ênfase em drenagem de rodovias, drenagem urbana, conservação e manutenção rodoviária, além de atuação em engenharia e análise do valor. É autor do livro Drenagem de Rodovias, referência técnica na área, e desenvolve atividades de docência em cursos de pós-graduação e capacitação técnica em instituições diversas, com foco em engenharia rodoviária e sistemas de drenagem.

A composição plural do GT buscou garantir uma avaliação abrangente e qualificada da proposta, reunindo especialistas com ampla experiência nas especialidades envolvidas no projeto.

O parecer consolidado resulta de uma síntese elaborada pela Secretaria Executiva a partir das manifestações individuais dos membros do GT. Ressalta-se que este documento não substitui a leitura integral dos pareceres originais, que acompanham em anexo e apresentam recomendações detalhadas para subsidiar a análise da SERG quanto a eventuais revisões na proposta apresentada.

5. RESUMOS DOS PARECERES TÉCNICOS SOBRE CONSULTA RELATIVA ÀS DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS

5.1. Resumo do parecer técnico – Dr. Fernando Dornelles

Quanto à Questão 1 (normativas tradicionais são suficientes?), Dr. Fernando Dornelles recomenda que a adoção de normativas tradicionais com a incorporação dos eventos extremos seja aplicável apenas quando for possível obter a série de precipitações sub-diárias máximas anuais consistida, observando ainda, que seja representativa para o local de aplicação e que apresente estacionariedade estatística.

Quanto à Questão 2 (devem continuar a ser aplicados os valores recomendados pelo IPH em 2024, ou devem ser adotados os valores estabelecidos na publicação da ANA, de 2025?), Dr. Fernando Dornelles recomenda que sejam adotados os valores estabelecidos na publicação da ANA (2025), visto que este é o órgão com atividade fim de regulamentação.

Quanto à Questão 3 (devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024?), Dr. Fernando Dornelles propõe que critérios de dimensionamento que incorporem adaptação para o cenário de mudança climática, devem ser aplicados, tanto em áreas que foram impactadas, quanto em áreas que não foram impactadas, visto que os resultados das projeções futuras da mudança climática são bastante homogêneos para o território do estado do Rio Grande do Sul.

Quanto à Questão 4 (é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros?) conforme o Dr. Fernando Dornelles, a utilização de projeções climáticas é a abordagem considerada atualmente mais adequada para atualização de curvas IDF, envolvendo o uso de projeções climáticas na geração de curvas IDF futuras. Neste caso, utilizam-se dados oriundos de Modelos Climáticos Globais (GCMs) ou regionais (RCMs), bem como cenários futuros de emissões de gases de efeito estufa, expressos por meio dos chamados Representative Concentration Pathways (RCPs). Essas projeções, geralmente, precisam ser refinadas por

técnicas de downscaling para que tenham aplicabilidade em escalas locais, o que também adiciona fontes de incerteza ao processo. Ele destaca, também, que, seja qual for a técnica para ajuste de IDF adaptada para cenário de mudança climática, é importante que haja uma revisão periódica delas, para que sempre estejam condizentes com as tendências mais atuais a cada época no futuro. No seu parecer, anexo a esta relatoria, Dr. Fernando Dornelles indicou bibliografia específica para ajuste das Curvas IDF considerando os cenários de mudanças climáticas.

Quanto às Sugestões de Proposições para adoção de critérios técnicos de dimensionamento encaminhadas para apreciação e validação do Comitê Científico (Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, ou Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA em 2025 ou pelo IPH em 2024), o Dr. Fernando Dornelles indica que toda intervenção que possibilite o redimensionamento de estruturas deveria considerar critérios de adaptação ao cenário futuro de mudança climática, independentemente de a estrutura estar ou não em área já impactada, uma vez que eventos de precipitação podem ocorrer em qualquer território.

O parecerista ressalta, entretanto, uma limitação relevante dos critérios de majoração da ANA/IPH, pois estes se aplicam exclusivamente a chuvas de projeto com duração de 24 horas, não sendo válidos para durações inferiores. Essa restrição é particularmente significativa em áreas com tempo de concentração inferior a 24 horas, nas quais são necessárias análises para eventos de menor duração.

Nesse contexto, Dr. Fernando Dornelles destaca a alta relevância da proposta por considerar a necessidade de adaptação do dimensionamento de estruturas hidráulicas às alterações hidrológicas decorrentes das mudanças climáticas. Contudo, aponta como fragilidade a não aplicabilidade das majorações ANA/IPH para chuvas com durações distintas de 24 horas.

Para conferir maior robustez à proposta, Dr. Fernando Dornelles recomenda:

1) Priorizar o ajuste de curvas IDF adaptadas para o cenário de mudança climática com representatividade para todo território do estado do Rio Grande do Sul;
2) Adotar curvas IDF atualizadas com base em registros mais recentes, não sendo necessário (e, na maior parte dos casos, inviável) incorporar séries históricas muito antigas (como as da década de 1940), tanto pela ausência de dados em escala sub-diária quanto pelo fato de que tais séries podem distorcer as estatísticas ao incorporar regimes pluviométricos anteriores à intensificação dos efeitos das mudanças climáticas;
3) Aplicar o dimensionamento com base em IDF adaptadas às mudanças climáticas apenas para estruturas de maior porte, nas quais a eventual falha implique prejuízos significativos e maior exigência de capacidade de adaptação. Para estruturas de menor porte, manter os critérios definidos no PER, condicionando, entretanto, a apresentação em projeto de alternativas de ampliação ou replicação futura, incluindo estimativa de custos para adaptação;
4) Considerar, ainda, a importância da via em que a estrutura está inserida, bem como a existência de rotas alternativas em caso de falha ou limitação de desempenho. Em situações em que a adequação de uma estrutura localizada em eixo viário principal implique custos elevados ou grande impacto operacional, pode-se avaliar a estratégia de reforço ou adaptação de estruturas em rotas alternativas, preferencialmente associadas a intervenções de menor porte e menor transtorno. Dessa forma, busca-se reduzir a vulnerabilidade sistêmica da infraestrutura por meio de soluções em rede, mantendo, quando tecnicamente justificável, a estrutura principal em seu estado atual e promovendo o aumento da resiliência global do sistema viário.

Por fim, em relação à proposta apresentada, o Dr. Fernando Dornelles conclui que há limitações na aplicação das sugestões de majoração dos critérios de dimensionamento de estruturas hidráulicas da ANA/IPH. Nesse sentido, entende ser necessária parcimônia na definição dos critérios, buscando um

equilíbrio entre a eventual adoção de majorações e a manutenção dos critérios atualmente estabelecidos no PER. O objetivo é compatibilizar a adequação das estruturas ao cenário de mudanças climáticas com a contenção de custos, ao mesmo tempo em que se promove o incremento da robustez das OAE e OAC.

5.2. Resumo do parecer técnico – Dr. João Francisco Carlexo Horn

Quanto à Questão 1 (normativas tradicionais são suficientes?), Dr. João Francisco Carlexo Horn considera que a elevação dos tempos de retorno de projeto proposta pelo IPH (2024) e posteriormente consolidada pela ANA (2025) encontra respaldo nas evidências observadas em campo, uma vez que as análises realizadas indicam que os eventos extremos recentes, embora excepcionais, permanecem compatíveis com precipitações associadas a recorrências significativamente superiores àquelas tradicionalmente utilizadas nas normativas do DAER/RS e do DNIT. Assim, a revisão dos critérios hidrológicos de dimensionamento não deve ser interpretada apenas como uma resposta aos eventos de 2023 e 2024, mas também como uma medida de adaptação da infraestrutura rodoviária aos padrões hidrológicos atualmente observados e às perspectivas de intensificação dos eventos extremos apontadas pela literatura científica e pelos cenários de mudanças climáticas.

Quanto à Questão 2 (devem continuar a ser aplicados os valores recomendados pelo IPH em 2024, ou devem ser adotados os valores estabelecidos na publicação da ANA, de 2025?), Dr. João Francisco Carlexo Horn recomenda que as OACs localizadas em áreas de inundação sejam objeto de reavaliação específica, considerando as alterações observadas no regime hidrológico regional e a necessidade de aumento da resiliência da infraestrutura rodoviária. Para essas estruturas, ele recomenda igualmente a adoção dos critérios estabelecidos pelo IPH (2024), por apresentarem melhor aderência às características hidrológicas regionais e às condições observadas nos eventos extremos recentes ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.

Quanto à Questão 3 (devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024?), Dr. João Francisco Carlexo Horn recomenda que projetos de novas Obras de Arte Especiais, bem como a reavaliação de estruturas estratégicas existentes, sejam acompanhados obrigatoriamente de estudos hidrodinâmicos compatíveis com a complexidade da obra e com os riscos associados, permitindo uma representação mais adequada dos níveis d'água, velocidades de escoamento, áreas de inundação, transporte de sedimentos (erosão e sedimentação) e mecanismos de socavação durante eventos hidrológicos extremos.

Quanto à Questão 4 (é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros?) conforme o Dr. João Francisco Carlexo Horn, para Obras de Arte Correntes (OACs), usualmente dimensionadas com tempos de retorno inferiores a 50 anos, entende-se que não há necessidade imediata de incorporação direta e generalizada de projeções climáticas derivadas dos modelos CMIP6/IPCC. Nesses casos, recomenda-se a utilização de equações IDF atualizadas com base em séries históricas observadas, incorporando eventos extremos relevantes, como os registrados em 1941, 2023 e 2024. Já para Obras de Arte Especiais (OAEs), cuja vida útil, relevância estratégica e critérios de segurança frequentemente envolvem tempos de retorno superiores a 50 anos, recomenda-se a adoção de equações IDF com fatores de incremento associados às mudanças climáticas. O parecerista ressalta, que a definição de fatores de incremento climático deve ser baseada em estudo regionalizado, fundamentado em modelagem climática adequada, devidamente calibrada e validada para a região de interesse.

Por fim, o Dr. João Francisco Carlexo Horn conclui que as inspeções de campo e os estudos hidrológicos realizados após os eventos extremos recentes demonstram que diversas estruturas existentes apresentam capacidade hidráulica insuficiente para as condições atualmente observadas. Tal limitação favorece o acúmulo de carga hidráulica a montante dos aterros, aumentando a probabilidade de ocorrência de galgamentos, erosão dos taludes, processos de

"piping" e rompimentos localizados dos corpos de aterro. Diante desse cenário, ele recomenda que as OACs localizadas em áreas de inundação sejam objeto de reavaliação específica, considerando as alterações observadas no regime hidrológico regional e a necessidade de aumento da resiliência da infraestrutura rodoviária. Para essas estruturas, ele recomenda igualmente a adoção dos critérios estabelecidos pelo IPH (2024), por apresentarem melhor aderência às características hidrológicas regionais e às condições observadas nos eventos extremos recentes ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.

5.3. Resumo do parecer técnico – Eng. Marcos Augusto Jabor

O Eng. Marcos Augusto Jabor concentrou sua colaboração nas Sugestões de Proposições para adoção de critérios técnicos de dimensionamento encaminhadas para apreciação e validação do Comitê Científico (Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, ou Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA em 2025 ou pelo IPH em 2024).

O Eng. Marcos Jabor propõe que:

- para Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes localizadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos e que tenham sido destruídas ou que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção atestando a inviabilidade estrutural/funcional, bem como às novas OAEs a serem implantadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos, os critérios técnicos propostos pelo IPH (2024) sejam adotados;
- para Obras de Arte Correntes (OACs) em áreas impactadas pelos eventos climáticos, a serem implantadas, bem como às existentes cujo levantamento cadastral indique a necessidade de substituição, os critérios técnicos propostos pelo IPH (2024) sejam adotados, com as seguintes alterações: TR=50 anos para OAC tubulares (orifício); TR=50 anos para OAC Celulares (canal) e Tr=100 anos para OAC Celulares (orifício).

O Eng. Marcos Augusto Jabor também propõe manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, para os casos de:

- Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou aquelas existentes em áreas impactadas que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção de viabilidade estrutural/funcional;
- Obras de Arte Correntes (OACs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou OACs existentes em áreas impactadas que não apresentem comprometimento estrutural.

Por fim, o Eng. Marcos Augusto Jabor entende que a sugestão apresentada pelo DFCR/SERG está muito bem colocada, de forma adequada e equilibrada, necessitando apenas de um pequeno ajuste, conforme explicitado anteriormente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SECRETARIA EXECUTIVA

As análises realizadas pelos pareceristas apresentam aspectos de convergência quanto a alguns questionamentos e de divergência quanto a outros. Além disso, também incluem contribuições complementares e consistentes, apontando pontos para qualificação da proposta de definição dos critérios de dimensionamento, especialmente frente à coexistência de diferentes diretrizes técnicas.

A seguir, as convergências, divergências e lacunas identificadas são explicitadas, para cada um dos questionamentos efetuados, bem como recomendações da Secretaria Executiva para subsidiar a decisão final quanto às adequações a serem efetuadas.

6.1. Convergências e divergências de posicionamentos entre os pareceristas quanto às diretrizes para dimensionamento de obras hidráulicas

a) Convergências e divergências de posicionamentos quanto à Questão 1 (normativas tradicionais são suficientes?): Há convergência nos pareceres do Dr. Fernando Dornelles e do Dr. João Francisco Carlexo Horn, onde ambos apontam a necessidade de revisão dos critérios hidrológicos de dimensionamento, principalmente quando não for possível obter a série de precipitações sub-diárias máximas anuais consistida.

b) Convergências e divergências de posicionamentos quanto à Questão 2 (devem continuar a ser aplicados os valores recomendados pelo IPH em 2024, ou devem ser adotados os valores estabelecidos na publicação da ANA, de 2025?): O Dr. Fernando Dornelles recomenda que sejam adotados os valores estabelecidos na publicação da ANA (2025), visto que este é o órgão com atividade fim de regulamentação. Por outro lado, o Dr. João Francisco Carlexo Horn recomenda a adoção dos critérios estabelecidos pelo IPH (2024), por apresentarem melhor aderência às características hidrológicas regionais e às condições observadas nos eventos extremos recentes ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.

c) Convergências e divergências de posicionamentos quanto à Questão 3 (devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024?): Há consenso nos pareceres do Dr. Fernando Dornelles e do Dr. João Francisco Carlexo Horn quanto à aplicação das novas recomendações tanto em áreas que foram impactadas, quanto em áreas que não foram impactadas, principalmente para Obras de Arte Especiais (OAEs), visto que os resultados das projeções futuras da mudança climática são bastante homogêneos para o território do estado do Rio Grande do Sul.

d) Convergências e divergências de posicionamentos quanto à Questão 4 (é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros?): Há convergência parcial nos pareceres apresentados. O Dr. Fernando Dornelles considera que a utilização de projeções climáticas é, atualmente, a abordagem mais adequada para atualização de curvas IDF, envolvendo o uso de projeções climáticas na geração de curvas IDF futuras. Porém, ele ressalta que essas projeções, geralmente, precisam ser refinadas por técnicas de downscaling para que tenham aplicabilidade em escalas locais. Já o Dr. João Francisco Carlexo Horn recomenda a adoção de equações IDF com fatores de incremento associados às mudanças climáticas para Obras de Arte Especiais (OAEs), mas entende que não há necessidade imediata de incorporação direta e generalizada de projeções climáticas para Obras de Arte Correntes (OACs).

e) Convergências e divergências de posicionamentos quanto às Sugestões de Proposições para adoção de critérios técnicos de dimensionamento encaminhadas para apreciação e validação do Comitê Científico (Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, ou Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA em 2025 ou pelo IPH em 2024): Ainda que com diferentes ênfases, há convergência entre os pareceres do Dr. Fernando Dornelles e do Dr. João Francisco Carlexo Horn para esse ponto. O Dr. Fernando Dornelles indica que toda intervenção que crie a oportunidade de redimensionar a estrutura já deveria adotar critérios de adaptação para cenário futuro de mudança climática, seja estrutura em área impactada ou não nos eventos de 2023 e 2024, visto que as precipitações ocorrem em todo e qualquer território.

O Dr. João Francisco Carlexo Horn recomenda a adoção dos critérios propostos pelo IPH (2024), utilizando equações IDF desenvolvidas a partir de séries estacionárias atualizadas e incorporando os eventos extremos observados em 1941, 2023 e 2024. Porém, o Eng. Marcos Augusto Jabor diverge, já que ele propõe aplicação dos critérios técnicos propostos pelo IPH (2024) apenas para OAEs e OACs localizadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos (mas com alterações nos valores de TR) e a manutenção dos critérios definidos no PER (priorizando as normativas do DNIT), para OAEs e para OACs existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou ainda, para aquelas existentes em áreas impactadas que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção de viabilidade estrutural/funcional.

6.2. Conclusões e Recomendações Técnicas da Secretaria Executiva

Com base na análise consolidada dos pareceres e nas competências do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática, a Secretaria Executiva apresenta as seguintes considerações:

- **Quanto à Questão 1 (normativas tradicionais são suficientes?):** Considerando a convergência entre os pareceristas, **pode-se afirmar que as normativas tradicionais**, ainda que com a incorporação de séries históricas atualizadas que incluam os eventos de 1941, 2023 e 2024, **não são suficientes** para representar de forma adequada o cenário hidrológico atual. Há necessidade de revisão dos critérios hidrológicos de dimensionamento, principalmente quando não for possível obter a série de precipitações sub-diárias máximas anuais consistida;

- **Quanto à Questão 2 (devem continuar a ser aplicados os valores recomendados pelo IPH em 2024, ou devem ser adotados os valores estabelecidos na publicação da ANA, de 2025?):** Considerando a divergência entre os pareceristas quanto à aplicação dos valores recomendados pelo IPH em 2024, ou a adoção dos valores estabelecidos

na publicação da ANA, de 2025, **sugere-se que ambas as metodologias sejam testadas em cada caso de estudo, e que a solução a ser adotada seja selecionada considerando de forma combinada os aspectos técnicos e econômicos, sempre com participação e anuência do contratante**;

- **Quanto à Questão 3 (devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024?)**: Considerando a convergência entre os pareceristas quanto aos critérios utilizados no dimensionamento de OACs e OAEs, **sugere-se a aplicação das novas recomendações tanto em áreas que foram impactadas, quanto em áreas que não foram impactadas, principalmente para Obras de Arte Especiais (OAEs)**;

- **Quanto à Questão 4 (é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros?):** Considerando as convergências e as divergências entre os pareceristas quanto à adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros, **sugere-se o uso de equações IDF com fatores de incremento associados às mudanças climáticas para Obras de Arte Especiais (OAEs)**, usualmente dimensionadas com tempos de retorno inferiores a 50 anos. **Porém, entende-se que, para as Obras de Arte Correntes (OACs), não há necessidade imediata de incorporação direta e generalizada de projeções climáticas, devendo ser efetuada análise em separado caso-a-caso**;

- **Quanto às Sugestões de Proposições para adoção de critérios técnicos de dimensionamento (Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, ou Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA em 2025 ou pelo IPH em 2024):** Considerando as convergências e divergências nos pareceres

relativos às Sugestões de Proposições para adoção dos critérios técnicos de dimensionamento encaminhados, **sugere-se:**

I. **Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA (2025) ou IPH (2024) nas seguintes situações:**

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes localizadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos e que tenham sido destruídas ou que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção atestando a inviabilidade estrutural/funcional, bem como às novas OAEs a serem implantadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos;

§ Obras de Arte Correntes (OACs) em áreas impactadas pelos eventos climáticos, a serem implantadas, bem como às existentes cujo levantamento cadastral indique a necessidade de substituição.

II. **Analisar separadamente cada obra para avaliar se é adequado manter os critérios definidos no PER ou se é necessário aplicar os coeficientes de majoração sugeridos por ANA ou IPH, buscando compatibilizar a necessidade de contenção de custos com a busca da adequação das estruturas ao cenário de mudanças climáticas, sempre com participação e anuência do contratante para os seguintes casos**:

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou aquelas existentes em áreas impactadas que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção de viabilidade estrutural/funcional;

§ Obras de Arte Correntes (OACs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou OACs existentes em áreas impactadas que não apresentem comprometimento estrutural.

Por fim, ressalta-se que as conclusões aqui apresentadas têm natureza técnica e científica, destinando-se a subsidiar a tomada de decisão administrativa, nos termos das atribuições do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática, não possuindo caráter deliberativo.

Porto Alegre, 25 de junho de 2026.

Prof. Dr. Joel Avruch Goldenfum

Profª. Drª. Alexandra Cruz Passuello

7. ANEXOS

7.1. Parecer individual do Dr. Fernando Dornelles

7.2. Parecer individual do Dr. João Francisco Carlexo Horn

7.3. Parecer individual do Dr. Marcos Augusto Jabor

PARECER INDIVIDUAL SOBRE CONSULTA AO COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA

OBJETO DO PARECER: Consulta ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática referente a diretrizes para dimensionamento de obras hidráulicas - Processo Administrativo: SEI nº 26/0400-9000134-7

PARECERISTA: Dr. Fernando Dornelles

INSTITUIÇÃO: Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS

1. Contextualização:

Secretaria da Reconstrução Gaúcha (SERG), por meio do Departamento de Fiscalização de Concessões Rodoviárias (DFCR) atua na fiscalização de contratos de concessão rodoviária em contratos vigentes com a Concessionária Rota de Santa Maria (RSM) e com a Concessionária Caminhos da Serra Gaúcha (CSG).

Estas concessionárias reportaram diversos danos causados pelos eventos de cheias nos anos 2023 e 2024, e no âmbito da fiscalização da recuperação da infraestrutura viária se questiona a este comitê a respeito de como proceder na exigência de critérios hidrológicos de projeto para a reconstrução das estruturas danificadas, bem como para as que não foram danificadas. Questionamento esse se dá no momento atual em que é notório o efeito de mudanças climáticas e que as premissas de projeto até então adotadas padecem de séries históricas não representativas (curtas e/ou não atualizadas com os eventos extremos mais recentes) e não adaptação para cenário futuro devido à não estacionariedade das séries observadas ou esperada para o cenário futuro de mudança climática.

A consulta vem em forma de 4 questões e duas propostas de adoção de critérios para apreciação e validação por este comitê.

Ainda, a INFORMAÇÃO Nº 259/2026 – SERG/SPR/DFCR especifica a respeito de bacias com área de drenagem menor que 1000 km², enquanto o Quadro 1, na coluna com valores extraídos das recomendações da publicação da ANA, estão os valores para majoração da precipitação de 1 dia. Apesar de na tabela

constar que são para bacias hidrográficas com área inferior a 1000 km², no entanto há grande efeito de escala na resposta hidrológica dentro desta faixa, não sendo aplicável chuva de 1 dia para área de contribuição de algumas dezenas de quilômetros quadrados.

Desta forma, o parecer versará exclusivamente a respeito de normativas para estudos hidrológicos que utilizem modelos chuva-vazão.

2. Suficiência das informações das informações fornecidas para elaboração do parecer:

Os documentos e informações disponibilizados são suficientes para a elaboração do parecer.

3. Respostas aos 4 questionamentos

I - A adoção das normativas tradicionais, ainda que com a incorporação de séries históricas atualizadas que incluam os eventos de 1941, 2023 e 2024, é suficiente para representar de forma adequada o cenário hidrológico atual?

Resposta: é possível aceitar a adoção das normativas tradicionais apenas nos casos em que a série de precipitações máximas anuais será estacionária. Porém, é importante levar em conta que dados de série histórica para precipitação sub-diária raramente possuem séries longas e contínuas.

Cabe observar ainda que muito provavelmente, para estas durações menores de chuva, as maiores intensidade não tenham ocorrido durante os eventos de inundação, como foi o caso de Porto Alegre que teve a sua chuva mais intensa para duração de 4 h ou menos no dia 16/jan/2024, ou seja, não ocorreu durante a grande inundação de maio/2024. Nesse sentido, recomendo que para a adoção de normativas tradicionais com a incorporação dos eventos extremos seja aplicável apenas quando for possível obter a série de precipitações sub-diárias máximas anuais consistida, observando ainda, seja representativa para o local de aplicação e que apresente estacionariedade estatística.

II - Para os projetos a serem executados pelas concessionárias do Programa de Concessões do Estado, devem ser aplicados os valores recomendados na publicação do IPH (2024), como vem sendo feito até o presente momento, ou são recomendados os valores estabelecidos na publicação da ANA (2025)?

Resposta: apesar de os dados serem originados de resultados de estudos realizados pelo IPH, recomendo que seja adotado o que foi publicado pela ANA, visto que este é o órgão com atividade fim de regulamentação.

III - Quanto aos critérios utilizados no dimensionamento de OACs e OAEs, devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024, mantendo-se as normas vigentes para as áreas não impactadas?

Resposta: em princípio, critérios de dimensionamento que incorporem adaptação para o cenário de mudança climática, no qual é esperado que haja aumento na magnitude dos eventos para cada risco de projeto, devem ser aplicados, tanto em áreas que foram impactadas, quando áreas que não foram impactadas, visto que os resultados das projeções futuras da mudança climática são bastante homogêneos para o território do estado do Rio Grande do Sul.

IV - Para os estudos hidrológicos previstos e os projetos de engenharia, é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros? Como deveriam ser obtidas as curvas IDF, tendo em vista que, devido às mudanças climáticas, as séries tendem a ser não estacionárias?

Resposta: as duas maneiras que vêm sendo empregadas para o ajuste de curvas IDF são:

1) Inclusão de covariáveis, como o horizonte de tempo futuro ou variáveis hidroclimáticas, nas análises de frequência, permitindo que a não-estacionariedade seja incorporada ao modelo estatístico, sendo as precipitações, assim, projetadas para o futuro por meio de extrapolação da tendência da não-estacionariedade.
   No entanto, esta técnica apresenta algumas limitações, pois as tendências observadas no passado podem não se repetir sob novas condições climáticas, também está sujeita a incertezas relacionadas à escolha da distribuição de probabilidade ao tamanho da série histórica

disponível e ao método de estimação dos parâmetros. Ainda, pode ser que a série observada seja estacionária, assim esta abordagem passa a não ser aplicável.

2) Utilização de projeções climáticas: esta é a abordagem considerada atualmente mais adequada para atualização de curvas IDF envolve o uso de projeções climáticas na geração de curvas IDF futuras. Neste caso, utilizam-se dados oriundos de Modelos Climáticos Globais (GCMs) ou regionais (RCMs), bem como cenários futuros de emissões de gases de efeito estufa, expressos por meio dos chamados *Representative Concentration Pathways* (RCPs). Essas projeções, geralmente, precisam ser refinadas por técnicas de *downscaling* para que tenham aplicabilidade em escalas locais, o que também adiciona fontes de incerteza ao processo. Paralelamente, têm surgido metodologias híbridas que combinam essas duas abordagens — uso de covariáveis e dados climáticos — oferecendo uma alternativa integrada para a estimativa de IDFs futuras (GANGULI; COULIBALI, 2019). Apesar das limitações e das incertezas ainda não totalmente compreendidas, essas ferramentas são úteis para antecipar possíveis alterações no comportamento das chuvas.
Quando à discretização dos resultados dos modelos climáticos disponíveis atualmente, eles podem ser obtidos para 3 h, sendo necessário acumular para durações maiores e desagregar para durações menores, sendo que neste último há uma fonte de incerteza, que é a adoção dos coeficientes de desagregação com base na série observada.

Seja qual for a técnica para ajuste de IDF adaptada para cenário de mudança climática, é importante que haja uma revisão periódica delas, para que sempre estejam condizentes com as tendências mais atuais a cada época no futuro.

Sugiro como material de referência a respeito do ajuste de Curvas IDF adaptadas a cenário de mudança climática a seguinte tese:

SILVA, D. F. (2022). Curvas idf não-estacionárias na avaliação do efeito de mudanças climáticas em precipitações intensas. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.
https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/247573.

4. **Comentários a respeito das Propostas de Adoção de Critérios de Dimensionamento apresentadas ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática**

I - Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA (2025) ou IPH (2024) nas seguintes situações:

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes localizadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos e que tenham sido destruídas ou que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção atestando a inviabilidade estrutural/funcional, bem como às novas OAEs a serem implantadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos;
§ Obras de Arte Correntes (OACs) em áreas impactadas pelos eventos climáticos, a serem implantadas, bem como às existentes cujo levantamento cadastral indique a necessidade de substituição.

II - Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, para os seguintes casos:

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou aquelas existentes em áreas impactadas que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção de viabilidade estrutural/funcional;
§ Obras de Arte Correntes (OACs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou OACs existentes em áreas impactadas que não apresentem comprometimento estrutural.

Comentário:
As propostas encaminhadas com classificações de condicionantes para adoção de um ou outro critério de dimensionamento acabam criando assimetrias o que resulta em estruturas com diferentes desempenhos. Ao meu ver, toda intervenção que crie a oportunidade de redimensionar a estrutura já deveria adotar critérios de adaptação para cenário futuro de mudança climática, seja estrutura em área impactada ou não, visto que as precipitações ocorrem em todo e qualquer território. Compreendo que isso incorrerá em conflitos com contratos vigentes no PER (Programa de Exploração da Rodovia) com necessidade de repactuação de contrato.

Não obstante, há uma limitação importante a respeito dos critérios de majoração ANA/IPH. Eles se restringem à duração de chuva de projeto apenas para duração de 24 horas, ou seja, não são válidos para durações de chuvas menores, o que certamente serão necessárias quando se tratar de áreas de contribuição com tempo de concentração menor que 24 h.

Cabe observar que adotar a majoração de chuvas para cenário de mudança climática da ANA ou IPH pode estar gerando dimensionamentos aquém ou além do que é estimado pelos modelos climáticos, pelo fato de que a intensidade da precipitação em função da duração não necessária mente terá a mesma proporcionalidade de majoração.

5. Pontos positivos da proposta:

A proposta tem alta relevância em atentar para a necessidade de adaptação do dimensionamento de estruturas hidráulicas para as alterações hidrológicas causadas pela mudança climática, havendo assim um parecer positivo quanto a ela.

6. Fragilidades e lacunas da proposta:

A fragilidade da proposta reside na não aplicabilidade das majorações proposta pela ANA/IPH para chuvas com durações diferentes a que 24 h.

7. Contribuições para melhoria da proposta:

1) Dar prioridade para o ajuste de curvas IDF adaptadas para o cenário de mudança climática com representatividade para todo território do estado do Rio Grande do Sul;
2) Adotar curvas IDF atualizadas com os registros dos últimos anos, não sendo necessário, e na verdade na maior parte das vezes impossível, incorporar registros de muitas décadas atrás (por exemplo, década de 1940, que inclusive foi de menores chuvas apesar de ter ocorrido a segunda maior cheia observada na bacia do Guaíba), tanto pela não disponibilidade dos registros em discretização sub-diária quanto pelo fato de que elas irão ponderar com estatísticas de regimes pluviométricos de quando o efeito das mudanças climáticas eram ainda latentes.
3) Exigir dimensionamento com base em IDF adaptada para mudanças climáticas apenas para estruturas de maior porte, em que o dimensionamento acabe por ser mais rigoroso quando à sua capacidade de adaptação, visto que a sua eventual falha causará prejuízo significativo, e para as de menor porte aceitar os critérios definidos no PER, porém exigindo que no projeto aponte a possibilidade de ampliação de seção ou replicação da estrutura de forma a dar oportunidade menos onerosa, ou com estimativa de custo para adaptação futura;

4) Ainda, levar em conta a importância viária em que a estrutura está sendo dimensionada, se existem rotas alternativas para a sua eventual falha, e também, avaliar a possibilidade de adaptação de estruturas em rotas alternavas de forma a dar menor vulnerabilidade com estruturas mais robustas, que muitas vezes possibilitam com menor transtorno intervenções com interrupção de tráfego.

8. Conclusão do parecer:

Após análise do conteúdo apresentado na INFORMAÇÃO Nº 259/2026 – SERG/SPR/DFCR a conclusão é de que há limitações na aplicação das sugestões de majoração dos critérios de dimensionamento de estruturas hidráulicas da ANA/IPH. Assim, é necessário empregar parcimônia entre exigir alguma majoração e aceitar a aplicação dos atuais critérios do PER, buscando compromisso entre adequar as estruturas ao cenário de mudança climática evitando elevação de custos, porém ao mesmo tempo incrementar a robustez das OAE e OAC.

gov.br
Documento assinado digitalmente
FERNANDO DORNELLES
Data: 30/05/2026 16:11:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Fernando Dornelles
Eng. Civil – Dr. Em Rec. Hídricos e Saneamento Ambiental
Professor do Departamento de Hidromecânica e Hidrologia do Instituto de Pesquisas Hidráulica da UFRGS

PARECER *AD HOC* CCARC/ Nº 01/2026

Diretrizes para dimensionamento de obras hidráulicas no âmbito das concessões rodoviárias do Estado do Rio Grande do Sul.

Assunto: Consulta ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática referente a diretrizes para dimensionamento de obras hidráulicas.
Processo Administrativo Eletrônico: nº 26/0400-9000134-7
Grupo de Origem: ASTEC – Assessoria Especial Técnica
Requerente: Secretaria da Reconstrução Gaúcha
Solicitante: Subsecretaria de Projetos para Reconstrução/ Departamento de Fiscalização de Concessões Rodoviárias
Parecerista *ad hoc*: João Francisco Carlexo Horn – Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do Processo Administrativo nº 26/0400-9000134-7, a Subsecretaria de Projetos para Reconstrução (SPR), por intermédio do Departamento de Fiscalização de Concessões Rodoviárias (DFCR), encaminha consulta ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática com a finalidade de obter subsídios técnico-científicos para a definição de diretrizes aplicáveis ao dimensionamento de obras hidráulicas inseridas na infraestrutura rodoviária concedida do Estado do Rio Grande do Sul.

A presente demanda decorre da necessidade de avaliar a adequação dos critérios hidrológicos e hidráulicos atualmente estabelecidos pelas normativas do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), utilizados na elaboração de estudos hidrológicos, estudos hidráulicos e projetos de drenagem rodoviária. Tal avaliação torna-se particularmente relevante diante das evidências observadas nos eventos hidrometeorológicos extremos ocorridos recentemente no Estado, os quais suscitam questionamentos acerca da representatividade das premissas hidrológicas tradicionalmente empregadas no dimensionamento de Obras de Arte Correntes (OACs) e Obras de Arte Especiais (OAEs).

A instauração do presente processo está associada às atividades de fiscalização técnica desenvolvidas pelo DFCR no âmbito dos Contratos de Concessão nº 20/2021 e nº 50/2022, celebrados, respectivamente, com a Concessionária Rota de Santa Maria (RSM) e com a Concessionária Caminhos da Serra Gaúcha (CSG). Tais atividades fundamentam-se nos respectivos Programas de Exploração da Rodovia (PER), instrumentos contratuais que estabelecem os critérios de desempenho, as diretrizes técnicas, os requisitos de projeto e os parâmetros operacionais a serem observados pelas concessionárias durante a execução das intervenções previstas.

No que se refere especificamente aos estudos hidrológicos e aos projetos de drenagem, o PER determina a realização de avaliações hidrológicas e hidráulicas em conformidade com as normas técnicas vigentes do DAER/RS e do DNIT. Essas avaliações constituem elemento fundamental para a determinação das vazões de projeto, definição dos tempos de retorno, elaboração das curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e dimensionamento das estruturas hidráulicas destinadas ao escoamento das águas superficiais e fluviais. Consequentemente, a robustez metodológica dos estudos hidrológicos exerce influência direta sobre o desempenho hidráulico das estruturas, a segurança operacional da rodovia, a preservação da plataforma viária, a continuidade dos serviços de transporte e a resiliência da infraestrutura frente à ocorrência de eventos hidrológicos extremos.

Nesse contexto, a consulta visa analisar a necessidade de atualização dos critérios técnicos atualmente adotados, considerando os avanços recentes do conhecimento científico na área de hidrologia aplicada, os efeitos das mudanças climáticas sobre os regimes de precipitação e vazão, a crescente evidência de comportamentos hidrológicos não estacionários e os impactos observados durante os eventos extremos registrados em 2023 e 2024. Busca-se, assim, avaliar se os critérios normativos vigentes permanecem adequados para representar os níveis de risco hidrológico atualmente observados ou se há necessidade de incorporação de metodologias mais aderentes às condições hidrológicas contemporâneas, de modo a assegurar níveis apropriados de segurança, funcionalidade e resiliência para as infraestruturas rodoviárias concedidas.

Assim, o documento tem por finalidade apresentar manifestação técnica acerca do conteúdo encaminhado, em conformidade com a solicitação constante no processo.

2. OBJETIVO

Emitir manifestação técnica acerca da proposta de atualização dos critérios técnicos adotados nos projetos de drenagem elaborados pelas concessionárias Rota de Santa Maria (RSM) e com a Concessionária Caminhos da Serra Gaúcha (CSG), abrangendo, inclusive, o dimensionamento das Obras de Arte Correntes (OACs) e das Obras de Arte Especiais (OAEs).

3. FUNDAMENTAÇÃO

A análise do documento e dos elementos constantes no processo demonstra que as atualizações dos critérios de dimensionamento são tecnicamente necessárias, tendo em vista os eventos climáticos ocorridos em 2023 e 2024 e as danos econômicos e de infraestrutura gerados principalmente nas regiões de abrangência da rodovia RSC-287 e das rodovias ERS-240, ERS-122, ERS-446, RSC-453, RSC-287 e BR-470. Desta forma, no item 4 serão respondidos os questionamentos presentes no processo

4. QUESTIONAMENTOS

Neste ítem serão respondidos os questionamentos realizados conforme experiência prática e conhecimento do avaliador, ressalta-se o curto tempo para a análise do processo.

Questionamento I - A adoção das normativas tradicionais, ainda que com a incorporação de séries históricas atualizadas que incluam os eventos de 1941, 2023 e 2024, é suficiente para representar de forma adequada o cenário hidrológico atual?"

Resultados preliminares de estudos técnicos em desenvolvimento na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), conduzidos em 43 bacias hidrográficas com áreas de contribuição inferiores a 1.000 km², localizadas na região central do Estado do Rio Grande do Sul, indicam que as cheias observadas durante os eventos extremos ocorridos em setembro de 2023 e maio de 2024 produziram vazões máximas significativamente superiores às vazões tradicionalmente associadas a tempos de retorno de 100 anos. Entretanto, verificou-se que tais eventos não superaram as precipitações máximas de 24 horas correspondentes ao tempo de retorno de 450 anos, estimadas a partir de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) elaboradas tanto com séries históricas convencionais quanto com séries atualizadas incorporando os eventos extremos de 1941, 2023 e 2024.

Sob a ótica hidrológica, esse resultado possui elevada relevância técnica, pois sugere que a atualização das curvas IDF mediante a incorporação dos eventos extremos recentes promove um aumento expressivo das precipitações de projeto, mas não elimina a necessidade de revisão dos critérios de recorrência atualmente empregados no dimensionamento das estruturas hidráulicas. Em outras palavras, mesmo após a inclusão dos eventos mais representativos da série histórica disponível, as precipitações associadas a tempos de retorno elevados permanecem compatíveis com os volumes observados durante os eventos extremos recentes, indicando que os tempos de retorno atualmente adotados pelas normativas tradicionais podem não representar adequadamente o nível de segurança requerido para a infraestrutura rodoviária diante do novo contexto hidrológico observado no Estado.

Além disso, os resultados sugerem que parte da discrepância observada entre as vazões registradas e os critérios normativos decorre não apenas da magnitude das precipitações extremas, mas também da elevada sensibilidade hidrológica das bacias de menor porte. Nessas bacias, características como elevada declividade, reduzido tempo de concentração, rápida resposta hidrológica, saturação prévia do solo e sucessão de eventos pluviométricos intensos podem potencializar significativamente o processo de transformação chuva-vazão, produzindo cheias de grande magnitude mesmo quando as precipitações observadas permanecem inferiores às precipitações teóricas associadas aos maiores tempos de retorno.

Dessa forma, os resultados obtidos constituem evidência técnica relevante de que, para Obras de Arte Correntes (OACs) e Obras de Arte Especiais (OAEs) inseridas em bacias hidrográficas com áreas inferiores a 1.000 km², a simples atualização das séries históricas utilizadas na construção das curvas IDF pode não ser suficiente para garantir níveis adequados de resiliência hidráulica. As análises indicam a necessidade de reavaliação dos tempos de retorno de projeto atualmente empregados, adotando critérios mais conservadores e compatíveis com os riscos observados, especialmente para estruturas estratégicas, travessias críticas e obras cuja falha possa comprometer a segurança dos usuários, a continuidade operacional das rodovias e a integridade da infraestrutura pública.

Nesse contexto, a elevação dos tempos de retorno de projeto proposta pelo IPH (2024) e posteriormente consolidada pela ANA (2025) encontra respaldo nas evidências observadas em campo, uma vez que as análises realizadas indicam que os eventos extremos recentes, embora excepcionais, permanecem compatíveis com precipitações associadas a recorrências

significativamente superiores àquelas tradicionalmente utilizadas nas normativas do DAER/RS e do DNIT. Assim, a revisão dos critérios hidrológicos de dimensionamento não deve ser interpretada apenas como uma resposta aos eventos de 2023 e 2024, mas também como uma medida de adaptação da infraestrutura rodoviária aos padrões hidrológicos atualmente observados e às perspectivas de intensificação dos eventos extremos apontadas pela literatura científica e pelos cenários de mudanças climáticas.

Questionamento II - "Para os projetos a serem executados pelas concessionárias do Programa de Concessões do Estado, devem ser aplicados os valores recomendados na publicação do IPH (2024), como vem sendo feito até o presente momento, ou são recomendados os valores estabelecidos na publicação da ANA (2025)?"

Sob a perspectiva científica e de gestão de risco, os critérios propostos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025) representam o estado da arte mais atualizado para a incorporação dos efeitos das mudanças climáticas em estudos hidrológicos e no dimensionamento de obras hidráulicas. Entretanto, para bacias hidrográficas com áreas inferiores a 1.000 km², predominantes em projetos rodoviários, ainda existem incertezas significativas associadas à resolução espacial dos modelos climáticos e à capacidade de representação dos processos hidrológicos em escala local.

Experiências técnicas recentes indicam que a aplicação direta desses critérios em pequenas e médias bacias pode resultar em estimativas excessivamente conservadoras das vazões de projeto, conduzindo, em alguns casos, ao superdimensionamento das estruturas hidráulicas. Dessa forma, para o contexto atual das obras rodoviárias no Rio Grande do Sul, recomenda-se a adoção dos critérios propostos pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH, 2024) para o dimensionamento de novas Obras de Arte Especiais (OAEs), bem como para os projetos de reconstrução e adequação das estruturas existentes, sem prejuízo da futura incorporação das recomendações da ANA (2025), à medida que sejam disponibilizados estudos regionalizados e validações específicas para as condições hidrológicas do Rio Grande do Sul.

No caso específico da RSC-287, especialmente nos trechos inseridos nas planícies de inundação dos rios Jacuí, Taquari e Vacacaí-Mirim, observa-se que a rodovia foi implantada em áreas de várzea, onde os aterros rodoviários passam a exercer função hidráulica semelhante à de diques longitudinais. Nessas condições, as Obras de Arte Correntes (OACs) assumem papel fundamental para a manutenção da conectividade hidráulica entre as áreas adjacentes à rodovia durante eventos de cheia.

As inspeções de campo e os estudos hidrológicos realizados após os eventos extremos recentes demonstram que diversas estruturas existentes apresentam capacidade hidráulica insuficiente para as condições atualmente observadas. Tal limitação favorece o acúmulo de carga hidráulica a montante dos aterros, aumentando a probabilidade de ocorrência de galgamentos, erosão dos taludes, processos de piping e rompimentos localizados dos corpos de aterro.

Diante desse cenário, recomenda-se que as OACs localizadas em áreas de inundação sejam objeto de reavaliação específica, considerando as alterações observadas no regime hidrológico regional e a necessidade de aumento da resiliência da infraestrutura rodoviária. Para essas estruturas,

recomenda-se igualmente a adoção dos critérios estabelecidos pelo IPH (2024), por apresentarem melhor aderência às características hidrológicas regionais e às condições observadas nos eventos extremos recentes ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.

Questionamento III - ***"Quanto aos critérios utilizados no dimensionamento de OACs e OAEs, devem ser aplicadas as novas recomendações apenas em áreas impactadas pelo evento de 2024, mantendo-se as normas vigentes para as áreas não impactadas?***

As recomendações mais recentes para incorporação das mudanças climáticas em estudos hidrológicos e no dimensionamento de obras hidráulicas devem ser consideradas prioritariamente em regiões que não foram diretamente impactadas pelos eventos extremos de 2023 e 2024, uma vez que, nessas áreas, as séries históricas ainda não refletem integralmente as alterações observadas no regime hidrológico recente.

Entretanto, os eventos registrados em 2025 na região Central e na região Oeste do Rio Grande do Sul evidenciaram a necessidade de atualização dos critérios de dimensionamento hidráulico. Embora os volumes totais precipitados tenham sido inferiores aos observados nos eventos de 2023 e 2024, foram registrados períodos prolongados de precipitação e maiores tempos de concentração das bacias, resultando em cheias significativas e impactos relevantes sobre a infraestrutura. Esses eventos reforçam a necessidade de adoção de metodologias que considerem a evolução das condições hidrológicas e climáticas observadas no Estado.

Além disso, os eventos extremos de 2023 e 2024 provocaram alterações substanciais na morfologia de diversos cursos d'água, incluindo processos de erosão, alargamento de canais, deposição de sedimentos e assoreamento de leitos. Tais modificações alteraram a capacidade de escoamento dos cursos d'água e redefiniram os padrões de inundação em diversas bacias hidrográficas. Consequentemente, as manchas de inundação associadas a eventos de grande magnitude e elevados tempos de retorno podem diferir significativamente daquelas obtidas com base em levantamentos e estudos anteriores aos eventos extremos recentes. Mesmo na ausência de alterações climáticas futuras, as modificações morfológicas observadas nos canais fluviais e nas planícies de inundação já justificam, por si só, a revisão dos estudos hidráulicos anteriormente realizados.

Nesse contexto, além da atualização das equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF), considera-se fundamental a exigência de estudos hidrodinâmicos para o dimensionamento e a verificação de Obras de Arte Especiais (OAEs) de grande porte. Estudos desenvolvidos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), especialmente em bacias localizadas junto à escarpa do Planalto Meridional, identificaram, por meio de modelagem hidrodinâmica, velocidades de escoamento da ordem de 8 a 9 m/s durante os eventos de 2023 e 2024 em cursos d'água onde foram observadas falhas estruturais e colapsos de pontes.

Esses valores são significativamente superiores às velocidades normalmente consideradas em projetos convencionais de pontes, que frequentemente adotam velocidades de referência entre 2 e 3 m/s para fins de avaliação hidráulica e estrutural. Tal discrepância evidencia que eventos extremos recentes podem impor solicitações hidráulicas substancialmente superiores àquelas consideradas nos critérios tradicionais de projeto.

Além dos efeitos diretos sobre a estabilidade estrutural, velocidades elevadas de escoamento aumentam significativamente o potencial de ocorrência de processos de socavação local e geral, promovendo a remoção de material do leito e das margens, com consequente comprometimento da estabilidade das fundações. Um exemplo representativo ocorreu na ponte localizada sobre a várzea do Rio Toropi, na BR-287, entre os municípios de São Pedro do Sul e São Vicente do Sul. Nessa região, o canal da ponte constituía o principal ponto de passagem do fluxo proveniente da planície de inundação, enquanto o aterro rodoviário atuava de forma semelhante a um dique longitudinal. Durante o evento extremo, a concentração de grandes vazões na seção da ponte intensificou os processos erosivos, provocando socavação das fundações e comprometendo a estabilidade estrutural da obra.

Dessa forma, recomenda-se que projetos de novas Obras de Arte Especiais, bem como a reavaliação de estruturas estratégicas existentes, sejam acompanhados obrigatoriamente de estudos hidrodinâmicos compatíveis com a complexidade da obra e com os riscos associados, permitindo uma representação mais adequada dos níveis d'água, velocidades de escoamento, áreas de inundação, processos erosivos e mecanismos de socavação durante eventos hidrológicos extremos.

Questionamento IV- ***"Para os estudos hidrológicos previstos e os projetos de engenharia, é recomendada a adoção de curvas IDF baseadas em projeções de modelos climáticos regionais para cenários futuros? Como deveriam ser obtidas as curvas IDF, tendo em vista que, devido às mudanças climáticas, as séries tendem a ser não estacionárias?"***

A utilização de equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) não estacionárias, incorporando efeitos associados às mudanças climáticas, constitui tendência internacional em estudos hidrológicos aplicados à infraestrutura. No entanto, sua adoção deve ser criteriosamente avaliada em função do tipo de obra, da vida útil prevista, do grau de criticidade da estrutura e do tempo de retorno adotado no dimensionamento.

Para Obras de Arte Correntes (OACs), usualmente dimensionadas com tempos de retorno inferiores a 50 anos, entende-se que não há necessidade imediata de incorporação direta e generalizada de projeções climáticas derivadas dos modelos CMIP6/IPCC. Isso se deve ao fato de que tais modelos operam com horizontes temporais, escalas espaciais e níveis de incerteza que nem sempre são compatíveis com o dimensionamento hidrológico de estruturas de menor porte e menor vida útil. Nesses casos, recomenda-se a utilização de equações IDF atualizadas com base em séries históricas observadas, incorporando eventos extremos relevantes, como os registrados em 1941, 2023 e 2024.

Por outro lado, para Obras de Arte Especiais (OAEs), cuja vida útil, relevância estratégica e critérios de segurança frequentemente envolvem tempos de retorno superiores a 50 anos, recomenda-se a adoção de equações IDF com fatores de incremento associados às mudanças climáticas. Essa abordagem é particularmente importante para estruturas críticas e de longa vida útil, uma vez que a intensificação futura dos eventos extremos pode reduzir significativamente o tempo de retorno efetivo da obra ao longo de sua operação. Assim, uma estrutura dimensionada atualmente para um tempo de retorno de 450 anos poderá, ao final de sua vida útil, apresentar desempenho hidráulico equivalente a uma condição de projeto associada a tempo de retorno substancialmente inferior, por exemplo, da ordem de 100 anos, caso os efeitos das mudanças climáticas não sejam considerados.

Para a determinação de equações IDF que considerem os efeitos das mudanças climáticas, existem diversas metodologias consolidadas internacionalmente, com diferentes abordagens técnicas. De modo geral, muitas dessas metodologias baseiam-se na incorporação de tendências futuras às séries observadas, a partir de variáveis climáticas auxiliares. Entre as variáveis climáticas utilizadas em metodologias de não estacionariedade, a temperatura frequentemente é empregada como covariável em razão da maior robustez de suas projeções quando comparadas às projeções de precipitação, especialmente em escalas regionais.

O próprio IPCC AR6 destaca que as projeções de temperatura apresentam maior nível de confiança do que as projeções de precipitação, particularmente em escala regional. O relatório ressalta que as incertezas associadas às mudanças na precipitação são significativamente maiores do que aquelas relacionadas à temperatura, em razão da maior complexidade dos processos físicos envolvidos na formação, distribuição espacial e intensidade das chuvas.

Em qualquer caso, a definição de fatores de incremento climático para equações IDF deve ser baseada em estudo regionalizado, fundamentado em modelagem climática adequada, devidamente calibrada e validada para a região de interesse. Dessa forma, evita-se a adoção de coeficientes genéricos ou extrapolações inadequadas, garantindo maior consistência técnica ao processo de atualização dos critérios hidrológicos de projeto.

Contudo, deve-se reconhecer a limitação decorrente da disponibilidade de séries históricas longas, consistidas e espacialmente representativas de precipitação no Estado do Rio Grande do Sul. Essa restrição impõe desafios tanto à identificação robusta de tendências não estacionárias quanto à calibração e validação de modelos climáticos regionalizados aplicados à geração de equações IDF futuras.

Além das limitações observacionais, persistem incertezas relevantes associadas à representação dos regimes de precipitação em escala regional pelos modelos climáticos atualmente disponíveis, particularmente em bacias hidrográficas de menor porte, predominantes na infraestrutura rodoviária estadual. Dessa forma, embora a incorporação das mudanças climáticas represente uma tendência técnica consolidada internacionalmente, sua aplicação deve ser realizada de forma criteriosa e fundamentada em estudos específicos para cada região.

Considerando o estágio atual do conhecimento técnico-científico, a disponibilidade de dados observados e as características hidrológicas do Estado do Rio Grande do Sul, recomenda-se a adoção das diretrizes propostas pelo IPH (2024) para o dimensionamento hidrológico de obras rodoviárias, utilizando equações IDF desenvolvidas a partir de séries estacionárias atualizadas e incorporando os eventos extremos observados em 1941, 2023 e 2024. Tal abordagem permite representar adequadamente as condições hidrológicas atualmente verificadas, preservando a consistência estatística das análises e reduzindo as incertezas associadas à aplicação de projeções climáticas ainda não suficientemente validadas para a escala de projeto considerada.

Santa Maria, 12 de junho de 2026.

gov.br
Documento assinado digitalmente
JOAO FRANCISCO CARLEXO HORN
Data: 12/06/2026 15:09:10-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

João Francisco Carlexo Horn

PARECER INDIVIDUAL SOBRE CONSULTA AO COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA

PARECERISTA: Marcos Augusto Jabor

Data: 02 de junho de 2026

1. **Contextualização:**
   É notório que os eventos climáticos extremos têm se tornado cada vez mais frequentes. Os acontecimentos recentes no Rio Grande do Sul comprovam essa realidade, demonstrando que seus impactos podem causar sérios problemas à população, à economia e à infraestrutura. Os eventos registrados em 2023 e 2024 evidenciaram a necessidade de discutir e implementar medidas capazes de reduzir os efeitos desses fenômenos. Buscar soluções que aumentem a segurança das pessoas e minimizem os prejuízos materiais é uma tarefa essencial para que possamos conviver de forma mais preparada com essa nova realidade climática.

2. **Contribuições para melhoria da proposta:**
   Minha contribuição será feita em cima do texto da SUGESTÃO feita pelo DFCR/SERG

   Sugestão **DFCR/SERG**

   I - **Aplicação dos critérios técnicos propostos pela ANA (2025) ou IPH (2024) nas seguintes situações:**

   § Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes localizadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos e que tenham sido destruídas ou que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção atestando a inviabilidade estrutural/funcional, bem como às novas OAEs a serem implantadas em áreas impactadas pelos eventos climáticos;

   Minha opinião: Estou de acordo com a proposta, porém com os Tempos de Retorno propostos pelo IPH(2024)

§ Obras de Arte Correntes (OACs) em áreas impactadas pelos eventos climáticos, a serem implantadas, bem como às existentes cujo levantamento cadastral indique a necessidade de substituição.

Minha opinião: Estou de acordo com a proposta, porém os Tempos de Retorno do IPH(2024) com as seguintes alterações: OAC tubulares(orifício) = 50 anos: OAC Celulares(canal) = 50 anos e OAC Celulares(orifício) = 100 anos

II - **Manutenção dos critérios definidos no PER, priorizando as normativas do DNIT, para os seguintes casos:**

§ Obras de Arte Especiais (OAEs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou aquelas existentes em áreas impactadas que apresentem laudo técnico/relatório de inspeção de viabilidade estrutural/funcional;

Minha opinião: Estou de acordo com a proposta

§ Obras de Arte Correntes (OACs) existentes ou novas em áreas não impactadas pelos eventos climáticos, ou OACs existentes em áreas impactadas que não apresentem comprometimento estrutural

Minha opinião: Estou de acordo com a proposta

3. **Conclusão do parecer:**

No meu entendimento a sugestão apresentada pelo DFCR/SERG está muito bem colocada, de forma adequada e equilibrada, necessitando apenas de um pequeno ajuste.



Marcos Augusto Jabor