



Ato Convocatório nº 09/2022

Contrato do Serviço nº 071/2022

**CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO
DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-PS)**

P5_Mudanças_Climáticas_R02

Junho/2024



	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

02	10/06/2024	Minuta	EK, MM, CB, SA	SA	CB
01	21/05/2024	Minuta	EK, MM, CB, SA	SA	CB
00	19/03/2024	Minuta	EK, MM, CB, SA	SA	CB
Revisão	Data	Descrição breve	Ass. Autor	Ass. Superv.	Ass. Aprov.

CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-PS)					
Elaborado por:			Supervisionado por:		
Elisa Kich, Maurício Melati, Carlos Bortoli, Sidnei Agra		Sidnei Agra			
Aprovado por: Carlos Bortoli			Revisão:	Finalidade:	Data:
			02	3	10/06/2024
Legenda Finalidade: [1] Para Informação [2] Para comentário [3] Para Aprovação					
			PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A Av. Iguaçu, 451 – 6º andar Porto Alegre/RS Fone: (51) 3211-3944		

Elaborado por: EK, MM, CB, SA	Nº da revisão 02	Revisado por: CB	Aprovado por: SA	AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	2/110
-------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---	-------

 AGEVAP <small>AGÊNCIA DE ÁGUA</small>	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	 CEIVAP
---	---	---	---	---

APRESENTAÇÃO

A PROFILL Engenharia e Ambiente S.A. vem por meio deste apresentar PRODUTO 5 – AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA escopo do Contrato nº 09/2022 AGEVAP, referente à **REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-PS).**

O Presente documento traz os resultados da avaliação do impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica e vazões máximas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Junho/2024

Elaborado por: EK, MM, CB, SA	Nº da revisão 02	Revisado por: CB	Aprovado por: SA
			AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02
---	---	---	--

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E EVENTOS EXTREMOS	12
 2.1 MODELOS CLIMÁTICOS	13
2.1.1 Avaliação da sazonalidade dos dados dos Modelos Climáticos	17
2.1.1.1 Dados de Precipitação	17
2.1.1.2 Dados de Temperatura	17
2.1.2 Análise dos dados de precipitação dos Modelos Climáticos	21
2.1.2.1 Resultados da Precipitação Total Anual	22
2.1.2.2 Resultados do número total de dias com chuva acima de 50mm	25
2.1.2.3 Resultados do número dias com chuva no ano	28
2.1.2.4 Resultados da chuva máxima diária com 5 dias consecutivos P_{max5}	31
2.1.3 Análise dos dados de temperatura dos Modelos Climáticos	34
2.1.3.1 Resultados da Temperatura Média Anual	34
2.1.3.2 Resultados da Temperatura diária máxima em cinco dias consecutivos (T_5) no ano	38
 2.2 MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BHPS	41
2.2.1 Aquisição dos dados	41
2.2.2 Avaliação das Alterações no Uso e Ocupação do Solo	41
 2.3 MODELO HIDROLÓGICO PARA SIMULAR CENÁRIOS FUTUROS	47
 2.4 AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DAS VAZÕES MÁXIMAS PARA DIFERENTES TR 50	
2.4.1 Método de Cálculo de Vazão Máxima	50
2.4.2 Avaliação da alteração nas Vazões Máximas	51
2.4.3 Resultados das Vazões Máximas em Cenários Futuros	54
 2.5 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM CENÁRIOS FUTUROS	76
2.5.1 Método de Cálculo da Vazão de Referência	76
2.5.1.1 Vazões de permanência $Q_{95\%}$ e $Q_{90\%}$	76
2.5.1.2 Vazão média de longo termo	77
2.5.1.3 $Q_{7,10}$	77
2.5.2 Avaliação da Alteração na Disponibilidade Hídrica	79
2.5.3 Resultados das Vazões de Referência em Cenários Futuros	81
3 DISCUSSÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A LITERATURA	101
 3.1 VAZÕES MÁXIMAS	102
 3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	105
4 ANDAMENTO DAS ATIVIDADES	109
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

 AGEVAP <small>AGÊNCIA DE ÁGUA</small>	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

Elaborado por: EK, MM, CB, SA	Nº da revisão 02	Revisado por: CB	Aprovado por: SA	AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5 _MudancasClimaticas_R02	5/110
-------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---	-------

 AGEVAP ADÉNIA DE BÁCIA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02			

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Modelos climáticos usados na base de dados CLIMBra - <i>Climate Change Dataset for Brazil</i> . Fonte: CLIMBra, 2023.....	14
Quadro 3.1 - Resultados de vazões máximas por sub-bacia	103
Quadro 3.2 - Resultados de disponibilidade hídrica por sub-bacia.....	105
Quadro 4.1 - Lista dos produtos e respectivos andamentos.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Resultados médios das alterações nas vazões máximas em percentual (%) das estações por bacia hidrográfica.....	54
Tabela 2.2 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR10 para cenários futuros.	57
Tabela 2.3 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR25 para cenários futuros.	59
Tabela 2.4 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR50 para cenários futuros.	61
Tabela 2.5 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR100 para cenários futuros	63
Tabela 2.6 – Resultados das alterações médias nas vazões de referência por bacia hidrográfica.....	82
Tabela 2.7 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Qm1t.	83
Tabela 2.8 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Q95.	85
Tabela 2.9 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Q90.	88
Tabela 2.10 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Q _{7,10} ,.....	90

LISTA DE FIGURAS

 AGEVAP ADÉNIA DE BÁDA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

Figura 2.1 – Publicação do banco de dados de mudanças climáticas para o Brasil no ano de 2023. Fonte: Revista Nature.	13
Figura 2.2 – Mapa da chuva para o modelo ACCESS-ESM1-5 no dia 01/01/1980. Fonte: CLIMBra.	16
Figura 2.3 – Precipitação total média mensal entre dados observados em oito estações pluviométricas (linha preta espessa) e dados dos modelos climáticos (linhas pontilhadas são referentes à cada um dos pixels) em cenários futuros para o curto prazo (2015-2045). Fonte: Elaboração própria.....	18
Figura 2.4 – Precipitação total média mensal entre dados observados em oito estações pluviométricas (linha preta espessa) e dados dos modelos climáticos (linhas pontilhadas são referentes à cada um dos pixels) em cenários futuros para o longo prazo (2046-2100). Fonte: Elaboração própria.....	19
Figura 2.5 – Temperatura média mensal entre dados observados em estações climatológicas (linha preta espessa) e dados dos modelos climáticos (linhas pontilhadas são referentes à cada um dos modelos no ponto da estação climatológica) em cenários futuros para o curto (2015-2045) e longo prazo (2046-2100). Fonte: Elaboração própria.	20
Figura 2.6 – Gráfico da anomalia da chuva total anual no ano hidrológico.....	23
Figura 2.7 – Mapa de análise da estacionariedade da chuva total anual.	24
Figura 2.8 – Gráfico da anomalia do número de dias com chuva acima de 50 mm no ano.	26
Figura 2.9 - Mapa de análise da estacionariedade do número de dias com chuva acima de 50 mm no ano.....	27
Figura 2.10 – Gráfico da anomalia do número de dias com chuva no ano.	29
Figura 2.11 – Mapa da análise da estacionariedade do número de dias com chuva no ano.	30
Figura 2.12 – Gráfico da anomalia da chuva máxima diária em 5 dias consecutivos no ano.	32
Figura 2.13 – Mapa da análise da estacionariedade da chuva máxima diária em 5 dias consecutivos no ano.	33
Figura 2.14 - Gráfico da anomalia da temperatura média anual no ano hidrológico.	36
Figura 2.15 - Mapa de análise da estacionariedade da temperatura média anual.....	37

 AGEVAP ADÉNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

Figura 2.16 - Gráfico da anomalia da temperatura máxima diária em 5 dias consecutivos no ano.....	39
Figura 2.17 - Mapa da análise da estacionariedade da temperatura máxima diária em 5 dias consecutivos no ano.....	40
Figura 2.18 – Gráfico da distribuição dos tipos de Uso e Ocupação do Solo em 1985 e 2021 na BHPS. Fonte: MapBiomas.	43
Figura 2.19 - Gráfico de Uso e Ocupação do Solo em 1985 e 2021 nas sub-bacias da BHPS. Fonte: MapBiomas.	44
Figura 2.20 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo na BHPS em 1985. Fonte: MapBiomas.	45
Figura 2.21 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo na BHPS em 2021. Fonte: MapBiomas	46
Figura 2.22 – Fluxograma da metodologia utilizada no modelo MGB.	49
Figura 2.23 – Ajuste teórico sobre uma distribuição empírica de vazões máximas anuais com aderência.	50
Figura 2.24 – Fluxograma dos cálculos feitos para obtenção das vazões máximas em cenários futuros de mudanças climáticas. Fonte: Elaboração própria	53
Figura 2.25 – Exemplo de interpretação dos resultados de alteração do tempo de retorno (TR).	55
Figura 2.25 – Exemplo de interpretação dos resultados das Figuras de resultados.	56
Figura 2.26 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR10 nas estações fluviométricas da BHPS	66
Figura 2.27 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR10 nas estações fluviométricas da BHPS	67
Figura 2.28 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR25 nas estações fluviométricas da BHPS	68
Figura 2.29 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR25 nas estações fluviométricas da BHPS	69
Figura 2.30 – Resultados espaciais da alteração no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR50 nas estações fluviométricas da BHPS.....	70
Figura 2.31 – Resultados espaciais da alteração no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR50 nas estações fluviométricas da BHPS.....	71

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

Figura 2.32 – Resultados espaciais da alteração no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR100 nas estações fluviométricas da BHPS.....	72
Figura 2.33 – Resultados espaciais da alteração no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR100 nas estações fluviométricas da BHPS.....	73
Figura 2.34 –Resultados de alteração do tempo de retorno (TR) considerando vazões futuras em cenários de mudanças climáticas no curto prazo.	74
Figura 2.35 –Resultados de alteração do tempo de retorno (TR) considerando vazões futuras em cenários de mudanças climáticas no longo prazo.	75
Figura 2.36 – Exemplo de curva de permanência com indicação das vazões Q90 e Q95. Fonte: Elaboração própria	77
Figura 2.37 – Distribuição empírica das vazões Q7 para diferentes tempos de retorno para os dados renaturalizados.....	78
Figura 2.38 – Fluxograma dos cálculos feitos para obtenção das vazões de referência em cenários futuros de mudanças climáticas. Fonte: Elaboração própria.....	80
Figura 2.39 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Qm1t nas estações fluviométricas da BHPS	93
Figura 2.40 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Qm1t nas estações fluviométricas da BHPS	94
Figura 2.41 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Q90 nas estações fluviométricas da BHPS	95
Figura 2.42 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Q90 nas estações fluviométricas da BHPS	96
Figura 2.43 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Q95 nas estações fluviométricas da BHPS	97
Figura 2.44 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Q95 nas estações fluviométricas da BHPS	98
Figura 2.45 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Q _{7,10} nas estações fluviométricas da BHPS	99
Figura 2.46 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Q _{7,10} nas estações fluviométricas da BHPS	100

	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	
--	---	---	---	---

LISTA DE SIGLAS

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

TR - Tempo de Retorno

QGIS – Quantum GIS

BHPS – Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

MGB – Modelo de Grandes Bacias

EDH-PS – Estudo de Disponibilidade Hídrica do Rio Paraíba do Sul

FDA - Função de Distribuição Acumulada

CMIP6 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 6

CLIMBra - Climate Change Dataset for Brazil

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

MGB – Modelo de Grandes Bacias

PIRH-PS – Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	
---	---	--	---

1 Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (BHPS) fica situada na região sudeste do Brasil (compartilhada entre os estados de SP, MG e RJ) e abastece grandes polos industriais, centros urbanos. Possui três transposições de água para bacias adjacentes (Piraí/Guandu-RJ, Jaguari/Atibainha-SP e Macabu/São Pedro-RJ), e fornece uma parte significativa da água utilizada pelas metrópoles de São Paulo e do Rio de Janeiro, sendo assim uma bacia de grande importância para o país.

A principal transposição do rio Paraíba do Sul se dá para a Bacia do rio Guandu através da estação elevatória de Santa Cecília, localizada no município de Barra do Piraí. A vazão transposta é garantida pela regularização produzida por 4 reservatórios que compõem o Sistema Hídrico da Bacia do Paraíba do Sul, nomeadamente: Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil. O Reservatório do Funil é o quarto e último reservatório que compõe o sistema hidráulico, responsável por abastecer municípios ao longo do rio Paraíba do Sul, e boa parte da região metropolitana do Rio de Janeiro.

A BHPS é, portanto, caracterizada por seus usos múltiplos e, por abranger três estados da federação e rios de dominialidade federal e estadual, possui um complexo e refinado sistema de gestão. Sendo assim, é imprescindível que a bacia seja profundamente estudada e conhecida por seus gestores a fim de que a gestão das águas seja realizada com base em dados fiéis à realidade e que acompanhe as mudanças de usos da água, do solo e até climáticas.

O Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PIRH-PS) foi finalizado em 2021 e identificou que uma das fragilidades a respeito do que se conhece sobre a BHPS são as vazões de referência, ou seja, a disponibilidade hídrica. Essa informação é de suma importância, pois a partir dela que são concedidas as outorgas de uso da água e, por meio dessa informação, os órgãos gestores fazem a alocação das águas e acabam impactando toda a sociedade em termos de desenvolvimento econômico, limitando ou concedendo permissão para a instalação de novos empreendimentos.

Sendo assim, resultou do PIRH-PS a necessidade de refinamento das disponibilidades hídricas da BHPS tendo como base os resultados obtidos no mesmo. O objeto do estudo foi previsto no âmbito do Programa de Ações, mais especificamente durante a execução da “Ação 5.1.2.1 - Elaborar estudo de atualização do quadro de demandas hídricas, refinamento das disponibilidades hídricas e atualização dos balanços hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul”.

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02			

A partir do Ato convocatório N°09/2022 a empresa Profill Engenharia e Ambiente foi selecionada para a realização desta ação intitulada “Estudo de Disponibilidades Hídricas da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (EDH-PS)” e que, portanto, revela-se como importante continuidade à implementação do PIRH-PS. O presente documento é o Produto 5 - Avaliação do impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica. O produto consiste em um documento que estima o impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica e vazões máximas nas estações fluviométricas.

2 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E EVENTOS EXTREMOS

As alterações no clima são usualmente observadas no aumento ou diminuição das taxas de precipitação, umidade relativa, temperatura, velocidade do vento e radiação. Essas alterações afetam o ciclo hidrológico, podendo modificar as vazões e níveis dos rios, assim como as áreas úmidas e armazenamento de água subterrânea. Com essas modificações, os eventos críticos de secas e cheias podem sofrer alterações, aumentando ou diminuindo a sua frequência e intensidade.

Atrelada a disponibilidade hídrica está a segurança hídrica, que visa garantir a quantidade e a qualidade de água suficientes para os diversos usos da sociedade. Assim, é de fundamental importância a análise do impacto da mudança do clima nos recursos hídricos em processos de planejamento do país. Usualmente, essa análise é feita mediante as projeções de mudanças climáticas oriundas de dados de modelos climáticos disponíveis.

Os modelos climáticos dispõem de informações projetadas para anos do futuro, buscando entender o comportamento futuro de diversas variáveis climáticas. Atualmente, existe uma gama de modelos climáticos disponíveis, onde cada um contém as suas particularidades e condições de contorno, buscando promover projeções futuras a partir de uma diversificada gama de possibilidades de condições climáticas.

O Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, CMIP6 - *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*) aponta para um aumento da precipitação média, e das inundações na região Sudeste do Brasil. Ainda, o relatório também aponta um grande aumento de deslizamentos de terra e inundações repentinhas, o que prejudicará ainda mais a região, que atualmente é a que apresenta a maioria das mortes relacionadas a desastres ambientais. Ainda, devido ao crescimento sem controle de grandes centros urbanos da região sudeste, essas áreas serão expostas a situações de escassez de água, mesmo com o aumento das chuvas na região.

 AGEVAP ADÉNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

Além disso, as mudanças futuras de temperatura projetadas pelo IPCC estão fortemente relacionadas com o regime de vazões mínimas (objeto de estudo deste trabalho). Isso ocorre porque o aumento da temperatura eleva a evapotranspiração potencial de uma determinada bacia, o que, por sua vez, afeta a evapotranspiração real que ocorre.

Pensando no planejamento dos recursos hídricos a longo prazo, nesse trabalho será estudado o impacto que as precipitações e mudanças de temperatura projetadas para o futuro com os modelos climáticos terão nos regimes de vazões da BHPS, avaliando a alteração da disponibilidade hídrica e eventos extremos de cheias da bacia. A seguir, serão apresentados os modelos climáticos utilizados no presente estudo.

2.1 Modelos Climáticos

Para analisar a disponibilidade hídrica e as vazões máximas a longo prazo para a BHPS, foram selecionados modelos climáticos com base no sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*IPCC, CMIP6 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*) que é um documento elaborado pelo IPCC, que analisa questões associadas às mudanças climáticas. O relatório é uma referência global, e foi desenvolvido por cientistas da Organização das Nações Unidas para monitorar e assessorar a ciência em relação as mudanças climáticas.

A fonte dos dados de mudanças climáticas do CMIP6 que foi utilizada foi a base *CLIMBra - Climate Change Dataset for Brazil* (BALLARIN et al., 2023), que conta com projeções de mudanças climáticas de 19 modelos diferentes para o Brasil. A Figura 2.1 mostra a recente publicação na revista científica *Nature* do banco de dados CLIMBra:



Figura 2.1 – Publicação do banco de dados de mudanças climáticas para o Brasil no ano de 2023.
Fonte: Revista Nature.

A base CLIMBra conta com a combinação de 19 modelos climáticos (Quadro 2.1), projetados para o território brasileiro, e baseados nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5. Foi adotado o cenário SSP2-4.5, que representa a sociedade submetida à uma

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02
---	---	---	--

vulnerabilidade intermediária com um nível médio de forçante radiativa, representando ainda condições não extremas de uso da terra e de aerossóis quando comparado aos demais SSP's.

A base conta com dados históricos e dados futuros. O período histórico corresponde aos anos entre 1980 e 2013 e o cenário futuro aos anos entre 2015 e 2100, disponíveis em escala diária. Os dados históricos são fruto de combinações entre dados observados e simulados, já os dados futuros são oriundos de simulações.

Para cada modelo estão disponíveis os dados de 6 variáveis: precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima, radiação, velocidade do vento e umidade. Para analisar a influência das mudanças climáticas no regime de vazões da bacia foram utilizados os dados de precipitação e temperatura média (média entre a temperatura mínima e temperatura máxima) da base CLIMBra. A base disponibiliza os dados com e sem a correção de viés, e para diminuir os erros sistemáticos referentes aos modelos climáticos, foi escolhida a base com dados históricos e futuros que passaram por correção de viés. O viés foi corrigido pelo autores por meio do uso de dados observados em todo o território nacional, com 3.625 estações pluviométricas and 735 estações meteorológicas fornecidas pelo INMET, ANA e DAEE/SP que serviram como dado de entrada para seis diferentes interpolações.

Os dados estão disponíveis para download em duas modalidades: por bacia hidrográfica e por grids. Foram utilizados os disponíveis em grids com resolução espacial de 0.25°, objetivando analisar somente a região da BHPS e com melhor transferência de dados para as minibacias do modelo hidrológico.

Quadro 2.1 – Modelos climáticos usados na base de dados CLIMBra - *Climate Change Dataset for Brazil*. Fonte: CLIMBra, 2023.

Modelo	País/Região de Origem	Resolução
MRI-ESM2*	Japão	1,12°x1,12°
EC-EARTH3*	Europa	0,7°x0,7°
CMCC-ESM2*	Europa	0,9°x1,25°
INM-CM4-8*	Rússia	1,5°x2,0°
NorESM2-MM*	Noruega	0,9°x1,25°
MPI-ESM1.2-HR*	Alemanha	0,9°x0,9°
INM-CM5*	Rússia	1,5°x2,0°
ACCESS-ESM1-5*	Austrália	1,87°x1,25°
TaiESM1	Taiwan	1,9°x1,25°
NESM3	China	1,9°x1,9°
KIOT-ESM	Coreia do Sul	1,87°x1,87°
K-ACE	Coreia do Sul	1,87°x1,25°
GFDL-CM4	EUA	1,0°x1,25°
GFDL-ESM4	EUA	1,0°x1,25°
ACCESS-CM2	Austrália	1,87°x1,25°
HadGEM3-GC31-LL	Reino Unido	1,87°x1,25°
IPSL-CM6A*	França	2,5°x1,3°
UKESM1.0	Reino Unido	1,87°x1,25°
MIROC6*	Japão	1,4°x1,4°

Fonte: Ballarin et al. (2023)

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

Observa-se no Quadro 2.1 que os modelos apresentam diferentes resoluções espaciais. Buscando uniformizar os resultados, foram usados quadriláteros de resolução de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ disponibilizados pela base, contemplando todos os centroides das minibacias do modelo hidrológico. Para exemplificar, a Figura 2.2 apresenta os dados de precipitação do modelo ACCESS-ESM1-5 para a BHPS para o dia 01/01/1980, representando o período histórico, dentro dos quadriláteros de resolução $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

Com os resultados extraídos para a rede de quadriláteros, os dados de precipitação do período histórico e do período futuro dos 19 modelos da base CLIMBra foram extraídos para o centroide de cada uma das minibacias, com o objetivo de representar o comportamento aproximado da precipitação em cada minibacia. Esses resultados serão utilizados como dados de entrada de precipitação no modelo MGB para avaliar a mudança no regime de vazão da BHPS. Ainda, também foram extraídas as séries de temperaturas mínimas e máximas em quadriláteros onde existem estações com valores de normais climatológicas usadas no estudo. Nos próximos capítulos serão apresentadas análises realizadas com os dados de precipitação e temperatura oriundos dos modelos climáticos visando garantir a qualidade dos dados de entrada para o modelo MGB.

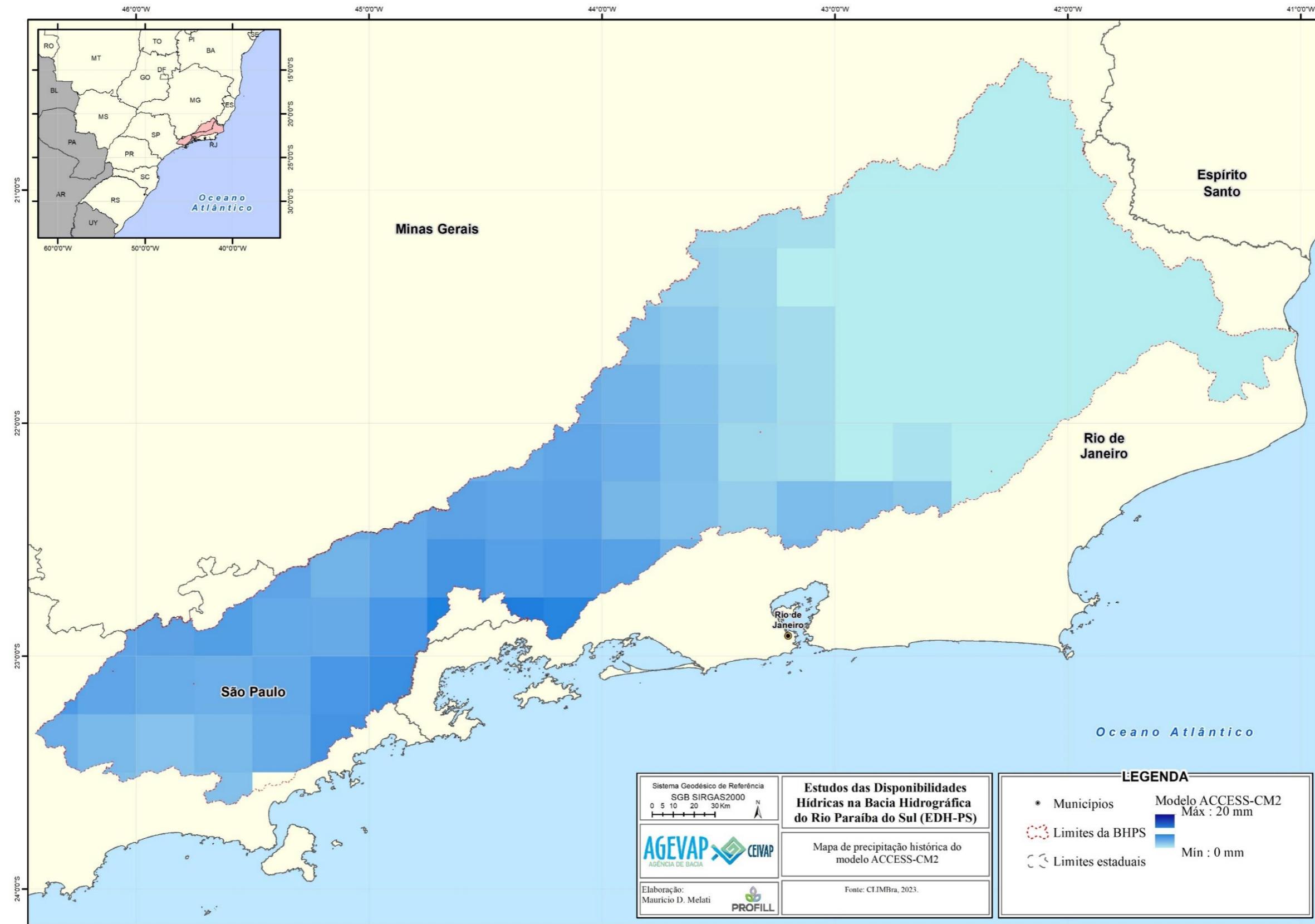


Figura 2.2 – Mapa da chuva para o modelo ACCESS-ESM1-5 no dia 01/01/1980. Fonte: CLIMBra.

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02			

2.1.1 Avaliação da sazonalidade dos dados dos Modelos Climáticos

Para avaliar a sazonalidade dos dados oriundos dos modelos climáticos, foi feita uma avaliação entre os dados futuros dos modelos e os dados observados em estações. O objetivo da análise é verificar se os modelos climáticos mantêm o padrão sazonal observado na BHPS em suas projeções.

2.1.1.1 Dados de Precipitação

Para avaliar os dados de precipitação, foram selecionadas 8 estações pluviométricas com dados completos e bem distribuídas na área de estudo em locais com diferentes comportamentos pluviométricos. Os dados totais médios mensais foram então avaliados comparativamente por meio de gráficos nos cenários de curto prazo (2015-2045) e longo prazo (2046-2100), conforme apresentado na Figura 2.3 e Figura 2.4, respectivamente.

Os resultados observados nos gráficos sazonais de precipitação indicam que as projeções dos modelos climáticos mantêm o padrão sazonal do regime de chuvas da região estudada para todos os pixels presentes na área de estudo, tanto para o curto prazo quanto para o longo prazo.

2.1.1.2 Dados de Temperatura

Para avaliar os dados de temperatura média (obtida a partir da média entre temperatura mínima e máxima dos modelos climáticos) foram selecionados os pontos com estações climatológicas usados no modelo hidrológico. Nesse pontos, os dados observados médios mensais das normais climatológicas foram comparados com os valores médios mensais históricos do modelo e os projetados para o curto e longo prazo. Os gráficos mostram os resultados para todos os modelos, onde o curto e o médio prazo são diferenciados pelas cores vermelho e verde, respectivamente.

Os resultados mostram que os modelos mantêm o padrão da sazonalidade em todas as estações. As diferenças verificadas em alguns casos entre o dado observado e o valor do pixel dos modelos climáticos está associado a resolução do produto, que apresenta um valor médio. Já a estação climatológica muitas vezes pega valores pontuais em maior ou menor altitude na região. Ainda, os valores médios mensais mostram uma tendência de aumento dos valores para cenários futuros. A questão das tendências de aumento de temperatura para cenários futuros será tratada no Item 2.1.3.

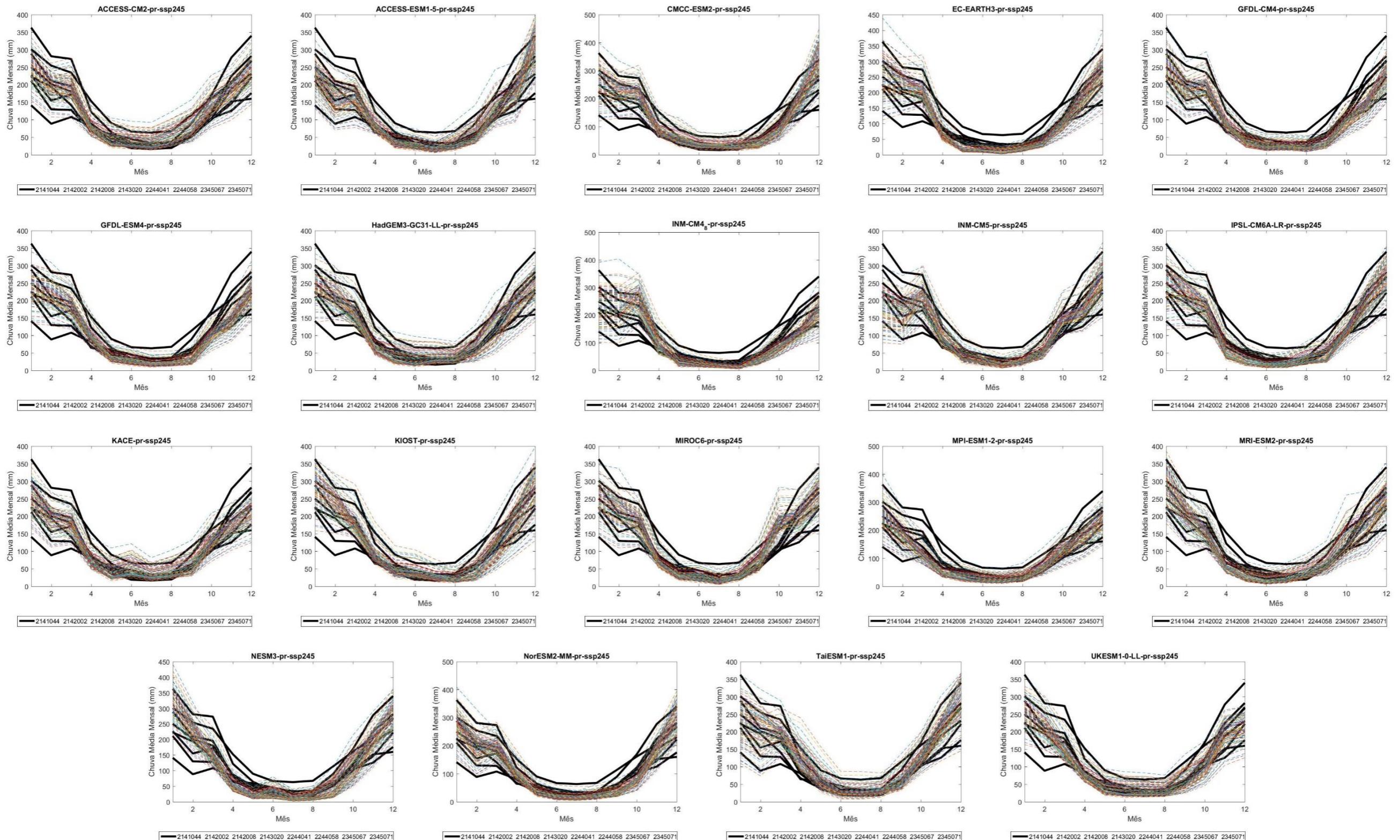


Figura 2.3 – Precipitação total média mensal entre dados observados em oito estações pluviométricas (linha preta espessa) e dados dos modelos climáticos (linhas pontilhadas são referentes à cada um dos pixels) em cenários futuros para o curto prazo (2015-2045). Fonte: Elaboração própria.

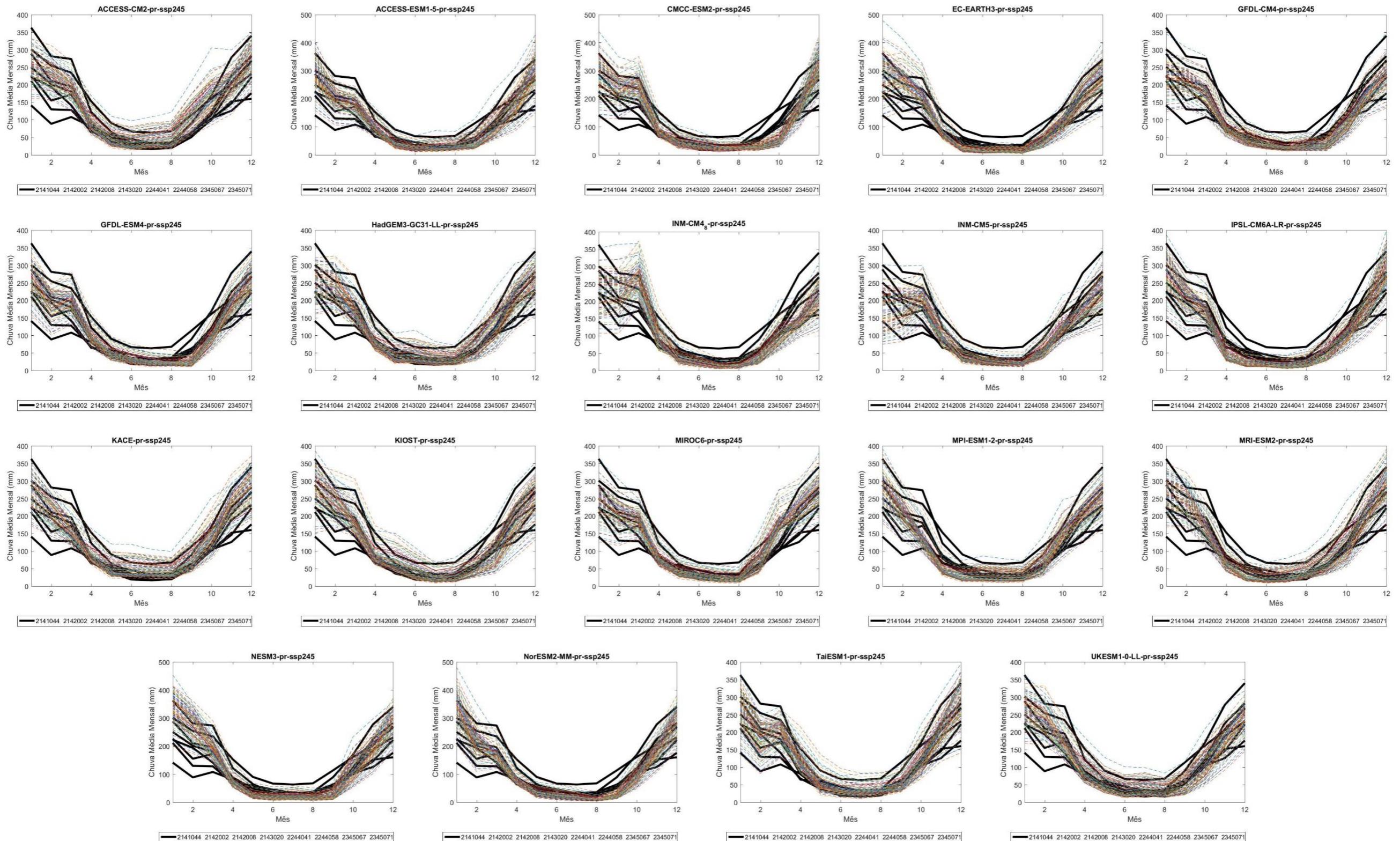


Figura 2.4 – Precipitação total média mensal entre dados observados em oito estações pluviométricas (linha preta espessa) e dados dos modelos climáticos (linhas pontilhadas são referentes à cada um dos pixels) em cenários futuros para o longo prazo (2046-2100). Fonte: Elaboração própria.

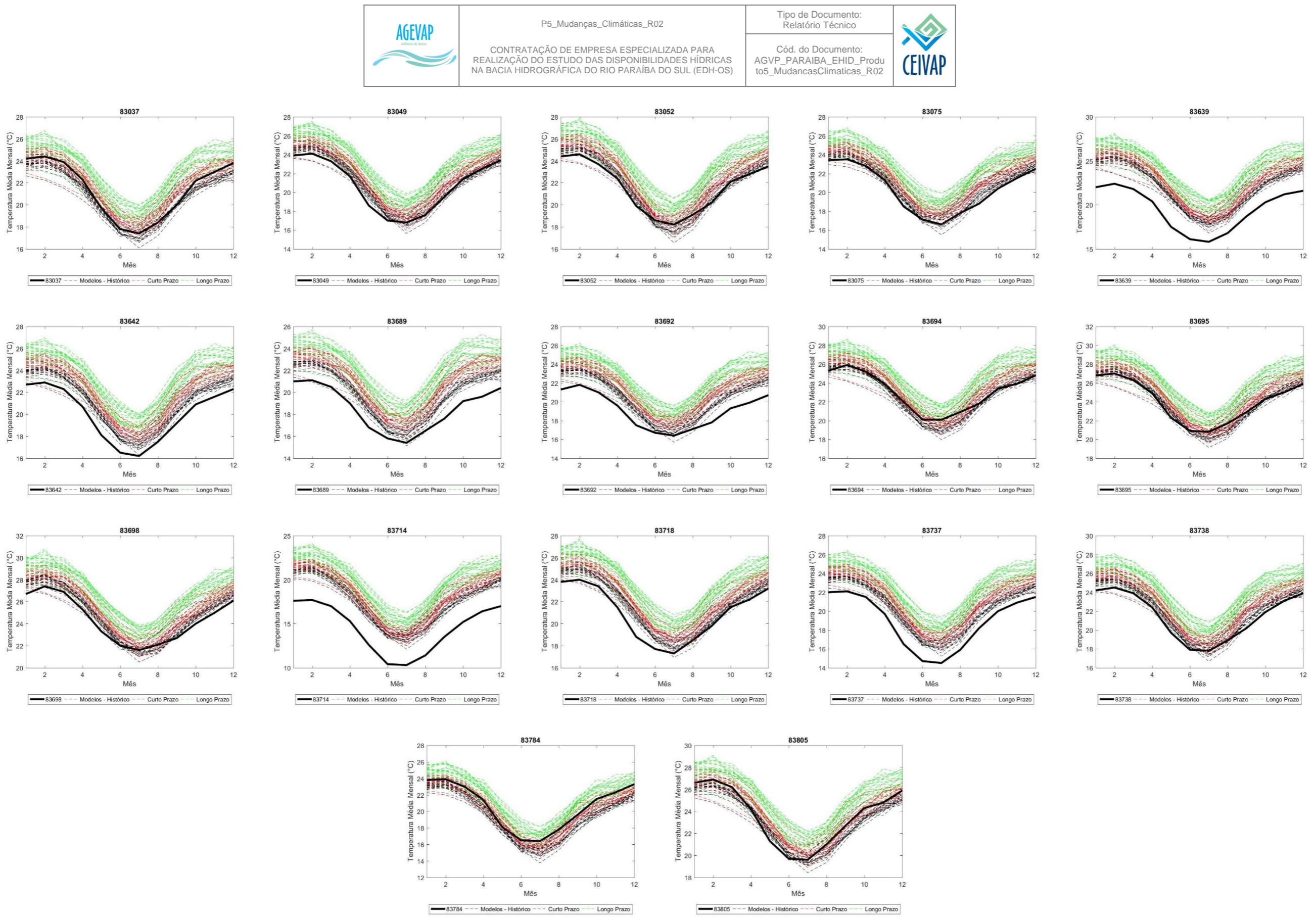


Figura 2.5 – Temperatura média mensal entre dados observados em estações climatológicas (linha preta espessa) e dados dos modelos climáticos (linhas pontilhadas são referentes à cada um dos modelos no ponto da estação climatológica) em cenários futuros para o curto (2015-2045) e longo prazo (2046-2100). Fonte: Elaboração própria.

 AGEVAP ADÉNIA DE BÁCIA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

2.1.2 Análise dos dados de precipitação dos Modelos Climáticos

Os dados de precipitação oriundos da base climática “CLIMBra” foram previamente analisados visando garantir a qualidade dos dados de entrada para o modelo hidrológico MGB, que será usado na avaliação da disponibilidade hídrica e vazões máximas do presente estudo. Para isso, foram verificadas as anomalias e a estacionariedade para as séries de dados contendo os dados históricos e futuros de forma integrada. O ano hidrológico para a precipitação na área de estudo foi determinado em função das estações secas e chuvosas características da região. A estação seca ocorre de junho a outubro, enquanto a estação chuvosa ocorre de dezembro a março. A partir disso, o ano hidrológico foi definido de outubro a setembro para o estudo das vazões máximas e regime de chuvas, e de dezembro a novembro para as vazões mínimas geradas pelo modelo hidrológico, garantindo a independência amostral das análises. Para avaliar as tendências e anomalias do comportamento da precipitação na bacia, os seguintes índices de referência foram avaliados:

- Precipitação total anual;
- Número de dias com chuva no ano hidrológico;
- Número de dias com precipitação $\geq 50\text{mm}$ no ano;
- Precipitação diária máxima em cinco dias consecutivos ($P_{\max 5}$) no ano;

A estacionariedade é um conceito aplicado em séries históricas que analisa como seus valores estatísticos variam ao longo do tempo. Na hidrologia esse conceito é aplicado para avaliar se os dados fluviométricos ou pluviométricos possuem uma tendência significativa à diminuição ou aumento. Há vários métodos para testar a estacionariedade, destacando-se o teste não-paramétrico de Mann-Kendall (KENDALL, 1975; MANN, 1945), que é utilizado para detectar tendências em séries temporais. Ele é amplamente utilizado em hidrologia, climatologia, ecologia e outras áreas onde a análise de tendências é relevante e foi utilizado no presente estudo. O resultado do teste informa se as séries anuais apresentam tendência de aumento ou diminuição para um determinado nível de significância. O nível de significância α que foi adotado nas análises é de $\alpha = 0,05 = 5\%$.

Assim, quando um modelo apresenta estacionariedade, significa que a sua série apresenta uma tendência de ser constante ao longo dos anos. Já quando um modelo não é estacionário e apresenta tendência não estacionária positiva, significa que a sua série histórica apresenta tendência de aumento dos valores, e ao contrário para as séries não estacionárias negativas, que é quando ocorre a redução da tendência ao longo dos anos.

Os mapas com os resultados da estacionariedade gerados no presente relatório apresentam uma simbologia de “gráfico de pizza”, buscando representar em cada

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

pixel dos modelos climáticos a quantidade de modelos com estacionariedade, sem estacionariedade positiva ou sem estacionariedade negativa. Os modelos estacionários são representados pelas regiões em cinza, os modelos com tendência positiva são representados pelas regiões em verde e os modelos com tendência negativa pelas regiões em vermelho. As proporcionalidades das áreas do gráfico estão associadas ao número total de 19 modelos climáticos utilizados.

Já as anomalias apresentam resultados que contemplam os valores médios da bacia, buscando entender o quanto as taxas de precipitação aumentam (anomalias positivas) ou diminuem (anomalias negativas) em torno da média. A média foi calculada como sendo a média dos valores dos modelos para a bacia. A seguir serão apresentadas as discussões dos resultados de anomalia e estacionariedade para cada uma das variáveis de análise.

2.1.2.1 Resultados da Precipitação Total Anual

Na Figura 2.6 é possível observar a anomalia da chuva total anual na bacia para cada um dos 19 modelos. Observa-se que para grande parte dos anos analisados os valores de anomalia oscilam entre 400 mm positivos e negativos. Observa-se também que cada modelo apresenta picos de anomalia (positiva ou negativa) em diferentes anos, que são representados pelos pontos acima de 400 mm (positivos ou negativos). O gráfico também mostra que para a média da bacia o que predomina é a estacionariedade dos dados, indicando que as taxas de chuva totais anuais permanecem constantes ao longo da série de chuva futura.

Espacialmente na BHPS, o mapa de estacionariedade da precipitação total anual (Figura 2.7) mostra a maioria dos pixels analisados tem predominância da cor cinza, indicando que a maior parte dos modelos aponta estacionariedade dos dados, como foi visualmente observado no gráfico de anomalias da Figura 2.6. Seguida pelas regiões em cinza, estão em regiões em verde, que representam o número considerável de modelos que indicam a não estacionariedade, com tendência positiva. Por último, estão as regiões preenchidas com vermelho, indicando a não estacionariedade das séries, com tendência negativas.

No Produto 3 desse estudo foram analisadas a estacionariedade referentes as séries históricas das estações pluviométricas presentes na bacia hidrográfica. Nele, o mapa de estacionariedade da chuva total anual apresenta a maior parte das estações na cor cinza, representando comportamento de estacionariedade. Fazendo uma comparação desses resultados com os dados das séries dos modelos climáticos, observou-se que em todos os pixels, a maior parte dos modelos aponta para o comportamento estacionário, apesar de uma considerável fração de modelos indicar não estacionariedade com tendência positiva.

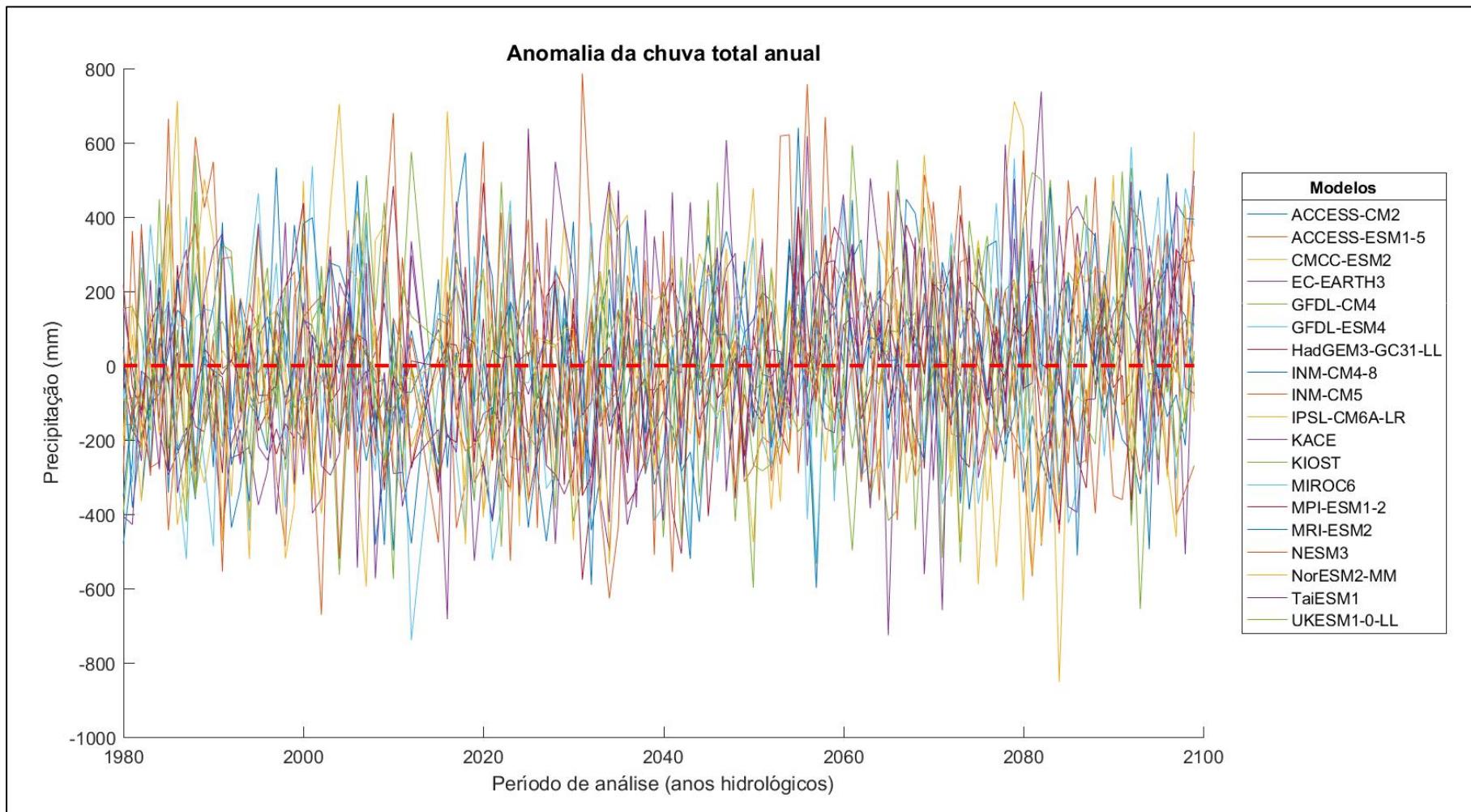


Figura 2.6 – Gráfico da anomalia da chuva total anual no ano hidrológico.

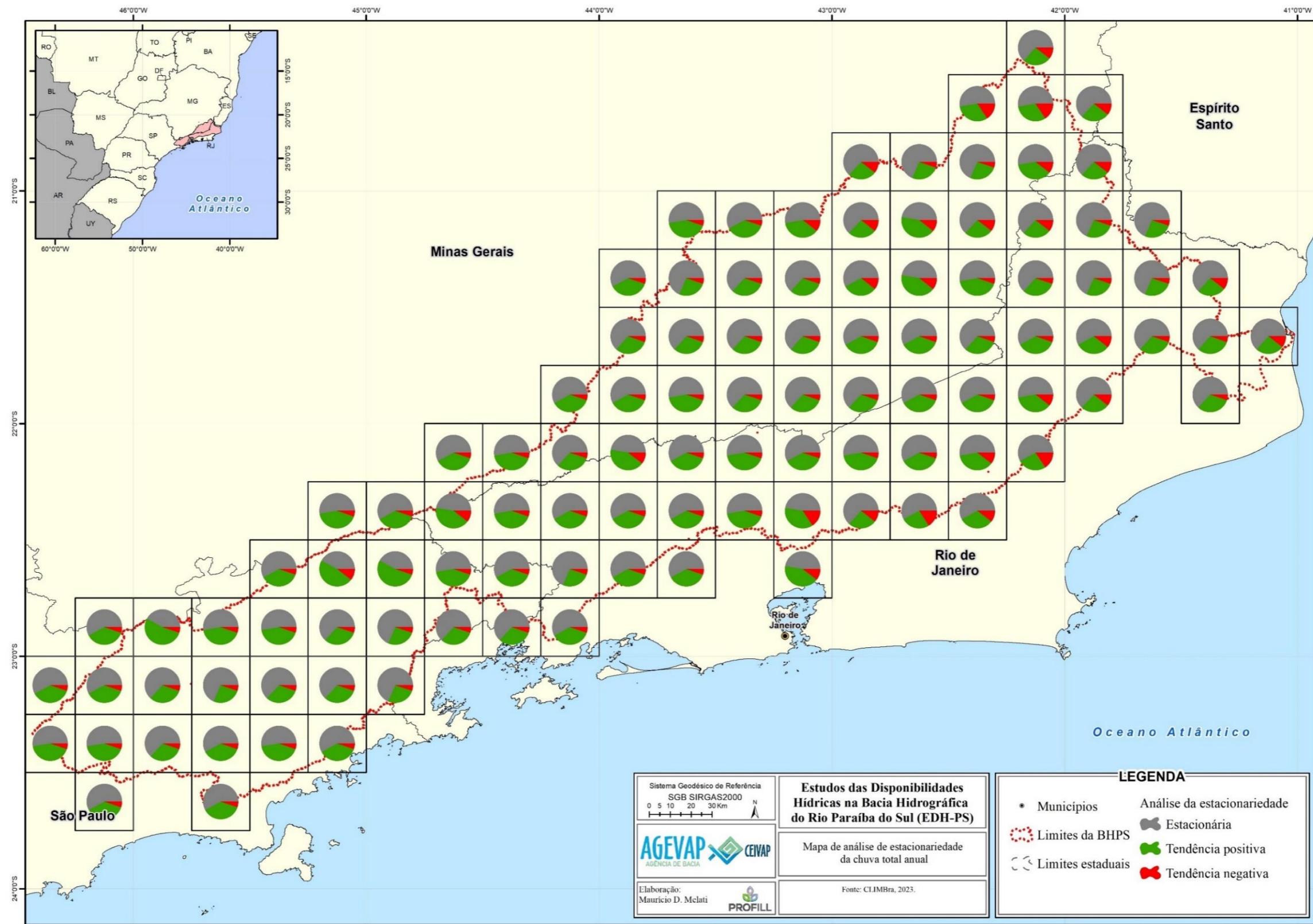


Figura 2.7 – Mapa de análise da estacionariedade da chuva total anual.

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

2.1.2.2 Resultados do número total de dias com chuva acima de 50mm

Na análise da anomalia do número de dias com chuva acima ou igual a 50 mm por ano (Figura 2.8) é possível observar que, a partir de 2040, aproximadamente, ocorre o aumento do número de dias até o final do período de análise. De uma forma geral, isso indica que a série de eventos que geram cheias mais significativas não é estacionária, apresentando tendência positiva na maioria dos modelos.

A análise espacial de estacionariedade do número de dias com precipitação igual ou superior a 50 mm (Figura 2.9) indica que grande parte dos pixels apresenta a maioria dos modelos indicando tendência positiva, ou seja, o aumento do número de dias com chuva igual ou superior a 50 mm. As bacias do Rio Pomba e Paraibuna apresentam a maior parte dos modelos indicando o aumento do número de dias com chuva igual o superior a 50 mm. Em segundo lugar estão os modelos que indicam a estacionariedade dos dados, representados pelas áreas em cinza. Observam-se poucos pixels com modelos indicando a redução do número de dias, presentes apenas nas bacias dos Rios Carangola, Muriaé e Piraí.

No mapa de número total de dias com precipitação igual ou acima de 50 mm no ano, grande parte das estações analisadas no Produto 3 apresentaram comportamento estacionário, salvo alguns pontos que apresentaram tendências negativas e positivas. Tal comportamento pode ser justificado pelo fato de que os modelos climáticos apresentam mudança de comportamento a partir do ano de, aproximadamente, 2040.

Anomalia do número de dias com chuva acima de 50 mm por ano

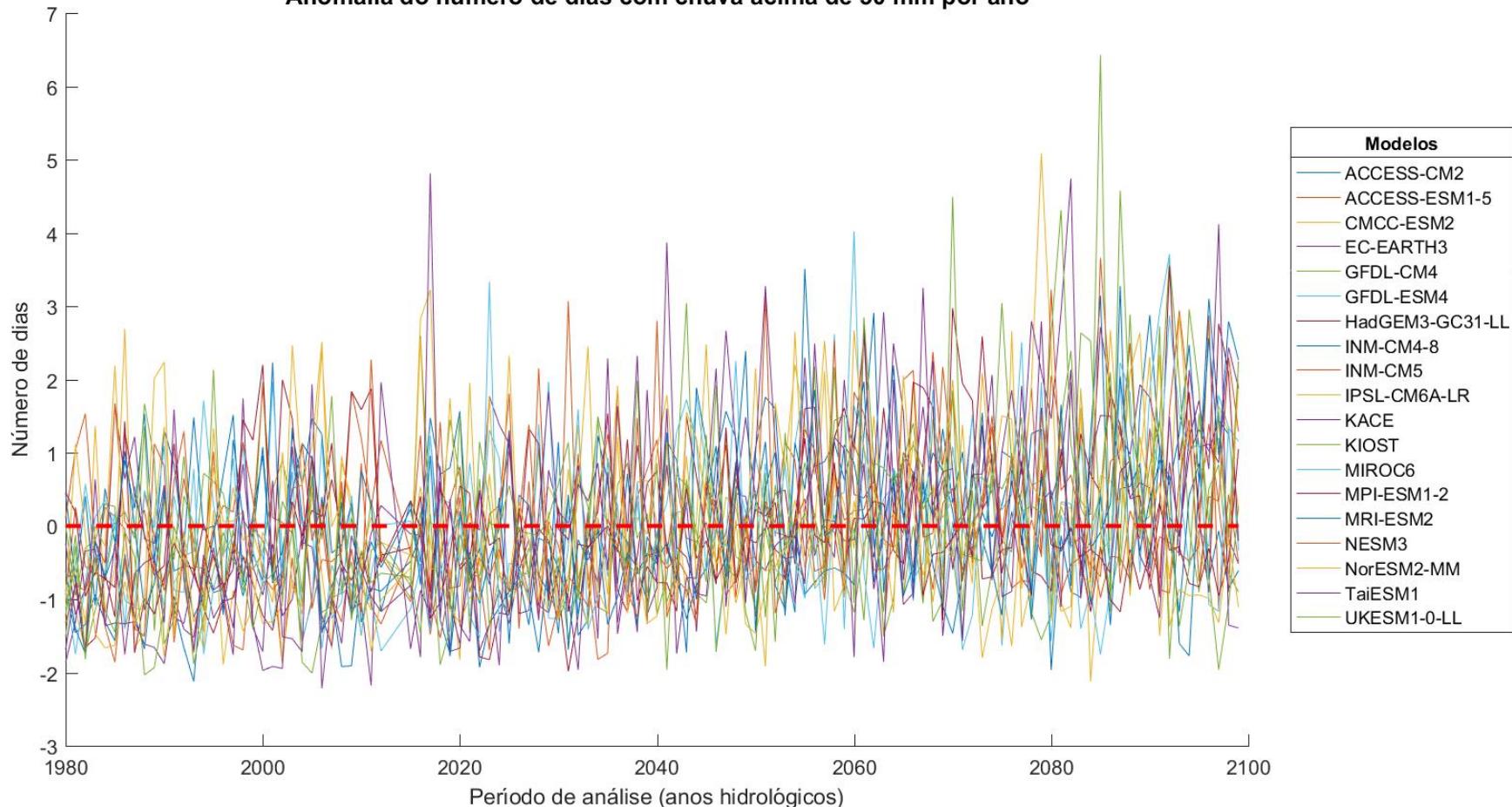
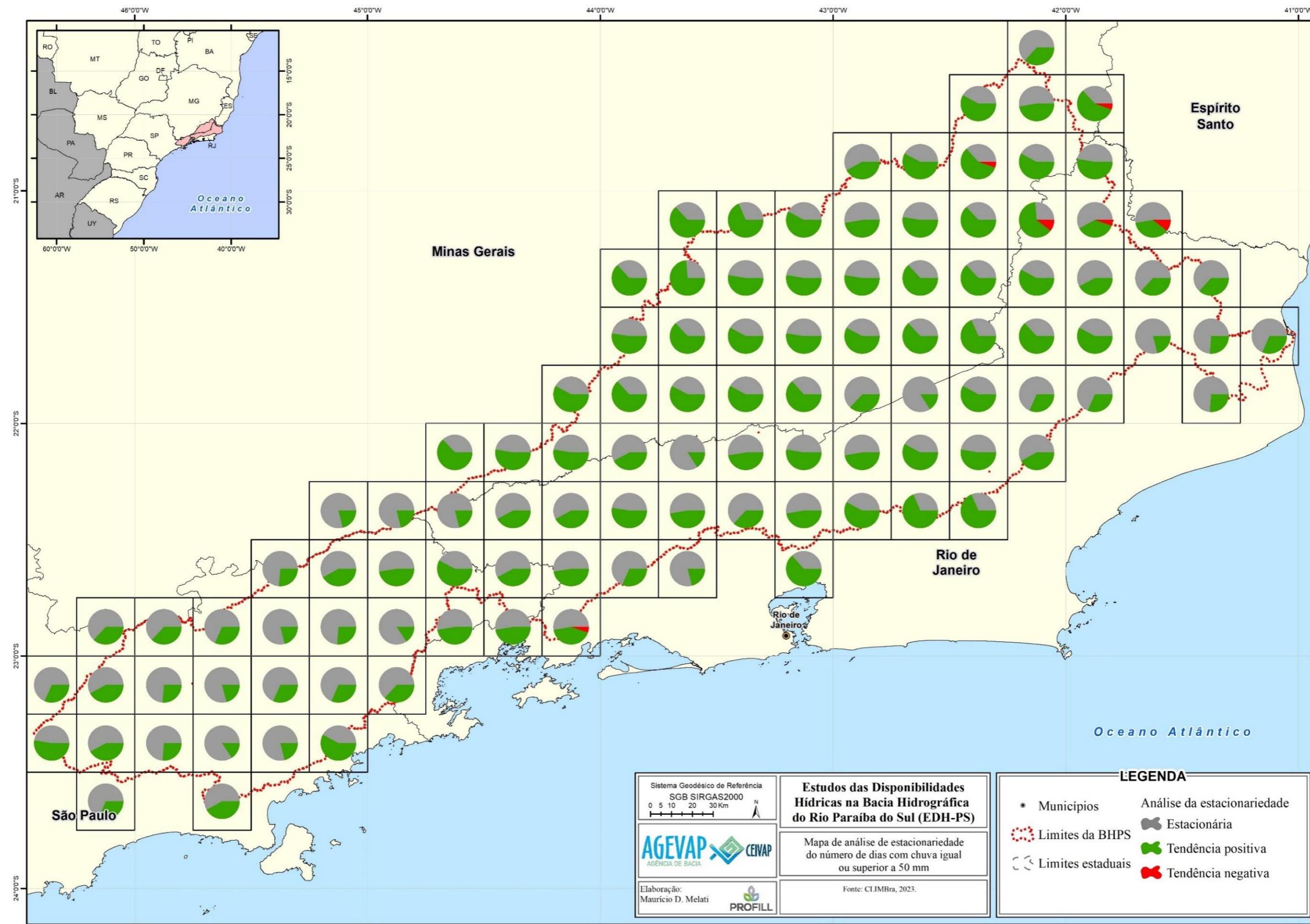


Figura 2.8 – Gráfico da anomalia do número de dias com chuva acima de 50 mm no ano.



 AGEVAP AGENCIA DE BACIA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

2.1.2.3 Resultados do número dias com chuva no ano

O gráfico de anomalia do número de dias com chuva no ano (Figura 2.10) mostra que a variação em torno do zero fica principalmente no intervalo de 20 dias (anomalias positivas e negativas), com alguns picos que ultrapassam os 40 dias (anomalias positivas e negativas). Isso indica que no período de análise o número de dias tende a permanecer constante de uma maneira geral.

Avaliando o mapa de número total de dias com precipitação (Figura 2.11), observou-se que grande parte dos modelos apontam que o número de dias continuará o mesmo, apresentando regiões preenchidas com a cor cinza, representando a estacionariedade. Em segundo lugar de predominância, estão as regiões em vermelho, que representam a diminuição da quantidade de dias com precipitação destacam-se, apresentando áreas maiores, quando comparadas com as regiões verde, de aumento do número de dias. Destacam-se os resultados das bacias dos Rios Carangola, Muriaé e Baixo Vale do Rio Paraíba por apresentarem uma quantidade maior de modelos apontando a diminuição do número de dias com precipitação.

No mapa de número total de dias com precipitação no ano do Produto 3, grande parte das estações apresentou como resultado a não estacionariedade, com tendência negativa. Essa tendência pode ser observada nos resultados dos modelos, já que logo após as regiões em cinza, estão em regiões em vermelho, onde os modelos apontam tendência negativa.

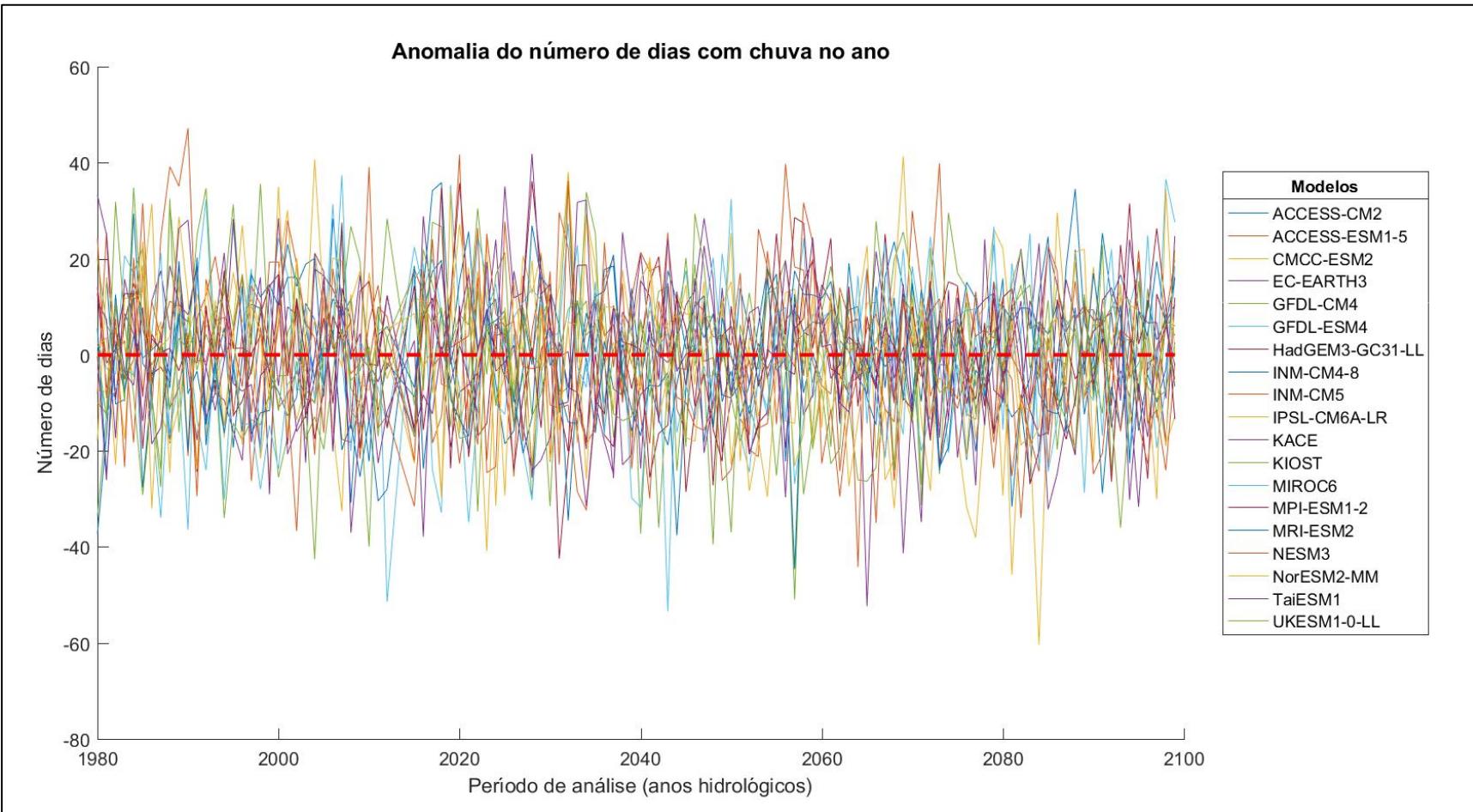
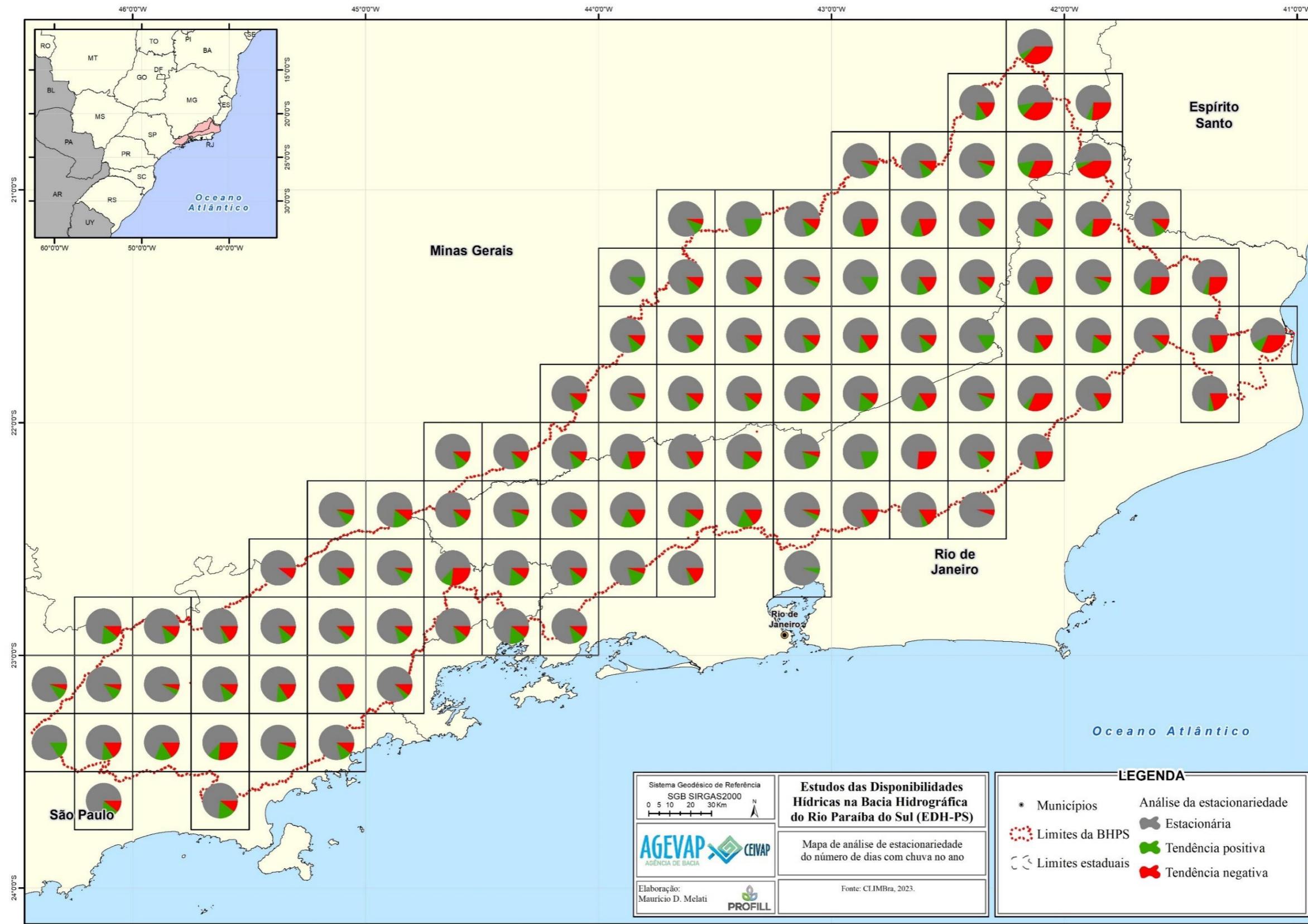


Figura 2.10 – Gráfico da anomalia do número de dias com chuva no ano.



 AGEVAP <small>AGÊNCIA DE ÁGUA</small>	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancaClimatica_R02			

2.1.2.4 Resultados da chuva máxima diária com 5 dias consecutivos P_{max5}

No gráfico da anomalia da chuva diária máxima em 5 dias consecutivos no ano (Figura 2.12), as anomalias positivas indicam crescimento das séries, indicando o aumento da precipitação diária máxima em 5 dias consecutivos no ano ao longo do período de análise.

No mapa de avaliação da estacionariedade da precipitação diária máxima em cinco dias consecutivos no ano (Figura 2.13), observa-se que as maiores áreas são ocupadas pela cor verde, que representa o aumento do indicador. Seguida dela, vem as regiões de cor cinza, que representam a estacionariedade, ou seja, continuação dos valores de precipitação. Por último, poucos pixels apresentaram regiões com vermelha, que representa a diminuição do indicador, como as bacias dos Rios Muriaé, Pomba, Carangola, Médio Vale Inferior do Rio Paraíba e Baixo Vale do Rio Paraíba.

Comparando os resultados da precipitação máxima diária em 5 dias consecutivos no ano obtidos no Produto 3 com os apresentados pelos 19 modelos, observou-se que grande parte das estações indicaram a estacionariedade dos dados. O que, conforme observado graficamente, mostra que a tendência do aumento da P_{max5} é esperada somente para anos futuros.

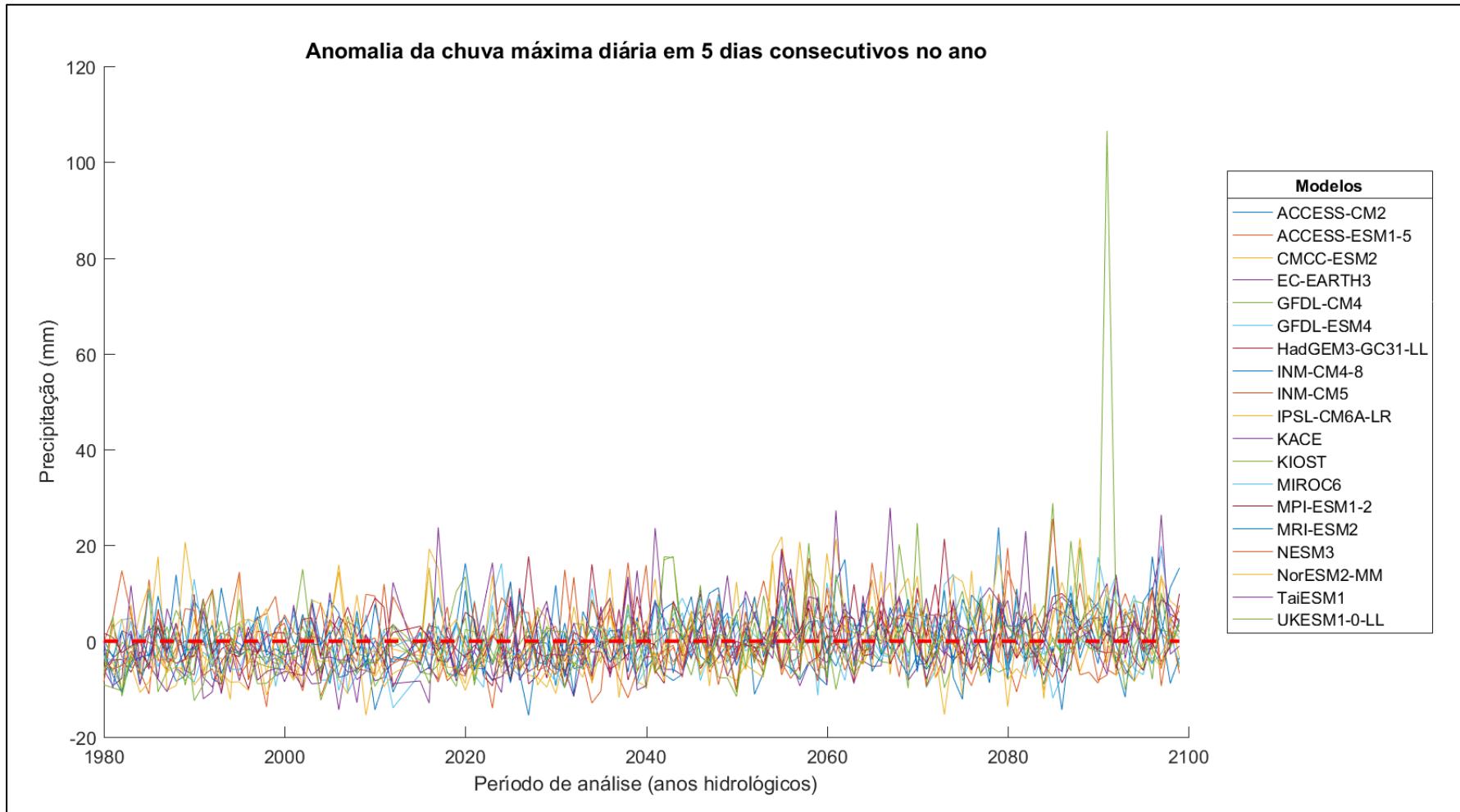
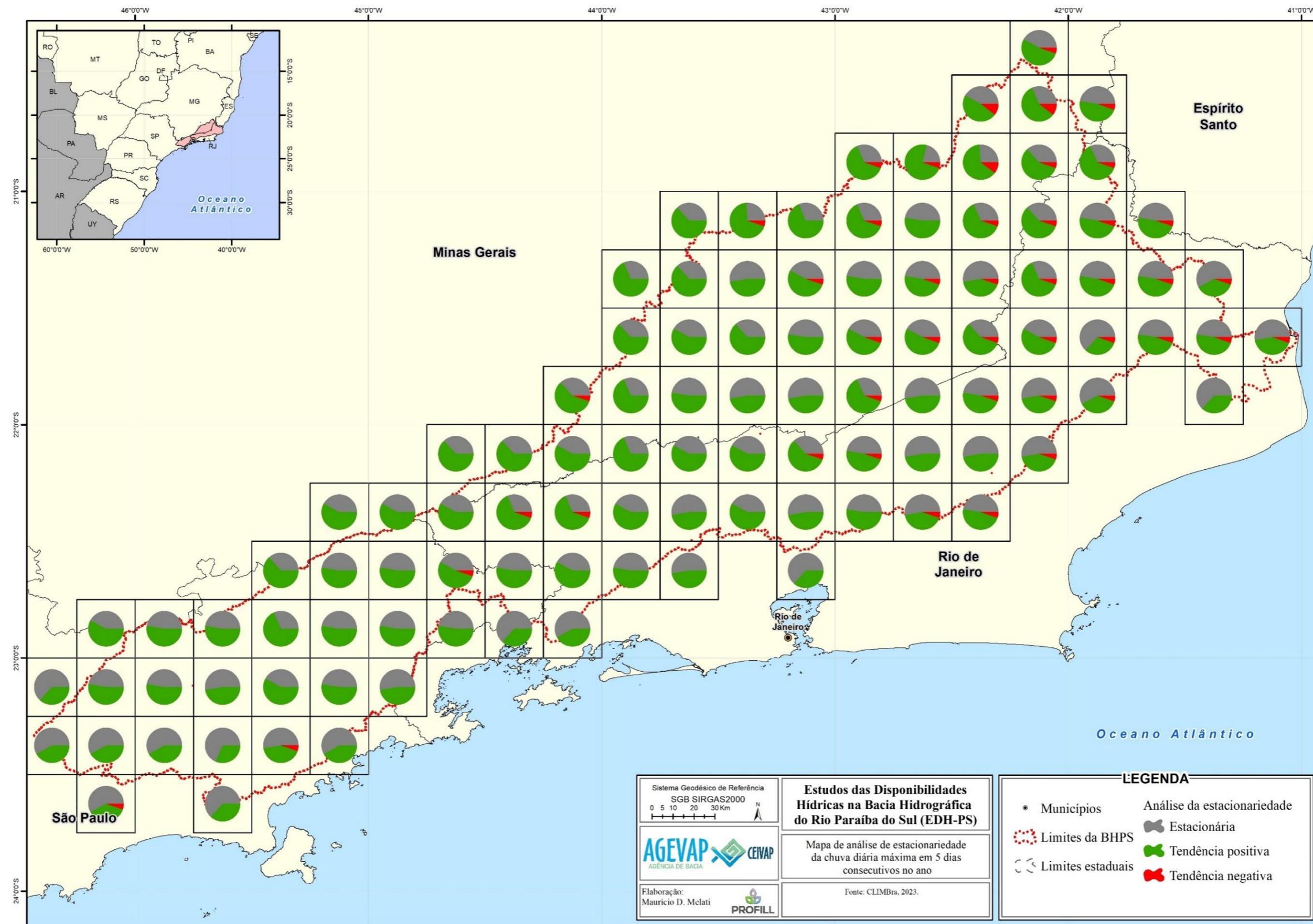


Figura 2.12 – Gráfico da anomalia da chuva máxima diária em 5 dias consecutivos no ano.



 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

2.1.3 Análise dos dados de temperatura dos Modelos Climáticos

Os dados de temperatura oriundos da base climática “CLIMBra” foram previamente analisados visando garantir a qualidade dos dados de entrada para o modelo hidrológico MGB, que será usado na avaliação da disponibilidade hídrica e vazões máximas do presente estudo. Para isso, foram verificadas as anomalias e a estacionariedade para as séries de dados contendo os dados históricos e futuros de forma integrada. Assim como na análise dos dados de precipitação, também foi utilizado o ano hidrológico, que inicia em outubro e vai até setembro do próximo ano. Estão disponíveis os dados de temperatura máxima e temperatura mínima na base “CLIMBra”, e para analisá-los foram calculadas as médias de temperatura. Para avaliar as tendências e anomalias do comportamento da temperatura da bacia, os seguintes índices de referência foram avaliados usando o teste não-paramétrico de Mann-Kendall com nível de significância de 5%:

- Temperatura média anual;
- Temperatura diária máxima em cinco dias consecutivos (T5) no ano.

Os mapas com os resultados da estacionariedade gerados no presente relatório apresentam uma simbologia de “gráfico de pizza”, buscando representar em cada pixel dos modelos climáticos a quantidade de modelos com estacionariedade, sem estacionariedade positiva ou sem estacionariedade negativa. Os modelos estacionários são representados pelas regiões em cinza, os modelos com tendência positiva são representados pelas regiões em verde e os modelos com tendência negativa pelas regiões em vermelho. As proporcionalidades das áreas do gráfico estão associadas ao número total de 19 modelos climáticos utilizados.

Já as anomalias apresentam resultados que contemplam os valores médios da bacia, buscando entender o quanto as temperaturas aumentam (anomalias positivas) ou diminuem (anomalias negativas) em torno da média. A média foi calculada como sendo a média dos valores dos modelos para a bacia. A seguir serão apresentadas as discussões dos resultados de anomalia e estacionariedade para cada uma das variáveis de análise.

2.1.3.1 Resultados da Temperatura Média Anual

Na Figura 2.14 é possível observar a anomalia da temperatura média anual na localização das estações climatológicas utilizadas no presente estudo, para cada um dos 19 modelos. Observa-se que em todos os modelos ocorre crescimento das anomalias. Espacialmente na BHPS, o mapa de estacionariedade da temperatura média anual mostra que todos os pontos analisados têm predominância da cor verde, indicando que todos os modelos apontam a não estacionariedade dos

 AGEVAP <small>AGÊNCIA DE ÁGUA</small>	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

dados, com tendência positiva, como foi visualmente observado no gráfico de anomalias da Figura 2.15.

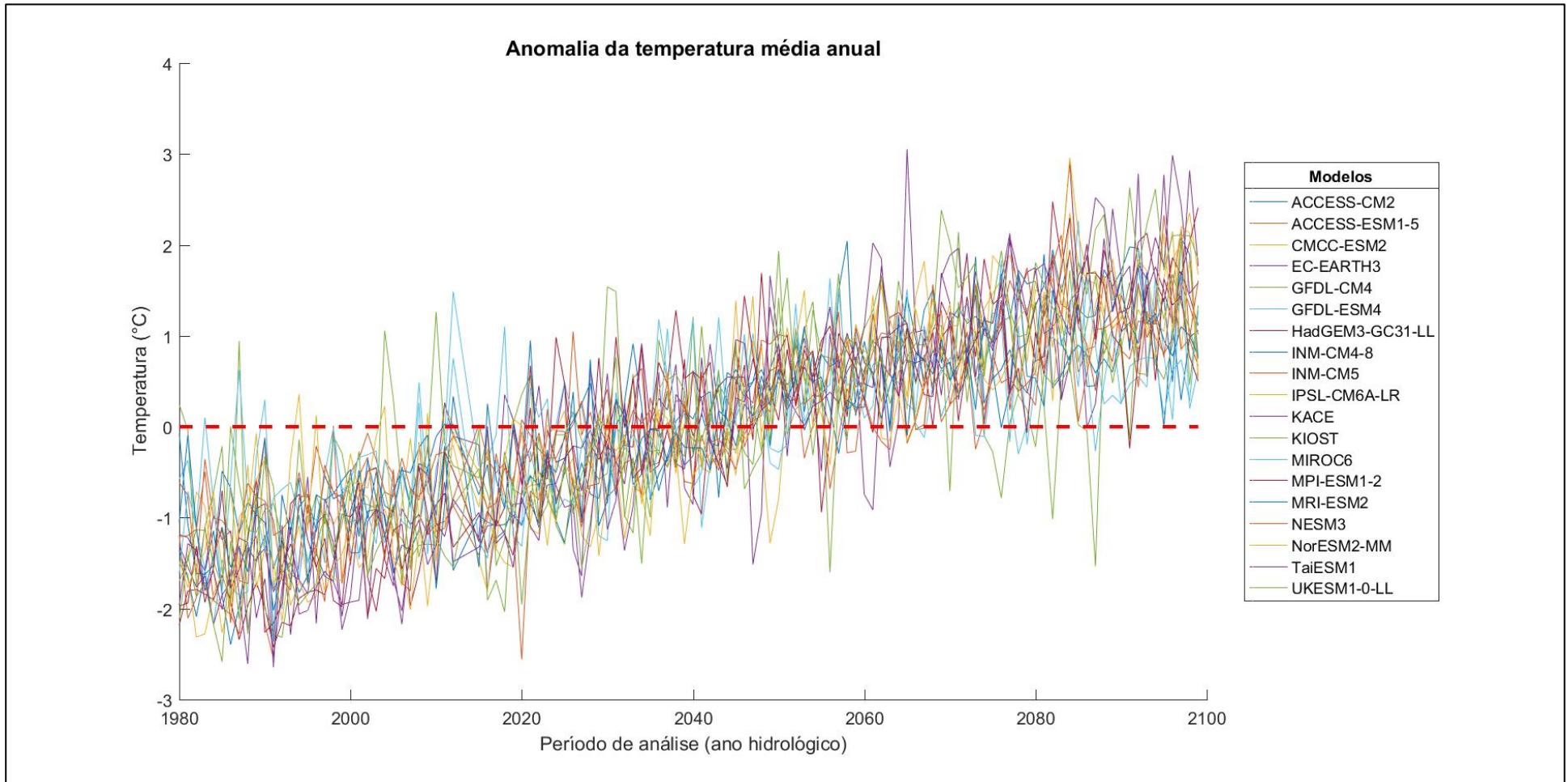


Figura 2.14 - Gráfico da anomalia da temperatura média anual no ano hidrológico.

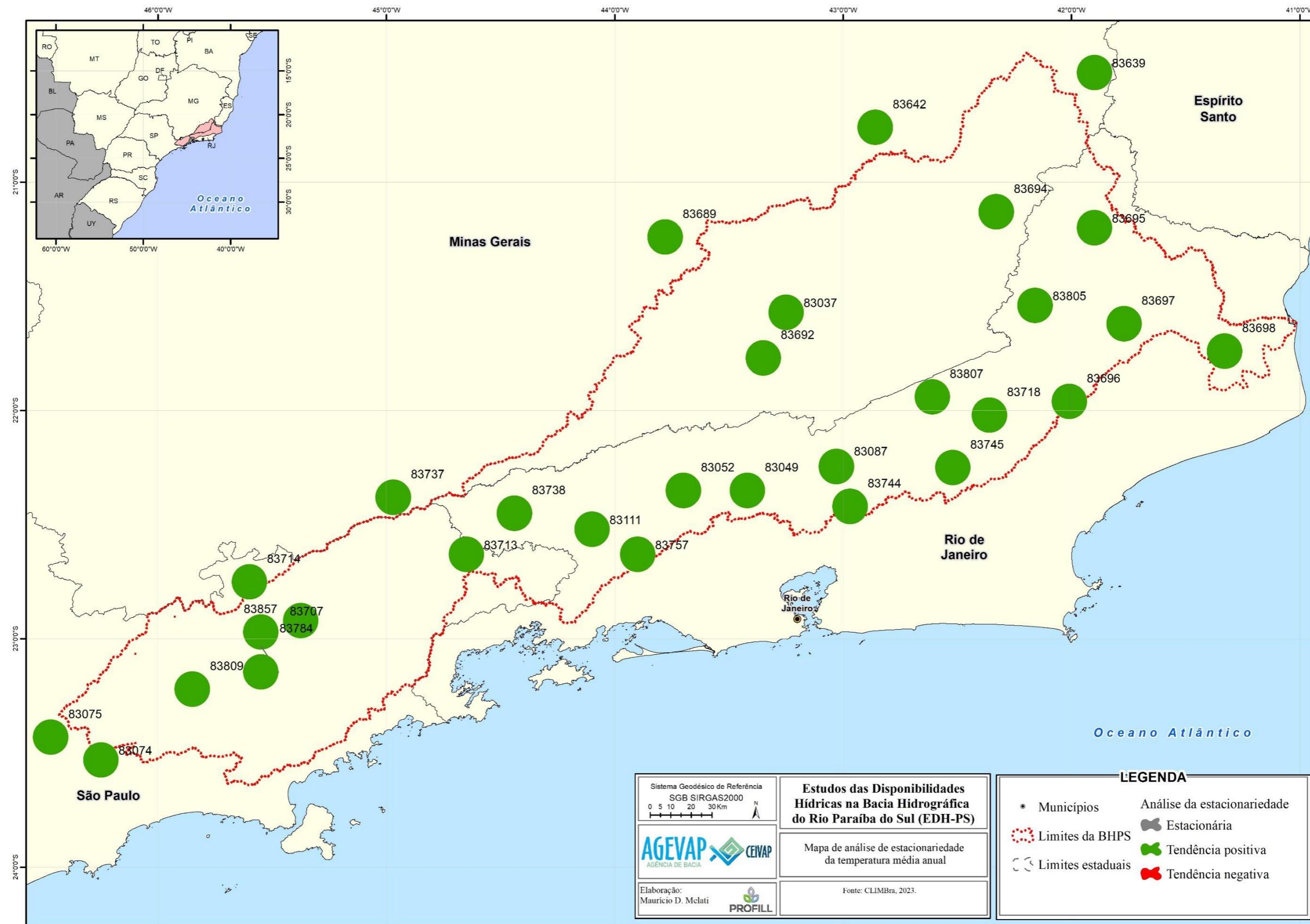


Figura 2.15 - Mapa de análise da estacionariedade da temperatura média anual.

 AGEVAP AGENCIA DE BÁSICA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

2.1.3.2 Resultados da Temperatura diária máxima em cinco dias consecutivos (T5) no ano

No gráfico da anomalia da temperatura diária máxima em 5 dias consecutivos no ano apresentado na Figura 2.16, predomina a tendência de aumento do índice. No mapa de avaliação da estacionariedade da temperatura diária máxima em cinco dias consecutivos no ano (Figura 2.17), observa-se que todos os pontos são preenchidos com a cor verde, representando que todos os modelos indicam o aumento da temperatura diária máxima em cinco dias consecutivos no ano.

Anomalia da temperatura máxima diária em 5 dias consecutivos no ano

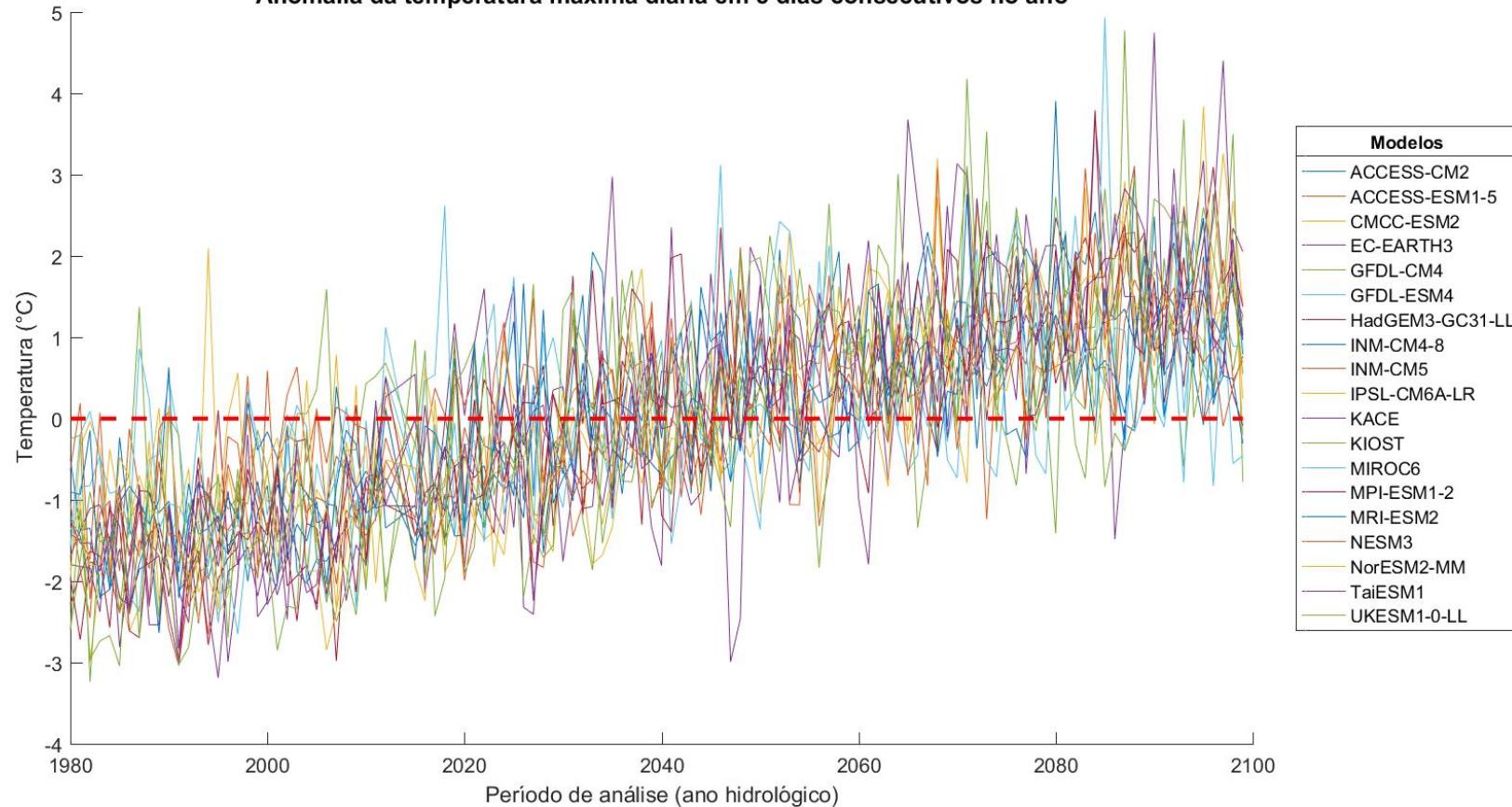
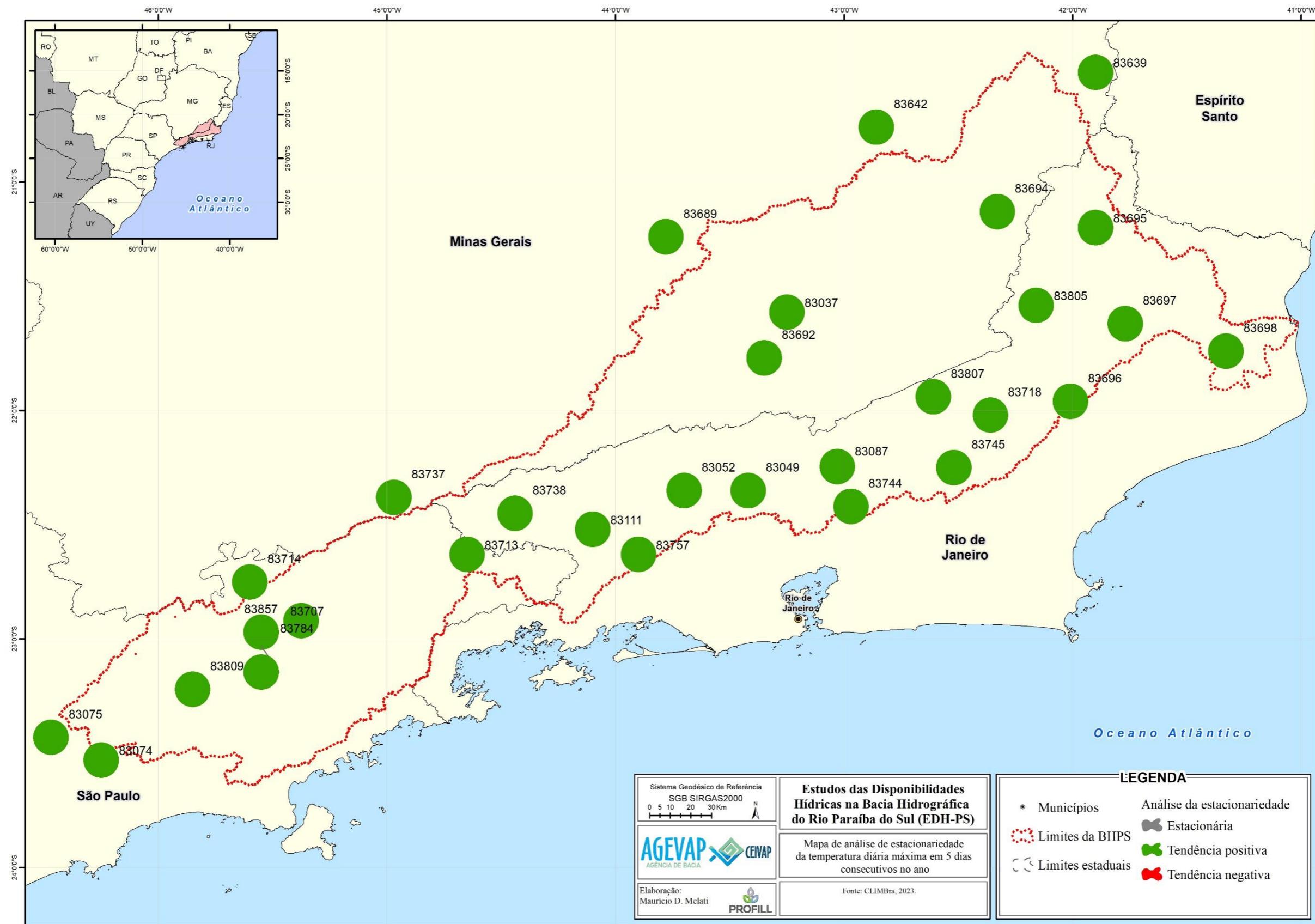


Figura 2.16 - Gráfico da anomalia da temperatura máxima diária em 5 dias consecutivos no ano.



 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

2.2 Mudanças no uso e ocupação do solo na BHPS

Os processos de geração de escoamento direto da chuva (principal fator em eventos extremos nos rios) estão também associados com a cobertura de uso e ocupação do solo. Alterações na cobertura da superfície também interferem no comportamento hidrológico das bacias em relação ao comportamento da evaporação, evapotranspiração e infiltração.

Os estudos de vazões mínimas e máximas, por exemplo, quando relacionados às características de uso e ocupação do solo, permitem aprofundar o entendimento das relações presentes e futuras entre o homem e o ambiente, podendo fornecer subsídios para estudos futuros. Os dados foram obtidos por meio do projeto MapBiomass (SOUZA et al., 2020) avaliando as alterações entre o passado e o presente.

2.2.1 Aquisição dos dados

Os dados de uso e ocupação do solo da BHPS utilizados no Estudo são provenientes da Coleção 7 do produto de Uso e Cobertura do Solo elaborado pelo projeto MapBiomass em 2022. Para a obtenção dessas informações, foi utilizado o complemento para QGIS "Mapbiomas Collection", onde é possível selecionar os anos que se deseja analisar, bem como as classes de uso e cobertura. Aqui, optou-se pelo primeiro e último anos disponíveis na Coleção, ou seja, 1985 e 2021, com o intuito de avaliar as mudanças na dinâmica de uso da terra na Bacia no maior período possível. Em relação às classes, foram mantidas todas de Nível 1, sendo elas: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada, Corpos D'água e Não Observado.

Foram exportados os arquivos raster dos dois anos para a extensão que engloba a BHPS, então deu-se início ao geoprocessamento. Inicialmente, a ferramenta de reclassificação foi empregada para simplificar e converter os rasters em shapefiles, facilitando o trabalho com as classes de uso do solo de interesse. Foi adicionado um novo campo chamado "classe" nas tabelas de atributos dos shapes resultantes, onde os valores de 1 a 6 (os mesmos contidos nos rasters) foram transformados em nomes das classes de uso e ocupação. Para viabilizar uma análise das mudanças em cada sub-bacia, realizou-se uma operação entre os shapefiles de uso e ocupação do solo e os das sub-bacias da BHPS, gerando os resultados a apresentados a seguir.

2.2.2 Avaliação das Alterações no Uso e Ocupação do Solo

Analizando os gráficos e mapas das alterações de uso e ocupação do solo na BHPS, percebe-se que, de maneira geral, houve poucas mudanças no período analisado. Entretanto, é possível notar um aumento da área não vegetada na BHPS

 AGEVAP AGÊNCIA DE BÁCIA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	 CEIVAP
--	---	---	---	--

como um todo (Figura 2.18, Figura 2.20 e Figura 2.21) e nas sub-bacias do Rio Dois Rios, Rio Piabanha, Rio Pomba, Rio Paraibuna, Médio Vale e Médio Vale Superior do Rio Paraíba do Sul, todas apresentadas nos gráficos da Figura 2.19, provocado pela expansão urbana nessas regiões. Comparando os mapas das Figura 2.20 e Figura 2.21, percebe-se que o aumento de área não vegetada ocorre mais intensamente próximo ao Rio Paraíba do Sul, principalmente na parte superior da bacia, onde há bastante urbanização e altas vazões demandadas de água para abastecimento humano, conforme constatado no Produto 3 do presente trabalho.

Além disso, houve uma leve diminuição nas áreas de agricultura (salvo na sub-bacia do Rio Piraí, onde houve um pequeno aumento), o que corrobora com a discussão feita no Item 2.2.3 do Produto 3 sobre o declínio nas vazões de uso consuntivo da água para irrigação na BHPS. Ainda, observa-se um aumento sutil na área de floresta em quase todas as sub-bacias, com exceção do Rio Piraí, onde foi verificada diminuição da área florestada, e do Médio Vale do Rio Paraíba, onde essa classe permaneceu praticamente constante.

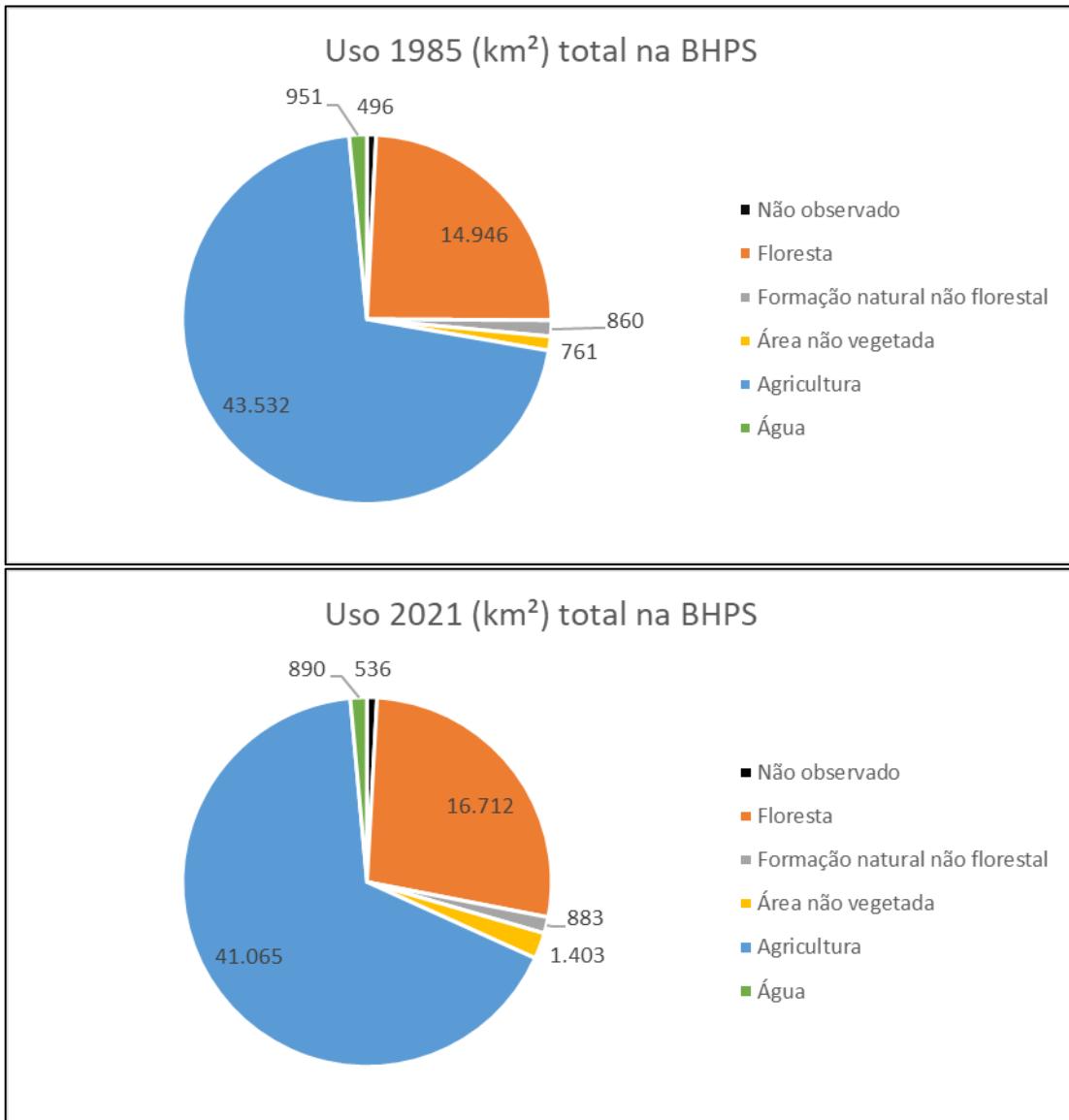


Figura 2.18 – Gráfico da distribuição dos tipos de Uso e Ocupação do Solo em 1985 e 2021 na BHPS. Fonte: MapBiomass.

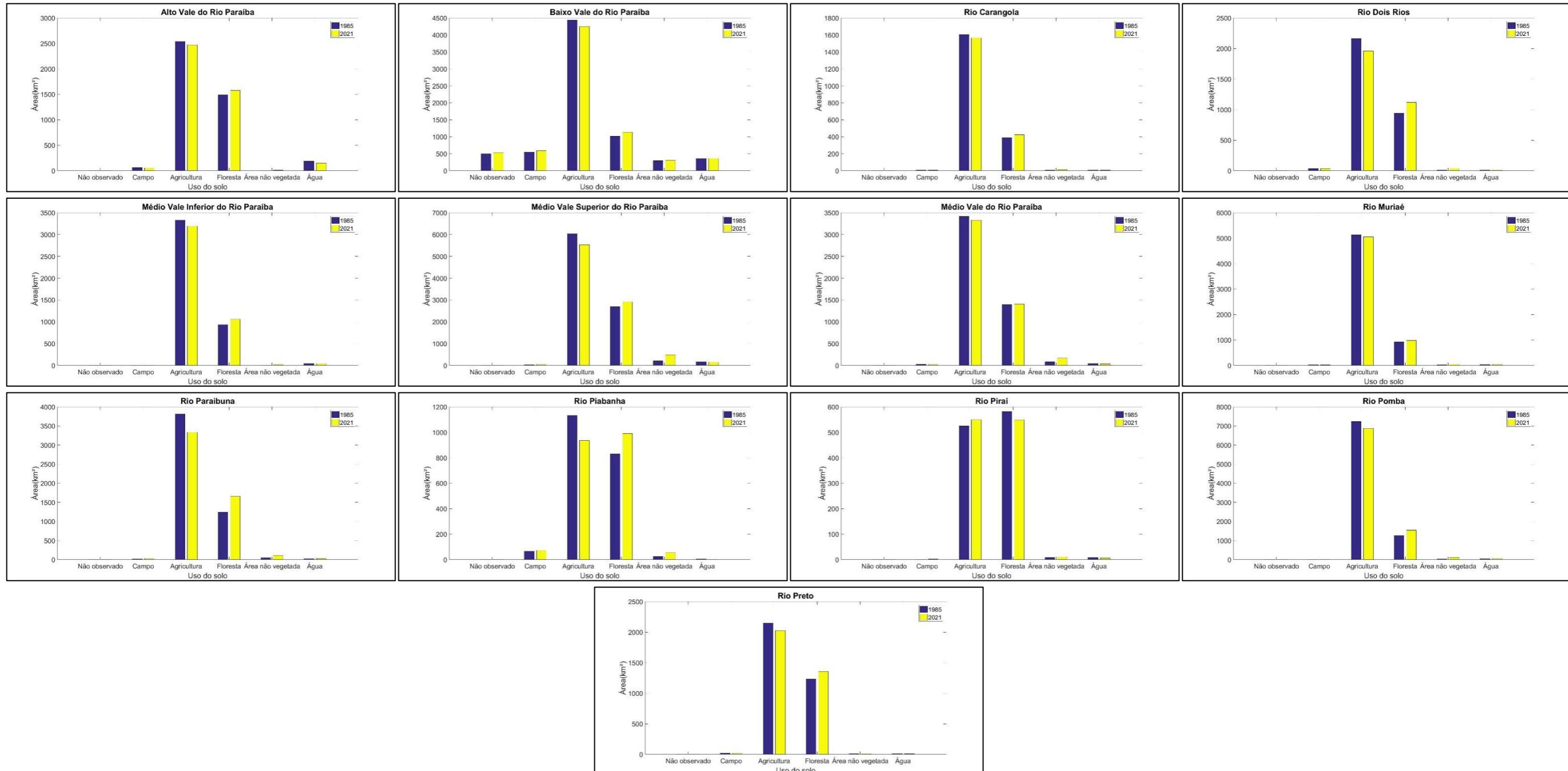


Figura 2.19 - Gráfico de Uso e Ocupação do Solo em 1985 e 2021 nas sub-bacias da BHPS. Fonte: MapBiomas.

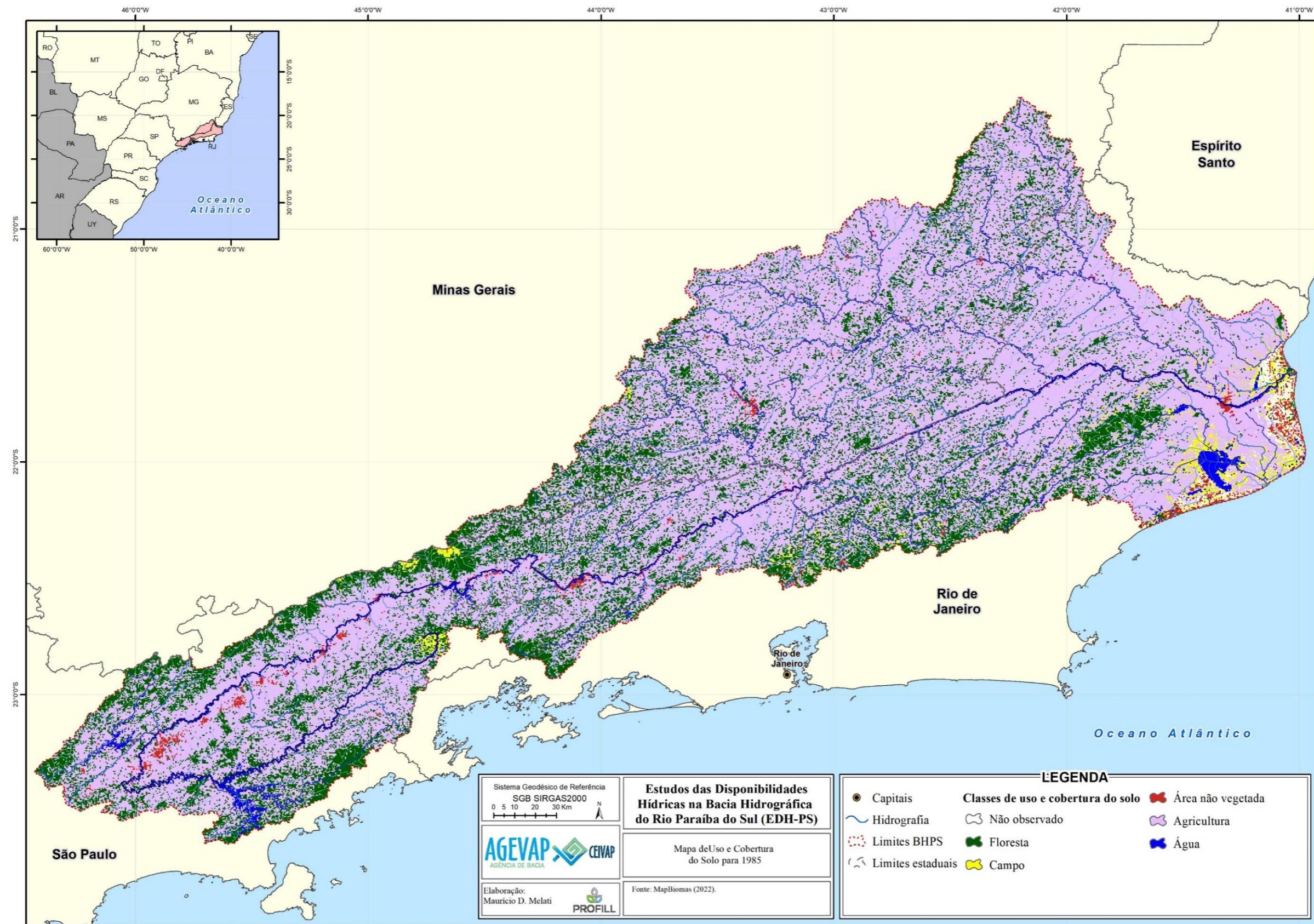


Figura 2.20 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo na BHPS em 1985. Fonte: MapBiomas.

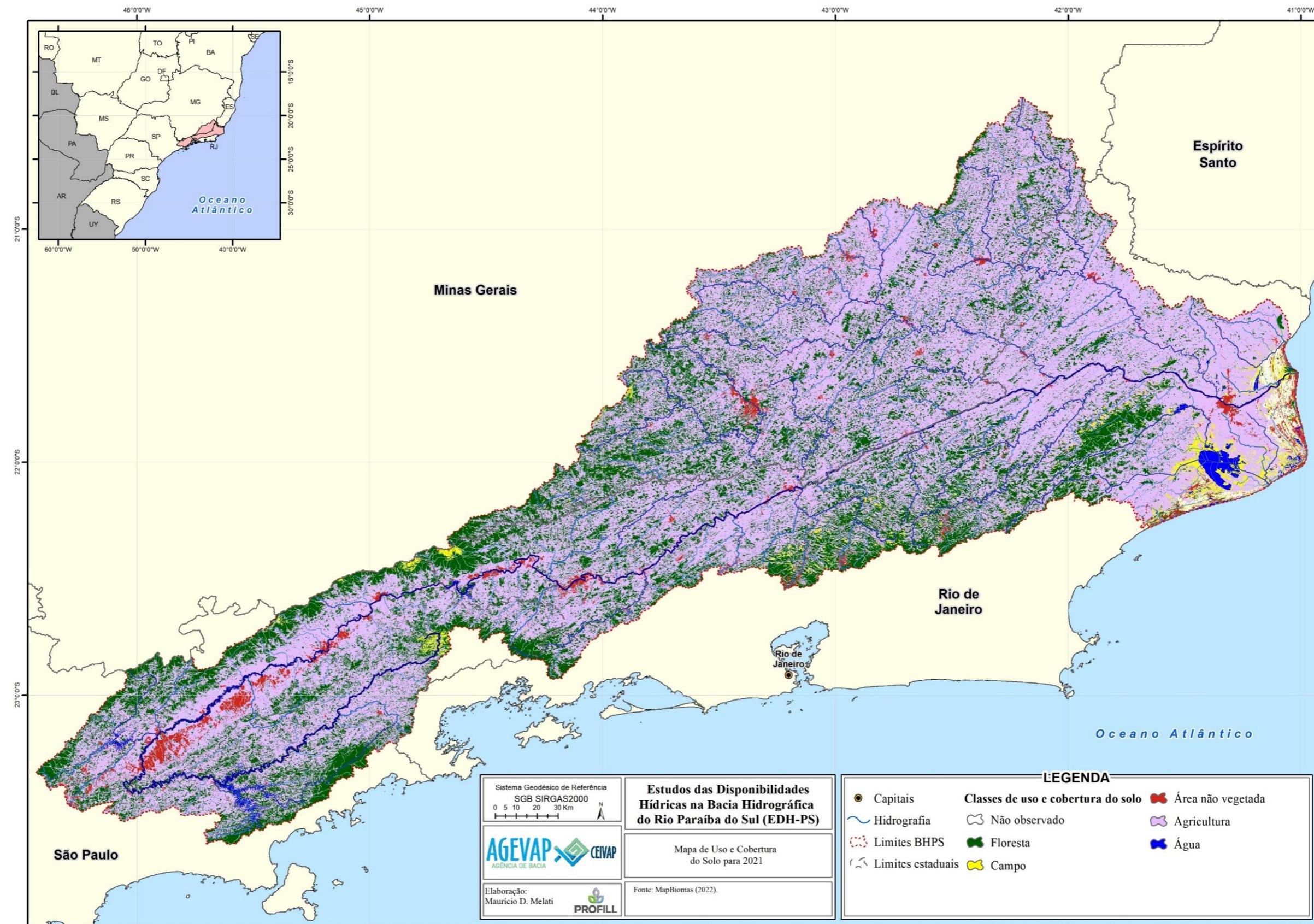


Figura 2.21 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo na BHPS em 2021. Fonte: MapBiomass

	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancaClimatica_R02

2.3 Modelo hidrológico para simular cenários futuros

Para simular as condições hidrológicas em cenários futuros usando a base de dados de modelos selecionados do CMIP6 através da base CLIMBra (BALLARIN et al., 2023), foi utilizado o modelo hidrológico MGB. O modelo hidrológico MGB de base física do tipo chuva-vazão tem como objetivo estimar o escoamento superficial em sistemas de drenagem a partir de eventos de precipitação, buscando representar o comportamento do ciclo hidrológico através de equações matemáticas que buscam reproduzir o comportamento da natureza.

O modelo foi utilizado no Produto 4 do presente estudo, onde foi calibrado e validado para a BHPS usando dados observados em 131 estações fluviométricas. Além disso, lá também foram verificadas as métricas de análise de erros de viés associados a diferentes parâmetros do modelo (Nash–Sutcliffe, Nash–Sutcliffe Logarítmico, Erro de Volume, Erro de Q90, Erro de Q95, Erro de Qm1t e Erro de Q_{7,10}) consolidando-o de maneira a representar o comportamento hidrológico da BHPS. Maiores detalhes sobre a construção do modelo podem ser encontrados no produto citado. Assim, para o Produto 5, foi utilizado o modelo MGB construído no Produto 4, onde foram feitas algumas simplificações para viabilizar as análises desenvolvidas aqui.

Para avaliação dos cenários futuros, não foram utilizados métodos de substituições de vazão, já que não foram considerados os barramentos em função das estimativas futuras, onde não seria possível estimar o futuro estado de operação dessas obras hidráulicas e o seu impacto na bacia hidrográfica. Sendo assim, os resultados gerados aqui simulam a resposta da bacia à alteração do regime de chuvas. Dessa forma, é importante destacar que os resultados na calha principal do Rio Paraíba do Sul não estão representando a influência do regime de operação dos principais reservatórios existentes: Santa Branca, Jaguari, Funil, Santa Cecília e Furnas da Anta.

O modelo MGB utiliza arquivos binários denominados “CHUVABIN.pbi” para representar os dados de entrada de precipitação. Esse arquivo contém os dados de chuva para o centroide de cada minibacia. Assim, foram transpostos os resultados extraídos dos modelos climáticos para os arquivos de chuva do modelo MGB, tendo 19 arquivos de entrada de precipitação, tanto para o período histórico quanto para o período futuro. O cenário de dados históricos contemplou o período de 1980 e 2013 e o cenário de dados futuro contemplou outros dois períodos: o cenário de curto prazo entre 2015 e 2045 e o cenário de longo prazo entre 2046 e 2100.

Ainda, no modelo a temperatura foi obtida por meio de valores médios mensais de estações com dados das normais climatológicas, detalhes sobre esses dados



 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02			

podem ser verificados no Produto 4. No presente produto, para representar a variação da temperatura na modelagem de cenários futuros, os valores das normais nos locais com estações tiveram o dado futuro atualizado. Ou seja, foi feita uma avaliação do aumento das temperaturas médias mensais entre o período histórico dos modelos e as janelas de períodos futuros, gerando em um delta de variação de temperatura. Esse delta foi aplicado nos dados das normais climatológicas que haviam sido utilizados no Produto 4. Dessa forma, foi possível contemplar as variações futuras de temperatura nas simulações hidrológicas.

Dessa maneira, foram realizadas 57 simulações, correspondendo a 19 simulações para cada um dos períodos, buscando representar cada um dos modelos climáticos. As 57 simulações geraram resultados tanto para as análises de disponibilidade hídrica, quanto para as análises de vazão máxima.

É importante salientar que as simulações realizadas no MGB para o cenário histórico do presente relatório não utilizaram os dados de chuva das etapas anteriores. Isso se deve ao fato de que possíveis incertezas associadas a vieses da base de dados utilizada poderia indicar alterações nos resultados que não estão associados às mudanças climáticas, e sim, por exemplo, aos dados de precipitação oriundos de diferentes estações meteorológicas utilizadas. Trazendo assim, incertezas e vieses para as análises. A metodologia utilizada quantifica a magnitude de alteração entre um dado passado e um dado futuro.

A Figura 2.22 apresenta um fluxograma da metodologia utilizada no MGB para os dois cenários avaliados. E a seguir, será apresentada a abordagem para avaliação da disponibilidade hídrica e vazões máximas usando o modelo hidrológico.

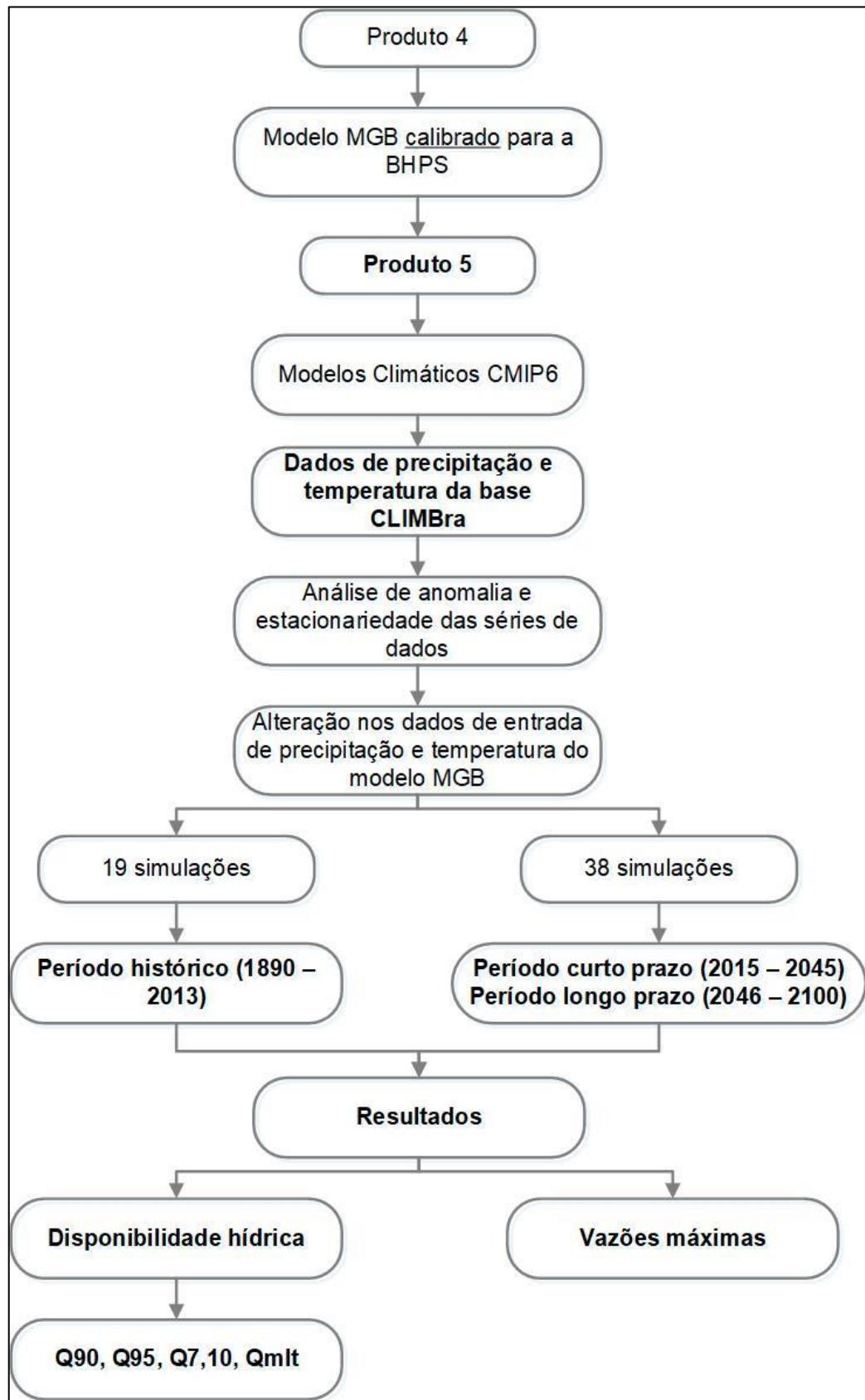


Figura 2.22 – Fluxograma da metodologia utilizada no modelo MGB.

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02
---	---	---	--

2.4 Avaliação da alteração das vazões máximas para diferentes TR

O cálculo de vazões máximas, considerando diferentes tempos de retorno, é essencial para o dimensionamento eficiente de sistemas hidráulicos, garantindo a resiliência e segurança necessárias diante de variabilidades climáticas e condições extremas. O cálculo das vazões máximas ($Q_{máx}$) para os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos foi realizado nas minibacias de localização das estações fluviométricas selecionadas na área de estudo, apresentadas no Produto 4.

2.4.1 Método de Cálculo de Vazão Máxima

As vazões máximas são resultado da aplicação de métodos, que podem ser empíricos ou teóricos, sendo a distribuição de Gumbel um dos métodos teóricos mais utilizados. O método consiste no ajuste de uma curva aderente a uma distribuição empírica das probabilidades de ocorrência de determinados eventos, onde, quando ocorre a aderência, é possível extrapolar a curva para tempos de retorno maiores do que as séries observadas.

A abordagem é muito comum em estudos de vazões máximas, onde deseja-se obter vazões com tempos de retorno de 100 anos, por exemplo, mas os dados observados não apresentam séries longas o suficiente para permitir o uso do ajuste empírico. Na Figura 2.23 é possível observar o ajuste teórico sobre uma distribuição empírica de vazões máximas anuais.

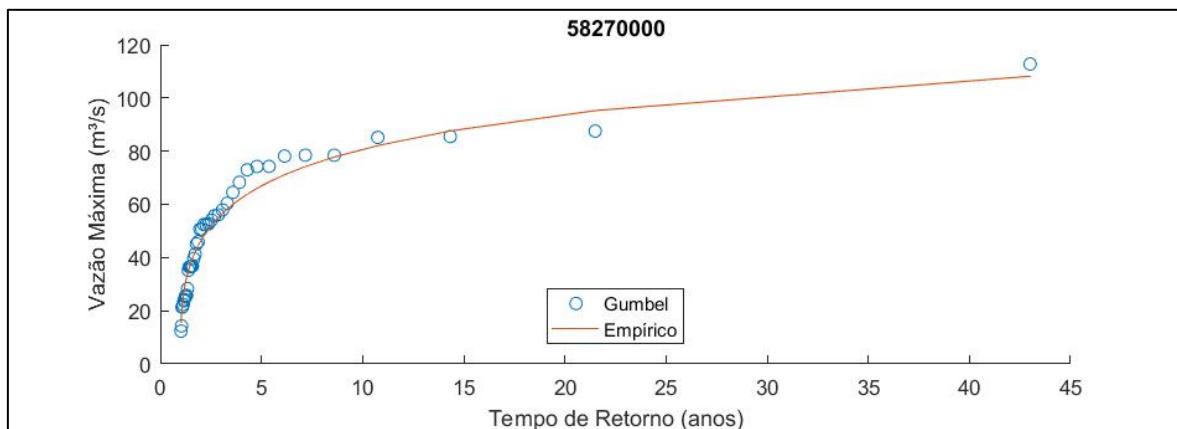


Figura 2.23 – Ajuste teórico sobre uma distribuição empírica de vazões máximas anuais com aderência.

Os cálculos de obtenção das vazões máximas por Gumbel seguiram a metodologia apresentada por (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). A análise de frequência empírica de vazões máximas iniciou com a seleção das vazões máximas de cada ano hidrológico da série histórica de dados. Com base nessa série anual de dados, foi utilizada a Distribuição de Gumbel. Nessa distribuição, a probabilidade de que

 AGEVAP <small>AGÊNCIA DE ÁGUA</small>	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

uma determinada vazão venha a ser igualada ou excedida em um ano qualquer pode ser estimada de acordo com as seguintes equações.

$$P = 1 - e^{-e^{-b}}$$

Equação 1

Em que P é a probabilidade; e é a base dos logaritmos naturais e b é dado pela equação abaixo.

$$b = \frac{1}{0,7797 \cdot s} \cdot (x - \bar{x} + 0,45 \cdot s)$$

Equação 2

Em que x é a vazão máxima; \bar{x} é a média das vazões máximas anuais e s é o desvio padrão das vazões máximas anuais.

Assim, a vazão para um dado tempo de retorno TR (em anos) pode ser obtida através da combinação da Equação 1 com a Equação 2, conforme apresentado abaixo.

$$x = \bar{x} - s \cdot \left\{ 0,45 + 0,7797 \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right] \right\}$$

Equação 3

Para validar o resultado gerado pelo ajuste teórico de Gumbel, os resultados da distribuição empírica foram comparados com os oriundos do método teórico para verificar a aderência do ajuste usando o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. O teste baseia-se na máxima distância absoluta entre a função de distribuição acumulada (FDA) da amostra calculada e da amostra teórica, buscando avaliar se a amostra calculada segue os dados da distribuição teórica. A estatística de teste K-S é calculada como a máxima diferença vertical entre as duas séries de dados. O resultado da verificação da aderência foi feito através do cálculo do valor “p” para um nível de significância comumente utilizado, de 0,05. Assim, foram selecionadas as estações que apresentavam aderência, com valores de valor “p” maiores do que o nível de significância adotado. O teste foi aplicado para trazer confiabilidade aos resultados gerados com o cálculo de vazões máximas para os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos.

2.4.2 Avaliação da alteração nas Vazões Máximas

As vazões máximas foram calculadas para cada um dos modelos hidrológicos, que usaram diferentes dados de entrada para as precipitações e temperaturas. Para verificar o impacto das alterações em cada estação fluviométrica, os valores de vazão máxima para cada um dos TR foram calculados na série de vazões histórica e nas séries de vazões futuras, a diferença entre os cenários deu origem a um fator de alteração. O resultado usado na obtenção desse fator é a mediana dos 19 modelos climáticos utilizados em cada ponto (somente modelos com aderência

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

foram utilizados), que deram origem a uma única estimativa de vazão máxima para geração do fator. Foram obtidos dois fatores, um entre o período histórico e o futuro de curto prazo, e outro entre o período histórico e o futuro de longo prazo.

Uma vez que os fatores foram definidos, eles foram aplicados nas vazões máximas obtidas por Gumbel para cada TR nos dados renaturalizados das estações fluviométricas e nas séries históricas modeladas obtidas no produto 4. Um resumo dos procedimentos está apresentado na Figura 2.24.

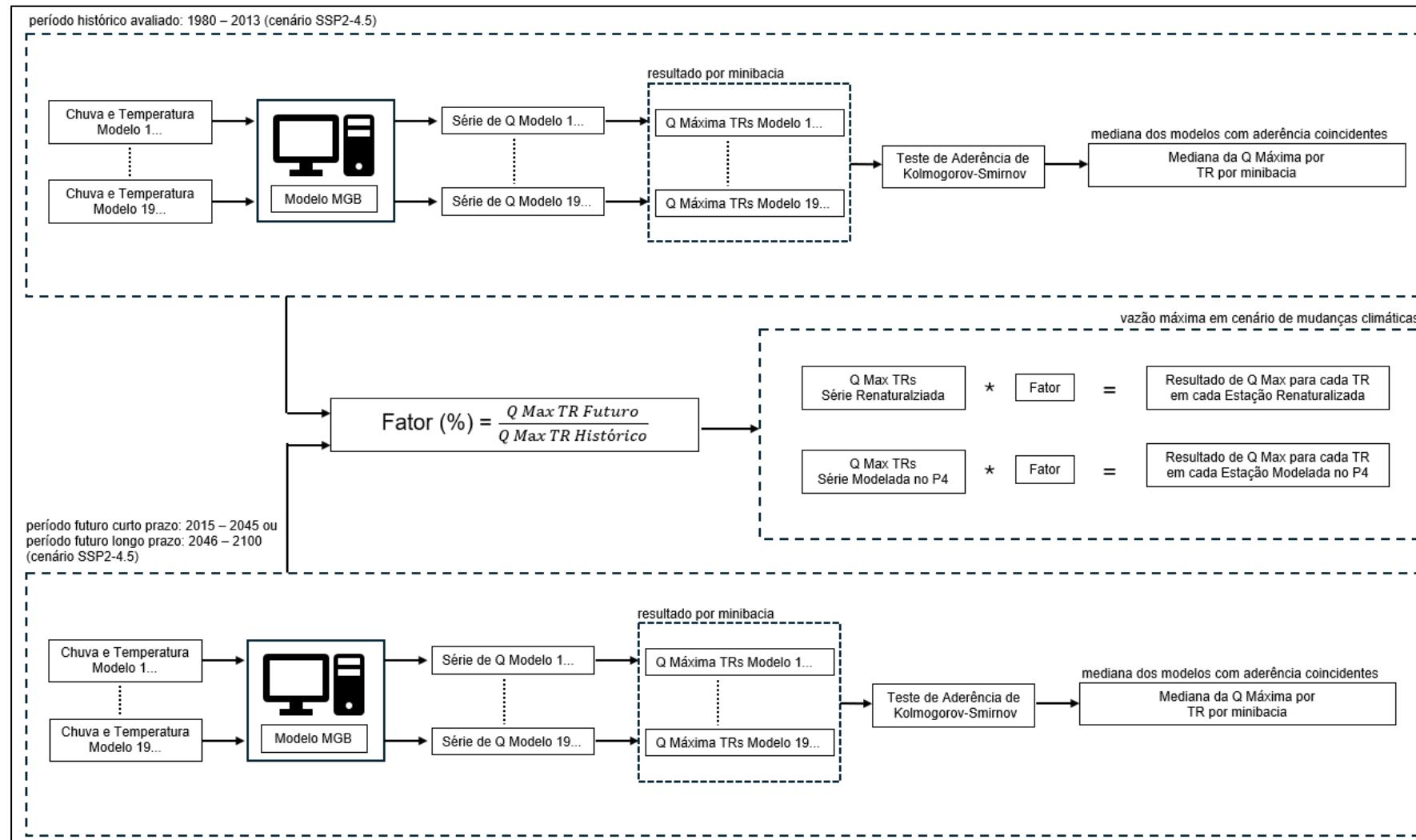


Figura 2.24 – Fluxograma dos cálculos feitos para obtenção das vazões máximas em cenários futuros de mudanças climáticas. Fonte: Elaboração própria

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico
		Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

2.4.3 Resultados das Vazões Máximas em Cenários Futuros

Os resultados obtidos para cada uma das estações fluviométricas estão apresentados entre a Tabela 2.2 e a Tabela 2.5. Onde é possível verificar os resultados de vazão máxima para cada TR para os modelos histórico e futuros, nos dados renaturalizados e nos dados simulados no P4. Ainda, são apresentados os resultados projetados já usando o fator de correção obtido nos dados renaturalizados e simulados do P4.

Os resultados obtidos foram separados de acordo com as bacias hidrográficas em valores médios de alteração nas estações para identificar áreas com mais ou menos alteração, conforme apresentado na Tabela 2.1. Os resultados mostram predominância de tendência de aumento da alteração com o aumento do tempo de recorrência.

Além disso, percebe-se que sub-bacias como às do Alto Vale do Rio Paraíba do Sul, Rio Piraí e Médio Vale Superior do Rio Paraíba apresentaram as menores frações de alteração. Já as sub-bacias do Rio Dois Rios e Rio Paraibuna apresentaram as maiores alterações nos dois períodos simulados.

Tabela 2.1 – Resultados médios das alterações nas vazões máximas em percentual (%) das estações por bacia hidrográfica.

Sub-Bacia	Curto Prazo (2015 – 2045)				Longo Prazo (2046 – 2100)			
	TR10	TR25	TR50	TR100	TR10	TR25	TR50	TR100
Alto Vale do Rio Paraíba	3,5	6,5	8,0	9,2	14,1	13,8	13,6	13,4
Baixo Vale do Rio Paraíba	10,0	13,4	15,4	16,9	29,2	27,9	27,0	27,6
Médio Vale do Rio Paraíba	8,3	12,5	15,3	17,9	23,5	25,1	27,5	29,5
Médio Vale Inferior do Rio Paraíba	13,3	18,1	19,5	21,5	29,7	30,6	29,7	30,1
Médio Vale Superior do Rio Paraíba	6,6	10,9	13,2	15,1	21,4	23,5	24,4	25,1
Rio Dois Rios	12,6	17,2	19,4	20,8	40,0	42,6	43,4	44,2
Rio Muriaé e Carangola	-1,1	0,5	1,5	2,5	29,1	31,1	32,3	33,4
Rio Paraibuna	5,6	10,1	11,7	13,0	26,9	27,7	27,7	27,8
Rio Piabanga	13,8	17,3	18,5	19,5	30,7	32,9	33,5	34,0
Rio Piraí	4,9	5,8	7,5	9,0	14,1	11,5	11,2	11,3
Rio Pomba	3,9	7,4	9,0	10,1	28,9	30,6	31,3	31,6
Rio Preto	13,0	19,2	22,6	25,1	28,1	30,4	31,6	32,4

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, para avaliar espacialmente os resultados, foram criados mapas de alteração das vazões máximas para os diferentes tempos de retorno e cenários futuros, conforme apresentado entre as Figura 2.27 e Figura 2.34. A discussão individualizada dos resultados para cada sub-bacia será apresentada no 3.1.

A utilização de vazões com determinados tempos de retorno na hidrologia é essencial para a concepção de infraestruturas resilientes, a mitigação de riscos e a

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02			

preservação de recursos hídricos e ecossistemas, contribuindo significativamente para a sustentabilidade e segurança das comunidades. Sendo assim, para contribuir no tema, foi feita uma avaliação de qual é o tempo de retorno de uma vazão futura com base nas séries de dados atuais.

Usando um exemplo hipotético, ao avaliar as vazões máximas observadas em uma determinada estação, obtém-se uma vazão para um TR de 10 anos. Em condições de mudanças climáticas em cenários futuros, ocorreria a alteração da vazão obtida para o TR de 10 anos, pois a série de dados seria atualizada. Nossa resultado buscou mostrar qual o TR dessa vazão futura em relação aos dados atuais das estações fluviométricas. Então, nosso resultado mostra qual seria o tempo de recorrência de um TR10 futuro (curto e longo prazo) nos dias de hoje. A Figura 2.25 mostra um exemplo hipotético de como interpretar os resultados.

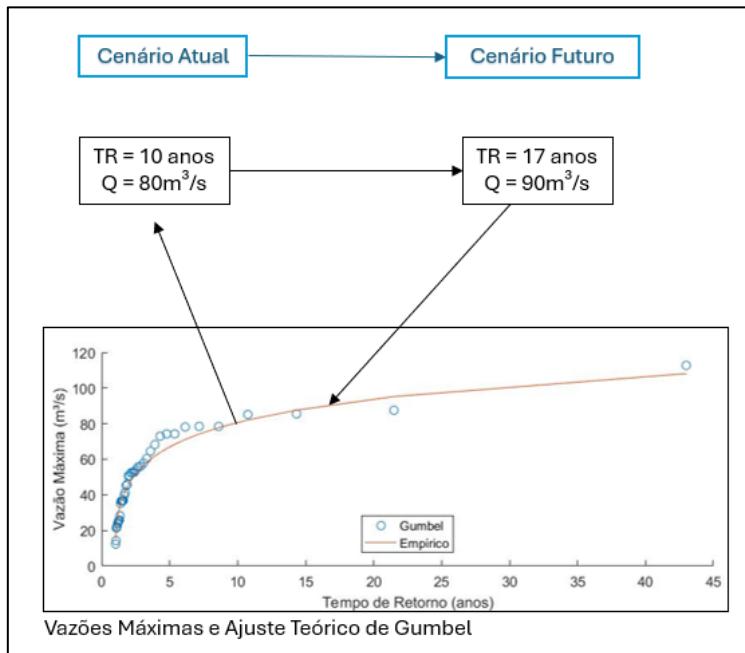


Figura 2.25 – Exemplo de interpretação dos resultados de alteração do tempo de retorno (TR).

A Figura 2.26 mostra outro exemplo para interpretar os resultados: se ocorrer um dimensionamento de uma ponte na bacia que exige um risco com TR de 100 anos, e deseja-se considerar questões associadas à mudanças climáticas, deve-se usar no mínimo um TR de 250 anos (obtido ao consultar a barra amarela do exemplo) com os dados de hoje para ter o risco de 100 anos no futuro próximo.

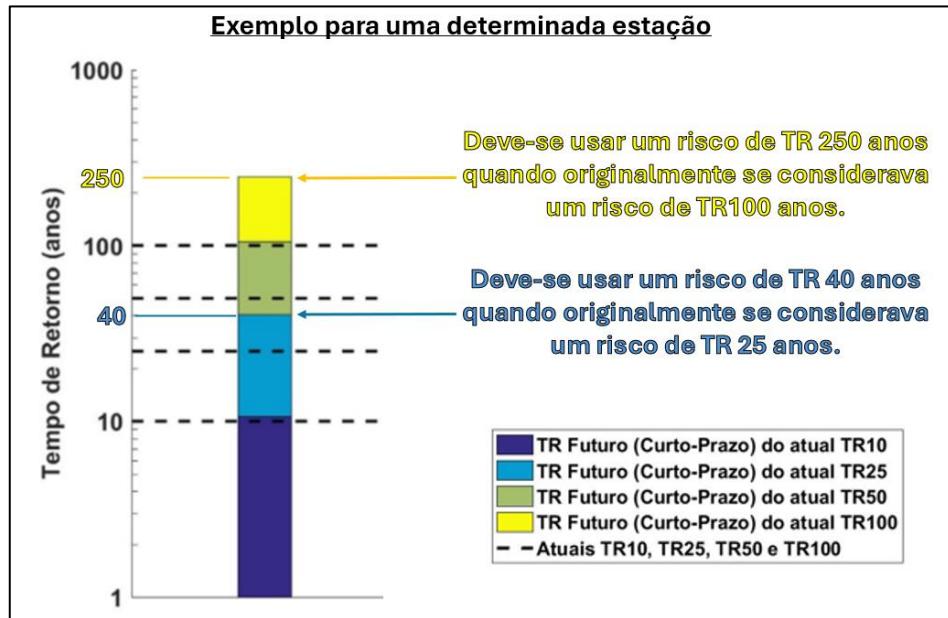


Figura 2.26 – Exemplo de interpretação dos resultados das Figuras de resultados.

Sendo assim, foram gerados os resultados de TR de vazões futuras em relação aos valores de TR atualmente usados nas séries de vazões máximas históricas simuladas no P4. Esses dados servem como subsídio para o planejamento da BHPS em cenários de mudanças climáticas. Os resultados para o curto prazo estão apresentados na Figura 2.35 e os resultados para o longo prazo estão apresentados na Figura 2.36.

Tabela 2.2 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR10 para cenários futuros.

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58974000	7776,7	8526,6	10118,6	9,6	30,1	4749,6	5205,6	6179,3	4749,6	5205,6
58960000	1501,3	1577,8	1924,5	5,1	28,2	1097,0	1153,0	1406,4	1097,0	1153,0
58940000	1367,0	1348,0	1691,2	-1,4	23,7	1071,1	1056,1	1325,0	1027,4	1013,0
58934000	284,0	262,8	364,3	-7,5	28,3	512,5	474,1	657,6	433,4	400,9
58933000	276,6	260,0	358,6	-6,0	29,6	-	-	-	403,4	379,2
58930000	178,6	164,3	236,8	-8,0	32,6	187,9	172,9	249,2	187,9	172,9
58920000	699,8	722,9	909,4	3,3	29,9	566,1	584,8	735,4	574,8	593,8
58918180	257,2	261,5	334,6	1,7	30,1	-	-	-	215,5	219,2
58917000	186,3	188,1	240,7	1,0	29,2	279,9	282,7	361,6	169,7	171,4
58916000	104,6	104,6	128,8	0,0	23,1	-	-	-	106,3	106,3
58912090	56,5	57,3	73,4	1,4	29,9	-	-	-	58,4	59,2
58912080	47,3	47,8	61,1	1,2	29,4	-	-	-	49,1	49,7
58910000	52,3	50,0	70,9	-4,3	35,7	-	-	-	56,0	53,6
58880001	6730,9	7423,0	8632,5	10,3	28,3	4438,4	4895,5	5694,4	4713,3	5198,7
58874000	469,1	524,6	625,6	11,8	33,4	913,2	1021,0	1218,2	420,2	469,8
58870000	107,8	121,2	138,7	12,5	28,7	150,5	169,3	193,7	97,4	109,6
58857000	52,6	60,9	69,3	15,9	31,8	101,6	117,8	133,9	55,9	64,8
58850000	354,9	391,7	458,5	10,4	29,2	383,7	423,6	495,8	319,5	352,7
58846000	271,1	294,1	363,0	8,5	33,9	328,3	356,2	439,6	264,9	287,4
58829000	217,2	243,2	317,1	12,0	46,0	-	-	-	238,3	266,9
58827000	164,1	188,1	252,2	14,6	53,7	141,2	161,8	217,0	196,8	225,6
58826000	68,7	79,5	110,6	15,8	61,2	115,3	133,6	185,9	83,8	97,0
58825000	76,2	85,3	108,6	11,9	42,5	144,4	161,6	205,8	133,7	149,6
58795000	6377,8	7030,1	8242,0	10,2	29,2	3523,4	3882,8	4552,3	3497,4	3854,1
58792100	1771,0	1735,7	2159,4	-2,0	21,9	-	-	-	1336,7	1310,0
58790000	1707,8	1690,8	2076,7	-1,0	21,6	1292,0	1279,1	1571,1	1350,2	1336,7
58788050	1442,6	1438,9	1740,3	-0,3	20,6	-	-	-	1175,0	1171,5
58770000	1290,5	1257,4	1563,4	-2,6	21,1	933,6	909,3	1130,6	1023,2	996,6
58755000	165,8	176,8	209,5	6,6	26,3	154,2	164,4	194,8	157,7	168,1
58753080	48,9	48,6	59,2	-0,8	20,9	-	-	-	44,3	43,9
58750000	88,5	88,6	111,6	0,1	26,2	122,0	122,1	153,9	81,8	81,9
58735000	483,4	542,3	668,6	12,2	38,3	401,2	450,2	554,9	450,2	505,1
58731700	58,5	57,5	71,9	-1,7	22,9	-	-	-	48,8	48,0
58731300	416,5	462,2	573,4	11,0	37,7	-	-	-	409,3	454,3
58731000	416,5	462,2	573,4	11,0	37,7	-	-	-	409,3	454,3
58730001	414,5	440,2	566,1	6,2	36,6	302,0	320,7	412,5	302,0	320,7
58720000	129,1	140,5	171,6	8,9	32,9	163,3	177,8	217,0	125,8	137,0
58710000	254,2	270,8	355,1	6,5	39,7	213,4	227,3	298,1	198,7	211,6
58670002	138,4	161,5	192,7	16,7	39,2	260,4	303,9	362,5	236,2	275,6
58658000	84,8	89,7	103,0	5,8	21,5	148,3	156,9	180,2	113,4	119,9
58651980	4720,3	5389,7	5979,8	14,2	26,7	-	-	-	2293,4	2619,0
58648001	125,0	143,7	169,3	14,9	35,4	165,4	190,0	223,9	175,5	201,7
58645000	71,4	81,8	95,4	14,6	33,6	136,9	156,9	183,0	92,2	105,6
58630030	4569,1	5167,3	5848,0	13,1	28,0	-	-	-	2176,7	2461,8
58630002	4569,1	5167,3	5848,0	13,1	28,0	2176,7	2461,8	2786,1	2176,7	2461,8
58620000	1582,6	1743,7	2033,0	10,2	28,5	-	-	-	1375,1	1515,4
58612000	1582,6	1743,7	2033,0	10,2	28,5	-	-	-	1375,1	1515,4
58610000	114,8	136,4	157,0	18,9	36,8	-	-	-	109,2	129,8
58594000	1435,1	1510,7	1808,6	5,3	26,0	-	-	-	1236,9	1302,5
58590000	623,7	711,1	792,6	14,0	27,1	-	-	-	646,0	736,4
58585000	596,1	687,5	761,2	15,3	27,7	576,7	664,9	736,5	631,7	728,4
58573000	36,0	38,2	41,5	6,1	15,4	-	-	-	57,6	61,2
58560000	40,1	42,6	46,2	6,4	15,2	-	-	-	35,1	37,3
58550001	412,2	487,3	555,0	18,2	34,6	388,6	459,4	523,1	490,5	579,8
58542000	110,1	132,6	143,1	20,4	30,0	148,6	178,9	193,2	104,8	126,2
58535000	89,6	103,4	119,1	15,4	32,9	162,0	186,9	215,3	163,6	188,8
58530000	58,6	63,8	76,7	8,8	30,9	108,7	118,3	142,3	119,3	129,8
58525000	28,2	31,7	39,2	12,4	39,1	63,4	71,3	88,2	71,6	80,5
58520000	808,8	858,8	1035,2	6,2	28,0	427,9	454,4	547,7	668,0	709,4
58517000	196,3	205,0	239,2	4,4	21,8	-	-	-	231,0	241,2
58516500	644,7	636,5	822,9	-1,3	27,6	323,4	319,2	412,6	474,1	467,

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58512080	569,3	561,5	725,2	-1,4	27,4	-	-	-	410,6	404,9
58512000	383,8	401,0	493,6	4,5	28,6	278,5	291,0	358,2	313,2	327,3
58500000	23,6	25,4	30,9	7,6	30,9	-	-	-	22,4	24,1
58491000	176,2	183,0	214,1	3,9	21,5	-	-	-	208,8	216,9
58480501	163,0	167,4	197,6	2,7	21,2	-	-	-	176,2	181,0
58480500	163,0	167,4	197,6	2,7	21,2	176,2	181,0	213,6	176,2	181,0
58440000	604,1	680,7	775,1	12,7	28,3	452,1	509,5	580,0	465,7	524,8
58434000	82,3	94,1	112,2	14,4	36,3	85,5	97,8	116,6	52,6	60,2
58425000	268,0	309,0	348,1	15,3	29,9	236,7	272,9	307,5	235,8	271,9
58421100	241,1	275,5	314,3	14,3	30,4	-	-	-	205,6	235,0
58420000	217,6	246,4	282,8	13,2	29,9	238,3	269,8	309,6	238,4	269,9
58405000	177,2	199,8	229,2	12,7	29,4	152,3	171,7	197,1	151,0	170,2
58385100	2637,2	2908,5	3274,6	10,3	24,2	-	-	-	1091,3	1203,7
58380001	2627,9	2889,5	3264,8	10,0	24,2	982,3	1080,5	1220,0	982,3	1080,5
58336000	93,1	96,0	107,7	3,1	15,6	-	-	-	46,8	48,2
58335000	82,7	87,8	94,9	6,2	14,7	-	-	-	68,7	72,9
58321000	2438,8	2641,0	2990,5	8,3	22,6	-	-	-	923,9	1000,6
58318002	2426,2	2630,8	2970,1	8,4	22,4	-	-	-	928,9	1006,9
58315100	2132,1	2292,0	2592,5	7,5	21,6	-	-	-	954,0	1025,5
58315000	2132,1	2292,0	2592,5	7,5	21,6	-	-	-	954,0	1025,5
58305001	2092,2	2252,6	2523,2	7,7	20,6	1145,2	1233,3	1381,1	931,6	1003,4
58305000	2092,2	2252,6	2523,2	7,7	20,6	-	-	-	931,6	1003,4
58300001	2061,5	2220,9	2467,6	7,7	19,7	-	-	-	918,7	989,5
58300000	2061,5	2220,9	2467,6	7,7	19,7	-	-	-	918,7	989,5
58287000	93,9	94,0	114,4	0,1	21,9	-	-	-	95,7	95,8
58286000	101,9	101,9	123,5	0,0	21,2	-	-	-	69,8	69,8
58270000	61,9	68,9	78,3	11,3	26,6	-	-	-	74,5	82,9
58258000	49,1	58,4	71,9	19,0	46,6	453,7	539,9	665,1	160,0	190,4
58250000	1795,9	1972,3	2175,1	9,8	21,1	813,6	893,4	985,3	758,0	832,3
58242000	1724,1	1876,9	2103,8	8,9	22,0	761,5	829,2	929,0	722,7	787,0
58240080	1720,8	1883,1	2106,4	9,4	22,4	-	-	-	871,8	953,8
58230200	1541,5	1630,5	1843,9	5,8	19,6	-	-	-	705,2	746,1
58230100	1541,5	1630,5	1843,9	5,8	19,6	-	-	-	705,2	746,1
58227000	34,2	36,5	39,7	6,8	16,4	-	-	-	38,6	41,2
58220000	46,7	52,0	50,4	11,2	7,9	-	-	-	49,6	55,1
58218000	1476,7	1546,3	1740,6	4,7	17,9	635,8	665,7	749,6	641,9	672,0
58215000	10,0	10,6	13,1	6,5	31,4	-	-	-	11,4	12,1
58214250	1428,6	1481,9	1695,4	3,7	18,7	-	-	-	602,5	624,7
58212150	55,2	66,2	81,2	20,0	47,2	-	-	-	53,0	63,6
58211000	53,9	63,8	79,1	18,4	46,9	-	-	-	51,6	61,1
58204000	1368,4	1420,9	1642,7	3,8	20,1	590,7	613,1	709,4	580,4	602,4
58201000	1344,1	1398,8	1638,2	4,1	21,9	-	-	-	534,7	556,6
58198000	4,4	4,7	5,0	8,2	14,5	-	-	-	4,7	5,1
58192000	1328,3	1378,3	1626,1	3,8	22,4	-	-	-	487,5	506,1
58183000	1322,3	1365,2	1612,7	3,2	22,0	541,2	558,6	660,3	529,1	546,0
58182500	1322,3	1365,2	1612,7	3,2	22,0	-	-	-	529,1	546,0
58165000	48,7	50,8	58,8	4,2	20,8	-	-	-	50,7	52,8
58158100	1265,8	1307,2	1531,9	3,3	21,0	-	-	-	421,5	435,4
58152010	1258,0	1280,0	1506,6	1,7	19,8	-	-	-	395,1	401,8
58142200	58,9	64,3	66,9	9,0	13,5	-	-	-	62,0	67,6
58128100	371,4	384,3	474,7	3,5	27,8	-	-	-	218,2	225,8
58116900	35,4	39,2	42,7	10,7	20,7	-	-	-	36,9	40,9
58110002	869,1	922,9	1011,2	6,2	16,3	-	-	-	215,8	229,1
58105300	823,5	862,9	953,4	4,8	15,8	-	-	-	211,6	221,8
58105000	823,5	862,9	953,4	4,8	15,8	-	-	-	211,6	221,8
58099000	767,4	811,5	904,6	5,7	17,9	298,0	315,0	351,4	207,2	219,0
58096000	761,3	806,6	894,2	5,9	17,5	-	-	-	206,8	219,0
58093080	761,3	806,6	894,2	5,9	17,5	-	-	-	206,8	219,0
58068000	252,5	256,7	293,7	1,7	16,3	-	-	-	178,6	181,6
58060000	106,2	114,0	132,0	7,4	24,4	-	-	-	176,2	189,2
58040000	253,3	262,3	275,1	3,5	8,6	273,2	282,8	296,7	177,6	183,8
58030000	89,0	90,3	95,2	1,4	7,0	-	-	-	70,1	75,0
19140	4569,1	5167,3	5848,0	13,1	28,0	2171,1	2455,6	2779,1	2176,7	2461,8

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
19098	251,2	265,0	281,4	5,5	12,0	-	-	-	165,4	174,5
19097	4715,8	5380,3	5975,4	14,1	26,7	-	-	-	2296,5	2620,3
19095	395,2	410,7	507,0	3,9	28,3	-	-	-	319,7	332,2
19094	2426,2	2630,8	2970,1	8,4	22,4	1118,2	1212,1	1368,6	928,9	1137,0
19093	1720,8	1883,1	2106,4	9,4	22,4	722,7	790,6	884,6	871,8	953,8
19092	371,4	384,3	474,7	3,5	27,8	-	-	-	218,2	225,8
19091	761,3	806,6	894,2	5,9	17,5	198,2	209,9	232,9	206,8	219,0

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2.3 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR25 para cenários futuros.

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58974000	9444,6	10736,3	12401,1	13,7	31,3	5671,0	6447,9	7446,0	5671,0	6447,9
58960000	1880,7	2009,8	2360,8	6,9	25,5	1358,0	1451,8	1704,3	1358,0	1451,7
58940000	1715,9	1714,6	2094,1	-0,1	22,0	1334,4	1333,0	1627,9	1282,6	1281,3
58934000	355,7	330,3	460,5	-7,1	29,5	679,3	631,0	879,6	569,3	528,9
58933000	345,7	326,9	457,2	-5,4	32,2	-	-	-	527,7	499,2
58930000	226,1	211,9	314,3	-6,3	39,0	235,9	221,0	327,9	235,9	221,0
58920000	867,5	920,4	1156,0	6,1	33,3	698,5	741,1	931,1	718,7	762,6
58918180	312,4	324,0	409,0	3,7	30,9	-	-	-	261,6	271,3
58917000	224,2	231,3	294,4	3,2	31,3	366,2	377,9	480,8	204,2	210,7
58916000	124,8	129,3	158,3	3,6	26,9	-	-	-	127,3	131,9
58912090	69,9	71,3	91,9	1,9	31,5	-	-	-	73,2	74,6
58912080	57,4	59,5	75,1	3,6	30,7	-	-	-	61,3	63,6
58910000	66,3	63,8	92,7	-3,7	39,8	-	-	-	71,4	68,7
58880001	8166,8	9240,1	10237,5	13,1	25,4	5571,8	6301,7	6987,0	5712,0	6460,3
58874000	572,8	663,3	776,6	15,8	35,6	1203,6	1393,7	1632,0	519,3	601,3
58870000	130,9	154,1	169,4	17,7	29,5	187,1	220,3	242,3	119,7	140,9
58857000	64,5	77,3	84,9	19,9	31,6	130,3	156,2	171,5	70,1	84,0
58850000	426,7	495,5	568,5	16,1	33,2	473,6	549,8	630,8	394,2	457,6
58846000	321,1	374,3	443,9	16,6	38,2	402,6	469,5	556,4	327,0	381,2
58829000	264,4	306,5	392,4	15,9	48,4	-	-	-	296,8	343,9
58827000	197,7	236,4	316,0	19,6	59,9	167,2	200,0	267,4	247,3	295,8
58826000	85,8	101,4	140,6	18,2	63,9	145,4	171,9	238,3	105,9	125,2
58825000	92,2	106,1	131,8	15,1	43,0	183,4	211,1	262,2	168,2	193,6
58795000	7716,8	8758,0	9790,0	13,5	26,9	4203,2	4770,6	5333,8	4127,0	4684,2
58792100	2226,5	2214,9	2708,0	-0,5	21,6	-	-	-	1623,2	1615,0
58790000	2136,4	2144,7	2604,8	0,4	21,9	1572,4	1578,7	1916,8	1638,1	1644,7
58788050	1806,3	1815,8	2186,5	0,5	21,0	-	-	-	1430,0	1437,2
58770000	1593,1	1584,5	1968,3	-0,5	23,5	1128,0	1122,4	1393,1	1247,0	1240,8
58755000	195,5	218,2	252,6	11,6	29,2	184,0	205,4	237,8	188,3	210,2
58753080	59,8	59,3	71,8	-0,9	20,0	-	-	-	53,4	52,9
58750000	106,0	111,3	136,9	5,0	29,2	148,5	156,0	191,9	96,5	101,3
58735000	584,8	687,1	840,4	17,5	43,7	485,4	570,4	697,6	551,0	647,4
58731700	72,8	72,8	89,3	0,0	22,7	-	-	-	59,8	59,8
58731300	505,3	587,8	716,8	16,3	41,8	-	-	-	503,0	585,0
58731000	505,3	587,8	716,8	16,3	41,8	-	-	-	503,0	585,0
58730001	505,5	567,4	699,0	12,2	38,3	358,8	402,5	496,2	358,8	402,5
58720000	155,3	175,4	209,2	12,9	34,7	204,0	230,3	274,8	151,7	171,2
58710000	315,5	356,0	437,1	12,9	38,6	261,2	294,9	362,0	240,5	271,5
58670002	178,0	212,6	250,2	19,4	40,5	321,5	383,9	451,7	290,7	347,1
58658000	101,3	110,9	120,7	9,5	19,2	191,1	209,3	227,8	139,4	152,7
58651980	5579,9	6715,4	7089,7	20,3	27,1	-	-	-	2683,5	3228,2
58648001	152,6	183,7	211,6	20,4	38,7	207,8	250,2	288,2	223,0	268,5
58645000	90,1	107,0	121,3	18,8	34,7	178,7	212,3	240,8	113,4	134,7
58630030	5461,3	6452,5	7061,7	18,1	29,3	-	-	-	2533,5	2992,1
58630002	5461,3	6452,5	7061,7	18,1	29,3	2533,5	2992,1	3275,8	2533,5	2992,1
58620000	1923,0	2178,5	2486,0	13,3	29,3	-	-	-	1660,3	1881,1
58612000	1923,0	2178,5	2486,0	13,3	2					

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58610000	141,6	174,4	194,6	23,2	37,5	-	-	-	128,1	157,9	176,2
58594000	1707,2	1896,6	2164,1	11,1	26,8	-	-	-	1498,2	1664,5	1899,8
58590000	738,2	892,5	937,8	20,9	27,0	-	-	-	766,3	926,5	973,3
58585000	711,2	860,8	899,3	21,0	26,4	670,2	811,0	847,2	750,3	907,8	948,3
58573000	42,0	47,1	49,7	12,0	18,2	-	-	-	70,7	79,2	83,6
58560000	47,6	53,0	55,7	11,5	17,1	-	-	-	41,4	46,1	48,4
58550001	491,2	618,3	667,9	25,9	36,0	454,7	572,5	618,4	594,0	747,8	807,8
58542000	132,7	166,8	176,5	25,7	33,1	185,3	232,9	246,6	123,5	155,2	164,3
58535000	106,6	129,7	145,5	21,7	36,5	192,3	234,0	262,5	200,9	244,5	274,3
58530000	69,1	80,2	93,4	16,0	35,0	129,7	150,4	175,0	144,6	167,7	195,2
58525000	33,9	40,0	48,9	17,9	44,2	80,3	94,6	115,7	87,8	103,5	126,6
58520000	988,6	1084,3	1261,9	9,7	27,6	495,0	543,0	631,6	829,8	910,3	1058,8
58517000	235,3	259,6	291,7	10,3	24,0	-	-	-	280,0	308,9	347,2
58516500	798,1	809,1	998,4	1,4	25,1	382,3	387,7	478,3	595,4	603,8	744,9
58512080	700,1	711,7	884,5	1,7	26,3	-	-	-	512,7	521,4	647,5
58512000	471,7	508,8	609,9	7,9	29,3	331,6	357,8	428,8	381,9	412,1	493,8
58500000	28,7	33,1	38,4	15,1	33,7	-	-	-	26,6	30,7	35,6
58491000	211,9	231,3	260,9	9,2	23,1	-	-	-	253,8	277,2	312,5
58480501	195,8	212,2	240,5	8,4	22,8	-	-	-	208,1	225,6	255,6
58480500	195,8	212,2	240,5	8,4	22,8	208,1	225,6	255,6	208,1	225,6	255,6
58440000	740,6	854,1	949,8	15,3	28,2	550,4	634,7	705,7	559,1	644,7	716,8
58434000	104,6	120,1	145,2	14,8	38,8	110,6	126,9	153,5	64,9	74,5	90,0
58425000	321,4	384,6	424,0	19,7	31,9	288,0	344,7	379,8	286,9	343,4	378,4
58421100	288,1	342,1	382,7	18,8	32,9	-	-	-	248,9	295,7	330,8
58420000	258,3	305,5	344,5	18,3	33,4	285,8	338,1	381,3	286,2	338,6	381,8
58405000	213,6	248,9	282,0	16,6	32,0	178,4	208,0	235,5	176,9	206,2	233,5
58385100	3153,1	3633,8	3913,8	15,2	24,1	-	-	-	1301,3	1499,2	1615,0
58380001	3134,9	3601,5	3903,6	14,9	24,5	1151,6	1323,2	1433,8	1151,6	1323,2	1433,8
58336000	114,1	121,0	131,2	6,0	14,9	-	-	-	57,0	60,4	65,5
58335000	102,7	107,9	113,1	5,1	10,2	-	-	-	85,2	89,6	93,9
58321000	2888,7	3195,1	3578,8	10,6	23,9	-	-	-	1091,2	1206,8	1352,0
58318002	2867,4	3182,6	3565,5	11,0	24,3	-	-	-	1097,1	1217,7	1363,7
58315100	2526,0	2810,3	3109,2	11,3	23,1	-	-	-	1110,8	1236,3	1367,4
58315000	2526,0	2810,3	3109,2	11,3	23,1	-	-	-	1110,8	1236,3	1367,4
58305001	2475,3	2778,5	3045,3	12,2	23,0	1364,9	1531,4	1678,8	1083,7	1215,9	1332,9
58305000	2475,3	2778,5	3045,3	12,2	23,0	-	-	-	1083,7	1215,9	1332,9
58300001	2436,8	2752,6	2989,1	13,0	22,7	-	-	-	1068,4	1207,2	1310,9
58300000	2436,8	2752,6	2989,1	13,0	22,7	-	-	-	1068,4	1207,2	1310,9
58287000	116,4	119,4	144,5	2,5	24,1	-	-	-	121,4	124,4	150,7
58286000	126,0	128,5	154,6	2,0	22,7	-	-	-	86,0	87,7	105,5
58270000	74,4	84,3	92,8	13,3	24,7	-	-	-	89,8	101,8	112,0
58258000	60,3	76,1	91,6	26,3	51,9	614,7	776,4	933,7	204,6	258,4	310,7
58250000	2131,0	2467,6	2604,1	15,8	22,2	1020,4	1181,7	1247,0	880,4	1019,5	1075,9
58242000	2061,0	2398,4	2522,5	16,4	22,4	883,0	1027,8	1080,8	839,5	977,1	1027,5
58240080	2058,5	2398,7	2526,6	16,5	22,7	-	-	-	1035,8	1206,7	1270,9
58230200	1856,6	1996,3	2233,9	7,5	20,3	-	-	-	840,7	903,8	1011,4
58230100	1856,6	1996,3	2233,9	7,5	20,3	-	-	-	840,7	903,8	1011,4
58227000	42,1	46,1	49,8	9,7	18,4	-	-	-	48,3	53,0	57,2
58220000	57,0	65,9	64,6	15,6	13,3	-	-	-	61,1	70,6	69,2
58218000	1767,9	1898,9	2133,6	7,4	20,7	835,3	897,1	1008,2	766,0	822,6	924,5
58215000	12,7	13,7	16,5	7,9	29,4	-	-	-	14,8	16,0	19,2
58214250	1695,0	1817,5	2051,5	7,2	21,0	-	-	-	721,1	773,0	872,5
58212150	69,9	85,3	104,4	22,0	49,2	-	-	-	65,8	80,3	98,2
58211000	66,8	83,3	101,8	24,7	52,4	-	-	-	64,1	80,0	97,8
58204000	1621,4	1739,0	1994,2	7,3	23,0	758,5	813,9	932,9	675,6	724,9	831,0
58201000	1593,8	1751,5	1988,0	9,9	24,7	-	-	-	623,7	685,5	777,8
58198000	5,0	5,8	5,9	15,6	16,9	-	-	-	5,4	6,2	6,3
58192000	1576,6	1738,7	1969,6	10,3	24,9	-	-	-	570,1	628,9	712,1
58183000	1570,4	1724,0	1957,1</								

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58142200	68,6	78,8	79,9	14,8	16,3	-	-	-	72,8	83,6	84,7
58128100	450,5	497,0	605,1	10,3	34,3	-	-	-	285,8	315,2	383,8
58116900	43,3	50,5	52,8	16,6	21,8	-	-	-	47,0	54,8	57,3
58110002	1027,2	1131,3	1212,7	10,1	18,1	-	-	-	246,0	270,9	290,5
58105300	987,6	1062,9	1143,0	7,6	15,7	-	-	-	241,1	259,4	279,0
58105000	987,6	1062,9	1143,0	7,6	15,7	-	-	-	241,1	259,4	279,0
58099000	916,1	996,9	1080,1	8,8	17,9	379,0	412,3	446,8	235,2	255,9	277,3
58096000	908,6	986,9	1067,3	8,6	17,5	-	-	-	234,6	254,8	275,6
58093080	908,6	986,9	1067,3	8,6	17,5	-	-	-	234,6	254,8	275,6
58068000	311,8	323,1	362,8	3,6	16,4	-	-	-	221,2	229,1	257,4
58060000	131,1	144,0	164,4	9,8	25,4	-	-	-	231,8	254,5	290,6
58040000	298,6	320,2	321,1	7,2	7,5	356,5	382,2	383,2	205,5	220,3	220,9
58030000	104,5	109,9	110,5	5,2	5,7	-	-	-	79,5	83,6	84,0
19140	5461,3	6452,5	7061,7	18,1	29,3	2524,0	2980,8	3263,5	2533,5	2992,1	3275,8
19098	306,0	325,3	334,5	6,3	9,3	-	-	-	204,6	217,5	223,7
19097	5578,6	6705,2	7085,8	20,2	27,0	-	-	-	2687,2	3230,1	3412,8
19095	483,2	521,1	625,8	7,8	29,5	-	-	-	390,2	420,7	505,4
19094	2867,4	3182,6	3565,5	11,0	24,3	1339,3	1486,6	1664,7	1097,1	1217,7	1363,7
19093	2058,5	2398,7	2526,6	16,5	22,7	839,3	977,8	1029,8	1035,8	1206,7	1270,9
19092	450,5	497,0	605,1	10,3	34,3	-	-	-	285,8	315,2	383,8
19091	908,6	986,9	1067,3	8,6	17,5	224,1	243,4	263,4	234,6	254,8	275,6

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2.4 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR50 para cenários futuros.

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58974000	10682,0	12414,4	14036,3	16,2	31,4	6354,5	7383,9	8349,8	6354,5	7383,9	8349,8
58960000	2162,2	2330,2	2703,6	7,8	25,0	1551,7	1672,7	1939,6	1551,7	1672,7	1939,6
58940000	1974,7	1975,4	2401,3	0,0	21,6	1529,7	1529,7	1860,1	1471,9	1471,9	1789,9
58934000	408,9	380,3	540,1	-7,0	32,1	802,9	746,7	1060,7	670,2	623,3	885,3
58933000	397,0	376,5	533,9	-5,2	34,5	-	-	-	619,9	587,7	833,8
58930000	261,3	248,8	368,5	-4,8	41,0	271,5	258,4	382,8	271,5	258,4	382,8
58920000	991,9	1067,5	1347,0	7,6	35,8	796,7	857,3	1081,9	825,5	888,2	1121,0
58918180	353,3	370,4	464,2	4,8	31,4	-	-	-	295,9	310,1	388,8
58917000	252,3	263,9	332,7	4,6	31,9	430,1	449,9	567,4	229,7	240,3	303,0
58916000	139,7	148,4	180,2	6,2	29,0	-	-	-	142,9	151,8	184,4
58912090	79,9	82,3	105,7	3,1	32,3	-	-	-	84,2	86,9	111,5
58912080	65,2	68,3	86,3	4,8	32,4	-	-	-	70,5	73,8	93,3
58910000	76,7	74,1	107,6	-3,4	40,3	-	-	-	82,8	80,0	116,1
58880001	9232,1	10588,2	11458,1	14,7	24,1	6412,6	7355,3	7958,1	6453,0	7401,5	8008,1
58874000	646,2	766,2	888,5	18,6	37,5	1419,0	1682,9	1951,1	592,8	703,0	815,0
58870000	148,5	178,5	193,7	20,2	30,5	214,3	257,6	279,7	136,3	163,8	177,8
58857000	73,1	89,5	96,5	22,4	32,0	151,6	185,6	200,1	80,6	98,6	106,3
58850000	483,4	572,5	650,2	18,4	34,5	540,2	639,6	726,6	449,6	532,3	604,6
58846000	363,5	430,4	503,8	18,4	38,6	457,7	541,9	634,4	373,0	441,7	517,0
58829000	300,5	357,3	448,3	18,9	49,2	-	-	-	340,1	404,4	507,5
58827000	225,7	275,3	363,2	22,0	60,9	186,5	227,5	300,1	284,8	347,5	458,3
58826000	99,1	117,7	162,9	18,8	64,4	167,7	199,3	275,7	122,4	145,4	201,1
58825000	104,0	121,5	149,0	16,8	43,3	212,3	247,9	304,2	193,8	226,3	277,7
58795000	8710,1	10039,8	10939,9	15,3	25,6	4707,5	5427,7	5912,6	4594,1	5297,0	5770,2
58792100	2564,4	2540,0	3114,9	-0,9	21,5	-	-	-	1835,7	1819,1	2230,3
58790000	2438,6	2456,2	2996,6	0,7	22,9	1780,4	1792,9	2188,2	1851,7	1864,7	2275,8
58788050	2075,6	2095,3	2517,4	0,9	21,3	-	-	-	1619,2	1633,8	1964,1
58770000	1824,6	1827,9	2268,6	0,2	24,3	1272,3	1274,8	1581,4	1413,1	1415,9	1756,5
587											

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58731000	576,8	681,0	825,1	18,1	43,1	-	-	-	572,6	676,2	819,4
58730001	569,7	662,1	797,7	16,2	40,0	400,9	465,8	561,2	400,9	465,8	561,2
58720000	174,8	201,3	236,0	15,1	35,0	234,2	269,6	316,2	170,9	196,7	230,7
58710000	359,7	419,3	502,3	16,6	39,6	296,6	345,9	414,1	271,5	316,5	379,0
58670002	207,4	252,1	292,8	21,5	41,2	366,9	445,8	518,0	331,2	402,4	467,6
58658000	112,3	126,6	133,6	12,7	19,0	222,9	251,2	265,2	158,8	178,9	189,0
58651980	6358,4	7698,9	7913,1	21,1	24,5	-	-	-	2972,8	3600,1	3701,2
58648001	174,9	213,4	242,3	22,0	38,6	239,2	291,8	331,6	258,3	315,1	358,0
58645000	103,3	124,4	140,6	20,5	36,1	209,7	252,7	285,4	129,1	155,5	175,7
58630030	6223,7	7405,9	7962,0	19,0	27,9	-	-	-	2798,2	3329,9	3578,9
58630002	6223,7	7405,9	7962,0	19,0	27,9	2798,2	3329,9	3578,9	2798,2	3329,9	3578,9
58620000	2178,0	2501,0	2801,6	14,8	28,6	-	-	-	1871,8	2148,8	2407,1
58612000	2178,0	2501,0	2801,6	14,8	28,6	-	-	-	1871,8	2148,8	2407,1
58610000	161,4	202,4	226,2	25,4	40,1	-	-	-	142,2	178,3	199,2
58594000	1933,0	2175,0	2444,3	12,5	26,5	-	-	-	1692,1	1903,6	2140,5
58590000	828,4	1027,0	1045,6	24,0	26,2	-	-	-	855,6	1061,0	1079,8
58585000	797,2	989,3	1001,7	24,1	25,6	739,6	917,9	929,0	838,2	1040,2	1052,8
58573000	46,6	53,0	55,7	13,8	19,6	-	-	-	80,4	91,5	96,1
58560000	52,8	60,7	62,8	15,0	18,9	-	-	-	46,1	53,0	54,8
58550001	552,9	715,5	751,6	29,4	36,0	503,7	651,8	685,1	670,7	867,9	912,1
58542000	149,4	192,1	201,3	28,6	34,7	212,5	273,2	286,2	137,3	176,6	185,0
58535000	119,6	149,0	165,0	24,6	38,0	214,8	267,7	296,5	228,6	284,8	315,5
58530000	77,0	92,9	106,0	20,7	37,7	145,2	175,2	199,9	163,3	197,1	224,9
58525000	37,9	46,5	56,1	22,8	48,1	92,8	113,9	137,4	99,8	122,6	147,8
58520000	1119,1	1251,6	1417,2	11,8	26,6	544,8	609,1	689,7	949,9	1061,9	1202,5
58517000	264,2	294,3	330,6	11,4	25,1	-	-	-	316,4	352,4	395,8
58516500	909,8	937,1	1125,7	3,0	23,7	426,1	438,9	527,1	685,5	706,0	847,9
58512080	795,9	823,0	997,4	3,4	25,3	-	-	-	588,4	608,4	737,3
58512000	538,7	588,8	688,9	9,3	27,9	371,0	405,5	474,5	432,9	473,2	553,7
58500000	32,5	38,8	44,2	19,3	35,7	-	-	-	29,8	35,6	40,5
58491000	238,4	262,1	295,6	10,0	24,0	-	-	-	287,3	316,0	356,2
58480501	220,1	240,3	272,3	9,2	23,7	-	-	-	231,8	253,1	286,7
58480500	220,1	240,3	272,3	9,2	23,7	231,8	286,7	286,7	231,8	253,1	286,7
58440000	837,9	978,2	1079,5	16,8	28,8	623,4	728,1	803,0	628,5	734,1	809,5
58434000	121,2	138,1	168,9	14,0	39,4	129,2	147,2	180,1	73,9	84,3	103,0
58425000	364,1	440,7	480,3	21,1	31,9	326,0	394,8	430,0	324,8	393,3	428,4
58421100	325,9	391,5	433,5	20,1	33,0	-	-	-	281,0	337,5	373,7
58420000	289,9	349,4	390,2	20,5	34,6	321,0	386,8	432,1	321,7	387,6	433,0
58405000	240,6	284,7	321,2	18,4	33,5	197,8	234,2	264,0	196,1	232,2	261,8
58385100	3518,8	4218,1	4388,0	19,9	24,7	-	-	-	1457,2	1747,1	1817,1
58380001	3497,7	4179,4	4377,6	19,5	25,2	1277,2	1526,3	1599,1	1277,2	1526,3	1599,1
58336000	128,8	139,6	148,6	8,4	15,4	-	-	-	64,6	70,0	74,6
58335000	115,4	123,2	126,6	6,8	9,7	-	-	-	97,5	104,1	107,0
58321000	3254,2	3663,1	4109,2	12,6	26,3	-	-	-	1215,3	1368,4	1534,9
58318002	3239,9	3638,2	4093,5	12,3	26,3	-	-	-	1221,8	1372,1	1543,2
58315100	2818,2	3224,8	3575,3	14,4	26,9	-	-	-	1227,1	1403,8	1557,2
58315000	2818,2	3224,8	3575,3	14,4	26,9	-	-	-	1227,1	1403,8	1557,2
58305001	2759,6	3189,3	3499,5	15,6	26,8	1527,9	1766,3	1937,4	1196,5	1383,1	1517,1
58305000	2759,6	3189,3	3499,5	15,6	26,8	-	-	-	1196,5	1383,1	1517,1
58300001	2715,2	3160,2	3433,1	16,4	26,4	-	-	-	1179,4	1372,8	1490,7
58300000	2715,2	3160,2	3433,1	16,4	26,4	-	-	-	1179,4	1372,8	1490,7
58287000	133,3	138,6	169,5	4,0	27,2	-	-	-	140,5	146,1	178,7
58286000	143,8	149,1	181,1	3,7	25,9	-	-	-	97,9	101,6	123,3
58270000	83,3	96,5	103,5	15,8	24,2	-	-	-	101,2	117,2	125,7
58258000	68,6	89,3	107,2	30,2	56,4	734,1	955,9	1148,2	237,6	309,4	371,7
58250000	2393,9	2835,0	2922,4	18,4	22,1	1173,8	1389,8	1433,3	971,2	1150,0	1185,9
58242000	2316,4	2756,6									

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58215000	14,9	16,1	19,0	7,9	27,4	-	-	-	17,4	18,8	22,2
58214250	1892,6	2066,8	2315,7	9,2	22,4	-	-	-	809,1	883,6	990,4
58212150	81,6	100,0	121,6	22,6	49,0	-	-	-	75,3	92,3	112,2
58211000	77,4	97,3	118,6	25,7	53,2	-	-	-	73,4	92,3	112,5
58204000	1809,1	1991,5	2254,9	10,1	24,6	883,0	972,2	1100,2	746,3	821,6	929,8
58201000	1779,1	2023,1	2232,8	13,7	25,5	-	-	-	689,8	784,3	865,7
58198000	5,5	6,6	6,6	19,5	18,3	-	-	-	5,9	7,0	6,9
58192000	1760,9	1989,9	2213,5	13,0	25,7	-	-	-	631,4	713,5	793,7
58183000	1754,5	1972,5	2199,9	12,4	25,4	811,4	912,0	1017,5	695,6	781,8	872,2
58182500	1754,5	1972,5	2199,9	12,4	25,4	-	-	-	695,6	781,8	872,2
58165000	69,4	74,9	88,8	7,9	27,9	-	-	-	73,9	79,8	94,6
58158100	1680,7	1870,3	2099,9	11,3	24,9	-	-	-	546,8	608,5	682,9
58152010	1687,4	1842,3	2077,3	9,2	23,1	-	-	-	516,7	564,2	636,1
58142200	75,8	89,6	89,9	18,1	18,5	-	-	-	80,9	95,5	95,8
58128100	509,1	580,5	701,8	14,0	37,9	-	-	-	335,9	383,0	463,2
58116900	49,3	59,0	60,3	19,8	22,4	-	-	-	54,5	65,3	66,7
58110002	1144,4	1285,9	1362,1	12,4	19,0	-	-	-	268,5	301,7	319,5
58105300	1101,0	1209,3	1283,7	9,8	16,6	-	-	-	263,0	288,8	306,6
58105000	1101,0	1209,3	1283,7	9,8	16,6	-	-	-	263,0	288,8	306,6
58099000	1026,5	1135,7	1210,3	10,6	17,9	439,0	485,6	517,6	256,0	283,1	301,8
58096000	1018,0	1124,4	1195,7	10,5	17,5	-	-	-	255,2	282,0	299,9
58093080	1018,0	1124,4	1195,7	10,5	17,5	-	-	-	255,2	282,0	299,9
58068000	355,7	372,3	414,1	4,7	16,4	-	-	-	252,7	264,6	294,2
58060000	149,6	164,8	188,3	10,2	25,9	-	-	-	273,0	300,8	343,7
58040000	332,2	363,9	355,2	9,6	6,9	418,3	458,4	447,1	226,2	247,9	241,8
58030000	116,0	124,6	121,9	7,4	5,0	-	-	-	86,5	92,9	90,8
19140	6223,7	7405,9	7962,0	19,0	27,9	2785,8	3315,1	3563,0	2798,2	3329,9	3578,9
19098	344,9	370,1	374,3	7,3	8,5	-	-	-	233,7	250,8	253,6
19097	6358,2	7688,1	7909,6	20,9	24,4	-	-	-	2977,1	3599,3	3703,5
19095	551,9	603,1	706,1	9,3	27,9	-	-	-	442,5	483,7	566,0
19094	3239,9	3638,2	4093,5	12,3	26,3	1503,3	1688,2	1898,7	1221,8	1372,1	1543,2
19093	2313,7	2757,1	2838,4	19,2	22,7	925,8	1103,5	1135,9	1157,4	1379,6	1420,1
19092	509,1	580,5	701,8	14,0	37,9	-	-	-	335,9	383,0	463,2
19091	1018,0	1124,4	1195,7	10,5	17,5	243,4	268,9	285,9	255,2	282,0	299,9

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2.5 – Resultados das alterações nas vazões máximas TR100 para cenários futuros

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58974000	11910,2	14080,0	15659,4	18,2	31,5	7033,0	8313,0	9248,4	7033,0	8313,0	9248,4
58960000	2441,5	2648,3	3085,1	8,5	26,4	1743,9	1892,1	2204,3	1743,9	1892,1	2204,3
58940000	2231,6	2247,7	2740,5	0,7	22,8	1723,5	1735,6	2116,4	1659,9	1671,5	2038,3
58934000	461,7	430,0	618,9	-6,9	34,0	925,7	861,8	1240,4	770,2	717,1	1032,1
58933000	447,8	425,8	605,9	-4,9	35,3	-	-	-	711,4	676,6	962,6
58930000	296,3	285,3	416,1	-3,7	40,4	306,8	295,4	430,7	306,8	295,4	430,7
58920000	1115,3	1213,5	1536,7	8,8	37,8	894,2	972,9	1232,2	931,4	1013,4	1283,5
58918180	394,0	417,3	524,6	5,9	33,1	-	-	-	329,8	349,3	439,0
58917000	279,5	297,1	370,6	6,3	32,6	493,7	524,8	654,6	255,1	271,2	338,3
58916000	154,6	167,3	202,4	8,2	30,9	-	-	-	158,4	171,4	207,3
58912090	89,7	93,4	119,4	4,0	33,0	-	-	-	95,2	99,0	126,6
58912080	72,8	77,0	97,7	5,7	34,1	-	-	-	79,5	84,0	106,6
58910000	87,0	84,7	122,4	-2,7	40,6	-	-	-	94,1	91,6	132,3
58880001	10289,5	11926,3	12835,2	15,9	24,7	7247,3	8399,6	9037,3	7188,4	8331,4	8964,0
58874000	720,6	868,4	999,6	20,5	38,7	1632,8	1967,5	2264,6	665,7	802,2	923,3
58870000	166,0	202,7	217,9	22,1	31,2	241,3	294,6	316,5	152,7	186,4	200,3
58857000	81,										

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58826000	112,3	133,9	185,0	19,2	64,8	189,9	226,3	312,9	138,7	165,3	228,5
58825000	115,8	136,8	166,1	18,1	43,5	241,0	284,6	345,8	219,2	258,8	314,5
58795000	9696,1	11312,2	12266,2	16,7	26,5	5208,0	6077,8	6588,2	5057,8	5902,4	6398,1
58792100	2899,8	2857,6	3518,9	-1,5	21,3	-	-	-	2046,6	2015,9	2482,5
58790000	2738,6	2771,9	3385,5	1,2	23,6	1986,9	2010,8	2455,9	2063,7	2088,5	2550,8
58788050	2340,1	2372,9	2846,0	1,4	21,6	-	-	-	1807,0	1832,3	2197,3
58770000	2059,2	2079,1	2566,8	1,0	24,7	1415,5	1429,6	1765,1	1577,9	1593,7	1967,7
58755000	243,1	279,3	312,7	14,9	28,6	228,1	262,1	293,3	233,6	268,4	300,4
58753080	75,8	76,2	91,9	0,6	21,3	-	-	-	66,9	67,3	81,2
58750000	131,9	142,6	173,3	8,1	31,3	187,8	203,0	246,6	118,1	127,7	155,1
58735000	747,5	901,0	1080,4	20,5	44,5	610,0	735,0	881,4	700,0	843,5	1011,5
58731700	93,9	95,3	114,5	1,4	21,9	-	-	-	76,0	77,0	92,6
58731300	647,7	773,4	927,1	19,4	43,1	-	-	-	641,6	766,1	918,2
58731000	647,7	773,4	927,1	19,4	43,1	-	-	-	641,6	766,1	918,2
58730001	633,5	756,1	895,6	19,4	41,4	442,7	528,6	626,0	442,7	528,6	626,0
58720000	194,1	227,0	262,1	16,9	35,0	264,2	308,9	356,7	189,9	222,0	256,4
58710000	403,6	480,6	567,5	19,1	40,6	331,8	395,2	466,5	302,2	360,0	425,0
58670002	235,3	291,3	335,1	23,8	42,4	411,9	509,9	586,6	371,4	459,8	528,8
58658000	123,2	142,2	146,5	15,4	18,9	254,4	293,5	302,4	178,0	205,4	211,6
58651980	7131,1	8752,8	8841,5	22,7	24,0	-	-	-	3260,1	4000,1	4042,5
58648001	196,2	242,9	272,8	23,8	39,1	270,4	334,8	376,2	293,3	363,1	408,0
58645000	116,4	141,8	159,7	21,8	37,2	240,5	292,9	330,0	144,7	176,2	198,5
58630030	6893,1	8355,0	8855,8	21,2	28,5	-	-	-	3061,0	3709,9	3933,4
58630002	6893,1	8355,0	8855,8	21,2	28,5	3061,0	3709,9	3933,4	3061,0	3709,9	3933,4
58620000	2426,4	2821,2	3126,6	16,3	28,9	-	-	-	2081,7	2421,0	2683,3
58612000	2426,4	2821,2	3126,6	16,3	28,9	-	-	-	2081,7	2421,0	2683,3
58610000	181,2	230,2	257,5	27,1	42,2	-	-	-	156,1	198,5	222,0
58594000	2157,2	2451,3	2700,2	13,6	25,2	-	-	-	1884,5	2140,8	2359,4
58590000	917,9	1160,6	1152,6	26,4	25,6	-	-	-	944,2	1193,5	1186,0
58585000	882,6	1116,9	1103,4	26,5	25,0	808,5	1022,8	1010,6	925,5	1170,8	1156,9
58573000	51,3	59,2	61,7	15,4	20,4	-	-	-	90,0	103,8	108,3
58560000	57,8	68,4	69,8	18,3	20,7	-	-	-	50,7	60,0	61,2
58550001	618,2	812,0	834,8	31,4	35,0	552,4	725,9	745,8	746,8	981,4	1008,2
58542000	166,0	218,8	225,9	31,8	36,1	239,5	315,6	325,9	151,1	199,1	205,6
58535000	132,4	168,1	184,4	27,0	39,3	237,2	301,2	330,4	256,1	325,2	356,7
58530000	85,3	105,4	118,5	23,5	38,8	160,6	198,3	222,9	181,9	224,6	252,5
58525000	42,0	52,9	63,2	26,0	50,4	105,2	132,6	158,2	111,7	140,8	168,1
58520000	1250,2	1417,7	1571,5	13,4	25,7	594,2	673,9	747,0	1069,0	1212,3	1343,8
58517000	292,9	328,8	369,3	12,2	26,1	-	-	-	352,4	395,4	444,4
58516500	1014,9	1064,2	1252,1	4,9	23,4	469,5	492,5	579,4	774,8	812,8	956,1
58512080	891,0	933,6	1109,6	4,8	24,5	-	-	-	663,6	695,5	826,2
58512000	605,3	668,2	765,5	10,4	26,5	410,1	452,7	518,8	483,5	533,8	611,7
58500000	36,3	44,5	50,1	22,6	37,9	-	-	-	33,0	40,4	45,5
58491000	264,7	292,7	330,0	10,6	24,7	-	-	-	320,4	354,4	399,6
58480501	244,3	268,3	303,9	9,8	24,4	-	-	-	255,3	280,3	317,6
58480500	244,3	268,3	303,9	9,8	24,4	255,3	280,3	317,6	255,3	280,3	317,6
58440000	934,4	1089,7	1208,2	16,6	29,3	695,8	811,4	899,7	697,3	813,1	901,7
58434000	137,6	158,3	192,2	15,0	39,7	147,6	169,7	206,2	82,9	95,4	115,8
58425000	406,4	496,4	536,2	22,2	32,0	363,8	444,5	480,2	362,4	442,8	478,4
58421100	362,5	440,6	483,9	21,5	33,5	-	-	-	312,9	380,1	417,7
58420000	323,0	392,9	435,7	21,7	34,9	356,0	433,2	480,2	356,9	434,3	481,4
58405000	267,3	320,3	360,1	19,8	34,7	217,0	260,0	292,3	215,2	257,8	289,8
58385100	3881,8	4798,0	4858,7	23,6	25,2	-	-	-	1611,8	1992,2	2018,0
58380001	3860,2	4753,1	4848,0	23,1	25,6	1401,9	1725,8	1760,8	1401,9	1725,8	1760,8
58336000	143,4	157,3	164,8	9,7	15,0	-	-	-	72,1	79,1	83,0
58335000	128,0	139,0	140,0	8,6	9,4	-	-	-	109,7	119,1	120,0
58321000	3596,1	4152,4	4635,8	15,5	28,9	-	-	-	1338,4	1545	

Estação Fluviométrica	Vazão Máxima Histórica Mediana dos Modelos Climáticos (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Futura Mediana dos Modelos Climáticos no Longo Prazo (m³/s)	Fator de Alteração no Curto Prazo (%)	Fator de Alteração no Longo Prazo (%)	Vazão Máxima Renaturalizada (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Renaturalizada Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Curto Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)	Vazão Máxima Simulada no P4 Projetada no Longo Prazo (m³/s)
58300000	2991,6	3564,8	3873,8	19,2	29,5	-	-	-	1289,6	1537,2	1670,0
58287000	150,0	157,8	194,4	5,2	29,6	-	-	-	159,4	167,7	206,6
58286000	161,8	169,5	207,4	4,8	28,2	-	-	-	109,8	115,1	140,8
58270000	92,5	108,6	114,1	17,4	23,4	-	-	-	112,4	132,0	138,8
58258000	76,8	102,4	122,8	33,2	59,8	852,7	1135,8	1362,6	270,5	360,3	432,2
58250000	2654,8	3199,7	3238,4	20,5	22,0	1326,1	1598,0	1617,9	1061,4	1279,0	1294,9
58242000	2569,9	3112,2	3141,5	21,1	22,2	1062,7	1286,9	1298,6	1012,1	1225,6	1236,8
58240080	2566,9	3112,8	3147,9	21,3	22,6	-	-	-	1278,1	1550,3	1566,9
58230200	2314,5	2568,8	2795,1	11,0	20,8	-	-	-	1041,1	1155,6	1257,6
58230100	2314,5	2568,8	2795,1	11,0	20,8	-	-	-	1041,1	1155,6	1257,6
58227000	53,8	60,7	64,5	12,8	20,0	-	-	-	62,7	70,7	75,2
58220000	72,2	86,6	85,6	19,9	18,5	-	-	-	78,1	93,7	92,6
58218000	2180,8	2419,9	2676,5	11,0	22,7	1130,2	1254,5	1386,7	949,4	1053,8	1164,9
58215000	16,8	18,4	21,4	9,4	27,5	-	-	-	20,0	21,9	25,5
58214250	2088,7	2314,2	2578,0	10,8	23,4	-	-	-	896,5	993,3	1106,3
58212150	93,1	114,3	138,6	22,7	48,9	-	-	-	84,7	103,9	126,1
58211000	88,3	111,1	135,0	25,8	52,8	-	-	-	82,6	104,0	126,3
58204000	1995,4	2255,1	2512,2	13,0	25,9	1006,6	1137,4	1267,3	816,4	922,5	1027,8
58201000	1963,1	2276,8	2475,7	16,0	26,1	-	-	-	755,4	876,2	952,5
58198000	6,0	7,4	7,2	22,5	19,5	-	-	-	6,4	7,8	7,6
58192000	1943,7	2239,3	2455,5	15,2	26,3	-	-	-	692,2	797,5	874,3
58183000	1937,2	2219,1	2440,9	14,6	26,0	925,6	1060,8	1166,3	766,0	877,8	965,1
58182500	1937,2	2219,1	2440,9	14,6	26,0	-	-	-	766,0	877,8	965,1
58165000	78,0	85,1	101,1	9,1	29,6	-	-	-	83,8	91,4	108,6
58158100	1856,1	2102,8	2329,8	13,3	25,5	-	-	-	599,7	679,5	752,6
58152010	1864,6	2073,8	2318,6	11,2	24,3	-	-	-	568,1	631,8	706,2
58142200	83,0	100,3	99,8	20,8	20,3	-	-	-	88,8	107,3	106,9
58128100	567,3	663,5	797,9	17,0	40,6	-	-	-	385,7	451,3	542,3
58116900	55,1	67,4	67,8	22,2	22,9	-	-	-	61,9	75,7	76,1
58110002	1260,8	1439,4	1510,5	14,2	19,8	-	-	-	290,7	332,0	348,3
58105300	1213,5	1352,2	1423,4	11,4	17,3	-	-	-	284,7	317,2	334,0
58105000	1213,5	1352,2	1423,4	11,4	17,3	-	-	-	284,7	317,2	334,0
58099000	1136,0	1273,5	1339,5	12,1	17,9	498,7	559,0	587,9	276,6	310,1	326,1
58096000	1126,5	1260,8	1323,2	11,9	17,5	-	-	-	275,7	308,5	323,9
58093080	1126,5	1260,8	1323,2	11,9	17,5	-	-	-	275,7	308,5	323,9
58068000	399,4	421,2	465,0	5,5	16,4	-	-	-	284,0	299,7	330,6
58060000	167,9	185,5	212,2	10,5	26,3	-	-	-	313,9	346,9	396,5
58040000	365,5	407,4	389,1	11,4	6,4	479,6	534,2	510,3	246,8	274,9	262,6
58030000	127,5	139,2	133,1	9,2	4,4	-	-	-	93,4	102,0	97,6
19140	6893,1	8355,0	8855,8	21,2	28,5	3045,6	3691,3	3913,6	3061,0	3709,9	3933,4
19098	381,6	414,5	417,5	8,6	9,4	-	-	-	262,6	285,2	287,3
19097	7132,1	8738,7	8822,3	22,5	23,7	-	-	-	3264,8	3999,4	4038,6
19095	620,0	684,4	784,5	10,4	26,5	-	-	-	494,5	545,9	625,5
19094	3580,1	4119,9	4617,6	15,1	29,0	1666,1	1917,7	2149,3	1345,6	1548,8	1735,9
19093	2566,9	3112,8	3147,9	21,3	22,6	1011,6	1227,1	1240,3	1278,1	1550,3	1566,9
19092	567,3	663,5	797,9	17,0	40,6	-	-	-	385,7	451,3	542,3
19091	1126,5	1260,8	1323,2	11,9	17,5	262,4	293,7	308,4	275,7	308,5	323,9

Fonte: Elaboração própria

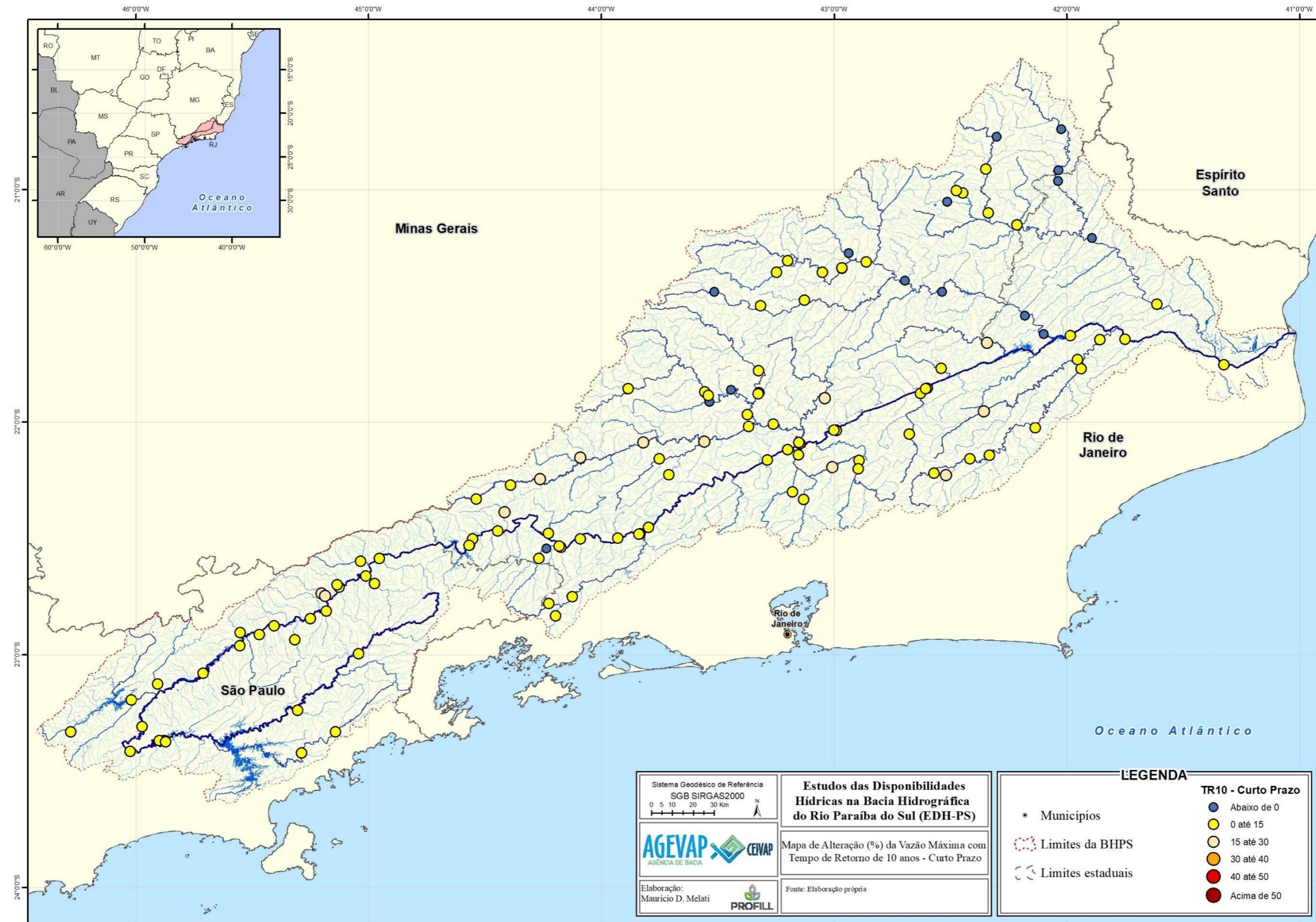


Figura 2.27 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR10 nas estações fluviométricas da BHPS

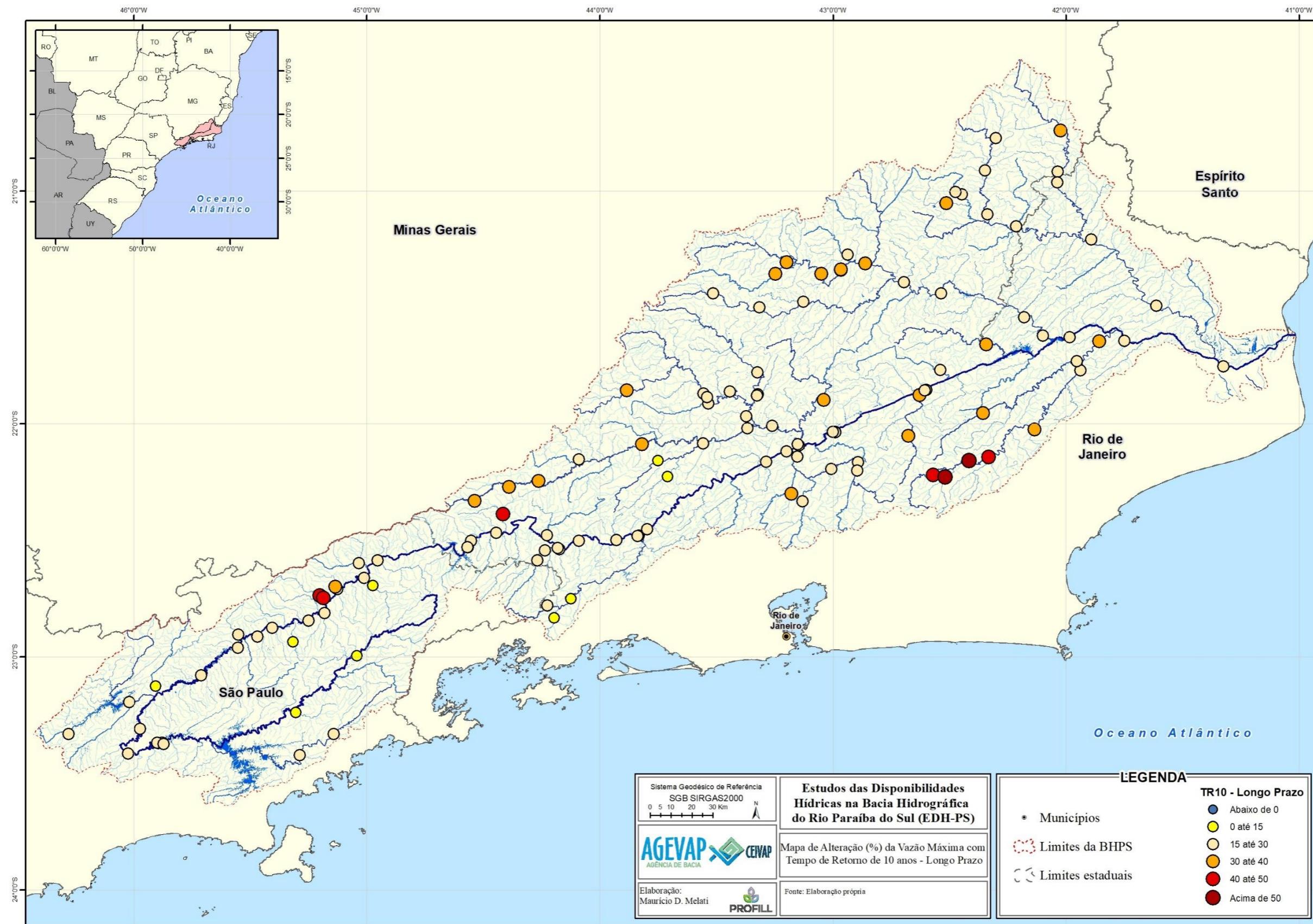


Figura 2.28 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR10 nas estações fluviométricas da BHPS

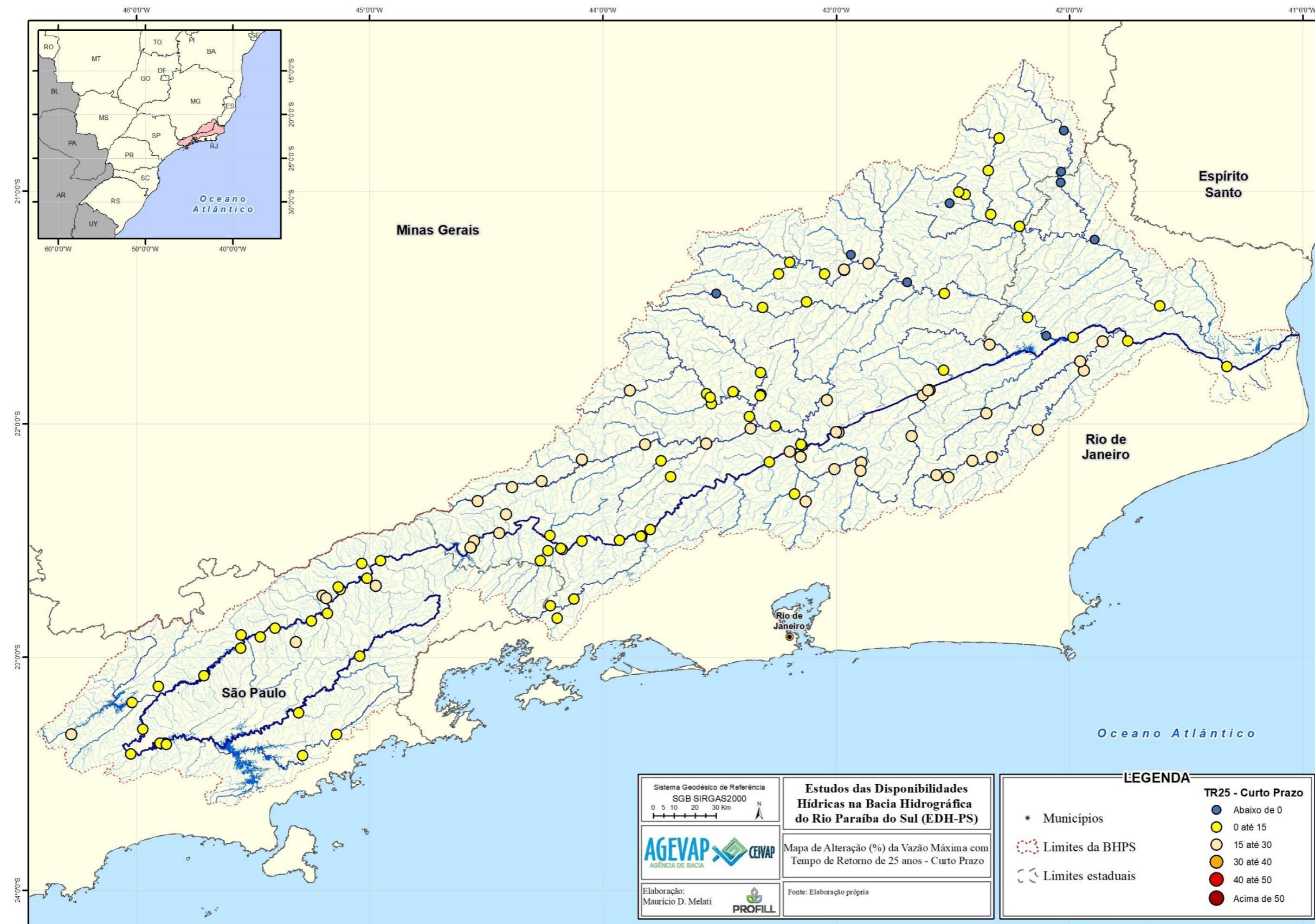


Figura 2.29 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR25 nas estações fluviométricas da BHPS

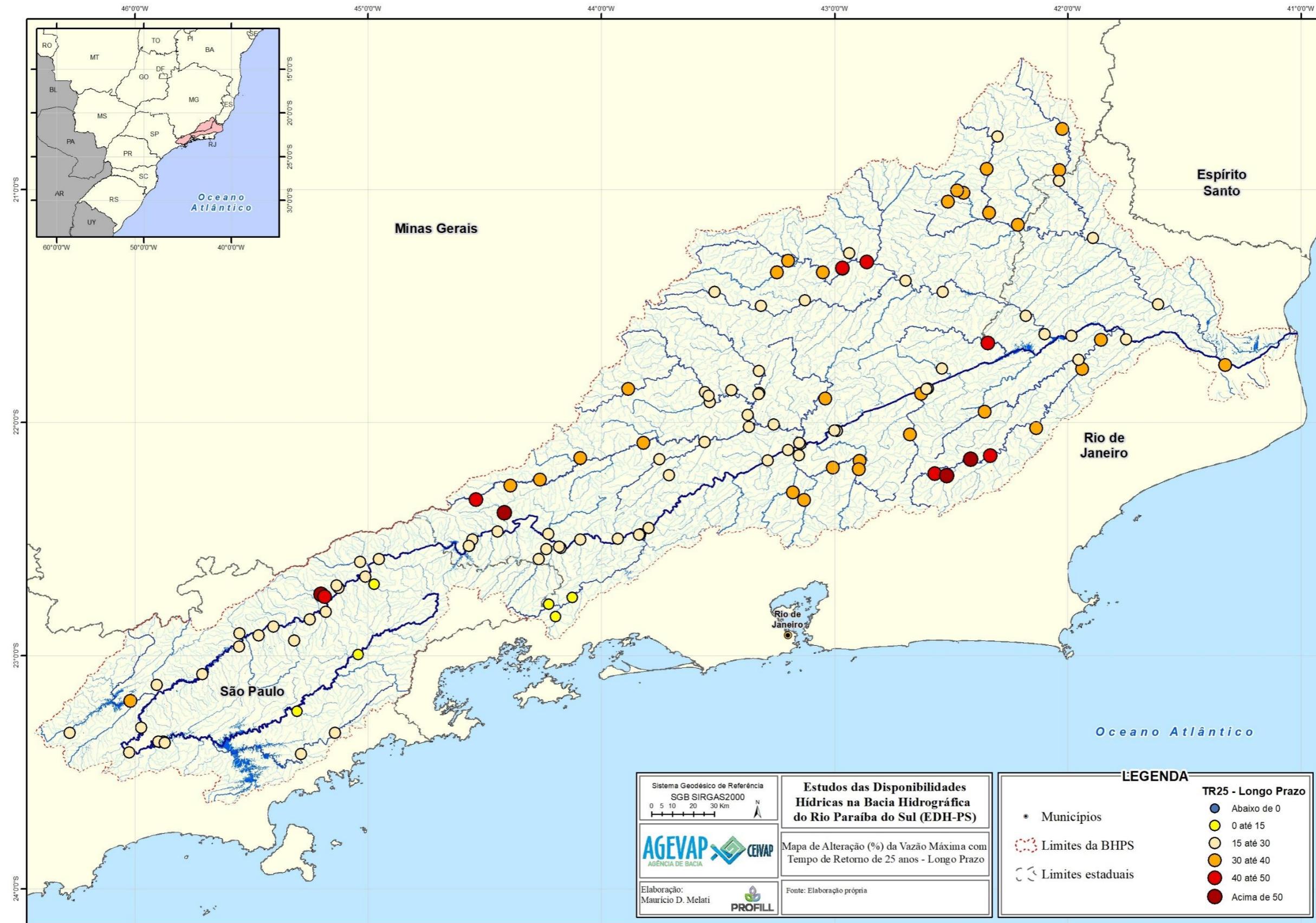


Figura 2.30 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR25 nas estações fluviométricas da BHPS

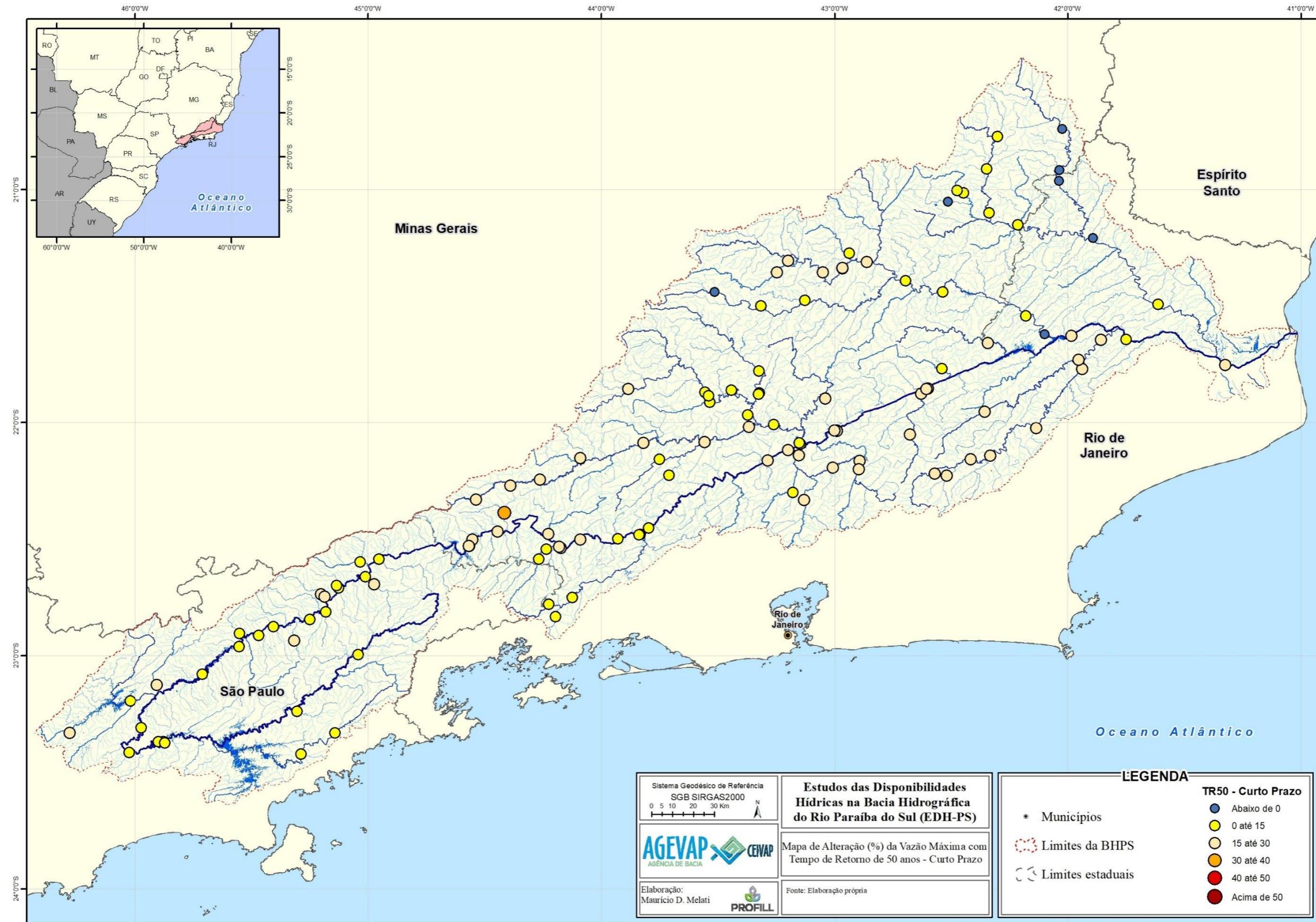


Figura 2.31 – Resultados espaciais da alteração no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR50 nas estações fluviométricas da BHPS

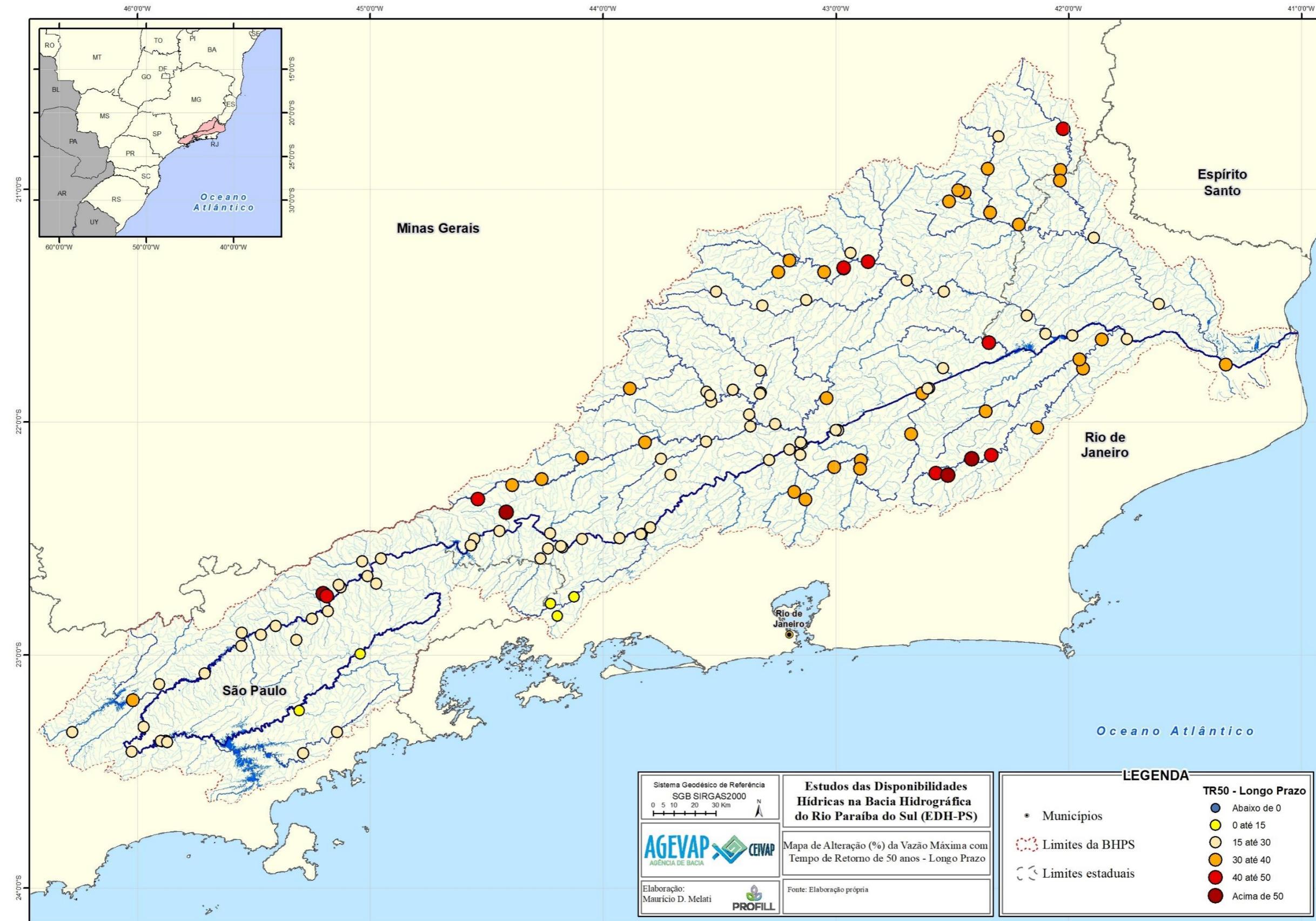


Figura 2.32 – Resultados espaciais da alteração no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR50 nas estações fluviométricas da BHPS

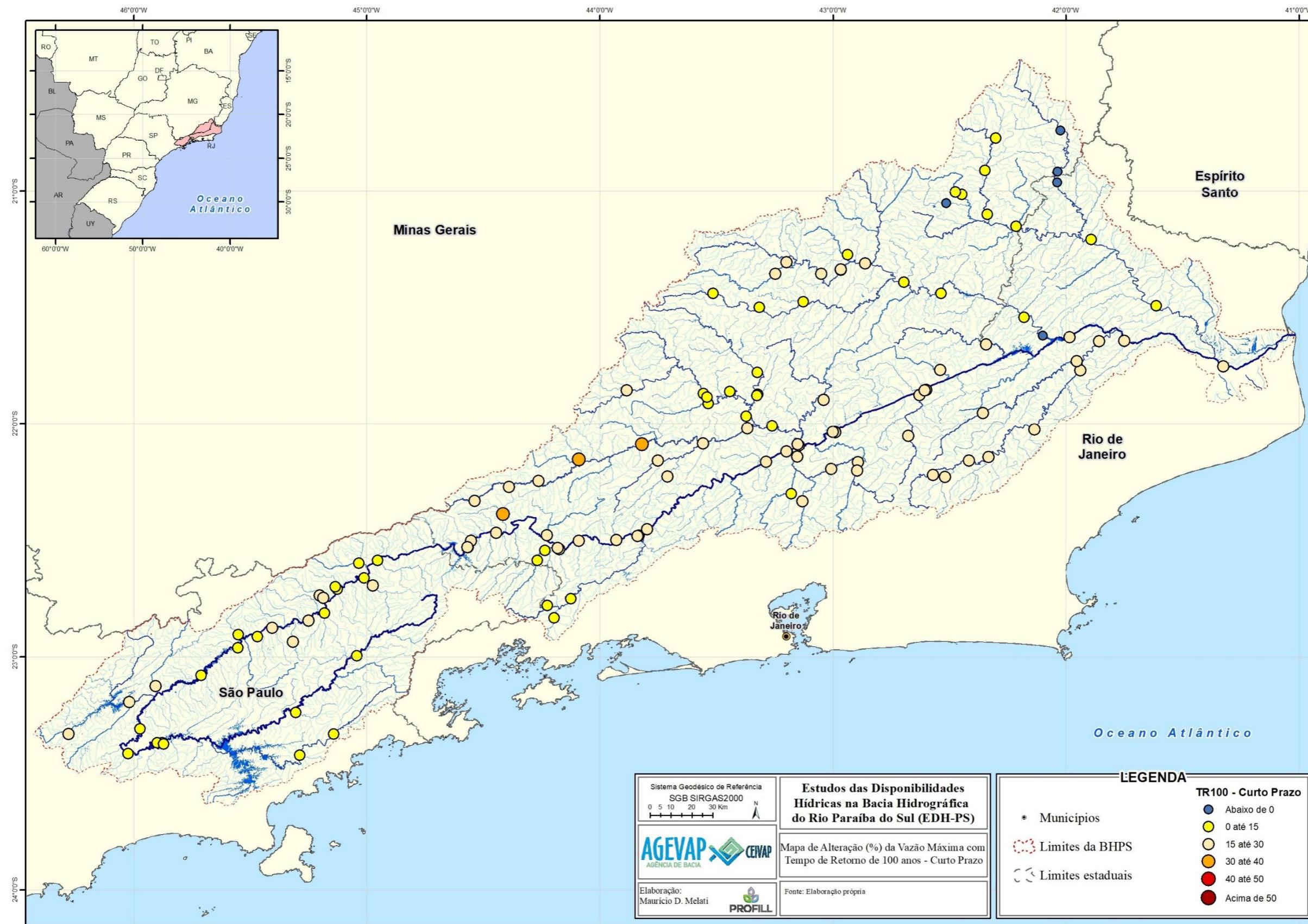


Figura 2.33 – Resultados espaciais da alteração no curto prazo (2015 – 2045) nas vazões máximas TR100 nas estações fluviométricas da BHPS.

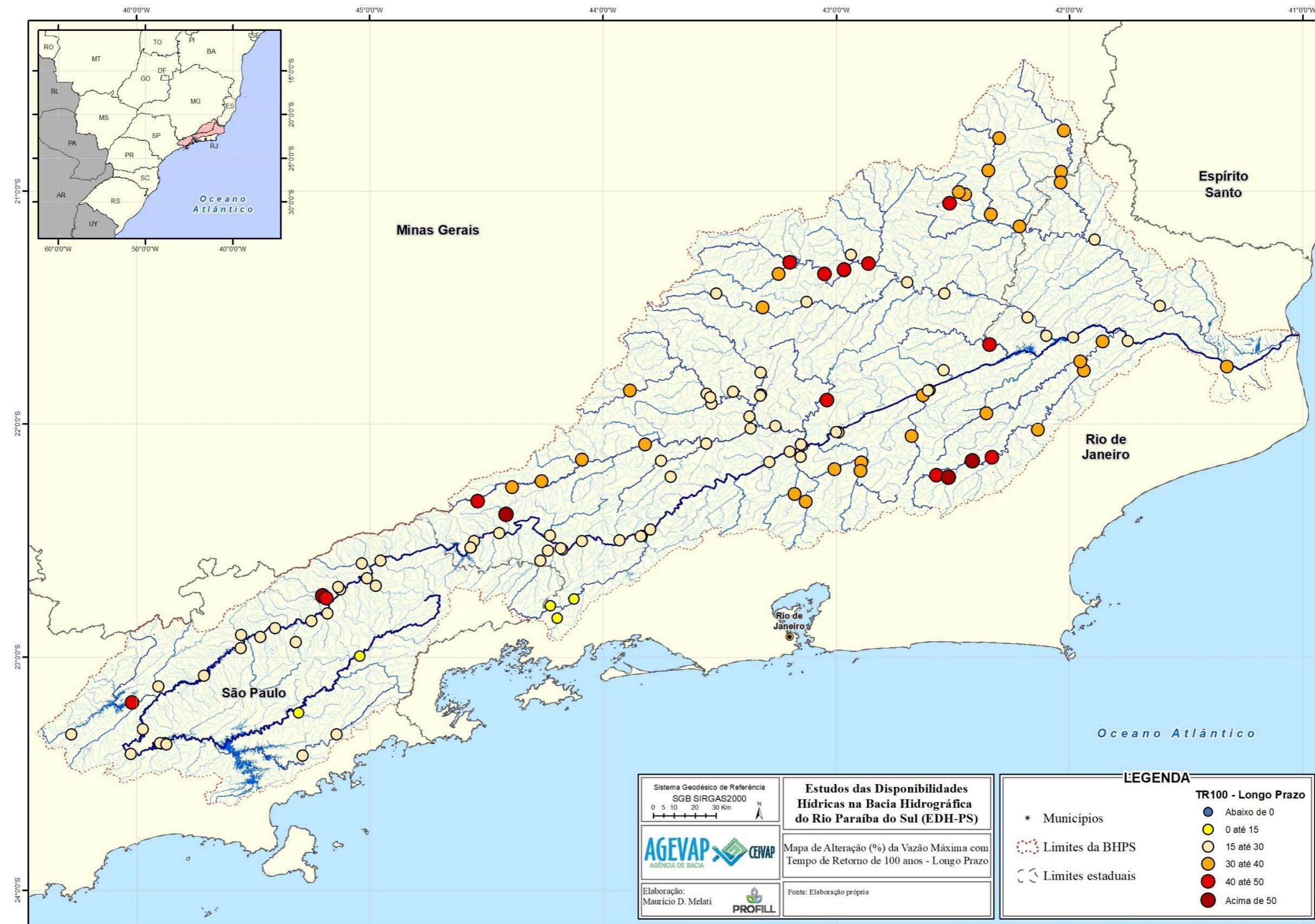


Figura 2.34 – Resultados espaciais da alteração no longo prazo (2046 – 2100) nas vazões máximas TR100 nas estações fluviométricas da BHPS.

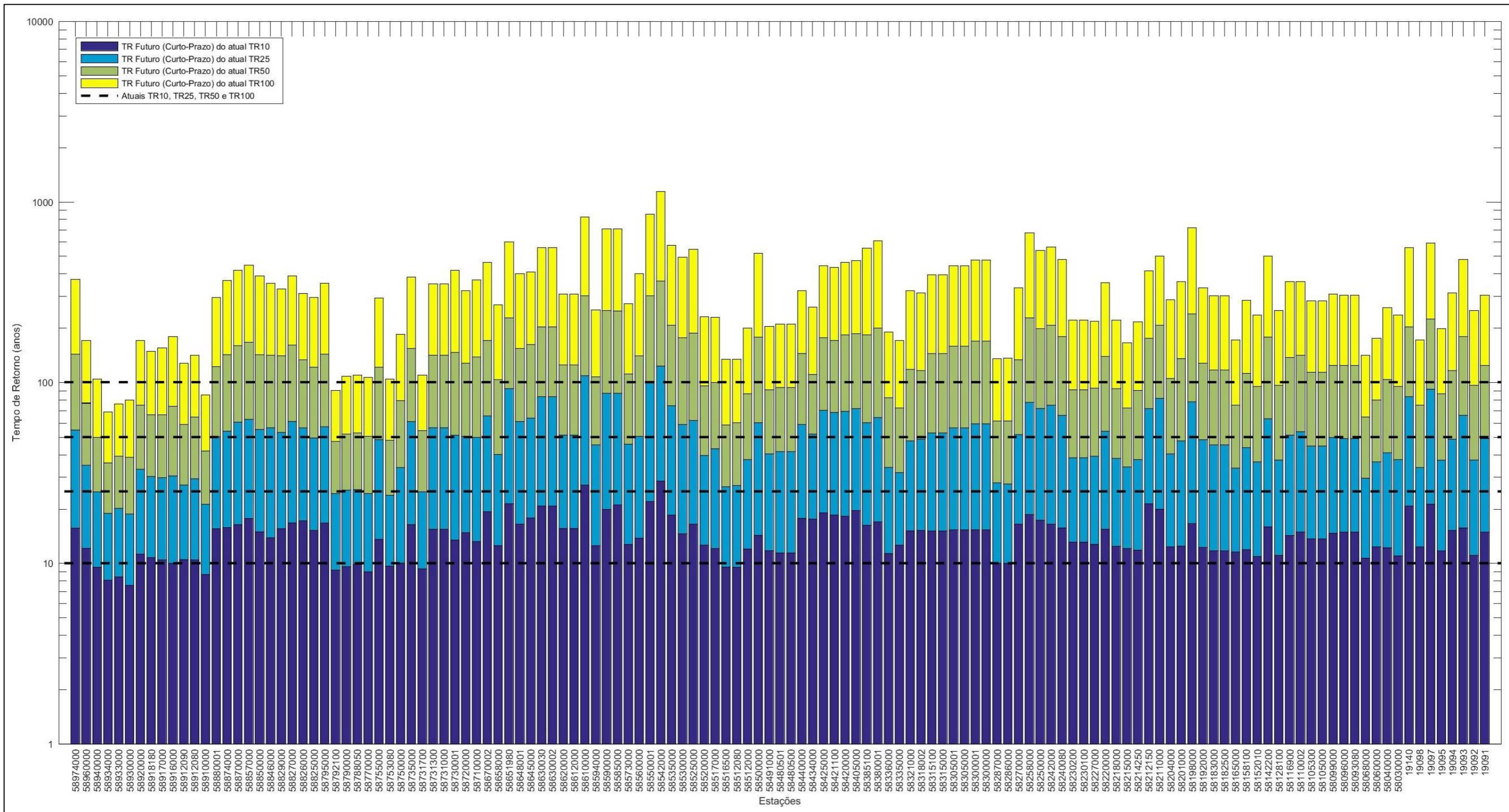


Figura 2.35 –Resultados de alteração do tempo de retorno (TR) considerando vazões futuras em cenários de mudanças climáticas no curto prazo.

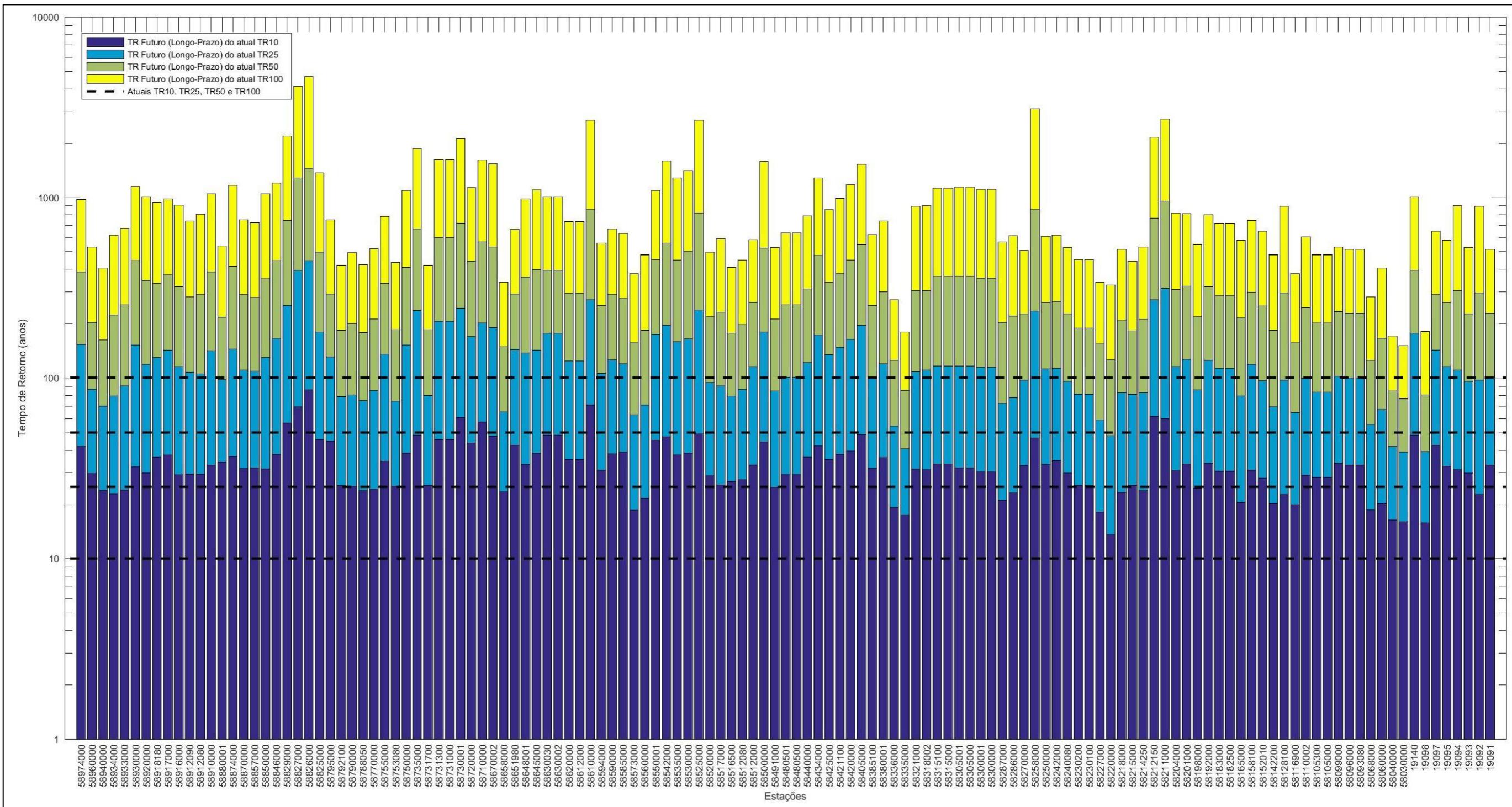


Figura 2.36 –Resultados de alteração do tempo de retorno (TR) considerando vazões futuras em cenários de mudanças climáticas no longo prazo.

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02			

2.5 Avaliação da disponibilidade hídrica em cenários futuros

A avaliação do impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica é um campo de estudo complexo que envolve uma grande variedade de temas. No presente estudo, foi dado foco especial na alteração do regime de chuvas e temperaturas para verificação do impacto sobre as vazões de referências estudadas aqui.

2.5.1 Método de Cálculo da Vazão de Referência

As vazões de referência utilizadas são as seguintes: vazão mínima média de 7 dias de duração e 10 anos de período de retorno ($Q_{7,10}$), vazão média de longo termo (Q_{mlt}), e vazões que são igualadas ou superadas em 95% do tempo ($Q_{95\%}$) e em 90% do tempo ($Q_{90\%}$).

2.5.1.1 Vazões de permanência $Q_{95\%}$ e $Q_{90\%}$

As vazões $Q_{95\%}$, $Q_{90\%}$ foram obtidas por meio da elaboração de curvas de permanência, as quais expressam a relação entre a frequência com que a vazão do rio é superada ou igualada no tempo. Para a definição das curvas de permanência, foram usadas as séries históricas diárias de vazão dos múltiplos e coincidentes pontos estudados.

Os procedimentos de obtenção da vazão de referência consistiram em ordenar de forma decrescente todos os dados de vazão da série histórica, e para cada valor de vazão é calculada a probabilidade de excedência, onde por meio da função percentil é possível obter a vazão de interesse, por exemplo: a função percentil 5% retornam um resultado que corresponde a vazão que é igualada ou superada em 95% do tempo. A Figura 2.37 a seguir mostra um exemplo de curva de permanência de uma estação fluviométrica observada com renaturalização (Produto 3) e simulada pelo modelo, com indicação dos valores de Q_{90} e Q_{95} .

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico
		Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

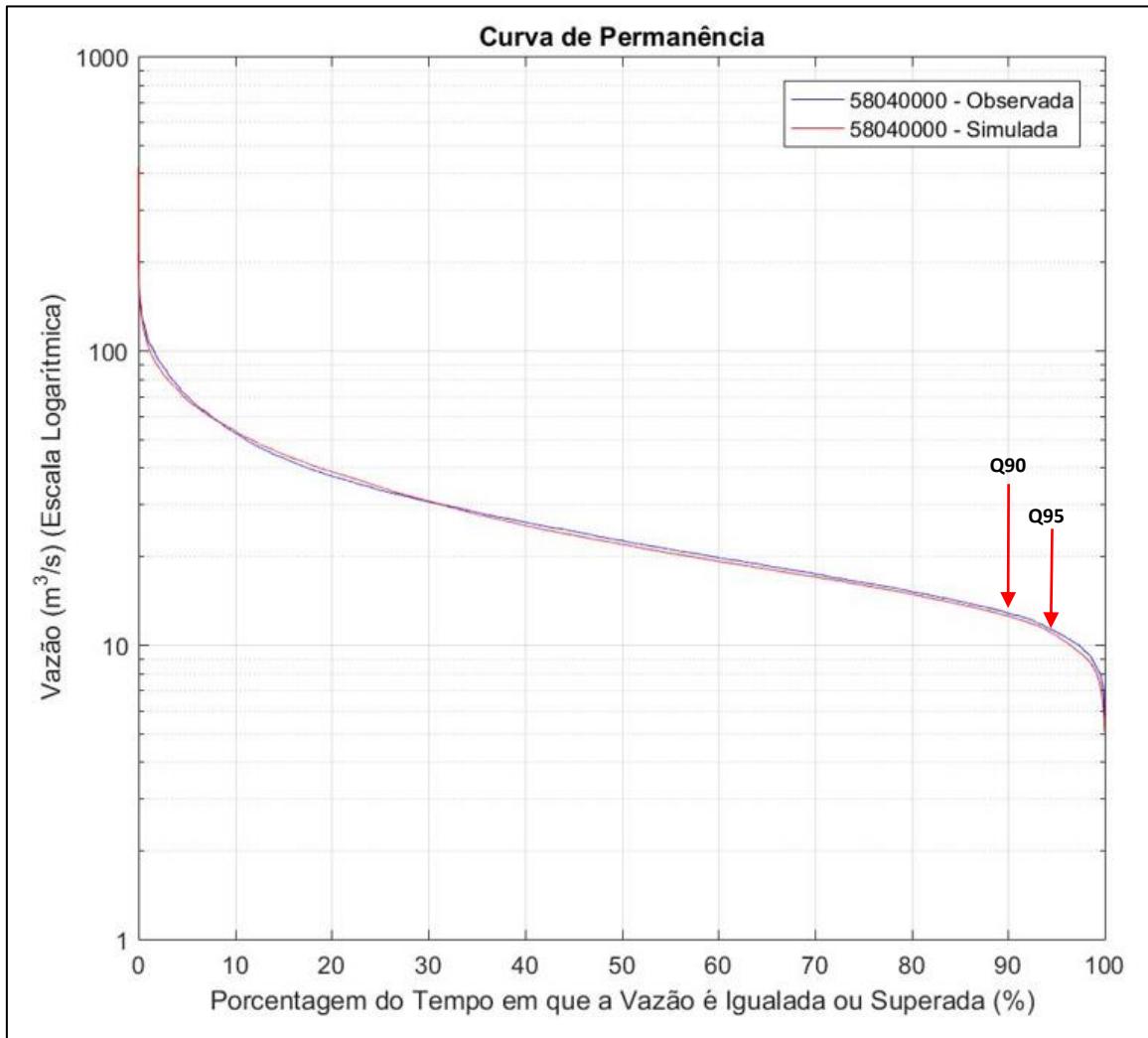


Figura 2.37 – Exemplo de curva de permanência com indicação das vazões Q90 e Q95. Fonte: Elaboração própria

2.5.1.2 Vazão média de longo termo

A vazão média de longo termo (Q_{mlt}) pode ser entendida como uma média geral, ou seja, é a média de todas as vazões que se tem registro em determinado ponto de interesse. No presente trabalho, portanto, o valor da Q_{mlt} foi obtido a partir da série histórica total de vazão em cada estação fluviométrica consistida da BHPS; de posse desse banco de dados, foi feita uma média aritmética simples das vazões diárias do período definido de análise.

2.5.1.3 Q7,10

O valor da vazão média de sete dias consecutivos de duração com tempo de retorno de 10 anos foi obtido através do método empírico de probabilidade de excedência de Weibull apresentada na equação abaixo.

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02
---	---	---	--

$$P = \frac{m}{N + 1}$$

Equação 2.4

Em que P é a probabilidade de ocorrência, m é a amostra avaliada e N é o total de amostras.

Primeiramente, é necessário obter a vazão Q_7 dentro do ano hidrológico e, para isso, foi calculada a média móvel a partir da vazão renaturalizada no dia e nos três dias anteriores e três dias posteriores a ele; assim, foi feita a média para todos os dias de cada ano compreendido no escopo do projeto. Com isso, foi identificada a menor vazão com sete dias consecutivos de duração de cada ano hidrológico. Onde a probabilidade de ocorrência de cada evento é dada pela probabilidade de excedência de Weibull (equação acima), e o tempo de retorno (TR) associado a cada ocorrência é dado pela equação abaixo.

$$TR = \frac{1}{P}$$

Equação 2.5

A vazão mínima Q_7 para o tempo de retorno de 10 anos é obtida por meio de interpolação linear entre o tempo de retorno imediatamente superior e imediatamente inferior a 10 anos. Um exemplo de ajuste empírico para diferentes tempos de retorno para os dados renaturalizados e simulados está apresentado na Figura 2.38. Para os resultados gerados aqui, o método foi aplicado de forma uniforme nos anos hidrológicos das vazões geradas pelos modelos climáticos.

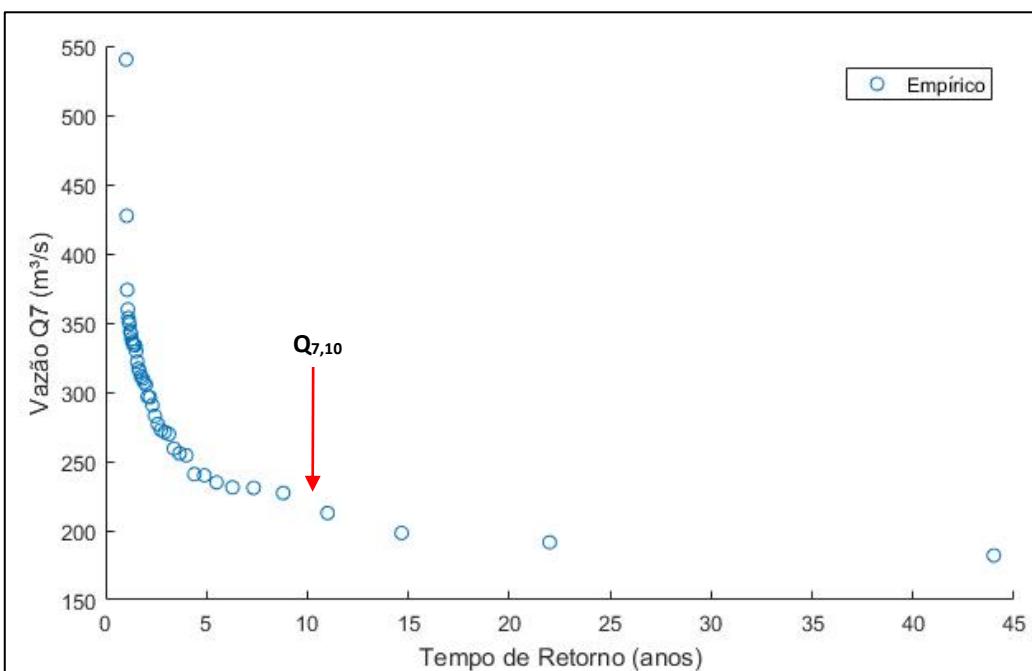


Figura 2.38 – Distribuição empírica das vazões Q_7 para diferentes tempos de retorno para os dados renaturalizados.

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	 CEIVAP
---	---	---	---	--

2.5.2 Avaliação da Alteração na Disponibilidade Hídrica

A partir das simulações hidrológicas dos cenários histórico e futuros foi possível calcular as porcentagens de alteração das vazões de referência entre esses períodos, tanto no curto prazo como no longo prazo. As porcentagens foram calculadas com o objetivo de apresentar a porcentagem de aumento ou diminuição das vazões projetadas para o futuro em relação as vazões do período histórico.

Para verificar os resultados de alteração da disponibilidade hídrica, foi feita a identificação de quantos dos 19 modelos climáticos apontavam para o aumento e quantos apontavam para a diminuição das vazões de referência em cada cenário futuro. Ainda, buscando entender o impacto dos diferentes modelos climáticos sobre as vazões, também foram calculadas as medianas das porcentagens de alteração das vazões dos períodos futuros (curto e longo prazo) em relação ao período histórico. Essa análise buscou entender, para além do que cada modelo indica, o quanto a mediana das variações percentuais poderá impactar os trechos de rio. Observa-se que as variações percentuais podem ser tanto negativas quanto positivas. Por exemplo, uma variação positiva indica que as variações percentuais dos modelos agrupadas resultam em aumento da vazão de referência no ponto, mesmo que alguns dos modelos usados indicassem redução das vazões de referência.

Por fim, uma vez que são conhecidos os percentuais de alteração das vazões, eles foram aplicados sobre os resultados de disponibilidade gerados no Produto 4 desse estudo para projetar possíveis volumes hídricos futuros nos rios no cenário simulado. Esses resultados foram feitos para os locais com estações fluviométricas. A Figura 2.39 mostra o fluxograma completo dos procedimentos detalhados.

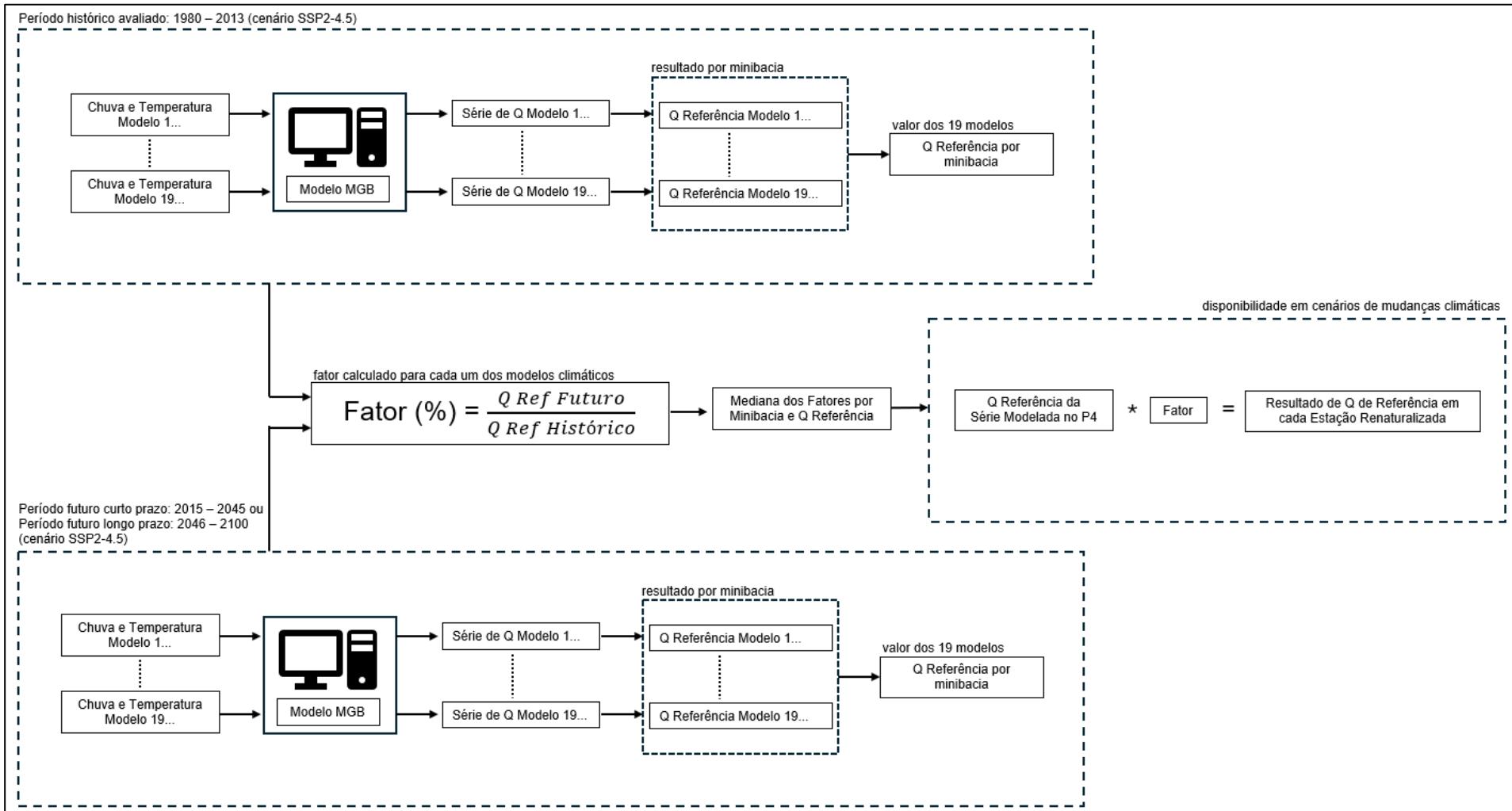


Figura 2.39 – Fluxograma dos cálculos feitos para obtenção das vazões de referência em cenários futuros de mudanças climáticas. Fonte: Elaboração própria

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

2.5.3 Resultados das Vazões de Referência em Cenários Futuros

Os resultados do impacto das mudanças climáticas nos dados de vazão foram obtidos para cada uma das estações fluviométricas e estão apresentados entre a Tabela 2.7 e a Tabela 2.10, onde é possível verificar os resultados de vazão de referência atuais obtidos no P4, a contagem de modelos que indica aumento ou diminuição da vazão de referência, a alteração percentual média e a vazão de referência média projetada para o cenário futuro avaliado.

Os resultados obtidos foram separados de acordo com as bacias hidrográficas em valores médios de alteração para identificar áreas com mais ou menos alteração, conforme apresentado na Tabela 2.6.

De uma maneira geral, é possível observar que as vazões Qm1t tendem a reduzir para o período de curto prazo, e aumentar para os anos futuros no longo prazo, que está coerente com as análises de estacionariedade de precipitações máximas ou aumento do número de dias com chuva acima de 50mm e chuva máxima com 5 dias consecutivos. As sub-bacias do Rio Pomba, Rio Dois Rios e Paraibuna são as regiões com maior tendência de redução das vazões Qm1t no curto prazo. Já às sub-bacias Médio Vale do Rio Paraíba, Médio Vale Inferior do Rio Paraíba, Rio Piabanha, Rio Piraí e Rio Preto são as regiões com maior projeção de aumento das vazões Qm1t.

As vazões Q95 para o curto e longo prazo apresentam predomínio de projeções de redução das vazões de referência, onde a projeção e redução é maior no cenário de curto prazo. Isso pode estar relacionado com o grande aumento de chuvas esperado para os cenários de longo prazo, implicando em maiores eventos de recarga para os aquíferos e consequentemente maior descarga pelas vazões de base. As sub-bacias dos Rios Muriaé e Carangola e Rio Pomba se destacam como as regiões com maior projeção de redução da Q95. Em relação ao comportamento da vazão de referência Q90, observa-se uma situação muito análoga a verificada na Q95, isso se deve ao fato de as duas vazões terem obtenção muito parecida a partir da curva de permanência.

Por fim, para a vazão de referência Q_{7,10} percebe-se uma situação sutilmente mais confortável no curto prazo do que no longo prazo. Onde as sub-bacias Alto Vale do Rio Paraíba, Rio Muriaé e Carangola, Rio Pomba e Rio Preto são as regiões que apresentaram as maiores projeções de redução da vazão de referência.

Para complementar a análise, também foram apresentadas a Figura 2.40 até a Figura 2.47, que apresentam os resultados de aumento e diminuição das porcentagens de disponibilidade hídrica para as vazões de referência nas estações



 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

fluviométricas. A discussão individualizada dos resultados para cada sub-bacia será apresentada no 3.2.

Tabela 2.6 – Resultados das alterações médias nas vazões de referência por bacia hidrográfica.

Sub-Bacia	Curto Prazo (2015 – 2045)				Longo Prazo (2046 – 2100)			
	Q95	Q_{7,10}	Q90	QmIt	Q95	Q_{7,10}	Q90	QmIt
Alto Vale do Rio Paraíba	-7,3	-10,0	-6,2	-2,9	-4,1	-8,0	-2,5	3,6
Baixo Vale do Rio Paraíba	-6,5	-5,1	-6,0	-2,3	-1,9	-5,1	-2,7	5,4
Médio Vale do Rio Paraíba	-8,4	-9,2	-6,8	-2,7	-4,0	-7,3	-2,3	6,9
Médio Vale Inferior do Rio Paraíba	-8,8	-7,5	-7,0	-2,5	-1,7	-5,0	-2,5	6,6
Médio Vale Superior do Rio Paraíba	-9,2	-8,7	-8,1	-2,6	-5,1	-8,3	-3,9	4,4
Rio Dois Rios	-6,5	-9,9	-6,0	-4,3	-5,9	-8,7	-7,2	4,2
Rio Muriaé e Carangola	-10,5	-15,5	-9,9	-3,0	-7,4	-13,2	-9,0	3,7
Rio Paraibuna	-6,1	-7,0	-6,4	-4,3	-4,5	-7,0	-2,7	5,8
Rio Piabanga	-6,1	-7,3	-5,1	-3,4	-0,2	-2,8	-0,9	7,2
Rio Piraí	-7,2	-7,6	-5,2	-2,7	-3,1	-5,7	-1,7	6,3
Rio Pomba	-10,0	-11,2	-11,7	-8,9	-7,9	-10,6	-6,7	4,1
Rio Preto	-8,9	-12,5	-7,5	-2,5	-4,4	-10,6	-4,9	6,4

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2.7 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Qm1t.

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58974000	716,6	9	13	10	6	-3,5	6,8	691,4	765,4
58960000	97,4	9	14	10	5	-3,5	4,0	94,0	101,3
58940000	82,8	7	14	12	5	-3,4	3,7	80,0	85,9
58934000	19,9	7	11	12	8	-4,6	2,9	18,9	20,4
58933000	19,5	7	11	12	8	-4,6	2,9	18,6	20,1
58930000	12,9	7	11	12	8	-4,8	3,1	12,3	13,3
58920000	47,6	7	14	12	5	-2,1	4,5	46,6	49,7
58918180	22,4	7	13	12	6	-2,1	2,9	22,0	23,1
58917000	17,1	7	12	12	7	-2,6	2,9	16,7	17,6
58916000	9,7	7	12	12	7	-2,8	2,7	9,5	10,0
58912090	4,3	8	14	11	5	-1,3	5,3	4,2	4,5
58912080	3,7	8	14	11	5	-1,2	5,4	3,7	3,9
58910000	3,3	7	14	12	5	-3,4	4,0	3,2	3,4
58880001	608,0	7	13	12	6	-3,0	7,3	589,9	652,4
58874000	41,6	9	11	10	8	-5,6	5,7	39,3	43,9
58870000	10,1	9	12	10	7	-4,0	6,6	9,7	10,8
58857000	5,3	9	14	10	5	-1,9	6,2	5,2	5,6
58850000	30,2	9	11	10	8	-6,2	4,6	28,3	31,6
58846000	25,8	8	11	11	8	-5,9	3,5	24,2	26,7
58829000	21,3	8	11	11	8	-5,0	3,1	20,2	21,9
58827000	15,5	9	11	10	8	-3,6	3,2	14,9	16,0
58826000	5,4	9	11	10	8	-3,5	2,5	5,2	5,5
58825000	8,0	9	11	10	8	-2,9	2,6	7,8	8,2
58795000	561,1	7	13	12	6	-2,6	7,3	546,6	602,0
58792100	124,6	7	11	12	8	-8,3	5,4	114,3	131,3
58790000	121,5	7	11	12	8	-8,6	5,3	111,1	127,9
58788050	106,6	7	11	12	8	-9,8	5,1	96,2	112,1
58770000	91,7	7	11	12	8	-10,5	4,9	82,1	96,2
58755000	17,0	7	12	12	7	-6,0	4,0	16,0	17,7
58753080	4,2	7	12	12	7	-7,8	3,2	3,9	4,3
58750000	11,3	7	12	12	7	-6,4	3,0	10,6	11,6
58736000	12,5	5	8	14	11	-30,9	-5,3	8,6	11,8
58735000	42,9	7	12	12	7	-6,6	5,3	40,1	45,2
58731700	3,8	7	11	12	8	-10,9	3,1	3,3	3,9
58731300	37,0	7	13	12	6	-6,0	5,6	34,8	39,0
58731000	37,0	7	13	12	6	-6,0	5,6	34,8	39,0
58730001	34,0	7	13	12	6	-5,8	5,7	32,0	35,9
58720000	8,5	7	14	12	5	-4,1	5,0	8,2	9,0
58710000	16,9	7	13	12	6	-5,4	5,9	16,0	17,9
58670002	7,5	11	14	8	5	2,4	9,6	7,7	8,2
58658000	5,0	8	14	11	5	-2,0	7,8	4,9	5,4
58651980	406,5	7	13	12	6	-3,1	7,0	393,9	434,8
58648001	14,0	8	13	11	6	-4,4	6,0	13,4	14,8
58645000	6,8	8	13	11	6	-4,1	5,9	6,5	7,2
58630030	365,4	7	13	12	6	-3,4	6,9	353,0	390,6
58630002	365,4	7	13	12	6	-3,4	6,9	353,0	390,6
58620000	183,2	8	12	11	7	-4,0	6,7	175,8	195,5
58612000	183,2	8	12	11	7	-4,0	6,7	175,9	195,5
58610000	13,9	9	13	10	6	-5,8	5,0	13,1	14,6
58590000	82,2	7	12	12	7	-3,6	6,5	79,3	87,5
58585000	79,4	7	12	12	7	-2,2	6,4	77,7	84,5
58573000	4,7	7	12	12	7	-2,0	6,4	4,6	5,0
58560000	2,7	7	11	12	8	-4,5	4,5	2,6	2,8
58550001	55,3	7	12	12	7	-3,8	5,4	53,2	58,3

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58542000	11,7	7	12	12	7	-1,0	7,0	11,6	12,5
58535000	16,7	8	13	11	6	-0,8	7,5	16,6	18,0
58530000	12,6	7	12	12	7	-2,2	7,0	12,3	13,5
58525000	5,1	7	12	12	7	-2,4	7,1	5,0	5,5
58520000	77,5	8	12	11	7	-1,8	6,7	76,1	82,6
58517000	26,2	8	12	11	7	-4,6	6,5	25,0	27,9
58516500	49,0	7	12	12	7	-6,9	3,4	45,6	50,7
58512080	40,3	8	13	11	6	-3,0	7,0	39,1	43,2
58512000	39,5	8	13	11	6	-3,0	6,8	38,3	42,2
58500000	3,2	8	12	11	7	-3,2	6,5	3,1	3,4
58491000	23,8	7	12	12	7	-2,5	6,1	23,2	25,3
58480501	20,0	7	12	12	7	-6,8	3,3	18,6	20,6
58480500	20,0	7	12	12	7	-6,8	3,2	18,6	20,6
58440000	38,4	7	12	12	7	-6,8	3,2	35,8	39,6
58434000	3,7	9	14	10	5	-2,9	9,3	3,6	4,1
58425000	19,1	9	13	10	6	-3,7	6,7	18,4	20,4
58421100	18,0	9	14	10	5	-2,6	8,2	17,5	19,5
58420000	16,4	9	13	10	6	-2,5	8,1	16,0	17,8
58405000	11,3	9	13	10	6	-2,3	8,0	11,0	12,2
58385100	190,6	9	13	10	6	-2,5	9,1	185,8	208,0
58380001	189,4	8	12	11	7	-3,2	6,4	183,4	201,5
58336000	4,4	8	12	11	7	-3,2	6,3	4,3	4,7
58335000	4,0	6	12	13	7	-1,7	5,8	4,0	4,3
58321000	174,9	6	12	13	7	-1,8	6,1	171,7	185,6
58318002	138,6	8	12	11	7	-3,2	6,1	134,1	147,0
58315100	271,7	8	12	11	7	-3,2	6,0	262,9	288,1
58315000	271,7	8	12	11	7	-3,2	5,9	263,0	287,6
58305001	266,6	8	12	11	7	-3,2	5,9	258,1	282,2
58305000	266,6	8	12	11	7	-3,2	5,7	258,1	281,9
58300001	263,0	8	12	11	7	-3,2	5,7	254,6	278,0
58300000	263,1	8	12	11	7	-3,2	5,6	254,7	277,9
58287000	5,4	8	12	11	7	-3,2	5,6	5,2	5,7
58286000	6,2	8	13	11	6	-1,7	9,2	6,1	6,7
58270000	8,4	8	13	11	6	-1,7	9,1	8,2	9,1
58258000	6,3	9	14	10	5	-0,1	11,4	6,3	7,1
58250000	224,0	8	12	11	7	-2,6	8,4	218,2	242,9
58242000	214,8	7	12	12	7	-2,9	5,0	208,6	225,5
58240080	214,6	7	12	12	7	-2,8	4,9	208,5	225,0
58230200	189,2	7	12	12	7	-2,8	4,9	183,9	198,4
58230100	189,2	7	12	12	7	-2,7	4,4	184,1	197,5
58227000	2,9	7	12	12	7	-2,7	4,4	2,9	3,1
58220000	3,3	7	12	12	7	-1,6	6,7	3,3	3,5
58218000	179,0	8	12	11	7	-3,8	6,0	172,3	189,6
58215000	0,6	7	12	12	7	-2,7	4,3	0,6	0,6
58214250	173,9	8	12	11	7	-1,2	7,7	171,9	187,3
58212150	4,1	7	12	12	7	-2,7	4,2	4,0	4,3
58211000	4,1	8	12	11	7	-1,1	5,7	4,1	4,4
58204000	164,3	8	12	11	7	-1,3	5,5	162,2	173,3
58201000	157,6	7	12	12	7	-2,8	4,1	153,2	164,0
58198000	0,7	7	12	12	7	-2,7	4,1	0,7	0,8
58192000	148,4	6	10	13	9	-4,8	2,5	141,3	152,1
58183000	144,6	7	12	12	7	-2,5	4,1	140,9	150,5
58182500	144,6	7	12	12	7	-2,5	4,1	141,0	150,5
58165000	3,2	7	12	12	7	-2,5	4,1	3,2	3,4
58158100	134,7	6	10	13	9	-4,1	2,1	129,2	137,6
58152010	130,4	7	12	12	7	-2,1	4,2	127,7	136,0

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58142200	8,9	7	12	12	7	-2,1	4,3	8,7	9,3
58128100	23,0	8	12	11	7	-2,1	3,8	22,5	23,9
58116900	2,2	9	12	10	7	-0,5	4,3	2,2	2,3
58110002	84,4	9	13	10	6	-2,1	5,0	82,6	88,7
58105300	81,2	7	12	12	7	-3,8	3,4	78,2	84,0
58105000	81,2	7	12	12	7	-3,7	3,3	78,2	83,9
58099000	76,9	7	12	12	7	-3,7	3,3	74,1	79,5
58096000	76,7	7	12	12	7	-3,6	3,2	73,9	79,1
58093080	76,7	7	12	12	7	-3,6	3,1	74,0	79,1
58068000	12,7	7	12	12	7	-3,6	3,1	12,2	13,1
58060000	8,1	8	12	11	7	-2,6	5,2	7,9	8,5
58040000	29,3	8	12	11	7	-2,0	4,3	28,7	30,6
58030000	12,5	6	12	13	7	-3,6	1,7	12,0	12,7
19140	365,3	7	12	12	7	-3,1	3,6	354,0	378,4
19098	13,7	7	13	12	6	-3,4	6,9	13,3	14,7
19097	406,5	6	12	13	7	-1,8	6,0	399,3	430,8
19095	39,9	7	13	12	6	-3,1	7,0	38,6	42,7
19094	138,5	8	13	11	6	-3,2	6,5	134,2	147,5
19093	214,6	8	12	11	7	-3,2	6,0	207,7	227,6
19092	23,0	7	12	12	7	-2,8	4,9	22,4	24,1
19091	76,7	9	12	10	7	-0,5	4,3	76,2	80,0

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2.8 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Q95.

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58974000	240,7	5	8	14	11	-8,9	-2,3	219,3	235,3
58960000	20,6	5	7	14	12	-11,6	-6,4	18,3	19,3
58940000	14,9	5	7	14	12	-12,5	-7,3	13,0	13,8
58934000	3,3	5	4	14	15	-15,6	-18,9	2,8	2,7
58933000	3,2	5	4	14	15	-15,6	-18,2	2,7	2,6
58930000	2,5	5	5	14	14	-11,8	-12,2	2,2	2,2
58920000	10,2	5	7	14	12	-10,6	-4,2	9,1	9,8
58918180	5,6	5	8	14	11	-10,2	-2,4	5,1	5,5
58917000	4,5	5	8	14	11	-10,6	-2,3	4,0	4,4
58916000	2,9	5	8	14	11	-6,2	-1,4	2,8	2,9
58912090	1,0	5	8	14	11	-6,1	-1,6	0,9	1,0
58912080	0,8	5	7	14	12	-5,8	-1,8	0,8	0,8
58910000	0,8	5	6	14	13	-9,6	-11,8	0,7	0,7
58880001	218,5	5	9	14	10	-8,6	-2,7	199,7	212,6
58874000	13,8	5	6	14	13	-7,8	-4,5	12,7	13,2
58870000	3,4	8	7	11	12	-3,8	-5,8	3,2	3,2
58857000	2,0	8	10	11	9	-2,3	1,3	1,9	2,0
58850000	9,8	5	5	14	14	-8,7	-4,8	8,9	9,3
58846000	9,4	5	5	14	14	-8,9	-4,8	8,6	9,0
58829000	8,1	5	5	14	14	-8,2	-5,4	7,5	7,7
58827000	5,2	5	7	14	12	-6,2	-9,1	4,9	4,8
58826000	1,8	4	5	15	14	-6,0	-10,8	1,7	1,6
58825000	2,5	5	7	14	12	-6,9	-8,7	2,4	2,3
58795000	204,4	5	9	14	10	-8,5	-2,5	186,9	199,3

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58792100	35,0	5	7	14	12	-8,8	-6,3	31,9	32,8
58790000	34,0	5	7	14	12	-8,4	-7,0	31,1	31,6
58788050	30,4	7	7	12	12	-8,6	-7,0	27,8	28,3
58770000	26,5	7	6	12	13	-8,6	-6,9	24,2	24,7
58755000	5,2	7	7	12	12	-6,8	-2,5	4,9	5,1
58753080	1,7	7	7	12	12	-5,7	-5,4	1,6	1,6
58750000	4,4	7	7	12	12	-6,4	-3,2	4,1	4,2
58736000	1,6	7	5	12	14	-49,0	-43,6	0,8	0,9
58735000	14,8	7	7	12	12	-6,5	-5,1	13,8	14,0
58731700	0,8	7	6	12	13	-11,9	-15,8	0,7	0,6
58731300	13,2	7	7	12	12	-6,2	-3,9	12,4	12,7
58731000	13,2	7	7	12	12	-6,2	-3,9	12,4	12,7
58730001	12,8	7	7	12	12	-5,7	-3,5	12,1	12,3
58720000	3,1	7	8	12	11	-5,4	-3,2	3,0	3,0
58710000	6,5	7	7	12	12	-5,7	-1,7	6,1	6,4
58670002	1,8	6	10	13	9	-9,8	1,3	1,6	1,8
58658000	1,3	5	10	14	9	-9,4	1,6	1,2	1,3
58651980	161,4	4	7	15	12	-8,4	-2,4	147,8	157,5
58648001	4,7	5	8	14	11	-8,8	-0,7	4,3	4,7
58645000	2,6	5	9	14	10	-6,7	-0,2	2,4	2,6
58630030	102,9	4	7	15	12	-8,6	-3,0	94,1	99,8
58630002	102,9	4	7	15	12	-8,6	-3,0	94,1	99,8
58620000	67,0	5	8	14	11	-7,6	-2,9	61,9	65,1
58612000	67,0	5	8	14	11	-7,6	-2,9	61,9	65,1
58610000	4,5	5	7	14	12	-5,0	-4,4	4,3	4,3
58590000	26,9	5	8	14	11	-7,8	-3,3	24,8	26,0
58585000	25,7	4	6	15	13	-6,8	-2,8	24,0	25,0
58573000	1,3	4	6	15	13	-6,8	-2,6	1,2	1,2
58560000	0,6	4	3	15	16	-8,5	-6,8	0,5	0,5
58550001	18,3	3	5	16	14	-10,1	-10,0	16,5	16,5
58542000	3,4	4	7	15	12	-7,4	-0,9	3,2	3,4
58535000	4,9	4	8	15	11	-10,2	-2,8	4,4	4,7
58530000	3,7	3	5	16	14	-10,6	-4,9	3,3	3,5
58525000	1,4	4	4	15	15	-11,8	-5,1	1,2	1,3
58520000	30,2	3	6	16	13	-9,3	-7,4	27,4	28,0
58517000	11,3	7	8	12	11	-6,5	-6,1	10,5	10,6
58516500	17,2	7	9	12	10	-4,3	-4,4	16,4	16,4
58512080	15,9	5	8	14	11	-5,9	-5,7	15,0	15,0
58512000	15,8	5	8	14	11	-6,0	-5,9	14,8	14,8
58500000	1,6	5	8	14	11	-5,8	-6,0	1,5	1,5
58491000	10,3	7	8	12	11	-4,7	-2,2	9,9	10,1
58480501	8,6	7	9	12	10	-4,3	-4,1	8,2	8,2
58480500	8,6	7	9	12	10	-4,3	-4,1	8,2	8,2
58440000	11,5	7	9	12	10	-4,3	-4,1	11,0	11,0
58434000	1,1	5	10	14	9	-6,3	0,3	1,1	1,1
58425000	6,8	4	7	15	12	-7,0	-2,6	6,3	6,6
58421100	6,6	5	12	14	7	-6,2	1,9	6,1	6,7
58420000	6,3	5	12	14	7	-6,2	1,8	5,9	6,4
58405000	3,2	5	11	14	8	-6,3	1,7	3,0	3,3
58385100	70,9	5	9	14	10	-5,0	-1,4	67,4	70,0
58380001	70,7	4	7	15	12	-8,3	-3,2	64,8	68,4
58336000	1,3	4	7	15	12	-8,3	-3,2	1,2	1,2
58335000	1,1	7	9	12	10	-4,8	-2,9	1,1	1,1
58321000	69,0	7	9	12	10	-5,9	-2,9	65,0	67,1
58318002	58,2	4	7	15	12	-8,0	-3,0	53,6	56,5
58315100	164,2	4	7	15	12	-8,1	-3,0	151,0	159,3

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58315000	164,2	5	6	14	13	-8,1	-3,4	150,9	158,6
58305001	161,1	5	6	14	13	-8,1	-3,4	148,0	155,6
58305000	161,1	5	6	14	13	-8,0	-3,8	148,3	155,0
58300001	158,9	5	6	14	13	-8,0	-3,8	146,2	152,9
58300000	159,0	5	6	14	13	-8,2	-3,9	146,0	152,7
58287000	1,3	5	6	14	13	-8,2	-3,9	1,2	1,2
58286000	1,5	4	8	15	11	-12,9	-6,5	1,3	1,4
58270000	2,6	5	8	14	11	-13,1	-5,6	2,2	2,4
58258000	1,6	4	13	15	6	-4,6	3,9	1,6	1,7
58250000	128,4	4	6	15	13	-13,4	-13,3	111,2	111,3
58242000	121,6	5	6	14	13	-8,8	-4,3	110,9	116,3
58240080	121,5	5	6	14	13	-8,9	-4,4	110,7	116,2
58230200	99,1	5	6	14	13	-8,8	-4,4	90,4	94,8
58230100	99,1	5	6	14	13	-9,4	-5,1	89,8	94,1
58227000	1,0	5	6	14	13	-9,4	-5,1	0,9	1,0
58220000	1,1	3	5	16	14	-6,4	-2,7	1,0	1,1
58218000	93,2	3	4	16	15	-11,5	-12,0	82,5	82,0
58215000	0,1	5	6	14	13	-9,5	-5,2	0,1	0,1
58214250	89,8	4	6	15	13	-11,8	-9,1	79,2	81,6
58212150	1,0	5	6	14	13	-9,4	-5,0	0,9	1,0
58211000	1,0	5	6	14	13	-10,4	-8,1	0,9	0,9
58204000	80,1	5	6	14	13	-10,4	-8,1	71,8	73,6
58201000	77,1	5	6	14	13	-9,3	-5,0	69,9	73,2
58198000	0,3	5	6	14	13	-9,4	-4,9	0,3	0,3
58192000	71,6	5	7	14	12	-12,5	-5,4	62,6	67,7
58183000	66,1	5	6	14	13	-9,4	-4,8	59,9	63,0
58182500	66,1	4	6	15	13	-9,4	-4,6	59,9	63,1
58165000	1,0	4	6	15	13	-9,4	-4,6	0,9	1,0
58158100	60,6	5	5	14	14	-9,9	-6,2	54,6	56,9
58152010	57,0	4	6	15	13	-9,0	-4,4	51,9	54,5
58142200	3,4	4	6	15	13	-8,7	-4,3	3,1	3,3
58128100	4,4	5	4	14	15	-9,5	-7,3	4,0	4,1
58116900	0,8	4	6	15	13	-6,3	-2,9	0,7	0,8
58110002	39,6	4	7	15	12	-6,9	-4,1	36,8	38,0
58105300	37,1	4	6	15	13	-9,4	-4,1	33,6	35,6
58105000	37,1	4	6	15	13	-9,6	-4,3	33,5	35,5
58099000	32,6	4	6	15	13	-9,6	-4,3	29,5	31,2
58096000	32,5	4	6	15	13	-9,7	-4,1	29,4	31,2
58093080	32,5	4	6	15	13	-9,7	-4,1	29,3	31,2
58068000	4,4	4	6	15	13	-9,7	-4,1	3,9	4,2
58060000	3,4	6	9	13	10	-4,7	-4,5	3,3	3,3
58040000	11,2	4	9	15	10	-4,2	-2,0	10,7	11,0
58030000	5,3	5	6	14	13	-10,7	-5,9	4,8	5,0
19140	102,9	5	7	14	12	-12,5	-5,7	90,0	97,0
19098	4,1	4	7	15	12	-8,6	-3,0	3,8	4,0
19097	161,4	7	9	12	10	-6,2	-3,1	151,4	156,5
19095	15,8	4	7	15	12	-8,4	-2,5	14,4	15,4
19094	58,2	5	8	14	11	-5,9	-6,2	54,8	54,6
19093	121,5	4	7	15	12	-8,1	-3,0	111,7	117,8
19092	4,4	5	6	14	13	-8,8	-4,4	4,0	4,2
19091	32,5	4	6	15	13	-6,3	-2,9	30,5	31,6

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2.9 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência Q90.

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58974000	283,9	5	7	14	12	-7,8	-3,3	261,7	274,6
58960000	25,3	4	5	15	14	-9,7	-10,7	22,8	22,6
58940000	18,2	4	5	15	14	-9,6	-11,6	16,5	16,1
58934000	4,3	5	4	14	15	-13,8	-18,8	3,7	3,5
58933000	4,1	4	4	15	15	-14,4	-18,8	3,5	3,3
58930000	3,2	5	5	14	14	-11,5	-14,3	2,9	2,8
58920000	12,2	5	6	14	13	-9,0	-5,5	11,1	11,5
58918180	6,8	4	5	15	14	-9,2	-4,0	6,2	6,5
58917000	5,2	5	5	14	14	-9,4	-4,5	4,7	5,0
58916000	3,4	4	5	15	14	-7,4	-2,6	3,1	3,3
58912090	1,2	5	8	14	11	-8,3	-2,5	1,1	1,2
58912080	1,0	5	8	14	11	-8,1	-2,3	0,9	1,0
58910000	0,9	5	6	14	13	-8,1	-12,3	0,9	0,8
58880001	248,9	5	7	14	12	-8,2	-3,8	228,5	239,4
58874000	15,8	5	6	14	13	-8,5	-4,8	14,5	15,1
58870000	4,0	7	7	12	12	-4,6	-7,4	3,8	3,7
58857000	2,3	8	7	11	12	-3,9	-3,0	2,2	2,2
58850000	11,1	5	6	14	13	-6,6	-7,4	10,3	10,2
58846000	10,7	5	6	14	13	-6,7	-7,2	10,0	9,9
58829000	9,1	5	7	14	12	-5,7	-8,1	8,6	8,3
58827000	5,9	4	5	15	14	-6,8	-9,4	5,5	5,4
58826000	2,1	4	4	15	15	-5,9	-8,6	2,0	1,9
58825000	2,9	4	5	15	14	-5,6	-8,8	2,7	2,6
58795000	232,6	5	7	14	12	-8,0	-3,9	214,1	223,6
58792100	41,6	6	6	13	13	-10,1	-6,1	37,4	39,1
58790000	40,0	6	6	13	13	-10,7	-6,3	35,7	37,5
58788050	35,0	6	6	13	13	-10,4	-6,6	31,3	32,7
58770000	30,3	6	6	13	13	-10,5	-7,3	27,2	28,1
58755000	6,1	6	7	13	12	-7,5	-4,1	5,7	5,9
58753080	1,9	7	8	12	11	-6,6	-2,6	1,8	1,8
58750000	5,1	7	7	12	12	-6,8	-3,6	4,7	4,9
58736000	2,2	7	5	12	14	-54,4	-29,5	1,0	1,6
58735000	17,2	6	6	13	13	-9,3	-4,7	15,6	16,4
58731700	1,0	6	5	13	14	-12,6	-11,7	0,9	0,9
58731300	15,4	6	6	13	13	-8,3	-4,4	14,2	14,8
58731000	15,4	6	6	13	13	-8,3	-4,4	14,2	14,8
58730001	14,7	6	6	13	13	-8,1	-4,3	13,5	14,1
58720000	3,7	6	7	13	12	-6,1	-2,2	3,4	3,6
58710000	7,6	6	6	13	13	-5,7	-3,2	7,2	7,4
58670002	2,4	7	8	12	11	-8,1	-3,5	2,2	2,3
58658000	1,6	6	8	13	11	-8,6	-2,0	1,5	1,6
58651980	180,4	5	7	14	12	-7,1	-3,1	167,6	174,9
58648001	5,3	5	8	14	11	-7,5	-2,7	4,9	5,2
58645000	3,0	5	9	14	10	-6,1	-1,4	2,8	3,0
58630030	107,4	5	7	14	12	-7,0	-3,0	99,9	104,1
58630002	107,4	5	7	14	12	-7,0	-3,0	99,9	104,1
58620000	75,6	5	7	14	12	-6,9	-3,5	70,4	73,0
58612000	75,6	5	7	14	12	-6,9	-3,5	70,4	73,0
58610000	5,4	6	5	13	14	-5,6	-3,1	5,1	5,3
58590000	30,6	5	7	14	12	-6,7	-3,7	28,6	29,5
58585000	29,3	4	6	15	13	-6,5	-3,9	27,4	28,2
58573000	1,7	4	6	15	13	-6,5	-3,8	1,6	1,6
58560000	0,8	4	4	15	15	-9,5	-8,9	0,7	0,7
58550001	20,6	4	5	15	14	-9,4	-9,0	18,7	18,8

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58542000	4,0	4	8	15	11	-6,6	-2,2	3,8	4,0
58535000	5,7	4	8	15	11	-5,7	-2,9	5,3	5,5
58530000	4,2	3	7	16	12	-8,3	-4,8	3,9	4,0
58525000	1,6	3	7	16	12	-8,0	-5,0	1,5	1,5
58520000	34,3	3	7	16	12	-7,5	-3,2	31,7	33,2
58517000	12,7	7	6	12	13	-6,3	-3,0	11,9	12,3
58516500	19,5	7	8	12	11	-5,4	-1,8	18,4	19,1
58512080	17,9	5	6	14	13	-7,3	-4,2	16,6	17,2
58512000	17,7	5	6	14	13	-7,0	-3,4	16,5	17,1
58500000	1,7	6	6	13	13	-7,1	-2,4	1,6	1,7
58491000	11,7	7	9	12	10	-5,6	-0,1	11,0	11,6
58480501	9,9	7	8	12	11	-5,4	-1,8	9,3	9,7
58480500	9,9	7	9	12	10	-5,2	-1,6	9,3	9,7
58440000	13,6	7	9	12	10	-5,2	-1,6	12,9	13,4
58434000	1,5	5	9	14	10	-4,8	-1,8	1,5	1,5
58425000	8,0	4	7	15	12	-6,5	-3,8	7,5	7,7
58421100	7,7	5	10	14	9	-4,8	0,7	7,3	7,7
58420000	7,2	5	10	14	9	-4,8	0,7	6,8	7,2
58405000	3,7	5	10	14	9	-4,7	0,7	3,5	3,7
58385100	90,9	5	9	14	10	-3,8	-1,2	87,5	89,8
58380001	90,6	5	7	14	12	-6,5	-2,5	84,7	88,3
58336000	1,5	5	7	14	12	-6,7	-2,5	1,4	1,5
58335000	1,4	7	10	12	9	-1,9	0,4	1,4	1,4
58321000	88,2	7	10	12	9	-1,8	1,1	86,6	89,1
58318002	75,3	5	7	14	12	-6,2	-1,9	70,7	73,9
58315100	189,3	5	7	14	12	-6,3	-2,0	177,4	185,5
58315000	189,3	5	7	14	12	-7,7	-3,0	174,7	183,6
58305001	186,2	5	7	14	12	-7,7	-3,0	171,8	180,6
58305000	186,2	5	7	14	12	-7,8	-3,3	171,6	180,1
58300001	184,6	5	7	14	12	-7,8	-3,3	170,1	178,5
58300000	184,6	5	7	14	12	-7,9	-3,6	170,0	178,0
58287000	1,5	5	7	14	12	-7,9	-3,6	1,4	1,5
58286000	1,8	4	9	15	10	-5,4	-0,9	1,7	1,8
58270000	3,0	4	9	15	10	-6,4	-1,0	2,8	3,0
58258000	2,0	5	12	14	7	-5,6	2,9	1,9	2,1
58250000	152,1	4	5	15	14	-11,0	-7,4	135,4	140,9
58242000	146,3	5	6	14	13	-7,9	-3,9	134,7	140,6
58240080	146,1	5	6	14	13	-7,7	-3,6	134,9	140,8
58230200	114,5	5	6	14	13	-7,8	-3,6	105,6	110,4
58230100	114,5	5	6	14	13	-8,1	-3,9	105,3	110,1
58227000	1,2	5	6	14	13	-8,1	-3,9	1,1	1,2
58220000	1,3	4	7	15	12	-7,9	-2,8	1,2	1,3
58218000	107,5	4	5	15	14	-9,4	-6,0	97,4	101,1
58215000	0,2	5	6	14	13	-8,3	-4,0	0,2	0,2
58214250	102,5	4	6	15	13	-7,3	-2,1	95,0	100,4
58212150	1,2	5	7	14	12	-8,5	-3,7	1,1	1,2
58211000	1,2	3	7	16	12	-8,1	-4,9	1,1	1,2
58204000	94,6	3	7	16	12	-8,4	-4,9	86,6	89,9
58201000	90,7	5	7	14	12	-8,5	-3,8	82,9	87,2
58198000	0,4	5	7	14	12	-8,4	-3,9	0,3	0,3
58192000	83,7	5	7	14	12	-12,9	-6,2	72,9	78,5
58183000	81,8	5	6	14	13	-8,0	-3,9	75,3	78,6
58182500	81,8	5	6	14	13	-7,9	-3,9	75,3	78,6
58165000	1,2	5	6	14	13	-7,9	-3,9	1,1	1,2
58158100	74,3	5	6	14	13	-8,4	-6,5	68,1	69,5
58152010	70,4	5	6	14	13	-7,6	-3,5	65,0	67,9

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58142200	3,9	5	6	14	13	-7,7	-3,2	3,6	3,8
58128100	5,0	5	5	14	14	-7,5	-6,3	4,6	4,7
58116900	0,9	5	7	14	12	-6,4	-2,6	0,9	0,9
58110002	44,5	5	7	14	12	-5,9	-2,9	41,9	43,2
58105300	41,5	5	6	14	13	-8,7	-3,7	37,9	40,0
58105000	41,5	5	6	14	13	-8,7	-3,8	37,9	39,9
58099000	36,7	5	6	14	13	-8,7	-3,8	33,5	35,3
58096000	36,6	5	6	14	13	-8,7	-4,0	33,4	35,1
58093080	36,6	5	6	14	13	-8,6	-4,0	33,4	35,1
58068000	4,9	5	6	14	13	-8,6	-4,0	4,5	4,7
58060000	3,8	5	9	14	10	-3,4	-0,6	3,7	3,8
58040000	12,9	5	9	14	10	-3,4	0,0	12,5	12,9
58030000	6,1	5	7	14	12	-9,5	-5,6	5,5	5,7
19140	107,4	5	7	14	12	-9,2	-4,9	97,5	102,1
19098	4,8	5	7	14	12	-7,0	-3,0	4,5	4,7
19097	180,4	8	10	11	9	-1,8	0,9	177,1	182,0
19095	17,7	5	7	14	12	-7,1	-3,1	16,5	17,2
19094	75,3	6	6	13	13	-7,1	-2,4	70,0	73,5
19093	146,1	5	7	14	12	-6,3	-2,0	137,0	143,2
19092	5,0	5	6	14	13	-7,8	-3,6	4,6	4,8
19091	36,6	5	7	14	12	-6,4	-2,6	34,2	35,6

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2.10 – Resultados das alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas para a vazão de referência $Q_{7,10}$.

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58974000	185,9	3	8	16	11	-6,6	-7,4	173,7	172,3
58960000	12,4	3	4	16	15	-17,4	-16,8	10,3	10,4
58940000	9,2	3	4	16	15	-18,7	-16,8	7,5	7,6
58934000	2,0	4	3	15	16	-26,5	-26,5	1,5	1,5
58933000	2,0	4	3	15	16	-26,4	-26,5	1,5	1,5
58930000	1,6	4	3	15	16	-15,3	-14,1	1,3	1,4
58920000	6,7	3	5	16	14	-13,8	-10,8	5,8	6,0
58918180	3,9	3	6	16	13	-13,4	-10,3	3,3	3,5
58917000	3,1	3	6	16	13	-13,6	-10,1	2,7	2,8
58916000	2,1	3	6	16	13	-10,2	-5,6	1,9	2,0
58912090	0,7	4	7	15	12	-10,2	-6,3	0,6	0,7
58912080	0,6	4	7	15	12	-10,0	-5,8	0,5	0,6
58910000	0,6	6	3	13	16	-10,5	-8,3	0,5	0,5
58880001	172,3	4	8	15	11	-6,7	-6,6	160,8	161,0
58874000	10,0	3	5	16	14	-13,5	-9,5	8,6	9,0
58870000	2,4	7	8	12	11	-4,0	-9,7	2,3	2,2
58857000	1,6	9	9	10	10	-0,8	-2,7	1,6	1,6
58850000	7,3	3	4	16	15	-16,6	-10,7	6,1	6,6
58846000	7,2	3	4	16	15	-16,4	-10,5	6,0	6,5
58829000	6,4	3	5	16	14	-13,5	-9,1	5,5	5,8
58827000	3,8	4	7	15	12	-10,2	-9,1	3,4	3,4
58826000	1,4	4	6	15	13	-8,5	-9,3	1,3	1,3
58825000	1,6	5	8	14	11	-5,6	-8,1	1,5	1,5
58795000	162,2	4	8	15	11	-7,3	-6,6	150,4	151,5

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58792100	25,2	5	8	14	11	-10,5	-10,8	22,5	22,5
58790000	24,5	5	8	14	11	-10,2	-9,8	22,0	22,1
58788050	22,2	4	8	15	11	-9,0	-9,6	20,2	20,1
58770000	19,2	4	8	15	11	-9,1	-10,7	17,4	17,1
58755000	4,0	6	9	13	10	-8,1	-5,0	3,7	3,8
58753080	1,3	4	7	15	12	-8,8	-8,9	1,2	1,2
58750000	3,3	5	8	14	11	-6,8	-3,7	3,1	3,2
58736000	0,8	6	5	13	14	-45,6	-46,4	0,4	0,4
58735000	10,7	4	8	15	11	-8,0	-6,7	9,9	10,0
58731700	0,4	4	5	15	14	-17,6	-26,1	0,4	0,3
58731300	10,0	4	8	15	11	-7,8	-5,1	9,2	9,5
58731000	10,0	4	8	15	11	-7,8	-5,1	9,2	9,5
58730001	9,8	3	8	16	11	-7,8	-4,5	9,1	9,4
58720000	2,6	4	6	15	13	-4,8	-5,6	2,4	2,4
58710000	4,5	6	7	13	12	-6,5	-1,5	4,2	4,4
58670002	1,2	8	8	11	11	-7,1	-6,9	1,2	1,2
58658000	0,9	7	7	12	12	-12,5	-8,6	0,8	0,9
58651980	132,7	4	7	15	12	-5,6	-7,2	125,2	123,1
58648001	3,6	4	7	15	12	-9,1	-2,7	3,2	3,5
58645000	1,9	5	10	14	9	-5,6	0,5	1,8	1,9
58630030	101,2	5	7	14	12	-5,5	-6,8	95,6	94,3
58630002	101,2	5	7	14	12	-5,5	-6,8	95,6	94,3
58620000	52,5	6	9	13	10	-7,7	-7,2	48,4	48,7
58612000	52,5	6	9	13	10	-7,7	-7,2	48,4	48,7
58610000	2,7	5	8	14	11	-5,7	-6,3	2,6	2,5
58590000	20,8	6	9	13	10	-6,8	-7,1	19,4	19,3
58585000	19,5	5	4	14	15	-11,1	-7,0	17,3	18,1
58573000	0,8	5	4	14	15	-11,8	-7,2	0,7	0,8
58560000	0,3	4	1	15	18	-14,6	-16,0	0,2	0,2
58550001	14,4	5	2	14	17	-22,1	-17,3	11,2	11,9
58542000	2,0	5	6	14	13	-11,6	-2,2	1,8	2,0
58535000	3,8	6	4	13	15	-11,1	-10,5	3,3	3,4
58530000	2,8	5	3	14	16	-11,0	-14,2	2,5	2,4
58525000	1,1	5	3	14	16	-12,3	-13,7	1,0	1,0
58520000	23,3	6	4	13	15	-13,3	-10,9	20,2	20,7
58517000	9,1	5	8	14	11	-6,0	-5,2	8,5	8,6
58516500	13,4	5	7	14	12	-6,2	-6,2	12,6	12,6
58512080	12,6	6	8	13	11	-6,0	-7,8	11,8	11,6
58512000	12,5	6	8	13	11	-5,8	-8,2	11,8	11,5
58500000	1,3	6	8	13	11	-6,4	-7,1	1,2	1,2
58491000	8,3	6	9	13	10	-6,7	-4,7	7,7	7,9
58480501	7,1	5	7	14	12	-6,5	-6,5	6,7	6,7
58480500	7,1	5	7	14	12	-6,7	-6,8	6,7	6,7
58440000	8,6	5	7	14	12	-6,7	-6,8	8,0	8,0
58434000	0,6	4	7	15	12	-8,3	-2,6	0,6	0,6
58425000	4,9	5	5	14	14	-12,6	-10,0	4,3	4,4
58421100	4,8	4	11	15	8	-5,2	1,0	4,6	4,9
58420000	4,7	4	11	15	8	-5,4	0,8	4,5	4,8
58405000	2,5	4	11	15	8	-5,6	0,8	2,3	2,5
58385100	61,8	5	8	14	11	-8,5	-5,6	56,5	58,3
58380001	61,6	4	7	15	12	-9,6	-8,9	55,7	56,1
58336000	0,9	4	7	15	12	-9,6	-9,1	0,8	0,8
58335000	0,7	6	8	13	11	-7,7	-1,2	0,7	0,7
58321000	60,9	7	10	12	9	-6,3	0,8	57,0	61,3
58318002	53,4	6	7	13	12	-10,0	-9,4	48,0	48,3
58315100	148,9	6	7	13	12	-10,0	-9,5	134,0	134,9

Estação Fluviométrica	Vazão de Referência Atual (m³/s)	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam aumento da Q de referência no longo prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no curto prazo	Número de modelos que indicam diminuição ou não alteração da Q de referência no longo prazo	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no curto prazo (%)	Mediana da Alteração percentual dos 19 modelos no longo prazo (%)	Vazão de Referência Futura Projetada no curto prazo (m³/s)	Vazão de Referência Futura Projetada no longo prazo (m³/s)
58315000	148,9	6	7	13	12	-5,7	-6,4	140,5	139,4
58305001	147,2	6	7	13	12	-5,7	-6,4	138,9	137,8
58305000	147,2	6	7	13	12	-5,9	-6,5	138,5	137,7
58300001	145,9	6	7	13	12	-5,9	-6,5	137,3	136,5
58300000	145,9	6	7	13	12	-6,2	-6,5	136,9	136,4
58287000	0,8	6	7	13	12	-6,2	-6,5	0,8	0,8
58286000	0,9	6	5	13	14	-18,9	-11,3	0,8	0,8
58270000	2,0	6	5	13	14	-16,5	-11,4	1,7	1,8
58258000	0,9	6	10	13	9	-6,1	0,8	0,9	0,9
58250000	120,0	5	2	14	17	-21,4	-17,8	94,3	98,6
58242000	114,4	6	7	13	12	-6,8	-6,1	106,7	107,4
58240080	114,3	6	7	13	12	-7,2	-6,2	106,1	107,2
58230200	74,3	6	7	13	12	-7,2	-6,2	69,0	69,7
58230100	74,3	6	7	13	12	-6,4	-6,4	69,6	69,5
58227000	0,7	6	7	13	12	-6,4	-6,4	0,7	0,7
58220000	0,8	4	3	15	16	-10,5	-12,3	0,7	0,7
58218000	70,9	3	4	16	15	-13,4	-18,4	61,4	57,9
58215000	0,1	6	6	13	13	-6,3	-5,9	0,1	0,1
58214250	69,6	5	6	14	13	-19,8	-15,2	55,8	59,0
58212150	0,7	6	6	13	13	-6,6	-5,8	0,6	0,6
58211000	0,7	6	6	13	13	-13,8	-17,2	0,6	0,5
58204000	60,8	6	6	13	13	-13,5	-17,2	52,6	50,4
58201000	58,6	6	6	13	13	-7,2	-6,4	54,3	54,8
58198000	0,3	6	6	13	13	-6,9	-6,7	0,2	0,2
58192000	56,5	4	7	15	12	-14,0	-6,3	48,6	53,0
58183000	52,3	6	6	13	13	-6,6	-6,7	48,9	48,8
58182500	52,3	6	6	13	13	-6,4	-6,9	49,0	48,7
58165000	0,8	6	6	13	13	-6,4	-6,9	0,7	0,7
58158100	49,6	5	6	14	13	-6,7	-7,6	46,3	45,8
58152010	47,3	6	6	13	13	-6,6	-7,6	44,2	43,7
58142200	2,6	6	6	13	13	-6,5	-8,0	2,4	2,4
58128100	4,3	4	4	15	15	-12,7	-16,0	3,8	3,6
58116900	0,6	5	6	14	13	-5,3	-3,3	0,5	0,5
58110002	33,4	6	7	13	12	-6,4	-5,6	31,3	31,5
58105300	32,0	6	6	13	13	-9,0	-6,8	29,1	29,8
58105000	32,0	6	7	13	12	-8,9	-6,8	29,1	29,8
58099000	31,0	6	7	13	12	-8,9	-6,8	28,3	28,9
58096000	30,9	6	7	13	12	-9,1	-6,8	28,1	28,9
58093080	30,9	6	7	13	12	-9,1	-6,8	28,1	28,9
58068000	3,3	6	7	13	12	-9,1	-6,8	3,0	3,1
58060000	2,7	5	8	14	11	-10,2	-5,8	2,4	2,5
58040000	7,8	5	8	14	11	-8,6	-7,5	7,2	7,2
58030000	4,2	7	7	12	12	-11,9	-11,8	3,7	3,7
19140	101,1	7	6	12	13	-10,3	-6,7	90,7	94,4
19098	2,7	5	7	14	12	-5,5	-6,8	2,6	2,5
19097	132,7	7	10	12	9	-6,7	0,0	123,8	132,7
19095	12,4	4	7	15	12	-5,6	-7,2	11,7	11,5
19094	53,4	6	8	13	11	-6,3	-7,1	50,0	49,6
19093	114,3	6	7	13	12	-10,0	-9,5	102,8	103,5
19092	4,3	6	7	13	12	-7,2	-6,2	4,0	4,1
19091	30,9	5	6	14	13	-5,3	-3,3	29,3	29,9

Fonte: Elaboração própria.

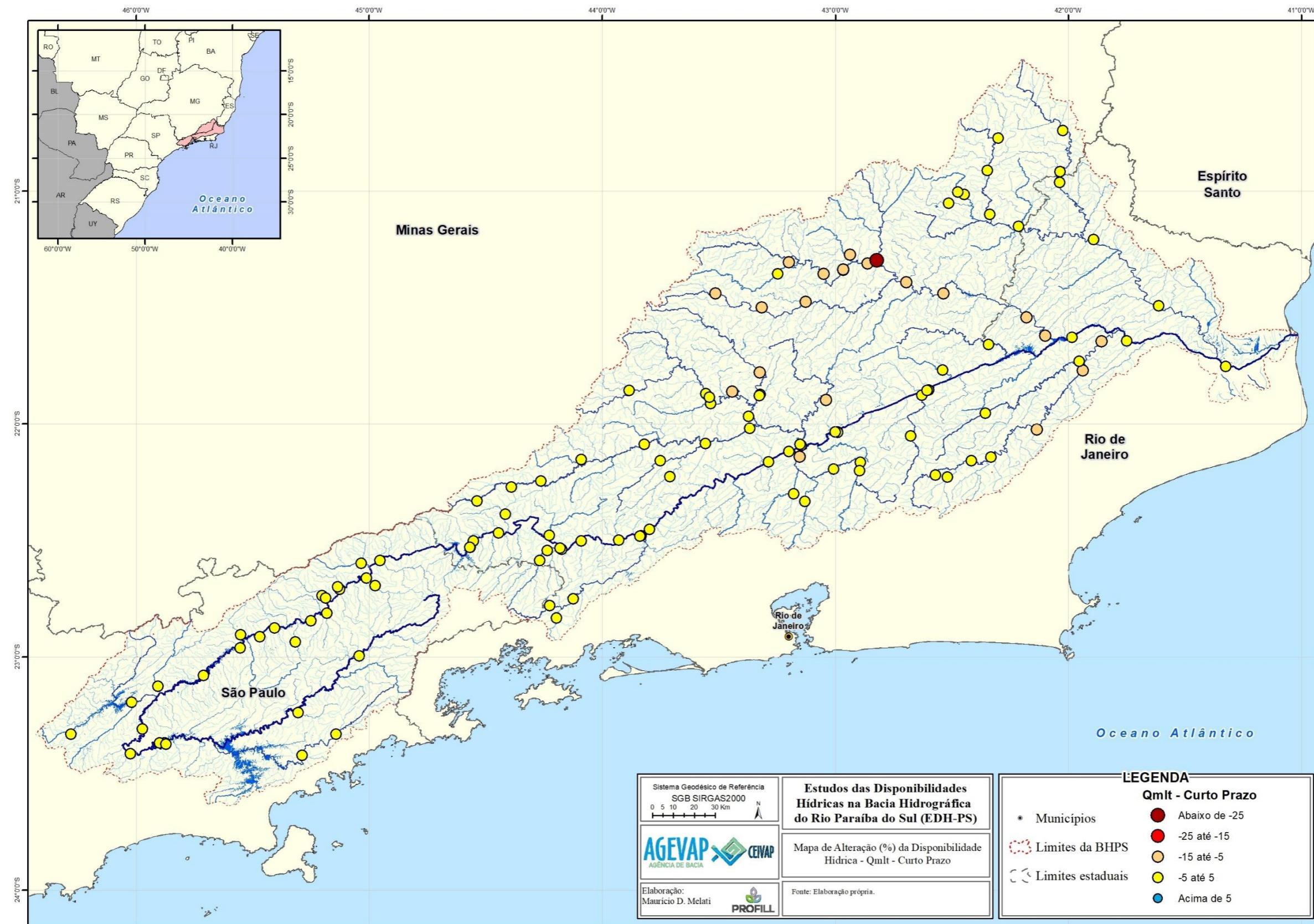


Figura 2.40 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Qmlt nas estações fluviométricas da BHPS

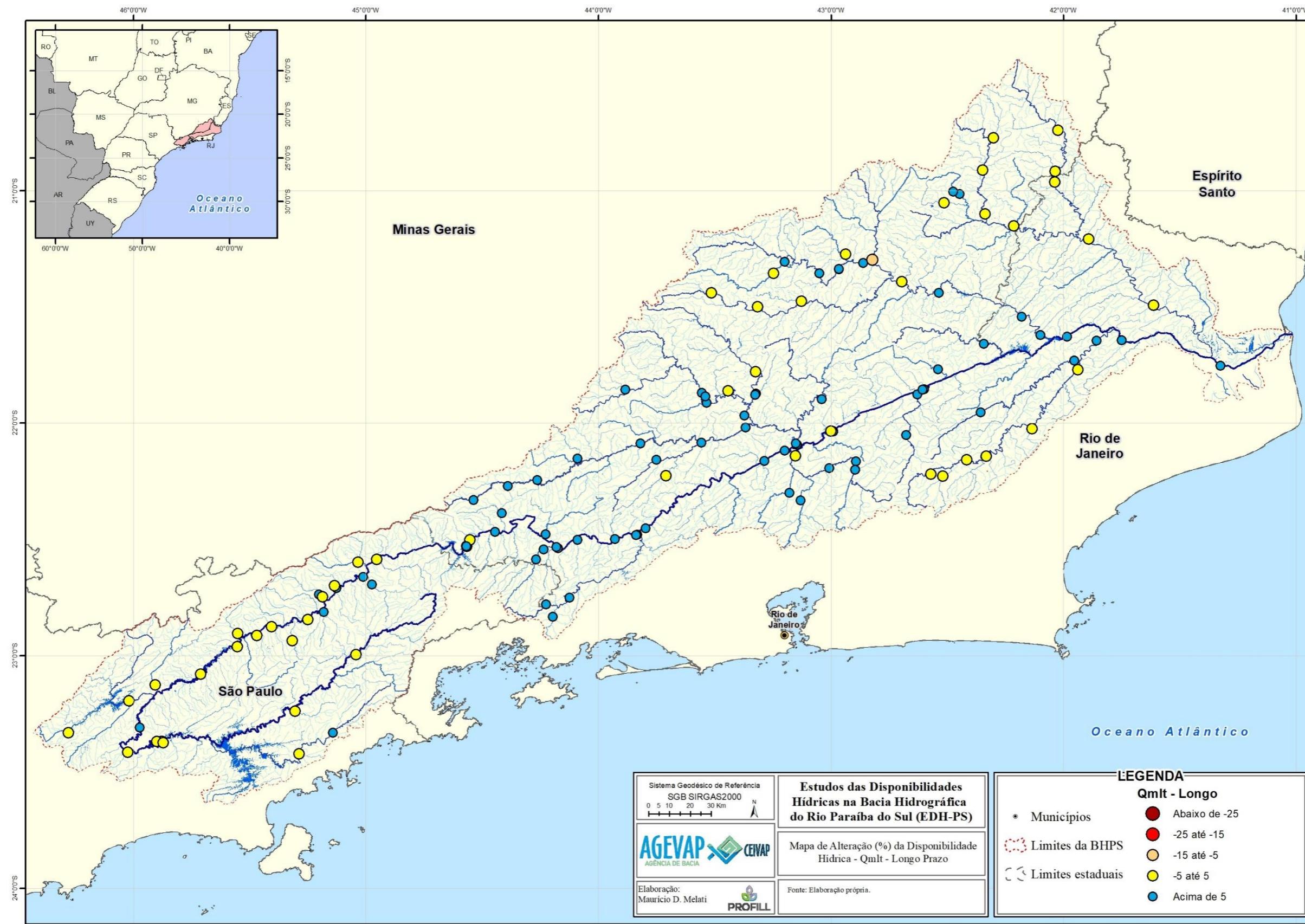


Figura 2.41 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Qmlt nas estações fluviométricas da BHPS

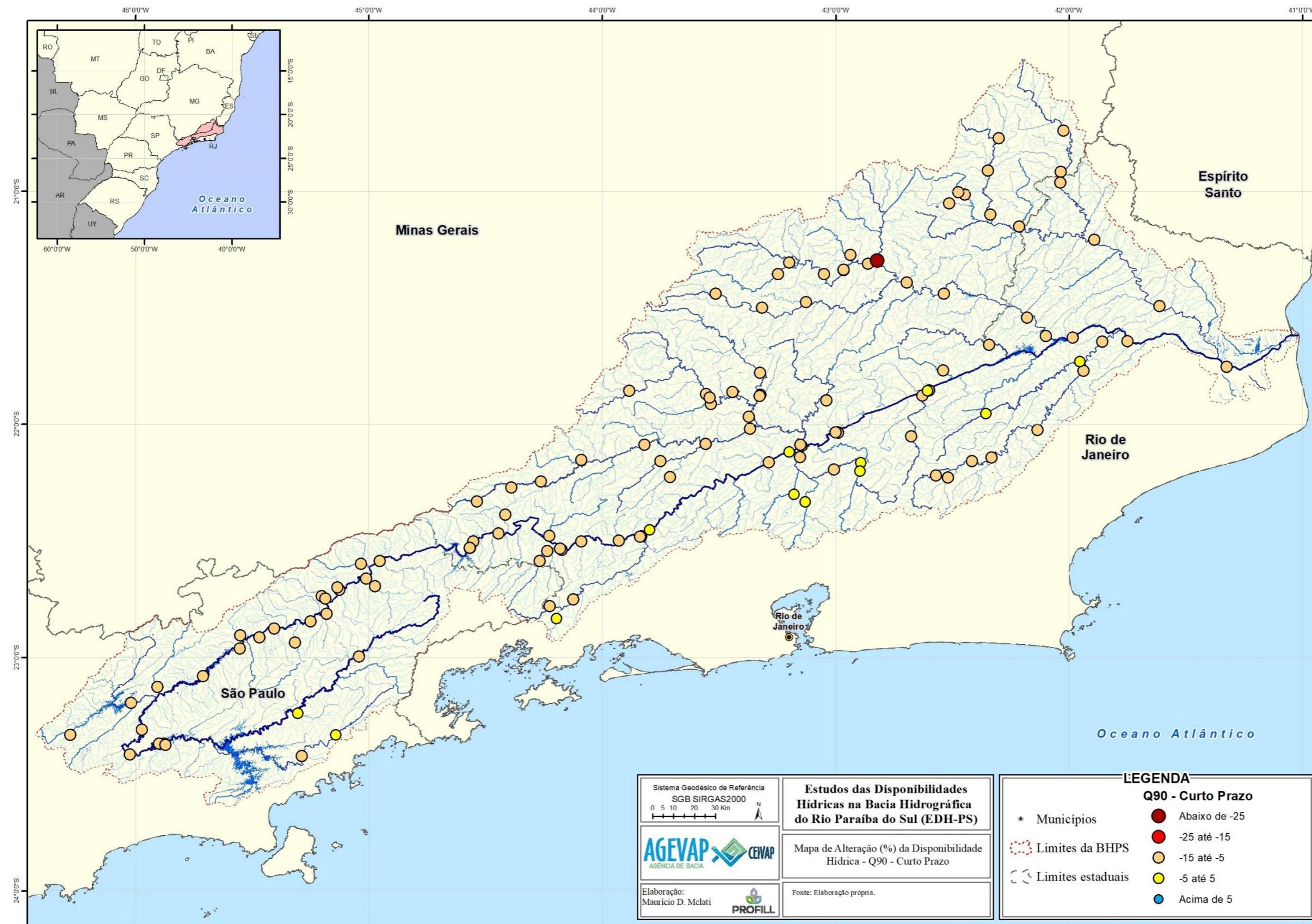


Figura 2.42 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Q90 nas estações fluviométricas da BHPS

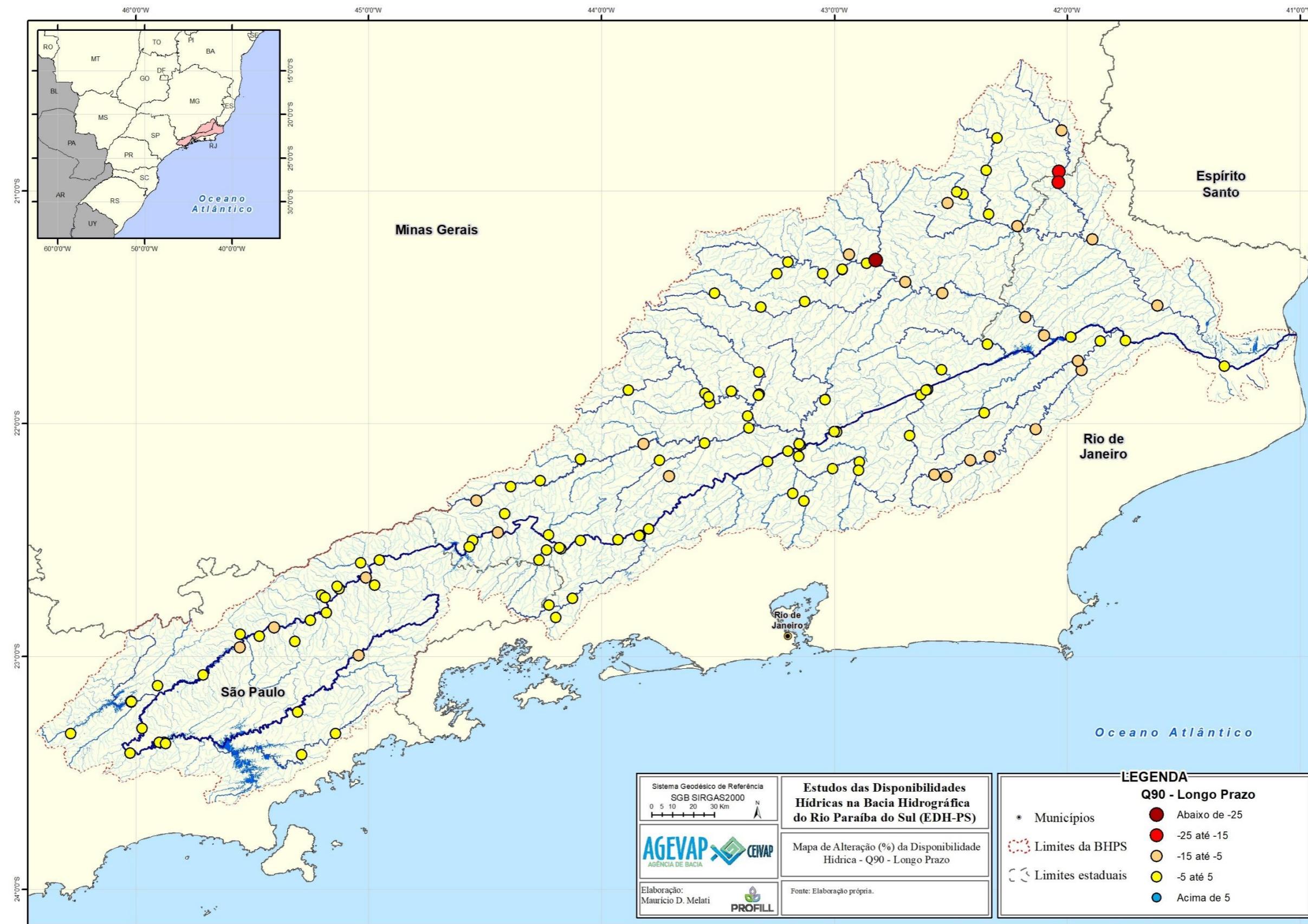


Figura 2.43 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Q90 nas estações fluviométricas da BHPS

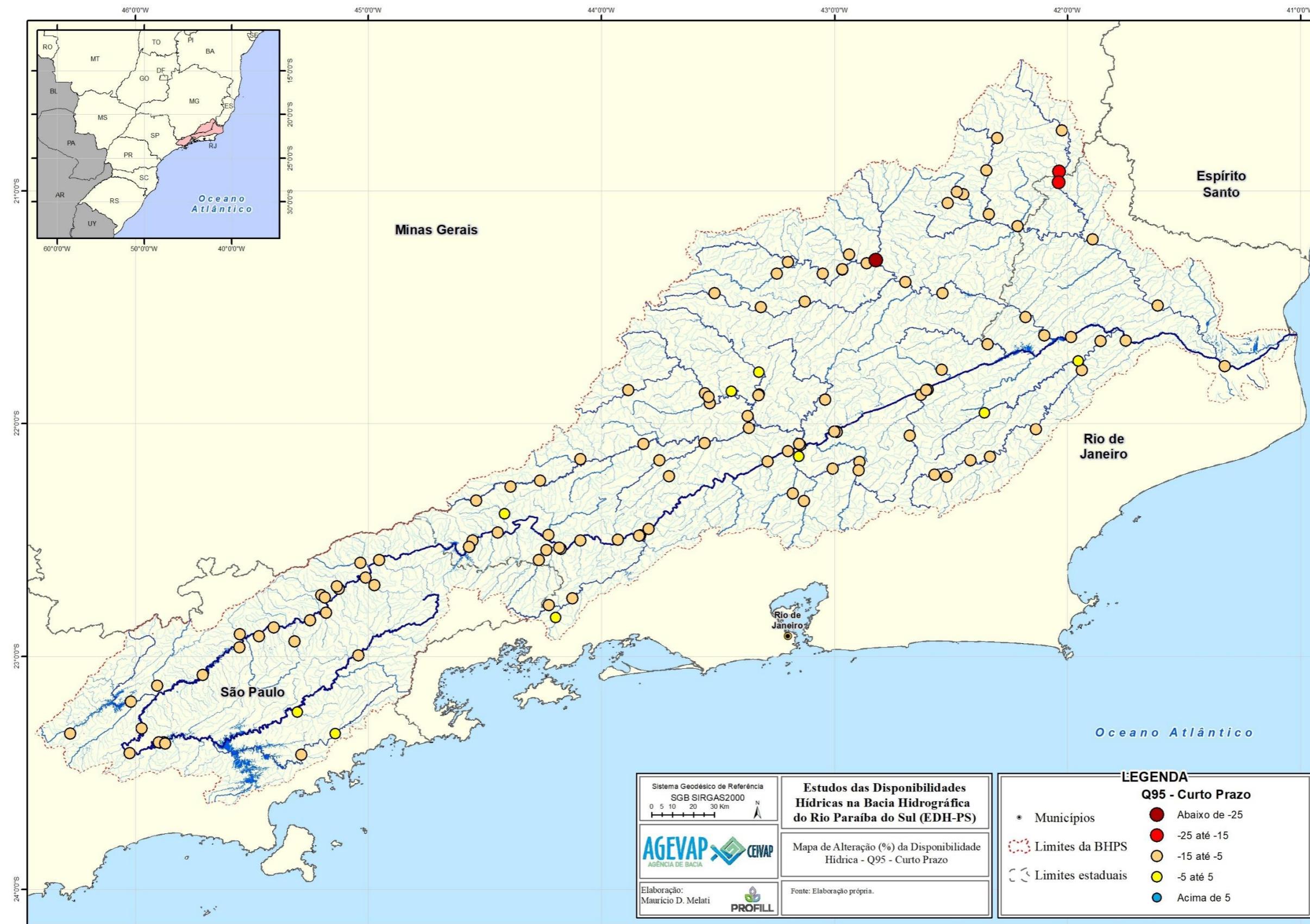


Figura 2.44 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Q95 nas estações fluviométricas da BHPS

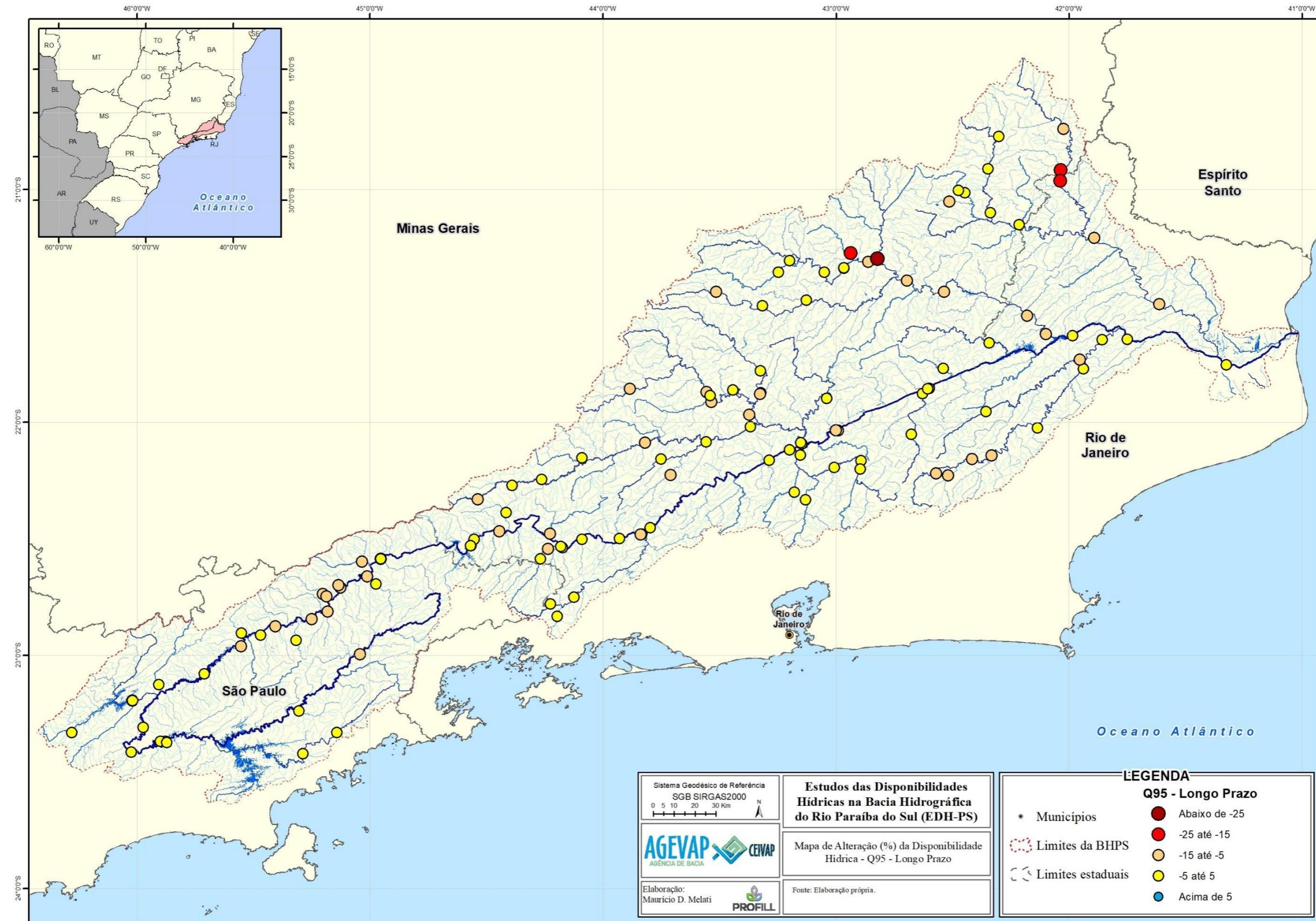
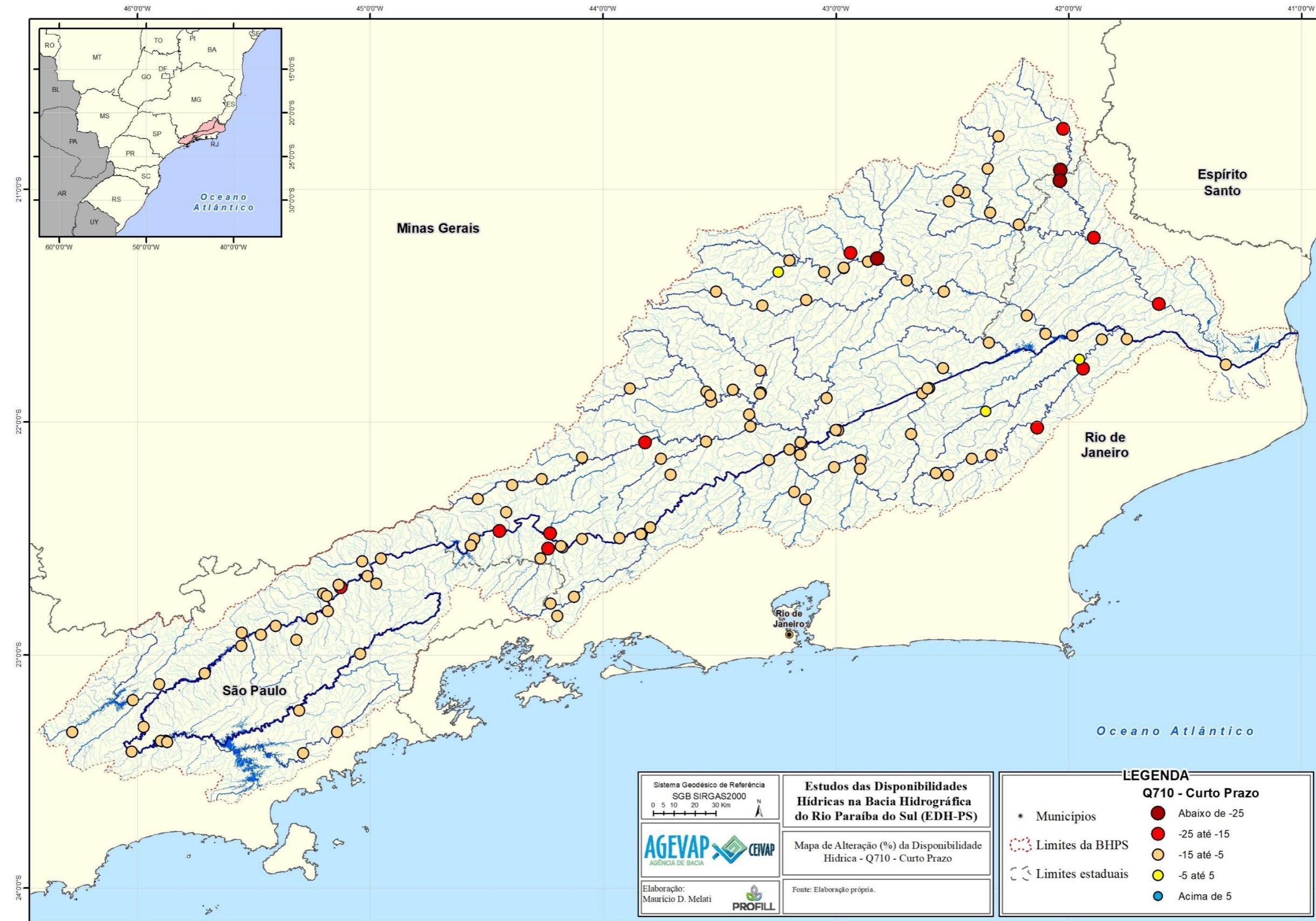


Figura 2.45 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Q95 nas estações fluviométricas da BHPS

Figura 2.46 – Resultados espaciais da alteração percentual no curto prazo na Q_{7,10} nas estações fluviométricas da BHPS

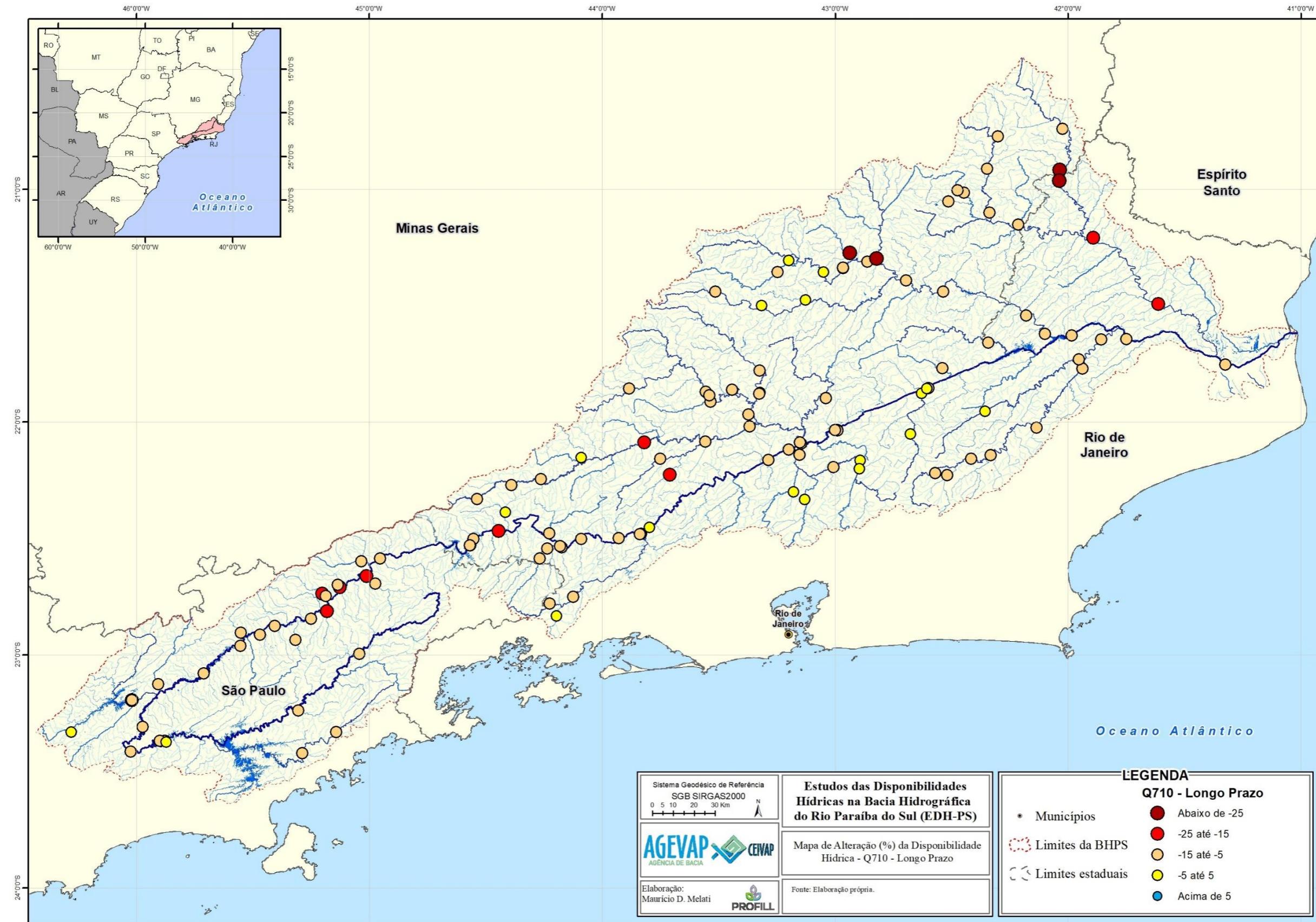


Figura 2.47 – Resultados espaciais da alteração percentual no longo prazo na Q_{7,10} nas estações fluviométricas da BHPS

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

3 DISCUSSÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A LITERATURA

O presente relatório avaliou a situação hídrica de disponibilidade e vazões máximas para a BHPS usando modelagem hidrológica chuva-vazão e modelos climáticos oriundos do Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, CMIP6 - Coupled Model Intercomparison Project Phase 6). Na avaliação foram usadas projeções das variáveis chuva e temperatura para projetar alterações no comportamento das vazões dos rios. O presente estudo usou um cenário intermediário de emissões (SSP 2-4.5). O uso desse cenário permite que os resultados não apresentem fortes tendências à extremos e é o cenário que predomina nas aplicações encontradas na literatura. Apesar disso, sugere-se que em estudos futuros outros cenários também sejam avaliados.

As análises de precipitação dos 19 modelos climáticos foram avaliadas em relação a estacionariedade usando diferentes indicadores. Onde a tendência de alteração da precipitação total anual indica para aumento dos volumes totais de chuvas. Em relação ao número total de dias com chuva acima de 50mm, percebe-se também uma tendência de aumento futuro do indicador. Ou seja, é esperado um aumento em termos de volume das chuvas mais intensas da bacia. A análise do indicador de precipitação máxima P_{max5} corrobora com essas conclusões. Já em relação ao número de dias com chuva, não foi verificada tendência de aumento no indicador, onde inclusive alguns modelos indicam tendência de redução do número de dias com chuva no ano hidrológico. Já avaliação dos dados de temperatura dos modelos climáticos em locais com estações climatológicas utilizadas no modelo mostrou forte tendência de aumento das temperaturas médias anuais e temperaturas máximas em cinco dias consecutivos (T5), os resultados mostraram forte convergência entre os modelos climáticos concordando com aumento das temperaturas na BHPS.

Em relação as alterações de uso e ocupação do solo na bacia entre os anos de 1985 e 2021, as alterações observadas foram bastante sutis, indicando uma condição de bacia hidrográfica com pouca alteração. Verificou-se que o aumento de área não vegetada ocorre mais intensamente próximo ao Rio Paraíba do Sul, principalmente na parte superior da bacia, onde há bastante urbanização e altas vazões demandadas de água para abastecimento humano. Além disso, houve uma leve diminuição nas áreas de agricultura (salvo na sub-bacia do Rio Piraí, onde houve um pequeno aumento). Por fim, observou-se um aumento sutil na área de floresta em quase todas as sub-bacias, com exceção do Rio Piraí, onde foi verificada diminuição da área florestada, e do Médio Vale do Rio Paraíba, onde essa classe permaneceu praticamente constante.



 AGEVAP ADÉNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancaClimatica_R02	

Com base no modelo hidrológico desenvolvido no Produto 4, as avaliações de disponibilidade hídrica para as vazões de referência ($Q_{7,10}$, $Q_{m\text{lt}}$, Q_{95} e $Q_{90\%}$) e vazões máximas (TR_{10} , TR_{25} , TR_{50} e TR_{100}) nos pontos com estações fluviométricas foram simuladas e serão discutidas a seguir.

3.1 Vazões Máximas

A análise de vazões máximas foi feita com base no ajuste teórico estatístico de Gumbel para um total de 131 estações fluviométricas, usando dados de modelos climáticos históricos (1980-2013) e futuros de curto prazo (2015-2045) e longo prazo (2046-2100), que permitiram compreender a magnitude de alteração das vazões máximas nas séries dos modelos por meio da obtenção de fatores de alteração de vazões máximas usando a mediana obtida entre os 19 modelos climáticos. Esse fator de alteração então foi utilizado para projetar as vazões máximas futuras sobre os dados renaturalizados (P3) e simulados (P4), tanto para o curto como para o longo prazo.

Espacialmente é possível observar que a região nordeste da BHPS apresenta menor tendência de aumento das vazões máximas no curto prazo quando comparado com o restante da bacia. Os valores verificados no curto prazo atingem fatores de até 34% de alteração. Já em relação ao longo prazo não foi possível identificar espacialmente áreas mais afetadas, onde os valores atingem até 66% de alteração das vazões máximas. Ao avaliar a bacia como um todo, os valores médios dos fatores de alteração no curto prazo para o TR_{10} , TR_{25} , TR_{50} e TR_{100} foram de 7%, 11%, 13% e 15%, respectivamente. Já para o longo prazo foram de 26%, 28%, 28%, e 29%, respectivamente. Indicando um aumento considerável dos fatores no longo prazo e uma leve tendência de aumento do fator com o aumento do tempo de recorrência.

Estes aumentos nas vazões máximas podem ser explicados pelo que se observa na chuva projetada para o futuro, onde os resultados apontam tanto por uma maior probabilidade no aumento dos volumes quanto na ocorrência de mais eventos extremos de chuvas maiores que 50mm. Estes resultados são projetados para ocorrem nos dados de previsões de longo prazo de forma mais intensa.

Ao avaliar o impacto das alterações de vazões em cenários futuros sobre os tempos de recorrência de vazões atuais nas estações fluviométricas, observou-se uma tendência geral de alteração do parâmetro. Onde vazões que atualmente se considera de maior tempo de retorno, no futuro se tornarão vazões de baixo tempo de retorno. Ao avaliar a bacia como um todo, os valores médios dos TR equivalentes às vazões futuras para o TR_{10} , TR_{25} , TR_{50} e TR_{100} foram de 14, 50, 130 e 337 anos para o curto prazo, respectivamente. Já para o longo prazo foram de 34, 126, 338, e 920 anos, respectivamente. Tais resultados projetados

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

implicam em alterações na segurança de infraestruturas hídricas existentes atualmente e alteração de riscos associados a eventos hidrológicos extremos, uma vez que serão mais recorrentes de acordo com o cenários de mudanças climáticas SSP 2-4.5 avaliado.

Os resultados de alteração da vazão máxima por sub-bacia e atualização de tempo de retorno usando vazões futuras estão discutidos com maiores detalhes no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Resultados de vazões máximas por sub-bacia

Sub-Bacia	Descrição
Alto Vale do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Alto Vale do Rio Paraíba do Sul teve um total de quatro estações avaliadas, onde foram observadas alterações de baixa magnitude para as vazões máximas. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 7% no curto prazo e 14% no longo prazo. As estações 58060000 e 58040000 apresentaram, respectivamente, os maiores valores de vazão para os TRs no longo prazo e curto prazo.
Baixo Vale do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Baixo Vale do Rio Paraíba do Sul teve um total de três estações fluviométricas avaliadas, todas elas localizadas no Rio Paraíba do Sul, e com comportamento similar em relação às alterações médias esperadas. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 14% no curto prazo e 28% no longo prazo. Como esperado, a estação 58974000, localizada mais próximo a foz do rio Paraíba do Sul, apresentou os maiores valores de TRs médios no longo prazo considerando as mudanças climáticas.
Médio Vale do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Médio Vale do Rio Paraíba apresenta diversas estações avaliadas, tanto no Rio Principal como nos pequenos tributários. De maneira geral, as estações localizadas no Rio Paraíba do Sul apresentaram valores superiores às dos pequenos tributários. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 13% no curto prazo e 26% no longo prazo. Assim, destaca-se que as vazões dos TRs considerando as mudanças climáticas no longo prazo apresentam valores homogêneos espacialmente e superiores a 20% em todas as estações, gerando vazões máximas consideravelmente maiores quando comparadas com às vazões dos TRs sem considerar as mudanças climáticas.
Médio Vale Inferior do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Médio Vale Inferior do Rio Paraíba do Sul teve diversas estações avaliadas, tanto no Rio Principal como nos pequenos tributários. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 18% no curto prazo e 30% no longo prazo. As alterações se refletem no aumento nos valores de vazão para todos os TRs considerando as mudanças climáticas, no longo e curto prazo.
Médio Vale Superior do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Médio Vale Superior do Rio Paraíba do Sul foi avaliada com um elevado número de estações fluviométricas, a maior parte delas localizadas no Rio Paraíba do Sul. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 11% no curto prazo e 24% no longo prazo. Assim, pode-se entender que o Rio Paraíba do Sul apresente um comportamento médio de aumento de suas vazões máximas, considerando as mudanças climáticas, em uma extensão considerável de todo o seu comprimento, presente nessa sub-bacia.

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico
		Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

Sub-Bacia	Descrição
Rio Dois Rios	A Sub-Bacia do Rio Dois Rios, afluente do Rio Paraíba do Sul, apresentou um total de nove estações avaliadas. Os resultados indicaram um tendência maiores alterações na parte de menor altitude da região. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 18% no curto prazo e 43% no longo prazo. Os resultados indicam grande aumento dos picos de vazão em eventos hidrológicos, em especial no longo prazo. Destacam-se as estações 58826000 e 58827000, que apresentaram variações superiores a 50% em todos os TRs do longo prazo.
Rio Muriaé	A Sub-Bacia do Rio Muriaé foi avaliada em 9 locais com estações fluviométricas. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 3% no curto prazo e 31% no longo prazo. As alterações no longo prazo mostraram-se homogêneas para todas as estações analisadas, com aumento das vazões máximas para os diferentes TRs. Já no curto prazo as alterações próximas a 3% indicam que as vazões não sofrerão aumento significativo, com algumas estações mostrando diminuição de vazões máximas.
Rio Carangola	A Sub-Bacia do Rio Carangola foi avaliada em 3 locais com estações fluviométricas. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de -6% no curto prazo e 34% no longo prazo. As alterações no longo prazo mostraram-se homogêneas para todas as estações analisadas, com aumento das vazões máximas para os diferentes TRs. Já no curto prazo as alterações médias foram negativas, indicando diminuição nos valores de vazões máximas da bacia.
Rio Paraibuna	A Sub-Bacia do Rio Paraibuna foi avaliada em 12 estações fluviométricas, localizadas nos rios Paraibuna e Peixe. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 10% no curto prazo e 28% no longo prazo. Destaca-se que a bacia apresentou estações com alterações médias no curto prazo negativas, indicando a diminuição das vazões.
Rio Piabanga	A Sub-Bacia do Rio Piabanga foi avaliada em 6 locais com estações fluviométricas. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 17% no curto prazo e 33% no longo prazo. Destaca-se que os valores médios se distribuem de maneira uniforme nas estações, indicando um aumento homogêneo das vazões para todos os TRs e períodos. Salienta-se que esse aumento homogêneo pode aumentar a intensidade de eventos extremos como inundações.
Rio Piraí	A Sub-Bacia do Rio Piraí foi avaliada em 3 locais com estações fluviométricas nas cabeceiras do rio. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 7% no curto prazo e 12% no longo prazo, indicando que não são esperadas grandes alterações nos eventos extremos da região.
Rio Pomba	A Sub-Bacia do Rio Pomba foi avaliada em 14 locais com estações fluviométricas, cuja maioria localiza-se ao longo do Rio da Pomba. Os resultados mostraram alterações médias entre todos TRs de 8% no curto prazo e 31% no longo prazo. Algumas estações apresentaram variações negativas de vazão para o curto prazo, indicando a reduções pontuais nos valores de vazão.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados de vazões máximas obtidos podem ser comparados com estudos existentes de mudanças climáticas para todo o Brasil. O trabalho de Breda et al. (2023) traz análises de mudanças climáticas para toda a América do Sul. No caso

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

de cheias, o trabalho mostra sinais de aumento de cheias na região da BHPS, embora o sinal tenha sido relativamente fraco na composição dos modelos.

3.2 Disponibilidade Hídrica

Em relação a análise de disponibilidade hídrica, a avaliação foi feita para um total de 131 estações fluviométricas, também usando dados dos modelos climáticos históricos e futuros.

Os resultados foram inicialmente avaliados em relação a quantos dos 19 modelos indicam aumento das vazões de referência e quantos indicam diminuição das vazões de referência para cenários de mudanças climáticas. Para as vazões Qm1t, observa-se um maior número de modelos indicando diminuição das vazões para o curto prazo, e um maior número indicando aumento das vazões no longo prazo. Já para as vazões mínimas de referência Q90, Q95 e Q_{7,10} ocorre razoável convergência entre os modelos indicando redução das vazões mínimas.

Ainda, de uma maneira geral, observou-se que para as vazões Qm1t é esperado que ocorre redução na disponibilidade no cenário de curto prazo e aumento da disponibilidade no longo prazo. Já para as vazões mínimas de referência, todos cenários e vazões indicam que a região terá redução das vazões mínimas. As redução das vazões mínimas pode ser explicada por diversos fatores, como o aumento das temperaturas médias e redução do número de dias com chuva no ano, implicando em maiores tempos de esvaziamento aquífero, que poderão comprometer a segurança hídrica em períodos de estiagem prolongada. Os resultados de alteração da disponibilidade hídrica por sub-bacia estão discutidos com maiores detalhes no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Resultados de disponibilidade hídrica por sub-bacia

Sub-bacia	Disponibilidade
Alto Vale do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Alto Vale do Rio Paraíba do Sul teve um total de quatro estações avaliadas, onde foram observadas reduções das vazões mínimas no curto e no longo prazo. Os resultados mostram alterações médias na disponibilidade de -8% no curto prazo e de -5% no longo prazo. As vazões médias de longo termo apresentaram alterações negativas no curto prazo e positivas no longo prazo.
Baixo Vale do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Baixo Vale do Rio Paraíba do Sul teve um total de três estações fluviométricas avaliadas, todas elas localizadas no Rio Paraíba do Sul. Os resultados mostram alterações médias negativas na disponibilidade das vazões mínimas, sendo de -6% no curto prazo e de -3% no futuro longo. As vazões médias de longo termo apresentaram alterações negativas no curto prazo e positivas no longo prazo. Observa-se que os resultados indicam, de maneira geral, a redução das vazões mínimas de maneira mais acentuada no curto prazo, e menos acentuada no longo prazo.

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02
---	---	---	--

Sub-bacia	Disponibilidade
Médio Vale do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Médio Vale do Rio Paraíba apresenta diversas estações avaliadas, tanto no Rio Principal como nos pequenos tributários. Os resultados mostram redução das vazões mínimas médias em -8% no curto prazo e em -5% no longo prazo. As vazões médias de longo termo apresentaram alterações negativas no curto prazo e positivas no longo prazo. De maneira geral, os resultados indicam a diminuição da disponibilidade hídrica da sub-bacia no futuro, em especial no curto prazo.
Médio Vale Inferior do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Médio Vale Inferior do Rio Paraíba do Sul teve diversas estações avaliadas, tanto no Rio Principal como nos pequenos tributários. Os resultados mostram uma redução média de -8% no curto prazo e -3% no longo prazo na disponibilidade de vazões mínimas da sub-bacia. A vazão média de longo termo apresentou redução no curto prazo e aumento no longo prazo. Destaca-se que as estações apresentaram uma média de redução em -9% nas vazões com permanência em 95% do tempo no curto prazo.
Médio Vale Superior do Rio Paraíba	A Sub-Bacia do Médio Vale Superior do Rio Paraíba do Sul foi avaliada com um elevado número de estações fluviométricas, a maior parte delas localizadas no Rio Paraíba do Sul. Os resultados mostram a redução nas vazões mínimas, com -9% no curto prazo e -6% no longo prazo. A vazão média de longo período também apresentou redução no curto prazo, mas aumento no longo prazo. No geral, os resultados indicam que irá ocorrer a redução das vazões mínimas na bacia no curto e no longo prazo.
Rio Dois Rios	A Sub-Bacia do Rio Dois Rios, afluente do Rio Paraíba do Sul, apresentou um total de nove estações avaliadas. Os resultados mostram a redução média das vazões mínimas no curto prazo em -8% e no longo prazo em -7%. As reduções indicam que a sub-bacia apresentará a redução nos seus valores de vazão mínima de maneira semelhante tanto no curto quanto no longo prazo, levando a diminuição da disponibilidade hídrica na bacia. A vazão média de longo período mostrou alteração negativa no curto prazo e positiva no longo prazo.
Rio Muriaé	A Sub-Bacia do Rio Muriaé foi avaliada em 9 locais com estações fluviométricas. A sub-bacia apresentou as maiores médias de redução das vazões mínimas, com -10% no curto prazo e -7% no longo prazo. A vazão média de longo período mostrou alteração negativa no curto prazo e positiva no longo prazo. Destaca-se que a vazão Q7,10 apresentou reduções médias de -13% no curto prazo e -10% no longo prazo. Os resultados apontam para uma forte redução na disponibilidade hídrica da sub-bacia, sendo necessário pensar formas de proteger os mananciais hídricos nesse cenário.
Rio Carangola	A Sub-Bacia do Rio Carangola foi avaliada em 3 locais com estações fluviométricas. Os resultados mostram reduções médias nas vazões de referência em -17% no curto prazo e em -19% no longo prazo. A vazão média de longo período apresentou variação positiva no curto prazo e negativa no longo prazo. Destacam-se as alterações médias da vazão Q7,10, apresentando redução de -23% no curto prazo e de -22% no longo prazo. Salienta-se que as reduções projetadas para a sub-bacia são relevantes e podem impactar no balanço hídrico e gestão futura dos recursos hídricos.

 P5_Mudanças_Climáticas_R02	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico
		Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

Sub-bacia	Disponibilidade
Rio Paraibuna	A Sub-Bacia do Rio Paraibuna foi avaliada em 12 estações fluviométricas, localizadas nos rios Paraibuna e Peixe. Os resultados mostram a redução média das vazões referência em -7% no curto prazo e -5% no longo prazo. A vazão média de longo período apresentou resultados de diminuição no curto prazo e aumento no longo prazo. Os resultados mostram a diminuição das vazões de referência médias para o curto e para o longo prazo, indicando redução na disponibilidade hídrica.
Rio Piabanga	A Sub-Bacia do Rio Piabanga foi avaliada em 6 locais com estações fluviométricas. Os resultados mostraram reduções médias nas vazões de referência em -6% no curto prazo e -1% no longo prazo. Observa-se que a redução terá maior intensidade no curto prazo. A vazão média de longo período apresentou redução no curto prazo e aumento no longo prazo.
Rio Piraí	A Sub-Bacia do Rio Piraí foi avaliada em 3 locais com estações fluviométricas nas cabeceiras do rio. Os resultados mostram reduções médias nas vazões mínimas de referência, com mais intensidade a curto prazo, cerca de 7%, e com menos intensidade no longo prazo, cerca de 4%. As vazões médias de longo período apresentaram alterações negativas no curto prazo e positivas no longo prazo.
Rio Pomba	A Sub-Bacia do Rio Pomba foi avaliada em 14 locais com estações fluviométricas, cuja maioria localiza-se ao longo do Rio da Pomba. Os resultados mostram reduções médias nas vazões mínimas de referência no curto prazo, com -11%, e no longo prazo, com -8%. As reduções serão mais significativas no período curto, porém se manterão ao longo do período longo, em menor intensidade. Destaca-se a homogeneidade nos resultados das taxas de diminuição, impactando todas as vazões de referência.
Rio Preto	A Sub-Bacia do Rio Preto foi avaliada em 9 locais com estações fluviométricas. Os resultados mostraram reduções das vazões mínimas de referência de -10% no curto prazo e de -7% no longo prazo. A vazão média de longo período apresentou redução no curto prazo e aumento para o longo prazo. De maneira geral, os resultados indicam a diminuição da disponibilidade hídrica na região.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados de disponibilidade obtidos podem ser comparados com os trabalhos de Brêda et al. (2020) e Breda et al. (2023). Nestes trabalhos é possível ver que existe uma tendência mais significativa de diminuição de vazões no norte do Brasil, enquanto no Sul do país existe uma tendência de aumento de vazões. A região sudeste do país encontra-se em uma zona intermediária com maior grau de incerteza e algumas tendências de aumento de vazões médias. A tendência de aumento das vazões médias converge com os resultados obtidos neste trabalho para cenários de longo prazo. Contudo, no curto prazo é esperada uma breve redução das vazões médias. Assim, os resultados encontrados estão de acordo com os resultados de Breda, em especial no que tange a incerteza dos modelos climáticos. Como apontado aqui, muitos dos modelos não apresentaram nenhuma tendência para a região.

 AGEVAP AGÊNCIA DE ÁGUA	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 CEIVAP
	CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02	

Por fim, no quesito de disponibilidade hídrica e vazões mínimas, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) lançou a primeira edição do estudo Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil (ANA, 2024). Os resultados da publicação da ANA mostram que existem um potencial de diminuição na disponibilidade hídrica na bacia do Paraíba do Sul até 2040. Os valores apontados pela análise realizada aqui sugeriram diminuições relativamente mais baixas que os valores da ANA, porém ainda concordantes com os potenciais de diminuição da disponibilidade.

	P5_Mudanças_Climáticas_R02 CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)	Tipo de Documento: Relatório Técnico
		Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

4 ANDAMENTO DAS ATIVIDADES

Até o presente momento foram elaborados pela consultoria cinco produtos, dos quais cinco já estão aprovados e o sexto está em processo de revisão R02. O Quadro 4.1 apresenta a situação de todos os produtos previstos neste estudo.

Quadro 4.1 - Lista dos produtos e respectivos andamentos

Produto	Nome	Andamento
Produto 0	Plano de Trabalho Consolidado	Aprovado
Produto 1	Levantamento de dados e definição de metodologia	Aprovado
Produto 2	Análise de consistência das séries de vazões e precipitações e base de dados das séries consistidas	Aprovado
Produto 3	Seleção do conjunto de estações a serem utilizadas na regionalização das vazões	Aprovado
Produto 4	Estimativas das disponibilidades hídricas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul	Aprovado
Produto 5	Avaliação do impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica	Em Revisão R02
Produto 6	Relatório Final	Em Elaboração
Produto 7	Banco de dados consolidado, manual de utilização e capacitação	Em Elaboração

Fonte: Termo de Referência – Ato Convocatório AGEVAP nº09/2022



	P5_Mudanças_Climáticas_R02	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (EDH-OS)			Cód. do Documento: AGVP_PARAIBA_EHID_Produto5_MudancasClimaticas_R02

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.pixabay.com/pt>.

BALLARIN, A. S. et al. CLIMBra - Climate Change Dataset for Brazil. *Scientific Data*, p. 1–31, 2023.

BRÊDA, J. P. L. F. et al. Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. *Climatic Change*, v. 159, n. 4, p. 503–522, 1 abr. 2020.

BRÊDA, JOÃO PAULO L.F.; CAUDURO DIAS DE PAIVA, RODRIGO ; SIQUEIRA, VINICIUS ALENCAR ; COLLISCHONN, WALTER . Assessing climate change impact on flood discharge in South America and the influence of its main drivers. *JOURNAL OF HYDROLOGY* , v. 619, p. 129284, 2023

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: ABRH, 2013.

KENDALL, M. G. Rank correlation methods. 4th ed ed. [s.l.] Griffin, 1975.

MANN, H. B. Non-Parametric Test Against Trend. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945.

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, 2020.