



**Ministério de Minas e Energia**



**Empresa de Pesquisa Energética**



**AGÊNCIA NACIONAL DE  
ENERGIA ELÉTRICA**



**Operador Nacional  
do Sistema Elétrico**

## **Revisão dos Valores de Referência de Indisponibilidade Forçada - TEIF e Programada - IP de Usinas Hidrelétricas – Revisão 2**

**AGOSTO/2019**

**Esplanada dos Ministérios Bloco “U”  
CEP: 70.065-900 – Brasília-DF BRASIL**

**dpe@mme.gov.br  
Fone: (61) 2032-5651**

**BENTO ALBUQUERQUE**

Ministro de Minas e Energia – MME

**REIVE BARROS DOS SANTOS**

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE

**THIAGO GUILHERME FERREIRA PRADO**

Diretor de Planejamento Energético – DPE

**TARITA DA SILVA COSTA**

Coordenadora-Geral de Planejamento da Geração – CGPG

© 2019/DPE/SPE/MME

Todos os direitos reservados.

Qualquer alteração é proibida sem autorização.

## **Revisão dos Valores de Referência de Indisponibilidade Forçada - TEIF e Programada - IP de Usinas Hidrelétricas – Revisão 2**

**02 de agosto de 2019**

## Sumário

<b>1 – Introdução .....</b>	<b>4</b>
<b>2 – Atualização dos Índices.....</b>	<b>5</b>
2.1 – Metodologia .....	5
2.2 – Base de dados da atualização.....	5
2.3 – Resultados e Análises de sensibilidade .....	6
<b>3 – Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>8</b>
<b>4 – Equipe Técnica.....</b>	<b>9</b>
<b>5 – Anexos.....</b>	<b>10</b>

## 1 – Introdução

A Portaria MME n. 484, de 11 de setembro de 2014, aprovou o relatório que consolidou os estudos referentes a revisão dos valores de referência das Taxas Equivalentes de Indisponibilidade Forçada – TEIF e Indisponibilidade Programada – IP de Usinas Hidrelétricas - UHEs, bem como atualizou, com base nos valores apurados no Sistema Interligado Nacional – SIN, os índices de referência a serem utilizados para a referida fonte de geração de energia elétrica.

Adicionalmente à atualização dos valores de referência dos índices, a Portaria supracitada, em seu art. 6º, definiu uma periodicidade de 5 (cinco) anos para atualização desses índices.

Desta forma, para cumprir o disposto no instrumento supramencionado, o Departamento de Planejamento Energético (DPE) da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE) do Ministério de Minas e Energia (MME), convocou as Instituições responsáveis pela elaboração do relatório aprovado pela Portaria MME n. 484/2014, para desenvolver os estudos necessários para a atualização preconizada no instrumento normativo.

Neste sentido foram realizadas reuniões técnicas envolvendo as equipes da Empresa de Pesquisa Energética – **EPE**, Operador Nacional do Sistema Elétrico – **ONS** e Agência Nacional de Energia Elétrica - **ANEEL**, e do próprio **MME**, que o coordenou, nas quais foram discutidos os temas pertinentes à revisão da referida Portaria quanto:

- a atualização dos valores de referência, considerando os índices e um conjunto de usinas mais atualizados;
- as análises de sensibilidade ao diferenciar as usinas por tipo de turbina;

O presente relatório registra os estudos realizados e avalia os resultados obtidos, sugerindo recomendações para cumprir o mecanismo de atualização previsto pelo Ministério de Minas e Energia.

Por fim, registra-se o agradecimento ao apoio institucional e técnico da EPE, ANEEL e ONS para a execução das atividades, análise e discussões ocorridas nas reuniões técnicas.

## 2 – Atualização dos Índices

### 2.1 – Metodologia

A atualização dos índices de indisponibilidade, registrada no presente documento seguiu a mesma metodologia que definiu os valores da Portaria MME n. 484/2014. Em síntese, esta metodologia segue os seguintes passos:

- extrair os dados de indisponibilidades TEIF e IP do conjunto de arquivos (*deck*) adotado para a elaboração do Programa Mensal de Operação (PMO) de um mês de referência;
- excluir usinas:
  - i. futuras;
  - ii. concessões extintas;
  - iii. cujas unidades geradoras (UGs) encontram-se em faixas distintas;
  - iv. fictícias ou artificiais, que constam no *deck* para modelagem matemática;
  - v. retiradas da configuração;
  - vi. cuja última unidade geradora (UG) tenha menos de 5 (cinco) anos de operação até a data de referência de operação; e
  - vii. cujo fator de disponibilidade seja inferior ao fator de referência.
- construir a lista de UGs com os respectivos valores de potência instalada e índices de disponibilidade, considerando os mesmos índices para todas as UGs de uma mesma usina;
- elaborar a tabela de índices de referência, a partir dos valores médios da lista de UGs por faixa de potência unitária.

### 2.2 – Base de dados da atualização

A presente atualização dos índices de indisponibilidade, considerou os dados da Tabela 1 para aplicar a metodologia detalhada no item 2.1:

**Tabela 1 – Base de dados para atualização**

Dado	Consideração	Observação
Deck do PMO de referência	Maio de 2019	Índices detalhados no Anexo I
Data de referência de operação	31/12/2018	-
Fator de disponibilidade de referência	80%	-
Usinas excluídas	Metodologia item 2.1	Lista no Anexo II

Adicionalmente às considerações até então apresentadas, é importante ressaltar que no caso específico das usinas hidrelétricas Paulo Afonso 1-2-3, Paulo Afonso 4 e Moxotó, os índices de indisponibilidade, constantes no *deck* do PMO de referência, são idênticos e correspondem aos do complexo Paulo Afonso-Moxotó. Entretanto, como esses valores são bastante elevados,

correspondendo a uma disponibilidade de 81,6%, optou-se por considerar separadamente as 3 usinas, conforme detalhado na Tabela 2:

**Tabela 2 – Índices para Paulo Afonso (1-2-3 e 4) e Moxotó**

Usina	TEIF	IP	Disponibilidade Total
Paulo Afonso 1-2-3	4.013%	17.916%	93.769%
Paulo Afonso 4	10.261%	12.803%	78.790%
Moxotó	0.099%	6.138%	78.250%

## 2.3 – Resultados e Análises de sensibilidade

Após a aplicação da metodologia do item 2.1 sob a base de dados apresentada no item 2.2, foram obtidos os valores atualizados dos índices de indisponibilidade, por faixa, dispostos na Tabela 3:

**Tabela 3 – Índices atualizados por faixa de potência unitária**

Faixa de potência	TEIF	IP	Disponibilidade Total
Até 29 MW	1.721%	4.228%	94.124%
De 29 a 59 MW	1.702%	4.000%	94.366%
De 59 a 199 MW	2.075%	4.623%	93.398%
De 199 a 699 MW	3.579%	3.765%	92.791%
De 699 a 1300 MW	1.850%	3.538%	94.677%

Adicionalmente foram realizadas análises de sensibilidade computando os índices para as mesmas faixas de potência, diferenciando os tipos de turbina entre Francis e Kaplan/Bulbo. Os resultados dessa diferenciação são apresentados na Tabela 4:

**Tabela 4 – Índices por faixa de potência unitária e tipo de turbina**

Faixa de potência	Francis			Kaplan/Bulbo		
	TEIF	IP	Disp. Total	TEIF	IP	Disp. Total
Até 29 MW	1.999%	3.914%	94.165%	1.517%	4.459%	94.092%
De 29 a 59 MW	2.904%	4.482%	92.744%	0.522%	3.526%	95.970%
De 59 a 199 MW	2.234%	4.617%	93.252%	1.906%	4.686%	93.497%
De 199 a 699 MW	3.609%	3.767%	92.760%	2.133%	3.688%	94.258%
De 699 a 1300 MW	1.850%	3.538%	94.677%	-	-	-

Em complementação a análise dos valores obtidos para cada faixa de potência, também é interessante avaliar o número de UGs que efetivamente foram considerados para o cômputo de cada média, detalhados na Tabela 5:

**Tabela 5 – Número de UGs por faixa de potência e tipo de turbina**

<b>Faixa de potência</b>	<b>Francis</b>	<b>Kaplan/Bulbo</b>	<b>Total</b>
Até 29 MW	25	34	59
De 29 a 59 MW	56	57	113
De 59 a 199 MW	115	95	210
De 199 a 699 MW	94	2	96
De 699 a 1300 MW	20	-	20
<b>Total</b>	<b>310</b>	<b>188</b>	<b>498</b>

A partir dos dados apresentados, constata-se que a proposta de diferenciação entre os tipos de turbina reduz as amostras para as três primeiras faixas de potência, além do fato, que para as turbinas Kaplan/Bulbo, a última faixa não tem representante e a penúltima faixa contém apenas duas UGs. Desta forma, não se evidenciam benefícios para a proposta de diferenciação, pois há uma significativa redução de elementos considerados nos cálculos.

### 3 – Conclusões e Recomendações

O presente documento registrou os estudos referentes a atualização dos índices de referência de indisponibilidade forçada (TEIF) e programada (IP), conforme preconiza a Portaria MME n. 484/2014, considerando os dados mais recentes em relação àqueles utilizado para a publicação da Portaria.

O relatório descreveu a metodologia adotada, que corresponde à mesma definida para a publicação da Portaria MME n. 484/2014, detalhou a base de dados mais recente e apresentou os índices finalmente obtidos.

Quanto aos valores de índices, além de apresentar uma tabela de referência mais atualizada, também se avaliou a possibilidade de se considerar duas tabelas, especificando os valores para cada tipo de turbina: Francis e Kaplan/Bulbo. Entretanto, não houve evidências suficientes de benefícios para se efetuar esta diferenciação, além disso, houve significativa redução do número de elementos considerados ao se realizar essa diferenciação.

Por fim, conclui-se por recomendar a atualização da tabela de referência constante na Portaria MME n. 484/2014, conforme os índices apresentados na **Tabela 3**.



## 4 – Equipe Técnica

Livia Batista Maciel Braga	MME/SPE/DPE
Patrícia Núbia Takei	ANEEL/SRG
Matheus Machado Neves	ANEEL/SRG
Thais Iguchi	EPE/DEE/SPG
Luis Paulo Scolari Cordeiro	EPE/DEE/SPG
Fernanda Gabriela Batista dos Santos	EPE/DEE/SPG
Hermes Trigo Dias da Silva	EPE/DEE/SPG
Thiago Correa César	EPE/DEE/SPG
Manoel Vieira Junior	ONS/PEE
Maria Aparecida Martinez	ONS/PEE
Wilkens Geraldes Filho	ONS/NCP

## 5 – Anexos

### Anexo I – Lista de Usinas e respectivos índices por faixa de potência

Até 29 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
1	CAMARGOS	2	0.871	3.616	Kaplan/Bulbo
2	ITUTINGA	4	1.413	5.574	Kaplan/Bulbo
15	E. DA CUNHA	4	0.211	7.756	Francis
16	A.S.OLIVEIRA	2	0.344	8.342	Kaplan/Bulbo
50	L.N. GARCEZ	4	1.451	2.26	Kaplan/Bulbo
51	CANOAS II	3	0.064	2.418	Kaplan/Bulbo
52	CANOAS I	3	0.294	2.065	Kaplan/Bulbo
101	SAO JOSE	2	0.781	6.273	Kaplan/Bulbo
120	JAGUARI	2	1.226	0.93	Francis
122	SANTA BRANCA	2	0.52	4.598	Francis
126	PICADA	2	0.603	3.051	Francis
127	SOBRAGI	3	1.338	5.064	Francis
134	SALTO GRANDE	4	0.673	3.092	Francis
153	SAO DOMINGOS	2	2.335	6.578	Kaplan/Bulbo
217	ROSAL	2	16.424	1.091	Francis
225	SLT APIACAS	3	2.333	6.861	Kaplan/Bulbo
249	OURINHOS	3	1.127	5.583	Kaplan/Bulbo
272	CURUA-UNA	3	5.89	4.406	Kaplan/Bulbo
276	RONDON II	3	1.321	3.291	Francis
283	STA CLARA MG	3	0.304	3.348	Francis
290	ESPORA	3	0.78	2.218	Kaplan/Bulbo

De 29 MW a 59 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
7	M. DE MORAES	10	7.686	5.523	Francis
10	IGARAPAVA	5	0.938	1.717	Kaplan/Bulbo
14	CACONDE	2	1.014	4.464	Francis
37	BARRA BONITA	4	0.198	6.095	Kaplan/Bulbo
38	A.S. LIMA	3	0.068	5.675	Kaplan/Bulbo
39	IBITINGA	3	0.121	4.604	Kaplan/Bulbo
47	A.A. LAYDNER	2	0.171	0.791	Kaplan/Bulbo
48	PIRAJU	2	0.334	4.523	Kaplan/Bulbo
94	MONJOLINHO	2	0.28	2.168	Francis
95	QUEBRA QUEIX	3	1.371	4.206	Francis
97	CASTRO ALVES	3	0.023	2.235	Kaplan/Bulbo
99	14 DE JULHO	2	0.228	4.71	Kaplan/Bulbo

De 29 MW a 59 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
102	PASSO S JOAO	2	0.256	5.337	Kaplan/Bulbo
112	JACUI	6	1.483	4.091	Francis
121	PARAIBUNA	2	0.874	2.479	Francis
132	FONTES	3	6.992	2.712	Francis
133	P. PASSOS	2	0.675	1.407	Francis
135	P. ESTRELA	2	0.971	1.334	Kaplan/Bulbo
139	CANDONGA	3	0.321	1.63	Kaplan/Bulbo
141	BAGUARI	4	0.521	3.53	Kaplan/Bulbo
144	MASCARENHAS	4	0.61	3.65	Kaplan/Bulbo
155	RETIRO BAIXO	2	0.038	6.752	Kaplan/Bulbo
162	QUEIMADO	3	2.619	2.457	Francis
195	JAURU	3	0.519	6.026	Francis
196	GUAPORE	3	2.115	3.418	Francis
203	CORUMBA III	2	0.304	3.027	Francis
241	SLT VERDINHO	2	0.671	4.08	Francis
262	SALTO	2	0.508	2.838	Francis
277	BALBINA	5	1.043	5.251	Kaplan/Bulbo
278	MANSO	4	1.534	5.546	Francis
279	SAMUEL	5	0.97	1.485	Kaplan/Bulbo
281	PONTE PEDRA	3	0.475	4.923	Francis
304	ITIQUEIRA I	2	2.547	7.915	Francis
305	ITIQUEIRA II	2	7.348	10.534	Francis
311	CACU	2	0.358	2.841	Kaplan/Bulbo
312	B. COQUEIROS	2	0.847	2.092	Kaplan/Bulbo
315	FOZ R. CLARO	2	0.847	3.214	Kaplan/Bulbo

De 59 MW a 199 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
4	FUNIL-GRANDE	3	2.125	4.792	Kaplan/Bulbo
6	FURNAS	8	5.881	11.119	Francis
8	ESTREITO	6	4.526	3.256	Francis
9	JAGUARA	4	5.636	2.286	Francis
11	VOLTA GRANDE	4	9.743	3.411	Kaplan/Bulbo
12	P. COLOMBIA	4	10.451	4.553	Kaplan/Bulbo
17	MARIMBONDO	8	5.068	3.935	Francis
21	SERRA FACAO	2	0.439	1.883	Francis
25	NOVA PONTE	3	6.002	1.888	Francis
26	MIRANDA	3	1.609	4.311	Francis
27	CAPIM BRANC1	3	0.472	3.436	Francis
28	CAPIM BRANC2	3	2.566	2.879	Francis
29	CORUMBA IV	2	0.668	2.611	Francis
30	CORUMBA I	3	0.838	7.522	Francis

De 59 MW a 199 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
34	I. SOLTEIRA	20	2.112	5.431	Francis
40	PROMISSAO	3	0.097	7.748	Kaplan/Bulbo
42	NAVANHANDAVA	3	0.183	2.522	Kaplan/Bulbo
43	TRES IRMAOS	5	1.101	5.888	Francis
45	JUPIA	14	1.858	5.337	Kaplan/Bulbo
46	P. PRIMAVERA	14	0.504	6.008	Kaplan/Bulbo
49	CHAVANTES	4	0.13	1.482	Francis
57	MAUA	3	0.277	4.213	Francis
61	CAPIVARA	4	0.29	1.926	Francis
62	TAQUARUCU	5	1.056	3.345	Kaplan/Bulbo
63	ROSANA	4	0.926	3.871	Kaplan/Bulbo
71	STA CLARA PR	2	0.619	2.387	Francis
72	FUNDAO	2	0.366	2.347	Francis
78	SALTO OSORIO	6	0.253	3.017	Francis
93	PASSO FUNDO	2	3.286	8.205	Francis
98	MONTE CLARO	2	0.166	4.619	Kaplan/Bulbo
111	PASSO REAL	2	0.366	2.581	Kaplan/Bulbo
113	ITAUBA	4	1.185	5.966	Francis
114	D. FRANCISCA	2	1.312	3.627	Francis
115	G.P. SOUZA	4	1.522	3.3	Pelton
123	FUNIL	3	1.877	5.41	Francis
143	AIMORES	3	0.339	2.867	Kaplan/Bulbo
148	IRAPE	3	1.211	4.449	Francis
154	ITAPEBI	3	1.553	4.183	Francis
156	TRES MARIAS	6	2.733	8.483	Kaplan/Bulbo
169	SOBRADINHO	6	1.144	1.904	Kaplan/Bulbo
173	MOXOTO	4	0.099	6.138	Kaplan/Bulbo
189	P. CAVALO	2	0.399	3.369	Francis
215	SALTO PILAO	2	0.069	3.841	Francis
252	CANA BRAVA	3	0.141	5.607	Francis
253	SAO SALVADOR	2	9.853	5.686	Kaplan/Bulbo
257	PEIXE ANGIC	3	0.174	4.663	Kaplan/Bulbo
261	LAJEADO	5	0.271	3.012	Kaplan/Bulbo
267	ESTREITO TOC	8	0.466	3.352	Kaplan/Bulbo

De 199 MW a 699 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
18	A. VERMELHA	6	0.257	3.987	Francis
24	EMBORCACAO	4	4.103	4.109	Francis
31	ITUMBIARA	6	0.783	5.12	Francis
33	SAO SIMAO	6	2.859	6.385	Francis
74	G.B. MUNHOZ	4	2.484	4.233	Francis

De 199 MW a 699 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
76	SEGREDO	4	3.715	3.299	Francis
77	SLT.SANTIAGO	4	1.658	3.05	Francis
82	SALTO CAXIAS	4	0.687	4.669	Francis
86	BARRA GRANDE	3	0.72	1.806	Francis
90	CAMPOS NOVOS	3	0.119	3.01	Francis
91	MACHADINHO	3	0.412	2.714	Francis
92	ITA	5	0.444	3.737	Francis
103	FOZ CHAPECO	4	0.288	2.604	Francis
172	ITAPARICA	6	0.386	5.28	Francis
178	XINGO	6	8.487	0.818	Francis
227	SINOP	2	2.133	3.688	Kaplan/Bulbo
251	SERRA MESA	3	3.577	6.06	Francis
275	TUCURUI	23	8.444	3.359	Francis

De 699 MW a 1300 MW					
Cód. NW	Usina	nº UGs	TEIF (%)	IP (%)	Tipo Turb.
66	ITAIPU	20	1.85	3.538	Francis

## Anexo II – Lista de Usinas excluídas

CodUsina	Usina	Motivo
80	SAO JOAO	Processo de extinção/revogação em andamento
81	CACHOEIRINHA	Processo de extinção/revogação em andamento
83	BAIXO IGUACU	Usina Futura
85	PAI QUERE	Processo de extinção/revogação em andamento
88	SAO ROQUE	Usina Futura
89	GARIBALDI	Usina Futura
138	BAU I	Concessão Extinta
149	MURTA	Concessão Extinta
186	ITAOCARA I	Processo de extinção/revogação em andamento
216	CUBATAO	Concessão Extinta
228	COLIDER	Usina Futura
269	COUTO MAGALH	Concessão Extinta
273	SANTA ISABEL	Concessão Extinta
282	OLHO DAGUA	Concessão Extinta
289	ITUMIRIM	Processo de extinção/revogação em andamento
58	SAO JERONIMO	Concessão Extinta
75	S GDE CHOPIM	Usina Futura
81	CACHOEIRINHA	Usina Futura
194	TRAIRA II	Concessão Extinta
268	S. QUEBRADA	Concessão Extinta
313	ITAGUACU	Concessão Extinta
54	STA BRANCA T	Usina Futura
55	TIBAGI MONT	Usina Futura
22	BOCAINA	Concessão Extinta
190	B. ESPERANCA	UGs em faixas diferentes
32	CACH.DOURADA	UGs em faixas diferentes
119	Henry Borden	UGs em faixas diferentes
130	ILHA POMBOS	UGs em faixas diferentes
131	NILO PECANHA	UGs em faixas diferentes
193	SA CARVALHO	UGs em faixas diferentes
275	TUCURUI <sup>1</sup>	UGs em faixas diferentes
310	DARDANELOS	UGs em faixas diferentes
280	COARACY NUNE	UGs em faixas diferentes
183	FONTES A	UGs englobadas em outras usinas
184	FONTES BC	UGs englobadas em outras usinas
44	I. SOLT. EQV	UGs englobadas em outras usinas
176	COMP PAF-MOX	UGs englobadas em outras usinas
185	BARRA BRAUNA	Não está mais na configuração
20	BATALHA	Ultima maquina posterior a data de referência: mai/14

<sup>1</sup> No caso da UHE Tucuruí, foram excluídas apenas as duas unidades auxiliares de 22,5 MW.

CodUsina	Usina	Motivo
129	SIMPLICIO	Última máquina posterior a data de referência: ago/18
174	P.AFONSO 123	FID inferior ao mínimo
175	P.AFONSO 4	FID inferior ao mínimo
192	GUILMAN-AMOR	FID inferior ao mínimo
204	CACH.CALDEIR	Última máquina posterior a data de referência: ago/16
229	TELES PIRES	Última máquina posterior a data de referência: ago/16
230	SAO MANOEL	Última máquina posterior a data de referência: abr/18
284	FERREIRA GOM	Última máquina posterior a data de referência: abr/15
285	JIRAU	Última máquina posterior a data de referência: nov/16
286	STO ANT JARI	Última máquina posterior a data de referência: dez/14
287	STO ANTONIO	Última máquina posterior a data de referência: jun/16
288	BELO MONTE	Última máquina posterior a data de referência: dez/18
314	PIMENTAL	Última máquina posterior a data de referência: nov/16