Operador Nacional do Sistema Elétrico

CONTRATO N.º GPD-CT-185/06-2

SERVIÇOS DE CONSULTORIA NOS ESTUDOS DE CONSISTÊNCIA E RECONSTITUIÇÃO DE SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS

RELATÓRIO DE ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL e RIBEIRAO DAS LAJES

JANEIRO DE 2008

consórcio enerconsult • hidrosistem • internave ARCADIS

ÍNDICE

1. OBJETIVO 003

2. DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS 005

3. IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES HOMOGÊNEAS 011

4. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA E COMPLEMENTAÇÃO DE SÉRIES 014

4.1. METODOLOGIA 015

4.2. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS 016

4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS 017

4.4. SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS CONSOLIDADAS 017

5. CONCLUSÕES 022

ANEXO 1 - DESENHOS 026

ANEXO 2 – CD COM OS ARQUIVOS COMPUTACIONAIS DO RELATÓRIO 027

1. OBJETIVO

1. OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar os estudos de disponibilidade, análise de consistência, preenchimento de falhas e complementação dos dados pluviométricos das bacias do rio Paraíba do Sul e ribeirão das Lajes.

2. DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

2. DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para desenvolver os estudos de consistência procedeu-se, inicialmente, a seleção dos postos pluviométricos das bacias do rio Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes que representassem adequadamente a distribuição espacial das chuvas, permitindo identificar gradientes isoiéticos para, posteriormente, compor as análises das vazões naturais. Além disso, a seleção dos postos pluviométricos das bacias do rio Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes levou em consideração a eventual necessidade de utilização de modelos de transformação chuva-vazão para a complementação das séries de vazões naturais médias mensais nos aproveitamentos.

O ONS disponibilizou os dados pluviométricos de 393 estações das bacias do rio Paraíba do Sul e do ribeirão das Lajes. O Desenho 1.3.035-AC-1000-GE-1004 "Postos Pluviométricos considerados no processo de seleção", apresentado no "Relatório de Disponibilidade de Dados Básicos e Estudos Existentes", indicou a localização das 393 estações pluviométricas.

Inicialmente procedeu-se a eliminação dos postos pluviométricos cuja extensão da série fosse inferior a 25 anos. A seleção dos postos pluviométricos foi feita considerando os seguintes critérios, aplicados por ordem de apresentação:

- início da série de precipitações anterior a 1931 e com extensão superior a 50 anos;
- início da série de precipitações entre 1931 e 1940 com extensão superior a 50 anos;
- início da série de precipitações entre 1940 e 1945 com extensão superior a 60 anos;
- identificação de postos pluviométricos em regiões cujos critérios anteriores não contemplaram estações representativas da área.

Os critérios utilizados evidenciam a preocupação em incluir estações pluviométricas que dispõem de dados no período de 1931 a 1945, uma vez que durante este período há uma menor disponibilidade de dados fluviométricos o que poderá exigir a utilização de modelos de transformação de chuva em vazão. Esta necessidade será analisada quando forem definidas as metodologias.

A aplicação destes critérios resultou na seleção de 94 postos pluviométricos nas bacias do rio Paraíba do Sul e ribeirão das Lajes, resultando em cerca de 1 posto a cada 600 km2. A Tabela 1 apresenta a listagem dos 94 postos pluviométricos selecionados incluindo o código da ANA, o nome do posto, o tipo do posto (P = pluviométrica, R = pluviográfica, E = evaporimétrica, C = Climatológica e T = telemétrica), o código da operadora, o código do município, a sigla da Unidade Federal e o código da sub-bacia onde está localizado, a entidade operadora, a localização cartográfica (latitude e longitude), a altitude e o período de observações.

O Desenho 1.3.035-AC-1000-GE-1005 "Postos Pluviométricos Selecionados" apresentado no "Relatório de Disponibilidade de Dados Básicos e Estudos Existentes" indicou a localização dos 94 postos pluviométricos selecionados nas bacias do rio Paraíba do Sul e ribeirão das Lajes.

TABELA 1 – POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS

N. no mapa	Código	Nome da Estação	Tipo de Estação					Código da Operadora	Código do Município	UF	Sub-Bacia	Entidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início	Fim	Período de Observações (anos)
1	2042000	CARANGOLA	P						17133000	MG	58	CPRM	-20,74	-42,02	399	jan/1935	fev/2006	71
3	2042027	PORCIUNCULA	P						19041000	RJ	58	CPRM	-20,96	-42,04	188	jan/1939	jan/2006	67
5	2141003	CARDOSO MOREIRA	P						19010000	RJ	58	CPRM	-21,49	-41,61	20	jan/1939	fev/2006	67
6	2141004	ITAPERUNA	P	R	E		T		19022000	RJ	58	CPRM	-21,21	-41,91	110	mar/1942	nov/2005	63
7	2141005	SAO FIDELIS (PCD INPE)	P	R			T		19050000	RJ	58	CPRM	-21,65	-41,75	10	jan/1939	mar/2006	67
8	2141006	DOIS RIOS	P						19050000	RJ	58	CPRM	-21,64	-41,86	50	jan/1939	mar/2006	67
13	2141044	CAMPOS 83698	P	R	E	C	T	83698	19010000	RJ	58	INMET	-21,75	-41,33	11	jan/1900	dez/1998	98
14	2141045	ITAPERUNA 83695	P	R		C	T	83695	19022000	RJ	58	INMET	-21,20	-41,90	124	jan/1922	dez/1998	76
15	2142000	ASTOLFO DUTRA	P						17046000	MG	58	CPRM	-21,31	-42,86	231	jan/1939	mar/2006	67
16	2142001	CATAGUASES (PCD INPE)	P	R			T		17153000	MG	58	CPRM	-21,39	-42,70	182	jan/1939	mar/2006	67
17	2142002	PATROCINIO DO MURIAE	P						17481000	MG	58	CPRM	-21,15	-42,22	177	jan/1935	jan/2006	71
19	2142004	FAZENDA UMBAUBAS	P						17438000	MG	58	CPRM	-21,05	-42,52	490	abr/1943	nov/2005	62
24	2142014	PAQUEQUER	P						19012000	RJ	58	CPRM	-21,88	-42,64	150	jan/1956	mar/2006	50
27	2142022	ALDEIA	P						19011000	RJ	58	CPRM	-21,95	-42,36	376	jan/1939	mar/2006	67
28	2142049	SANTO ANTONIO DE PADUA	P			C		83805	19049000	RJ	58	INMET	-21,54	-42,18	96	mar/1922	dez/1998	76
29	2142051	SANTA MARIA MADALENA 83696	P			C		83696	19048000	RJ	58	INMET	-21,95	-42,02	620	out/1921	dez/1998	77
34	2143000	USINA ITUERE	P	R					17557000	MG	58	CPRM	-21,31	-43,20	512	ago/1935	abr/2006	71
35	2143001	GUARANI	P	R					17284000	MG	58	CPRM	-21,36	-43,05	398	jan/1941	nov/2005	64
36	2143011	CONCEICAO DO IBITIPOCA	P	R					17386000	MG	58	CPRM	-21,67	-43,92	970	dez/1941	mar/2006	65
38	2143013	ESTEVAO PINTO	P						17398000	MG	58	CPRM	-21,90	-43,04	452	mar/1943	mar/2006	63
40	2143016	TORREOES	P						17367000	MG	58	CPRM	-21,87	-43,56	442	mai/1943	mar/2006	63
43	2143019	USINA BRUMADO	P						17386000	MG	58	CPRM	-21,86	-43,89	710	mar/1944	fev/2006	62
47	2143053	SANTOS DUMONT 83690	P			C		83690	17606000	MG	58	INMET	-21,45	-43,55	908	mai/1923	set/1966	43
53	2242021	BOM JARDIM	P						19005000	RJ	58	CPRM	-22,16	-42,42	530	jan/1941	mar/2006	65
59	2242027	FAZENDA SOBRADINHO	P						19060000	RJ	58	CPRM	-22,20	-42,90	650	mai/1936	nov/2005	69
63	2242072	TERESOPOLIS 83744	P					83744	19060000	RJ	58	INMET	-22,45	-42,93	874	jul/1913	dez/1998	85
66	2243003	PARAIBA DO SUL	P						19037000	RJ	58	CPRM	-22,16	-43,29	300	jan/1939	mar/2006	67
69	2243006	PENTAGNA	P						19063000	RJ	58	CPRM	-22,16	-43,76	497	jan/1944	jan/2006	62
70	2243007	TABOAS	P						19046000	RJ	58	CPRM	-22,21	-43,62	444	dez/1941	mar/2006	65
71	2243008	MANUEL DUARTE (PCD INPE)	P	R			T		19046000	RJ	58	CPRM	-22,09	-43,56	396	ago/1942	fev/2006	64
72	2243009	PETROPOLIS	P						19039000	RJ	58	CPRM	-22,51	-43,17	890	jan/1938	ago/2005	67

TABELA 1 – POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS

N. no mapa	Código	Nome da Estação	Tipo de Estação					Código da Operadora	Código do Município	UF	Sub-Bacia	Entidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início	Fim	Período de Observações (anos)
73	2243010	ITAMARATI-SE	P						19039000	RJ	58	CPRM	-22,49	-43,15	1085	jul/1938	mar/2006	68
74	2243011	RIO DA CIDADE	P	R					19039000	RJ	58	CPRM	-22,44	-43,17	704	jul/1938	out/2005	67
75	2243012	PEDRO DO RIO	P						19039000	RJ	58	CPRM	-22,33	-43,14	645	nov/1938	mar/2006	68
76	2243013	AREAL (GRANJA GABI)	P						19062000	RJ	58	CPRM	-22,24	-43,10	450	abr/1939	mar/2006	67
77	2243014	FAGUNDES	P						19039000	RJ	58	CPRM	-22,30	-43,18	460	jul/1938	mar/2006	68
78	2243015	MOURA BRASIL	P	R					19062000	RJ	58	CPRM	-22,13	-43,15	270	jan/1937	nov/2005	68
81	2243202	FAZENDA SAO GABRIEL	P						17558000	MG	58	CPRM	-22,01	-43,88	798	fev/1946	mar/2006	60
82	2243205	USINA SANTA CECILIA P1-273	P	R				P1-273	19003000	RJ	58	LIGHT	-22,48	-43,84	371	dez/1920	jun/2004	84
89	2243216	US. DE VIGARIO (ELEV.) P1-280	P					P1-280	19040000	RJ	58	LIGHT	-22,63	-43,90	369	out/1949	jun/2004	55
90	2244001	QUELUZ (CENTRO SAUDE)	P						21420000	SP	58	FURNAS	-22,54	-44,77	500	jan/1943	jan/2006	63
92	2244003	CRUZEIRO	P					D1-007	21135000	SP	58	DESATIVADA	-22,59	-44,96	514	jan/1934	ago/1995	61
93	2244004	CRUZEIRO P1-264	P					P1-264	21135000	SP	58	LIGHT	-22,58	-44,97	520	mai/1929	jan/2004	75
94	2244005	CRUZEIRO	P					D1-006	21135000	SP	58	DAEE-SP	-22,58	-44,98	540	jun/1937	nov/2000	63
98	2244010	BOCAINA (FAZENDA SANTA	P					D1-012	21087000	SP	58	FURNAS	-22,69	-44,98	550	dez/1935	jun/2005	70
316	2244028	FAZENDA FORTALEZA	P						19001000	RJ	59	DESATIVADA	-22,96	-44,56	130	jul/1936	abr/1994	58
111	2244034	RIBEIRAO DE SAO JOAQUIM	P						19004000	RJ	58	CPRM	-22,47	-44,23	620	fev/1942	jan/2006	64
112	2244035	SANTA RITA DO JACUTINGA	P						17592000	MG	58	CPRM	-22,15	-44,09	530	dez/1935	mar/2006	71
113	2244036	ZELINDA	P						17477000	MG	58	CPRM	-22,24	-44,26	550	dez/1935	fev/2006	71
115	2244038	PONTE DO SOUZA	P	R					19042000	RJ	58	CPRM	-22,27	-44,39	950	jan/1939	fev/2006	67
119	2244042	BARRA MANSA (PCD INPE)	P				T		19004000	RJ	58	FURNAS	-22,54	-44,18	376	abr/1940	jun/2005	65
124	2244047	VISCONDE DE MAUA	P	R					19042000	RJ	58	CPRM	-22,33	-44,54	1030	jun/1937	nov/2005	68
130	2244097	VARGEM (RALO COLETOR) P3-278	P					P3-278	19045000	RJ	58	LIGHT	-22,77	-44,09	510	jan/1915	jun/2004	89
317	2244098	FAZENDA LAPA P6-284	P					P6-284	19026000	RJ	59	LIGHT	-22,85	-44,00	520	mar/1943	mai/1997	54
137	2244124	USINA BOCAINA P1-261	P					P1-261	21087000	SP	58	LIGHT	-22,73	-44,92	550	jul/1928	dez/1980	52
138	2244133	BANANAL (PCD INPE)	P	R			T	D1-001	21050000	SP	58	DAEE-SP	-22,68	-44,32	460	set/1937	set/2004	67
139	2245002	TUNEL	P					D1-008	21135000	SP	58	DAEE-SP	-22,50	-45,02	1040	jul/1938	jun/1998	60
141	2245007	CACHOEIRA PAULISTA (PCD INPE)	P	R	E	C	T	MET1	21087000	SP	58	FURNAS	-22,66	-45,01	511	jan/1933	set/2005	72
142	2245008	CACHOEIRA PAULISTA	P	R				D2-013R	21087000	SP	58	DAEE-SP	-22,67	-45,02	520	mai/1937	jul/2000	63
153	2245032	GUARATINGUETA	P						21186000	SP	58	FURNAS	-22,81	-45,18	519	ago/1930	jun/2005	75
157	2245036	EUGENIO LEFEVRE	P					D2-004	21382000	SP	58	DAEE-SP	-22,83	-45,63	1220	mar/1936	jan/2000	64
160	2245041	APARECIDA	P					D2-007	21026000	SP	58	DAEE-SP	-22,82	-45,23	520	abr/1940	mar/1997	57
164	2245046	BRUMADO	P					D2-009	21186000	SP	58	DAEE-SP	-22,90	-45,15	640	mai/1937	mar/2003	66
165	2245047	CAMPO DE PESQUISAS	P	R				D2-014M	21382000	SP	58	DAEE-SP	-22,90	-45,43	528	mai/1937	dez/1995	58
166	2245048	PINDAMONHANGABA (PCD INPE)	P	R			T		21382000	SP	58	FURNAS	-22,91	-45,47	524	jan/1932	jun/2005	73

TABELA 1 – POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS

N. no mapa	Código	Nome da Estação	Tipo de Estação					Código da Operadora	Código do Município	UF	Sub-Bacia	Entidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início	Fim	Período de Observações (anos)
168	2245050	SAO FRANCISCO XAVIER	P	R				D2-021R	21500000	SP	58	DAEE-SP	-22,92	-45,97	730	jul/1939	jan/2001	62
170	2245052	HORTO FLORESTAL	P					D2-074	21382000	SP	58	DAEE-SP	-22,98	-45,38	620	nov/1935	dez/1994	59
172	2245054	MONTEIRO LOBATO	P					D2-020	21320000	SP	58	DAEE-SP	-22,93	-45,83	680	mai/1939	set/2004	65
173	2245055	ESTRADA DE CUNHA	P						21137000	SP	58	CPRM	-23,00	-45,04	790	nov/1935	fev/2006	71
183	2245122	USINA SODRE (MANTIQ.) P1-257	P					P1-257	21186000	SP	58	LIGHT	-22,66	-45,31	730	jan/1928	set/1995	67
188	2245128	LORENA P1-259	P					P1-259	21274000	SP	58	LIGHT	-22,75	-45,10	540	ago/1928	set/2003	75
189	2245129	USINA ISABEL P1-252	P					P1-252	21382000	SP	58	LIGHT	-22,75	-45,45	825	mar/1928	set/1995	67
191	2245134	GUARATINGUETA P1-256	P					D2-050	21186000	SP	58	LIGHT	-22,81	-45,18	530	jan/1928	jun/1980	52
205	2344001	FAZENDA DO CUME	P					E1-001	21137000	SP	58	DAEE-SP	-23,08	-44,90	900	set/1939	jan/2003	64
227	2345022	JAMBEIRO	P					E2-025	21251000	SP	58	DAEE-SP	-23,25	-45,68	700	jan/1943	set/2004	61
234	2345032	NATIVIDADE DA SERRA	P					E2-008	21326000	SP	58	DAEE-SP	-23,38	-45,45	720	jan/1940	set/2004	64
237	2345037	SANTA BRANCA	P	R				E2-029R	21459000	SP	58	DAEE-SP	-23,40	-45,88	670	jun/1942	set/2004	62
238	2345041	BAIRRO ALTO	P					E2-024	21326000	SP	58	DAEE-SP	-23,47	-45,35	710	jan/1940	dez/1999	59
243	2345062	TAUBATE	P						21542000	SP	58	CPRM	-23,04	-45,56	586	ago/1937	fev/2006	69
244	2345063	CACAPAVA	P					E2-018	21086000	SP	58	FURNAS	-23,08	-45,71	545	jul/1929	jun/2005	76
246	2345065	SAO LUIZ DO PARAITINGA	P						21501000	SP	58	CPRM	-23,24	-45,31	760	out/1935	nov/2005	70
248	2345067	PONTE ALTA 1	P						21501000	SP	58	CPRM	-23,33	-45,14	888	out/1936	mar/2006	70
251	2345073	BAIRRO ALTO	P						21326000	SP	58	DESATIVADA	-23,47	-45,35	699	set/1930	mar/1974	44
252	2345077	TAUBATE 83784	P			C		83784	21542000	SP	58	INMET	-23,02	-45,55	583	jan/1910	dez/1998	88
254	2345102	PARAIBUNA P1-228	P	R				P1-228	21359000	SP	58	LIGHT	-23,39	-45,66	650	nov/1927	out/2003	76
255	2345103	TAUBATE (SE) P1-247	P	R				P1-247	21542000	SP	58	LIGHT	-23,02	-45,56	580	jul/1928	set/2003	75
259	2345110	JACAREI (SE) P1-241	P					P1-241	21246000	SP	58	LIGHT	-23,30	-45,95	590	jan/1928	dez/1980	52
261	2345112	USINA DE SALESOPOLIS P12-071	P					P12-071	21451000	SP	58	O	-23,57	-45,83	760	jan/1928	jun/1986	58
270	2345124	BAIRRO ALTO P1-221	P			C		E2-068	21326000	SP	58	LIGHT	-23,47	-45,27	700	out/1927	dez/1960	33
271	2345133	CACAPAVA (SE) P1-245	P					E2-084	21086000	SP	58	LIGHT	-23,10	-45,71	560	jan/1928	jun/1980	52
274	2345144	SAO JOSE DOS CAMPOS 83809	P			C		83809	21500000	SP	58	INMET	-23,22	-45,85	0	jan/1940	nov/1994	54
298	2346019	SANTA ISABEL	P	R				E3-049R	21467000	SP	58	DAEE-SP	-23,33	-46,23	690	mai/1937	set/2004	67
300	2346099	GUARAREMA	P						21185000	SP	58	DESATIVADA	-23,42	-46,02	567	jul/1929	out/2003	74
302	2346259	PONTE DE GUARAREMA P1-234	P					P1-234	21185000	SP	58	LIGHT	-23,41	-46,03	570	nov/1927	jun/1980	53

As precipitações mensais foram organizadas em planilha eletrônica EXCEL. Desta forma foi possível determinar para cada mês o número de postos pluviométricos com observações. A Figura 1 apresenta um gráfico que permite analisar o número de postos pluviométricos com dados para cada mês no período de janeiro de 1900 a dezembro de 2006.

A análise da Figura 1 permite concluir que no período de 1942 a 1998 há pelo menos 65 postos pluviométricos com observações. No início do período de interesse deste estudo correspondente ao ano de 1931 até 1934 existem cerca de 24 postos pluviométricos com observações. Nos 7 anos entre 1934 e 1942 houve um rápido crescimento do número de postos pluviométricos com observações. No sentido inverso, após o ano de 1998 verifica-se um rápido decréscimo no número de postos pluviométricos com observações.

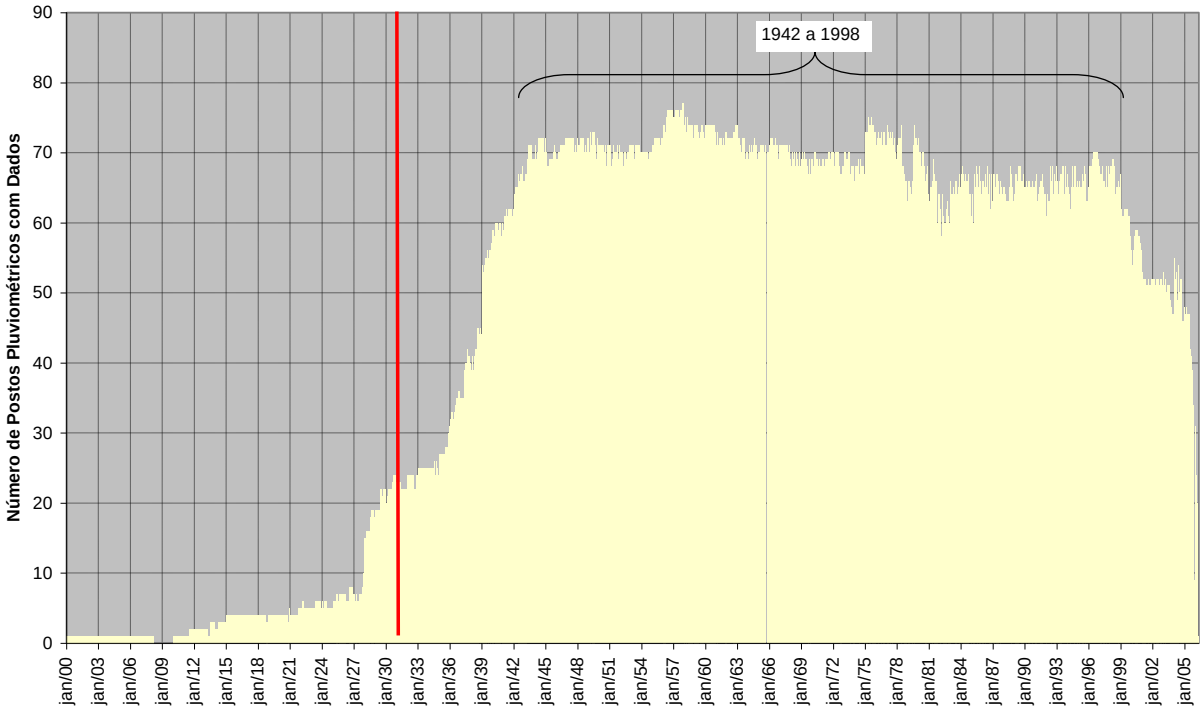

FIGURA 1 – DISPONIBILIDADE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NAS BACIAS DO RIO PARAÍBA DO SUL E RIBEIRÃO DAS LAJES

3. IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES HOMOGÊNEAS

3. IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES HOMOGÊNEAS

Para a aplicação dos métodos de análise de consistência e complementação das séries de precipitações mensais dos 94 postos pluviométricos selecionados procurou-se identificar regiões homogêneas. Os critérios utilizados foram a proximidade geográfica e o teste de homogeneidade regional proposto por Hosking e Wallis[1]. Os mencionados critérios levaram a identificação de 9 regiões homogêneas, identificadas na Tabela 2, que inclui a descrição de cada região e os códigos da ANA para os postos pluviométricos componentes.

É importante observar que a identificação dos componentes definitivos das regiões homogêneas resultou de um processo iterativo que incluiu as análises de consistência e complementação das séries de precipitações mensais. Neste processo foram identificadas inconsistências e características estatísticas que recomendaram a transferência de alguns postos pluviométricos para regiões vizinhas.

O Desenho anexo 1.3.035-AC-1000-GE-1042 "Regiões Pluviométricas Homogêneas e Distribuição Isoiética das Precipitações Anuais" mostra a localização dos postos pluviométricos e a identificação das regiões pluviométricas homogêneas.

[1] Hosking, J.R.M., and Wallis, J.R. (1997). Regional Frequency Analysis – An approach based on L-moments, Cambridge University Press, New York.

TABELA 2 – DESCRIÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS REGIÕES PLUVIOMÉTRICAS HOMOGÊNEAS

Regiões Homogêneas Identificadas								
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
alto rio Paraíba até a UHE Paraíbuna	alto rio Paraíba a jusante da UHE Paraíbuna até a confluência com o rio Jaguari	alto tio Paraíba entre a confluência com o rio Jaguari e o reservatório de Funil	ribeirão das Lajes e médio Paraíba entre as UHEs Funil e Santa Cecília	bacia do rio Paraíbuna	médio Paraíba a montante da UHE Simplício e bacias dos rios Cágado e Piabanha	bacia do Alto e Médio rio Pomba, a montante da UHE Barra do Braúna	bacia do Alto e Médio rio Muriaé	baixo rio Paraíba do Sul a jusante da UHE Simplício e sub-bacias do rio Grande e do baixo rio Pomba e Muriaé
2245055	2345022	2245050	2244034	2244047	2143013	2143053	2042000	2242021
2344001	2345102	2245054	2244133	2244038	2242027	2143000	2042027	2142022
2345065	2345112	2345063	2244042	2244036	2242072	2143001	2141004	2142051
2345067	2345037	2345133	2243205	2244035	2243015	2142000	2141045	2141006
2345032	2345110	2345062	2243216	2243006	2243003	2142001	2142002	2141005
2345073	2346259	2345077	2244097	2243007	2243014		2142004	2141044
2345124	2346099	2345103	2244098	2243008	2243013			2142049
2345041	2346019	2245052		2243202	2243012			2141003
2244028	2345144	2245047		2143019	2243011			2142014
		2245048		2143011	2243009			
		2245036		2143016	2243010			
		2245129						
		2245032						
		2245041						
		2245134						
		2245046						
		2245122						
		2244124						
		2245008						
		2244003						
		2244010						
		2244004						
		2244005						
		2245002						
		2244001						
		2245007						
		2245128						

4. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA E COMPLEMENTAÇÃO DAS SÉRIES

4. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA E COMPLEMENTAÇÃO DAS SÉRIES

4.1. METODOLOGIA

A análise de consistência foi desenvolvida em três etapas complementares e iterativas, a saber:

- Aplicação do método do vetor regional às séries de totais precipitados mensais que compõem cada região homogênea, identificando e corrigindo as principais inconsistências, bem como a complementação das falhas;
- Aplicação do método da Dupla Massa ou da Curva Dupla-Acumulativa nas respectivas séries de totais precipitados anuais que compõem cada região homogênea para identificação de inconsistências quanto às tendências;
- Análise estatística das séries de totais pluviométricos mensais e anuais, procurando verificar as principais estatísticas e identificar eventuais discrepâncias.

Esta metodologia e os processos iterativos são apresentados na Figura 2.

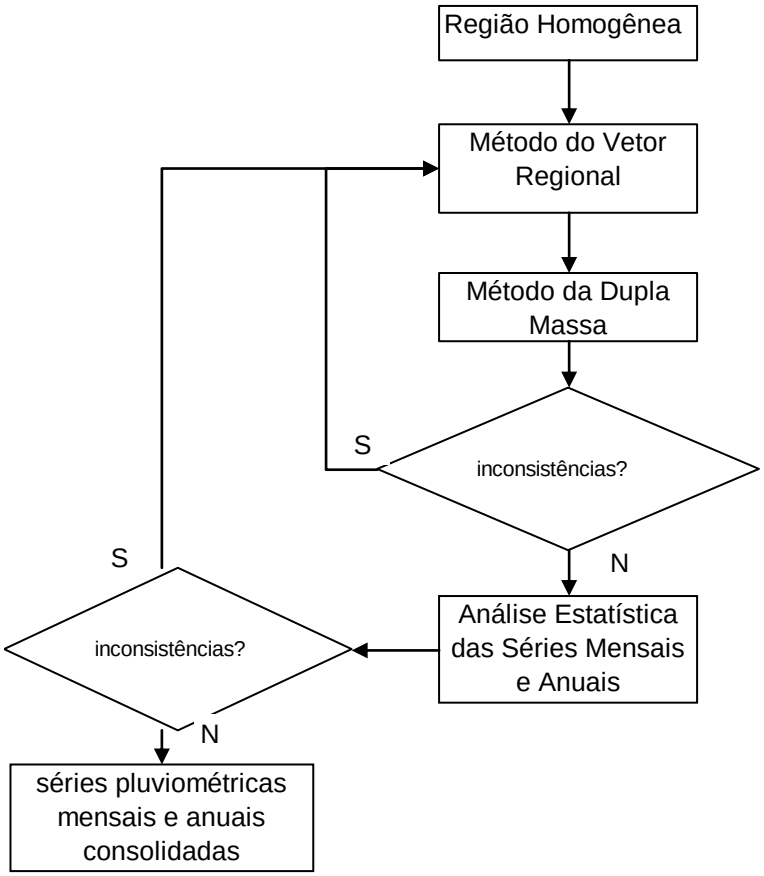

FIGURA 2 – METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA E COMPLEMENTAÇÃO DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÕES

Este processo pretendeu determinar as séries de precipitações mensais dos 94 postos pluviométricos selecionados para o período de janeiro de 1931 a dezembro de 2005. A limitação do mês de dezembro de 2005 resultou da verificação que as séries disponibilizadas cobriam, no máximo, o período até abril de 2006.

4.2. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Para a aplicação dos métodos do vetor regional e da dupla massa foram elaboradas 9 planilhas em EXCEL, correspondendo às 9 regiões homogêneas identificadas. Estas planilhas são compostas das seguintes pastas:

- Dados PLU Brutos ANA: séries de totais precipitados mensais brutos dos postos pluviométricos da região, expressos em mm/mês;
- Dados PLU Consistidos ANA: séries de totais precipitados mensais dos postos pluviométricos da região consistidos pela entidade operadora, expressos em mm/mês;
- Postos da Região: listagem dos postos pluviométricos da região com suas principais características;
- Vetor Regional: aplicação do método do vetor regional, composto de três blocos:
  - Séries de totais precipitados mensais dos postos pluviométricos da região;
  - Séries de totais precipitados mensais dos postos pluviométricos da região gerados pelo produto dos vetores obtidos na aplicação do método do vetor regional;
  - Erros quadráticos entre os totais precipitados mensais fornecidos e gerados pelo método do vetor regional.
- Séries finais: séries finais dos totais precipitados mensais dos postos pluviométricos da região, devidamente consistidas e complementadas, apresentadas em mm/mês;
- Totais anuais: séries de totais precipitados anuais dos postos pluviométricos da região para cada ano hidrológico, devidamente consistidas e complementadas, apresentados em mm/ano. Na parte inferior desta planilha existe uma análise estatística preliminar que permite verificar as diferenças percentuais dos totais precipitados anuais médios fornecidos e obtidos no processo;
- Dupla massa: aplicação do método da dupla massa, composto de dois blocos:
  - Séries de totais precipitados anuais acumulados dos postos pluviométricos da região;
  - Série de totais precipitados anuais acumulados médios dos postos pluviométricos da região.
- Gráficos de dupla massa ou dupla acumulativa para cada posto pluviométrico da região.

A aplicação dos métodos do vetor regional permitiu determinar as séries de precipitações mensais de janeiro de 1931 a dezembro de 2005 para os postos pluviométricos das regiões I, III, IV, VI, VIII e IX. No entanto as séries de precipitações mensais dos postos pluviométricos das regiões II, V e VII ficaram limitadas aos períodos de janeiro de 1931 a setembro de 2004, de janeiro de 1936 a dezembro de 2005 e outubro de 1938 a dezembro de 2005, respectivamente.

A aplicação do método da dupla massa permitiu identificar algumas importantes discrepâncias entre a tendência das precipitações anuais de alguns postos e da média da região. É prática

comum exigir a ocorrência de pelo menos cinco anos sucessivos alinhados segundo uma nova tendência para considerar a existência da mudança de declividade e, consequentemente, a inconsistência da série de precipitações. Este fato foi observado para os postos pluviométricos 2245054, 2245036, 2142014, 2243003, 2243014, 2042000 e 2142002. As Figuras 3 a 9 apresentam os gráficos de dupla massa através dos quais foram identificadas as inconsistências.

Nestes casos as precipitações mensais correspondentes aos períodos julgados inconsistentes foram eliminadas da respectiva série. Desta forma foi aplicado novamente o método do vetor regional gerando novos vetores e novas precipitações para o preenchimento e a extensão das séries dos postos pluviométricos das respectivas regiões. No caso particular do posto pluviométrico 2142014 foi verificado que seria mais adequado sua transferência da região VI para a região IX.

4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS

Determinadas as séries de totais precipitados mensais e anuais dos 94 postos pluviométricos selecionados foi desenvolvida uma análise estatística com a determinação da média, do máximo e mínimo, desvio-padrão, coeficiente de variação e das precipitações mensais e anuais associadas às diversas garantias.

Esta análise permitiu identificar que a precipitação de 2.072 mm de agosto de 2000 do posto pluviométrico 2244005 era inconsistente. Esta constatação resultou na aplicação novamente dos métodos do vetor regional e dupla massa para a região III, onde este posto está inserido. As estatísticas ainda identificaram alguns valores merecedores de análise, mas que foram confirmados. Dentre estes pode-se mencionar a precipitação de 1.243 mm no posto pluviométrico 2244034 e de 1.001 mm no posto pluviométrico 2244036 no mês de janeiro de 1950.

É interessante observar que as diferenças percentuais dos totais precipitados anuais médios observados e aqueles obtidos ao final deste processo de consistência e preenchimento são muito baixas. Desta forma, o processo não resulta em distorção da principal característica estatística das séries de totais precipitados nos postos pluviométricos selecionados.

4.4. SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS CONSOLIDADAS

As séries de totais precipitados mensais e anuais dos 94 postos pluviométricos selecionados consolidadas pela aplicação dos métodos do vetor regional e da dupla massa e das análises estatísticas são apresentadas no arquivo "*séries finais 1931-2005.xls*", composto das seguintes pastas:

- Séries finais mensais-ordem ANA: contendo as séries de totais precipitados mensais ordenadas segundo o código da ANA;
- Séries finais mensais – regiões: contendo as séries de totais precipitados mensais ordenadas segundo as regiões homogêneas;
- Resumo estatístico mensal, contendo as principais estatísticas das séries de totais precipitados mensais;

- Séries finais anuais-ordem ANA: contendo as séries de totais precipitados anuais ordenadas segundo o código da ANA;
- Séries finais anuais – regiões: contendo as séries de totais precipitados anuais ordenadas segundo as regiões homogêneas;
- Resumo estatístico anual, contendo as principais estatísticas das séries de totais precipitados anuais.

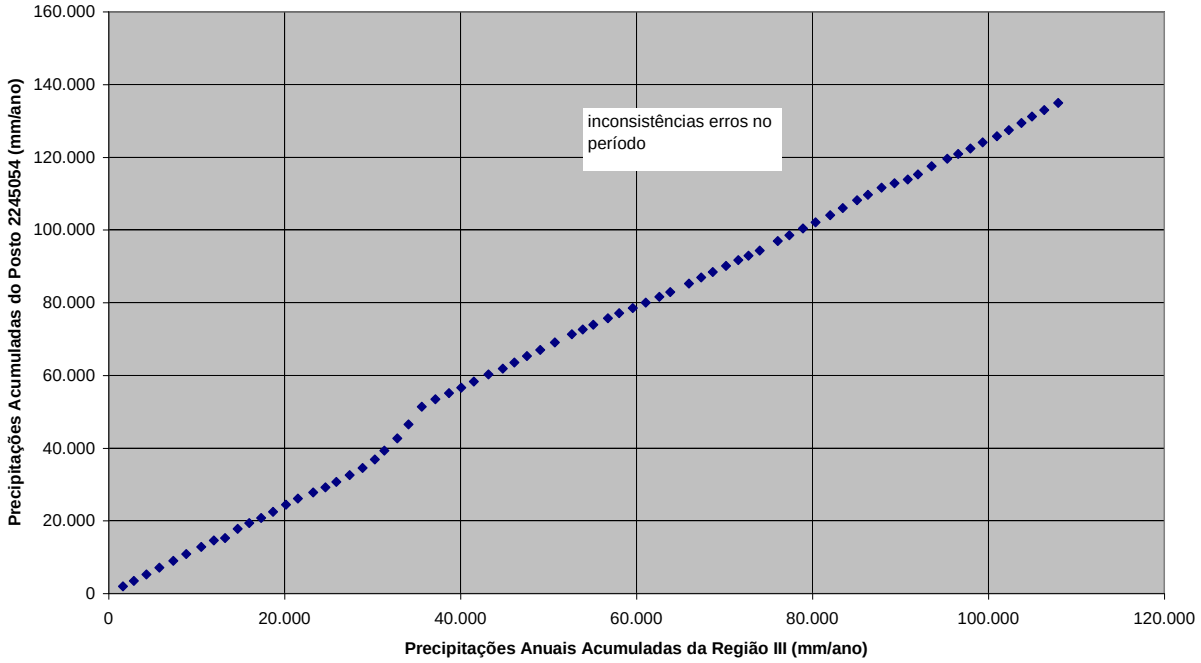

FIGURA 3 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ANUAIS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2245054 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO III

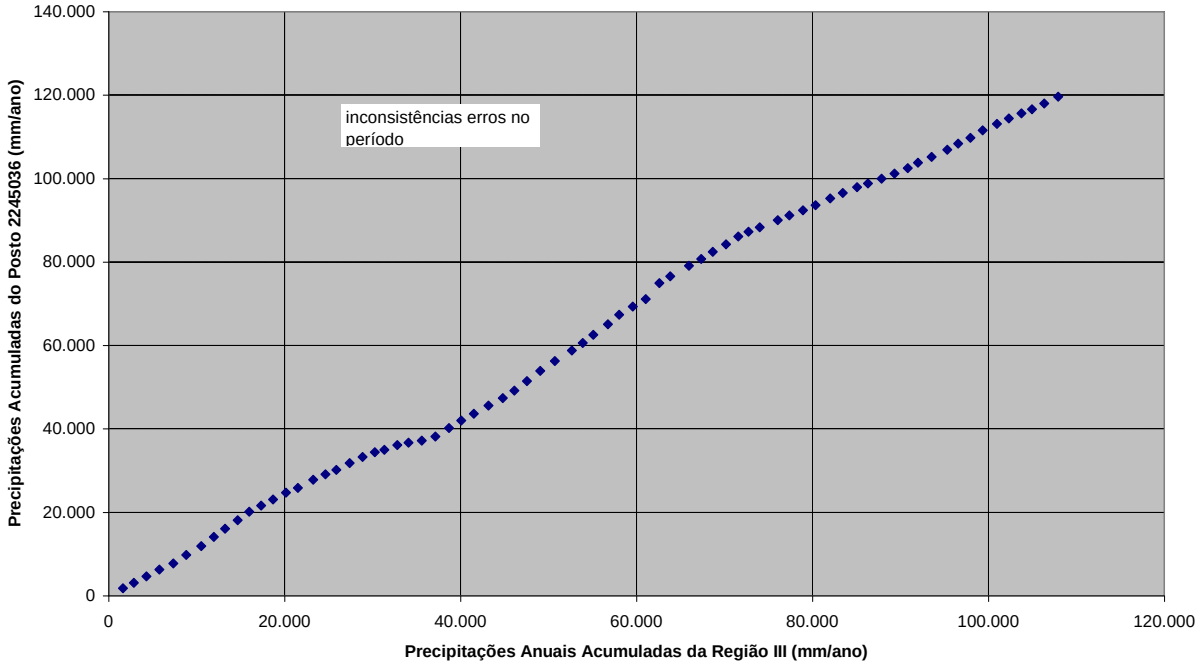

FIGURA 4 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ANUAIS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2245036 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO III

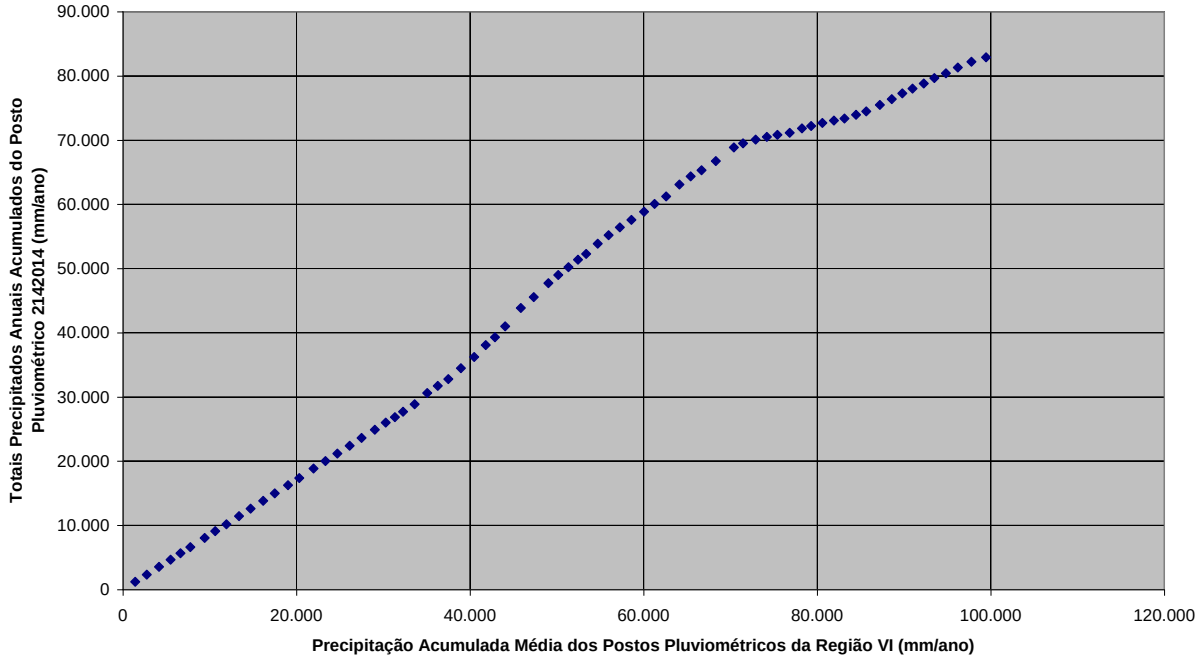

FIGURA 5 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ACUMULADOS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2142014 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO VI

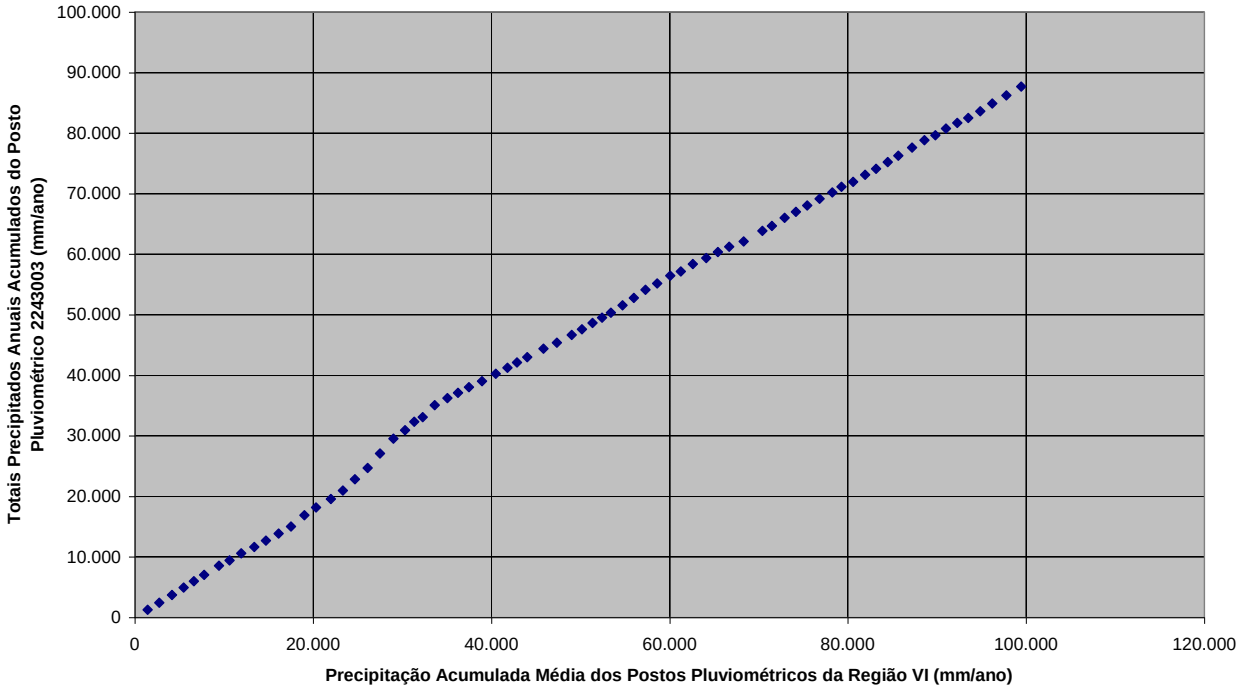

FIGURA 6 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ACUMULADOS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2243003 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO VI

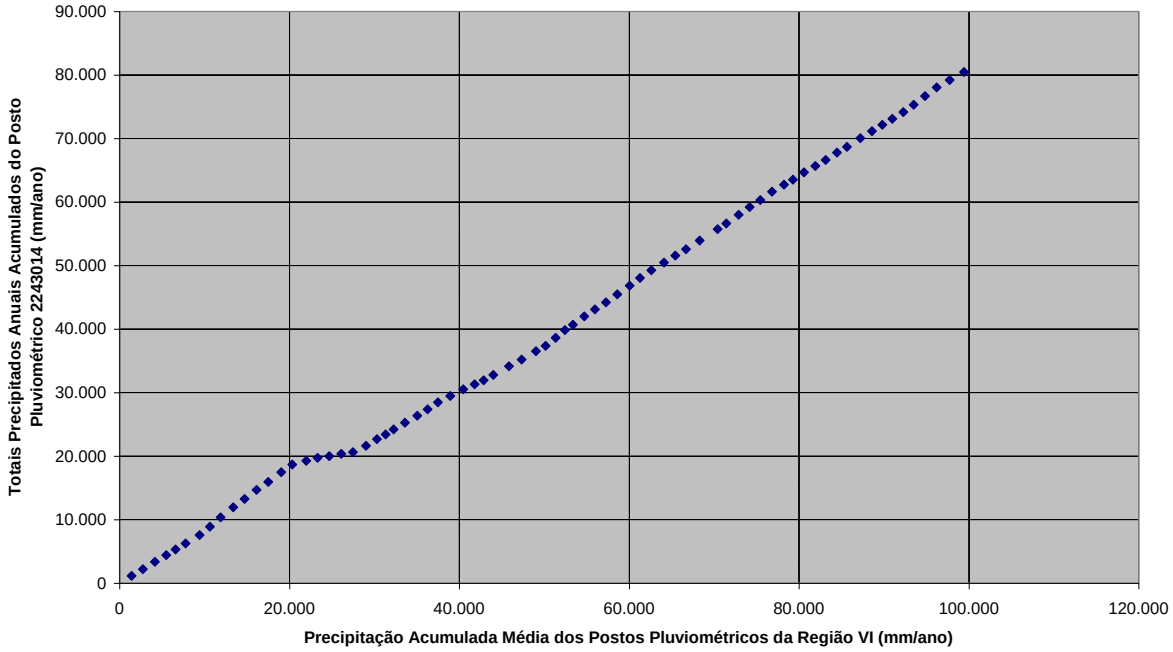

FIGURA 7 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ACUMULADOS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2243014 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO VI

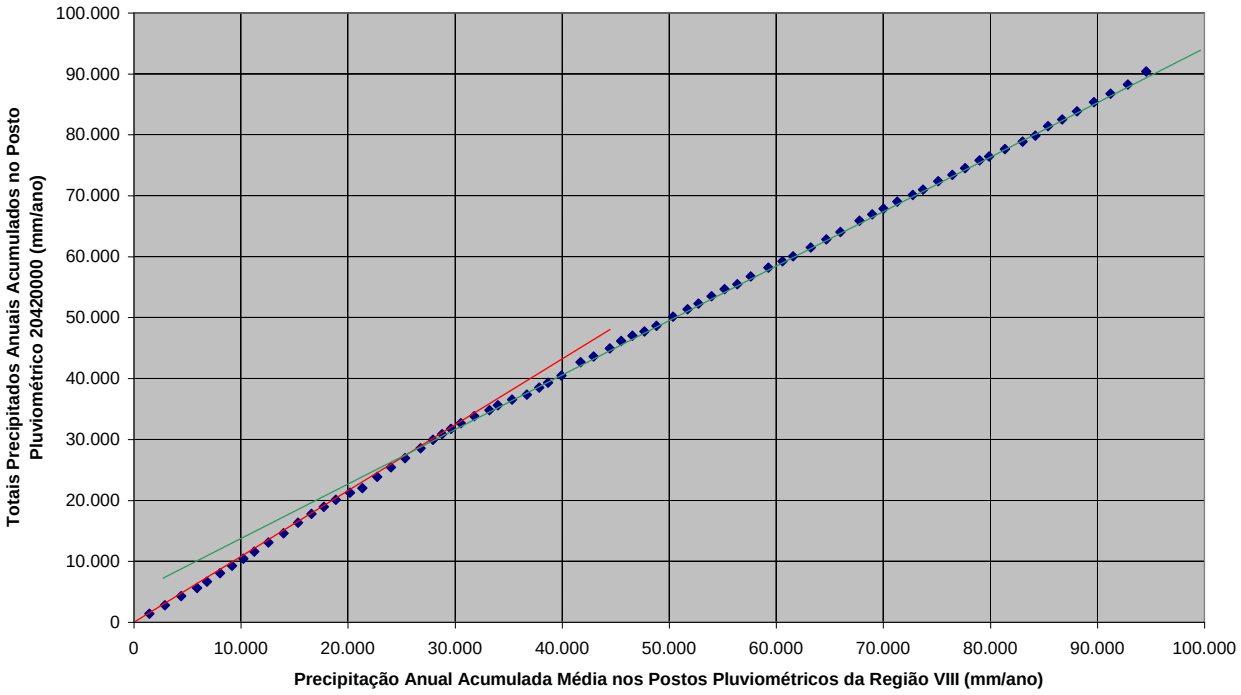

FIGURA 8 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ANUAIS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2042000 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO VIII

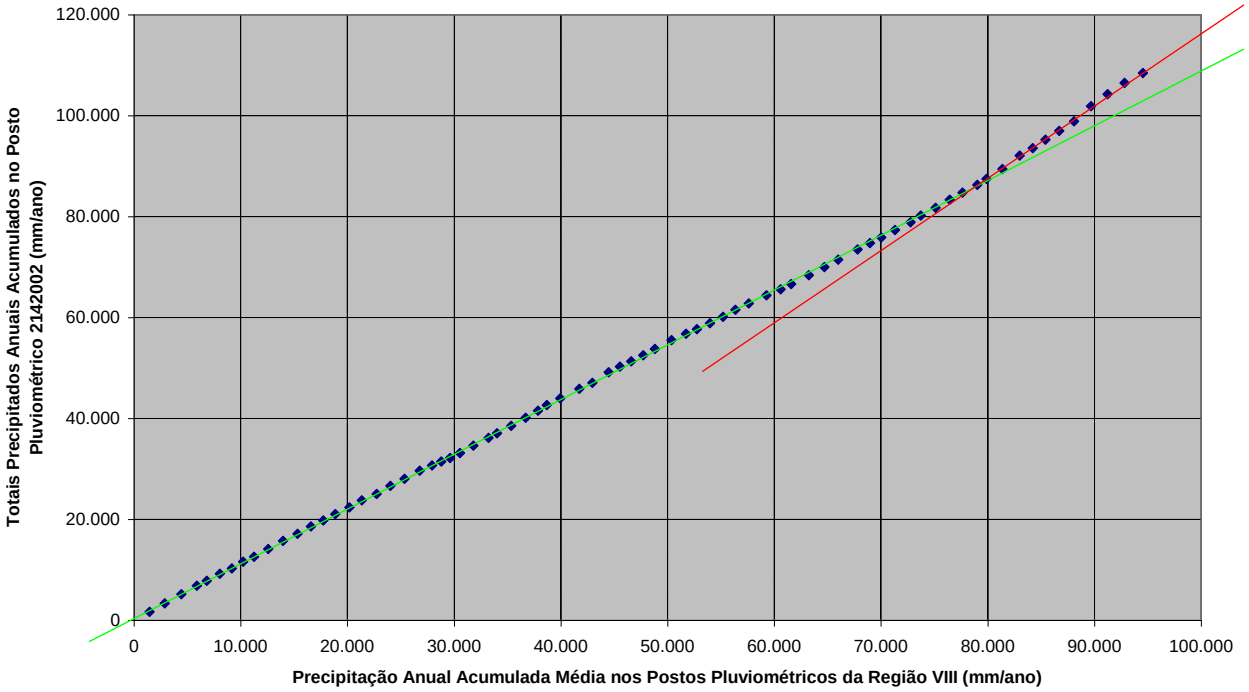

FIGURA 9 – DUPLA MASSA DOS TOTAIS PRECIPITADOS ANUAIS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO 2142002 E DOS DEMAIS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO VIII

5. CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

O desenho do Anexo 1: 1.3.035-AC-1000-GE-1042 “Regiões Pluviométricas Homogêneas e Distribuição Isoiética das Precipitações Anuais das Bacias dos Rios Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes” apresenta a distribuição dos postos pluviométricos selecionados na bacia do rio Paraíba do Sul e os respectivos totais precipitados anuais. O Desenho apresenta ainda a distribuição espacial dos totais precipitados anuais na bacia do rio Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes.

A principal característica fisiográfica da bacia do rio Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes é sua inserção entre as Serras do Mar e da Serra da Mantiqueira. O mar no litoral fluminense é a principal fonte de umidade que, direcionada no sentido do continente, provoca sua ascensão devido a presença da Serra do Mar resultando em precipitações. Por sua vez, as frentes provenientes da região Sul que adentram pelo interior causam, através do mesmo fenômeno, precipitações nas encostas da Serra da Mantiqueira. Assim, em função dos efeitos orográficos, uma primeira característica são precipitações anuais maiores entre 1.700 e 2.300 mm junto aos divisores da bacia nas Serras do Mar e da Mantiqueira. Como exemplo, pode-se mencionar os postos Visconde de Mauá 2244047 (124) com 2.283 mm e Usina Isabel 2245129 (189) com 2.240 mm juntos à Serra da Mantiqueira e o posto Fazenda Fortaleza 2244028 (316) com 2.145 mm junto à Serra do Mar.

É interessante observar que a região Sudoeste do Alto Paraíba, encravada entre a Serra do Mar e da Mantiqueira, é uma área de pluviosidade relativamente baixa ficando entre 1.200 e 1.350 mm. Ainda no Alto Paraíba do Sul, após a confluência dos rios Paraíba do Sul e Jaguari, no trecho entre São José dos Campos e Aparecida é identificado um núcleo de precipitações anuais menores situadas abaixo de 1.300 mm. Da mesma forma, na região do baixo Paraíba do Sul a jusante da UHE Itaocara, as precipitações anuais médias estão entre 950 e 1.050 mm.

Ao adentrar no sentido da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira para o vale do rio Paraíba ocorre um nítido e gradual decréscimo das precipitações anuais atingindo ao longo do vale valores entre 950 e 1.500 mm. Neste sentido é interessante, por exemplo, observar a bacia do rio Preto com totais precipitados de 2.283 mm no posto Visconde de Mauá 2244047 (124) junto à Serra da Mantiqueira, decrescendo gradativamente no sentido Oeste-Leste do curso d´água principal, atingindo 1.134 mm no posto Moura Brasil 2243015 (78) na sua foz no rio Paraíba do Sul. Situação muito similar ocorre na bacia do rio Piabanha, com 1.937 mm no posto pluviométrico Petrópolis 2243009 (72) junto à Serra do Mar, decrescendo continuamente no sentido Sul-Norte do curso d´água principal atingindo 1.134 mm no já mencionado posto Moura Brasil 2243015 (78) na sua foz no rio Paraíba do Sul.

As Figuras 10 e 11 apresentam a distribuição sazonal das precipitações mensais nas regiões I, II, III, IV e V e nas regiões V, VI, VII, VIII e IX, respectivamente. Verifica-se que o semestre mais chuvoso tem início em outubro e estende-se até março enquanto o semestre mais seco corresponde ao período de abril a setembro. O semestre mais chuvoso concentra, em média, 80 % da precipitação anual caracterizando a sazonalidade marcante das chuvas nesta bacia.

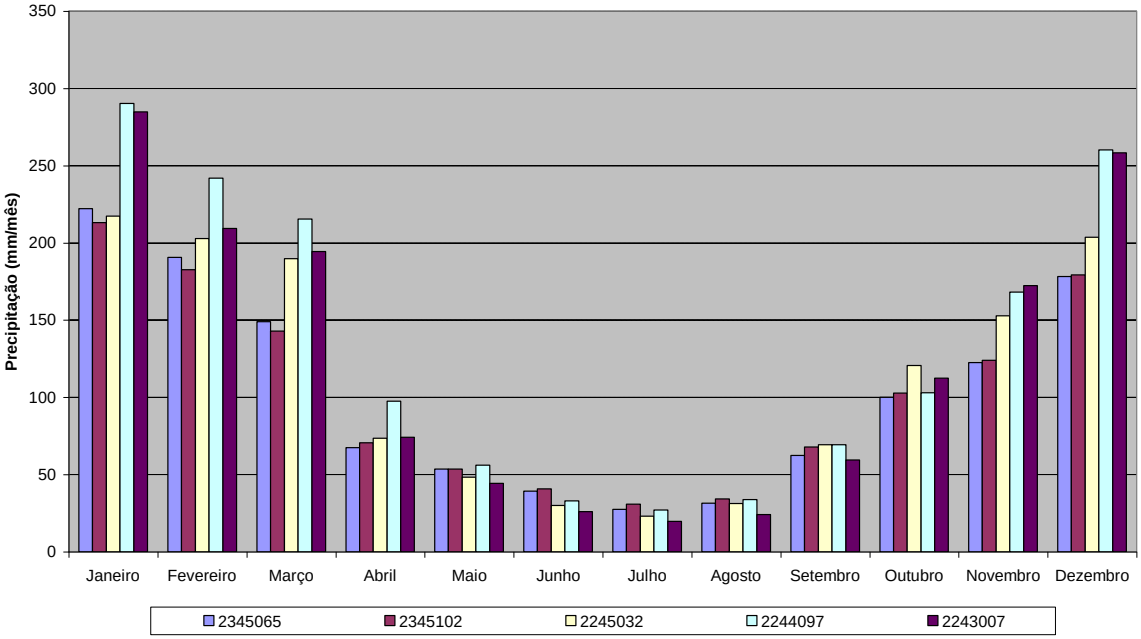

FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS MÉDIAS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL E RIBEIRÃO DAS LAJES – REGIÕES I, II, III, IV E V

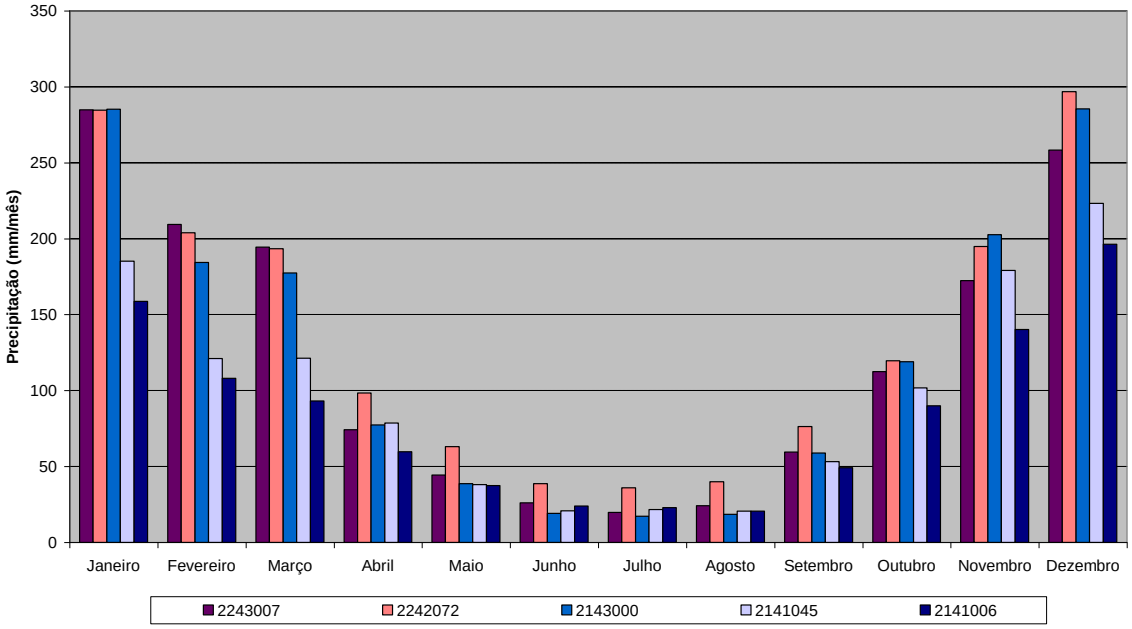

FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DAS PRECIPITAÇÕES MENSAIS MÉDIAS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL E RIBEIRÃO DAS LAJES – REGIÕES V, VI, VII, VIII E IX

Para a análise da distribuição temporal das precipitações anuais utilizou-se o posto pluviométrico Usina Santa Cecília 2243205 localizado na Região IV, na porção média da bacia do rio Paraíba do Sul, na confluência do rio Paraíba do Sul com o ribeirão das Lajes. A operação do posto pluviométrico Usina Santa Cecília teve início em dezembro de 1920.

A Figura 12 apresenta os totais precipitados anuais no posto pluviométrico Usina Santa Cecília 2243205. É interessante observar que os anos hidrológicos secos situam-se entre outubro de 1938 a setembro de 1946 com duração de 8 anos e entre outubro de 1950 e setembro de 1956 com duração de 6 anos. Por sua vez no período de outubro de 1981 até setembro de 2005, correspondente a 25 anos, as precipitações estiveram acima da média histórica, com exceção dos anos hidrológicos de 1989, 1993 e 1994. Esta tendência ou não-estacionariedade aparente desta série de precipitações anuais não é confirmada em outros postos pluviométricos da bacia. É importante destacar ainda que outros postos pluviométricos na bacia do rio Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes apresentam uma distribuição temporal com características distintas.

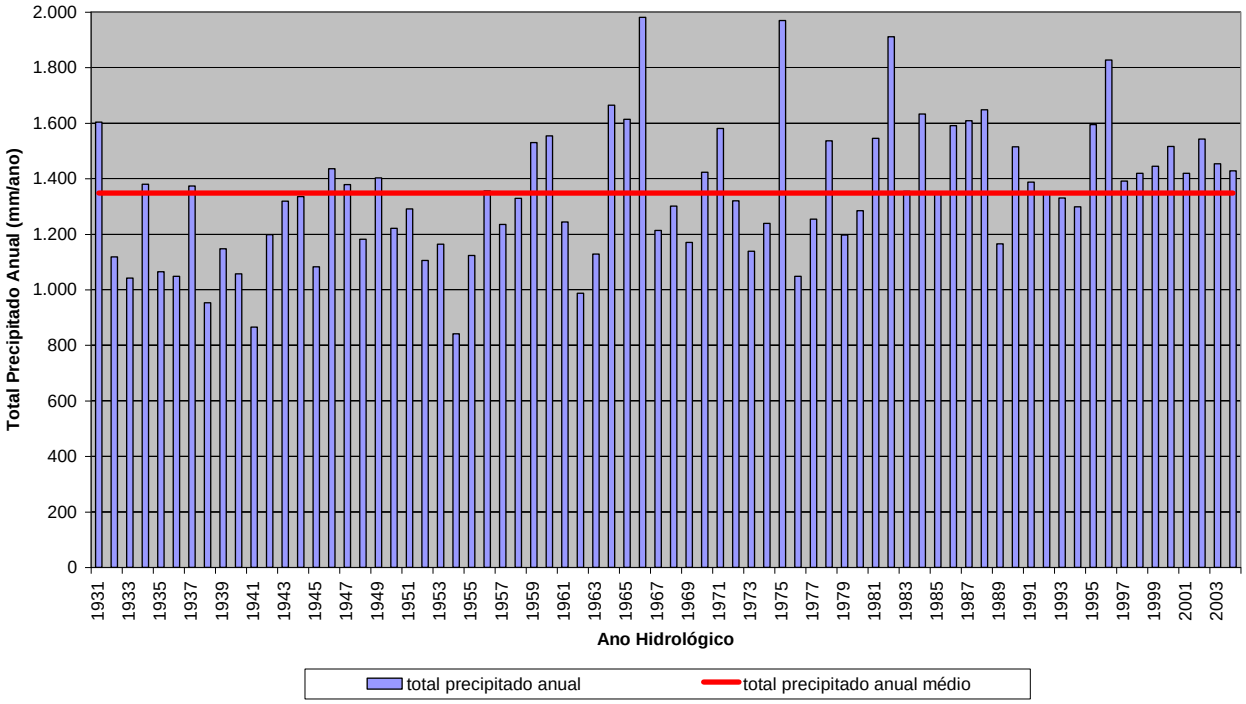

FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS TOTAIS PRECIPITADOS ANUAIS NO POSTO PLUVIOMÉTRICO USINA SANTA CECÍLIA 2243205

ANEXO 1 - DESENHO

1.3.035-AC-1000-GE-1042

Regiões Pluviométricas Homogêneas e Distribuição Isoiética das Precipitações Anuais das Bacias dos Rios Paraíba do Sul e Ribeirão das Lajes

ANEXO 2 – CD COM OS ARQUIVOS COMPUTACIONAIS DO RELATÓRIO