

A GESTÃO APOIADA NA ANÁLISE HIDROLÓGICA DE PROJETOS HIDRELÉTRICOS – EXEMPLO DE APLICAÇÃO NA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

Luziel Ahy¹; Fernando Campagnoli¹; Mateus Machado¹; Gabriella Duarte¹; Simone Mendonça¹;
Henryette Patrice Cruz¹ & Alessandro Cantarino¹

Resumo - A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL é uma autarquia sob regime especial instituída pela lei n.º 9.427, de 26/12/1996, cuja finalidade é a de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. A viabilidade da construção de novas usinas hidrelétricas é gerenciada pela ANEEL, que analisa estudos de inventário, viabilidade e projetos básicos, para posterior outorga dos projetos hidrelétricos, a fim de oferecer oportunidades de negócios ao mercado. A atividade de gestão depende intrinsecamente da avaliação técnica dos projetos de engenharia apresentados à agência para fins de outorga para geração hidrelétrica. Apesar de sua importância na composição da matriz energética brasileira, a geração que vem das barragens e quedas d'água aproveita apenas 25% do potencial hidráulico nacional. O presente trabalho aborda alguns aspectos da análise hidrológica de projetos de hidroeletricidade, por meio dos quais a Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas – SIH/ANEEL avalia o potencial do aproveitamento dos recursos hídricos para a geração hidrelétrica. Por meio desse trabalho pretende-se apresentar a importância da avaliação técnica como insumo vital para a gestão, demonstrando a relação da avaliação técnica hidrológica de projetos com as demandas de mercado e seus efeitos positivos no aproveitamento hidrelétrico nacional.

Abstract – The Brazilian Electricity Regulatory Agency - ANEEL, is an institution established under a special regime under Law 9.427, dated December 26, 1996. Its responsibilities involve regulating and supervising the power generation, transmission, distribution and trading. ANEEL also determines the feasibility of constructing new hydroelectric power plants, analyzes studies of the watershed inventory and basic projects, and grants projects in order to offer new business opportunities for the market. The management activity depends essentially on the technical evaluation of the engineering projects submitted to ANEEL with the purpose of granting. In spite of

¹ Agência Nacional de Energia Elétrica/Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas – SIH/ANEEL, SGAN Q 603 Modulo J, Brasília – DF, tel (61) 426-5854, fax (61) 426-5882, e-mail: erli@aneel.gov.br.

the fact that the hydropower energy is very important on the Brazilian power generation framework, the energy generated by dams and waterfalls use only 25% of the national hydraulic potential. This paper presents some aspects of the hydrological analysis for hydroelectric plants performed by the Superintendence of Studies and Hydrological Information - SIH from ANEEL in order to evaluate the water resources' potential for hydropower generation. Through this paper, we intend to demonstrate the relevance of the technical evaluation as an essential input for management, presenting the relation between the technical hydrological evaluation for projects and the market demands, and the positive effects on the national hydroelectric potential.

Palavras-chave – Análise de Projetos Hidrelétricos, Gestão do Potencial Hidrelétrico, Aneel.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A participação das hidrelétricas na produção de eletricidade no Brasil é expressiva, da ordem de 90%. O potencial hidroenergético do País é de cerca de 260 GW, sendo que 165 GW são atualmente inventariados, o que indica que existe espaço para investimentos no setor (95GW).

A disponibilidade hídrica para tais investimentos depende do potencial hidráulico dos rios, que é função principalmente de duas variáveis: a queda e a vazão. Os estudos hidrológicos apresentados nos projetos de engenharia visam obter, através de cálculos, uma estimativa do comportamento dos corpos d'água com base no seu histórico de vazões, atestado por medições em estações fluviométricas ou por estudos de regionalização de vazões. Esses estudos, remetidos à ANEEL, são analisados pela Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas – SIH.

A quantidade de água corrente em um rio tem, como base teórica, o conceito de balanço hídrico, que nada mais é que o entendimento dos fatores Pluviosidade, Evaporação, Infiltração e Vazão, sendo o primeiro equivalente a somatória dos demais. A partir de modelos matemáticos e medições em pontos estratégicos dos rios, pode-se estimar o comportamento das vazões, nos locais onde serão implantados os aproveitamentos. O papel da análise de projetos é avaliar a confiabilidade dos cálculos empregados e a coerência dos valores de vazão encontrados, com os demais fatores mencionados.

A disponibilidade hídrica potencial de um trecho de rio, que pode vir a ser aproveitado, guarda uma relação direta com a energia assegurada, cujo cálculo depende de duas categorias de parâmetros, a saber: uma com determinação direta e precisa, que trata dos dados físicos do local (queda) e das características dos equipamentos e outra, estimada, que depende da série de vazões. A série de vazões é determinada com base em informações medidas no próprio rio, ou na região

estudada e que muitas vezes são insuficientes ou apresentam falhas, dependendo de cálculos estatísticos para sua complementação e utilização. Desta forma, podem ocorrer imprecisões. Daí a importância do órgão regulador avaliar minuciosamente os procedimentos para a determinação da série de vazões apresentadas nos projetos, visando garantir ao empreendedor e à sociedade que a energia a ser gerada com o referido aproveitamento estará disponível no sistema elétrico brasileiro.

ANÁLISE HIDROLÓGICA DE PROJETOS.

Considerações preliminares

O aproveitamento hidrelétrico é concedido pelo órgão regulador em fases diferentes de estudo técnico, marcados pelo detalhamento do projeto, regionais e abrangentes no início dos estudos, até os detalhes construtivos das barragens, usinas e da transmissão. Na medida em que os estudos evoluem e são remetidos a ANEEL, os mesmos são avaliados em função da adequação da fase de estudo e seu respectivo detalhamento, visando o melhor aproveitamento do recurso hídrico.

Neste item são apresentadas as etapas de estudos e projetos para a implantação de um empreendimento para aproveitamento hidrelétrico. Ressalta-se que são analisadas na SIH as seguintes etapas: b), c), d).

a) Estimativa do Potencial Hidrelétrico

Etapas dos estudos em que se procede a análise preliminar das características da bacia hidrográfica, especialmente quanto aos aspectos topográficos, hidrológicos, geológicos e ambientais, no sentido de verificar sua vocação para geração de energia elétrica.

b) Estudo de Inventário Hidrelétrico

É a etapa em que se determina o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica e se estabelece a melhor divisão de queda, mediante a identificação do conjunto de aproveitamentos que propiciem um máximo de energia ao menor custo, aliado a um mínimo de efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Essa análise é efetuada a partir de dados secundários, complementados com informações de campo, e pautada em estudos básicos hidrometeorológicos, energéticos, geológicos, ambientais e de outros usos da água, apresentando um conjunto de aproveitamentos, suas principais características, estimativas de custo, índices custo-benefício e índices ambientais.

De acordo com a potência do aproveitamento, existem diferentes níveis de exigências de acordo com a potência, listados a seguir. Atualmente esses limites estão sendo revistos pela ANEEL, de acordo com a Audiência Pública 017/2002, de 13/11/2002.

- **Nível de Reconhecimento** (potência entre 1,0 e 10,0 MW):
Etapa dos estudos em que se procede a análise dos aspectos cartográficos, geológicos e hidrológicos.
- **Nível Simplificado** (potência entre 10,0 e 50,0 MW):
Etapa dos estudos em que se procede a análise dos aspectos cartográficos, geológicos e de geotecnia, hidrológicos, do meio ambiente e de engenharia (dimensionamento).
- **Nível Pleno** (potência superior a 50,0 MW - correspondente a potência do maior aproveitamento hidrelétrico no trecho em estudo):
Nessa fase, os estudos hidrológicos precisam constar de todas informações consistidas e homogêneas para toda bacia, discriminando satisfatoriamente, a base de dados utilizada. Deve ser detalhada a metodologia aplicada para obtenção dos elementos relacionados à estimativa do potencial energético, como séries de vazões médias mensais nos barramentos propostos, vazões de cheia, curva de permanência, curvas-chave, dados de evaporação e evapotranspiração, bem como precipitação.

c) Estudo de Viabilidade

É a etapa de definição da concepção global de um dado aproveitamento, buscando a melhor alternativa de divisão de queda estabelecida na etapa anterior, bem como, sua otimização técnico-econômica e ambiental e a avaliação de seus benefícios e custos associados.

Essa concepção compreende o dimensionamento do aproveitamento, as obras de infraestrutura local e regional necessárias à sua implantação, o reservatório e sua respectiva área de influência, os outros usos da água e as ações ambientais correspondentes.

O Relatório Final do Estudo de Viabilidade, de acordo com a nova legislação, Lei nº 9074 de 07 de julho de 1995 (parágrafo 3º do inciso III do Artigo 5º) poderá constituir a base técnica para a licitação da concessão de projetos de geração de energia hidrelétrica.

A análise para essa etapa consiste: na verificação da compatibilidade com os estudos anteriores, atualização dos dados e melhor detalhamento das informações relacionadas a segurança e vida útil do empreendimento e suas interferências com outros usos da água na bacia hidrográfica.

Corresponde a empreendimentos com potência superior a 50,0 MW ($p > 50$ MW) – sendo p a potência do maior aproveitamento hidrelétrico no trecho em estudo.

d) Projeto Básico

É a etapa em que o aproveitamento, como concebido nos estudos de inventário ou viabilidade, é detalhado e o seu orçamento é definido com maior precisão, de forma a permitir à empresa ou ao grupo vencedor da licitação de concessão à implantação do empreendimento. Isto pode ser feito diretamente ou através de contratação de outras companhias para a execução das obras civis e do

fornecimento e montagem dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos. Nessa etapa também deve constar dos Estudos Ambientais.

Do ponto de vista hidrológico, é um estudo de grande importância, pois estarão definidos os parâmetros principais de projeto relacionados às estruturas de vertimento e desvio.

e) Projeto Executivo

É a etapa em que se processa a elaboração dos desenhos de detalhamento das obras civis e dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos, necessários à execução da obra e a montagem dos equipamentos. Nesta etapa são tomadas todas as medidas pertinentes à implantação do reservatório.

O objeto da análise

A análise hidrológica dos Estudos de Inventário, Viabilidade e Projetos Básicos de Aproveitamentos Hidrelétricos destina-se a dar suporte técnico à Superintendência de Gestão dos Potenciais Hidráulicos SPH/ANEEL para aprovação dos projetos hidrelétricos submetidos à ANEEL, para posterior concessão ou autorização para exploração do potencial hidroenergético.

No intuito de se atender o objetivo acima mencionado, inicialmente realiza-se uma avaliação preliminar do projeto, verificando-se a apresentação da itemização mínima, definida por Resolução ANEEL. Caso não se atenda ao mínimo exigido, o projeto é devolvido ao empreendedor de maneira a se cumprir o estabelecido. Se após essa verificação constatar-se que o projeto apresenta condições de análise, procede-se a verificação nos seguintes itens:

- Consistência dos dados hidrometeorológicos base;
- Metodologias empregadas na determinação das séries de vazões médias mensais;
- Estudos de cheia e riscos associados à segurança da barragem;
- Estudos de regularização de vazões;
- Vazão remanescente.

Dependendo da complexidade e do porte do empreendimento e da etapa de estudos, os itens abaixo podem ser avaliados de forma mais aprofundada:

- Estudos de remanso, curvas-chave do barramento e canal de fuga, enchimento de reservatório;
- Adequação do projeto às Leis e Diretrizes dos Setores diretamente envolvidos.
- Outros estudos que se façam necessários para uma correta análise do projeto.

RESULTADOS

A ANEEL/SIH avalia tanto quali como quantitativamente os diversos estudos dentro da análise hidrológica, entre eles a série histórica de vazões, indicando correções necessárias às diversas fases de estudo, como inventário, viabilidade e projeto básico. A avaliação da série de

vazões que tem sido realizada pela ANEEL está em conformidade com sua atribuição legal, na área de recursos hídricos, uma vez que contribui para a definição do aproveitamento ótimo.

A SIH avaliou cerca de 350 projetos desde o ano 2000, sendo que os estudos de inventário, entre estes, estão disponíveis publicamente para consulta. O efeito gerado por essa atividade tem orientado empreendedores do setor, tornando o mercado mais seguro, uma vez que tecnicamente esses dados foram certificados. Ao mesmo tempo, tem induzido o mercado a selecionar trechos mais adequados para os aproveitamentos, atendendo a redução de custos de investimentos e minimizando impactos ambientais pela redução das áreas a serem alagadas.

A seguir são apresentados quatro casos ilustrativos da análise de projetos nos quais procurou-se o melhor desenvolvimento do estudo, com orientações técnicas aos projetistas visando o aproveitamento ótimo. A exceção do segundo, para os demais casos serão omitidas as informações que identificam o local de estudo, visando respeitar o sigilo do processo.

Caso 1 – Cálculo das vazões no aproveitamento sem dados hidrométricos disponíveis no próprio rio.

A figura 1 apresenta um mapa geológico, no qual é proposto o aproveitamento em um determinado rio (em amarelo). Os números indicam a localização de diversas estações posicionadas em outros corpos d'água, sendo que as estações 1 e 2 possuem dados mais seguros e contínuos do que as demais.

Este caso, típico para a maior parte dos aproveitamentos hidrelétricos, necessita de cálculos de correlação entre dados das estações vizinhas, a fim de compor séries isentas de falhas, as quais serão empregadas em equações de transferência de vazões para gerar uma série histórica no local do aproveitamento. Esses cálculos de transferência de vazões devem contemplar a proporcionalidade das áreas das bacias contribuintes e as diferentes naturezas geológicas dos terrenos, mostradas na figura por diferentes cores.

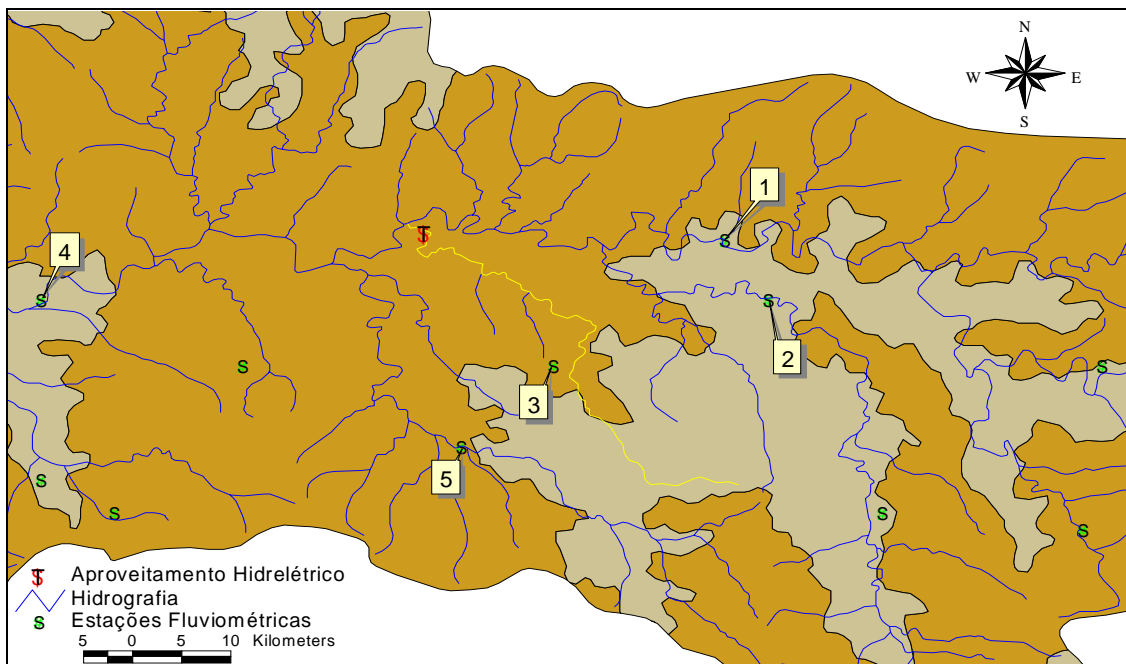


Figura 1: Exemplo de caso em que os dados existentes para o cálculo das vazões não estão no mesmo rio.

Caso 2: Regularidade de vazões no rio em terrenos arenosos da bacia do rio Juruena (MS).

Esse caso é particular pois se detecta, à primeira vista, que os dados hidrológicos da série de vazões médias parecem conter erros de medição no posto, pois há uma regularidade e constância muito bem marcada, representada na figura 2. Na análise realizada, a primeira avaliação consistiu na complementação dos dados da estação Fazenda Tucunaré, mostradas na tabela abaixo, devido à carência de dados fluviométricos e pluviométricos.

Visando avaliar a precisão das séries geradas pelo projetista, foram realizadas também comparações entre esta e a série de 21 anos de observação em Fazenda Tucunaré (1983 a 2002). As duas séries apresentam pequenas variações, podendo-se verificar que o mesmo ocorre para as vazões máximas e mínimas, devido à alta regularização que ocorre na região, mostrada na figura 3, onde observa-se que as vazões variam pouco durante o ano, independente das estações chuvosa e seca. Esse fato pode ser explicado pela predominância da ocorrência de terrenos arenosos que funcionam como uma “esponja”, absorvendo água na estação chuvosa e liberando na estação seca. Devido à alta permeabilidade dos solos e do substrato geológico, estes influenciam na variação das vazões naturais durante o ano hidrológico, pois o aquífero abastece com eficiência as drenagens nos períodos secos enquanto libera espaço entre os grãos da matriz arenosa para absorver água no período chuvoso.

Tabela 1: Série de vazões médias na estação Fazenda Tucunaré. Observar as lacunas (em verde) nas quais não há informação hidrológica, sendo portanto objeto de cálculo com base nos dados médios da série desse posto e/ou de postos vizinhos.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1983				177	163	160	152	148	144	149	155	168
1984	171	169	176	174	168	156	150	148	149	153	160	155
1985	158	156	156	169	158	153	149	146	145	152	147	145
1986	160	167	165	169	170	164	154	160	158	152	152	155
1987	159	165					143	132				208
1988												
1989	161	183	183	186	179	169	163	160	156	156	153	161
1990	165	183	174				155	150	151	151	151	154
1991	164	167	178	179	175	162	157					189
1992	162											
1993	172	182	190	185	168	162	155	152	151	148	142	164
1994	170	183	177	169	165	166	161	155	155	148	150	160
1995	169	176	179	183	177	164	158	153	150	155	161	179
1996	171	168	181	174	164	156	151	151	147	150	162	156
1997	157	170	182	181	173	163	153	149	150	148	148	151
1998	155	169	179	172	158	152	146	144	140	150	197	161
1999							138	135	136	136	141	146
2000	142	150	168	161	149	141	137	135	134	136	143	140
2001	148	148	157	152	142	139	135	134	133	135	141	145
2002	143	156	152	146								

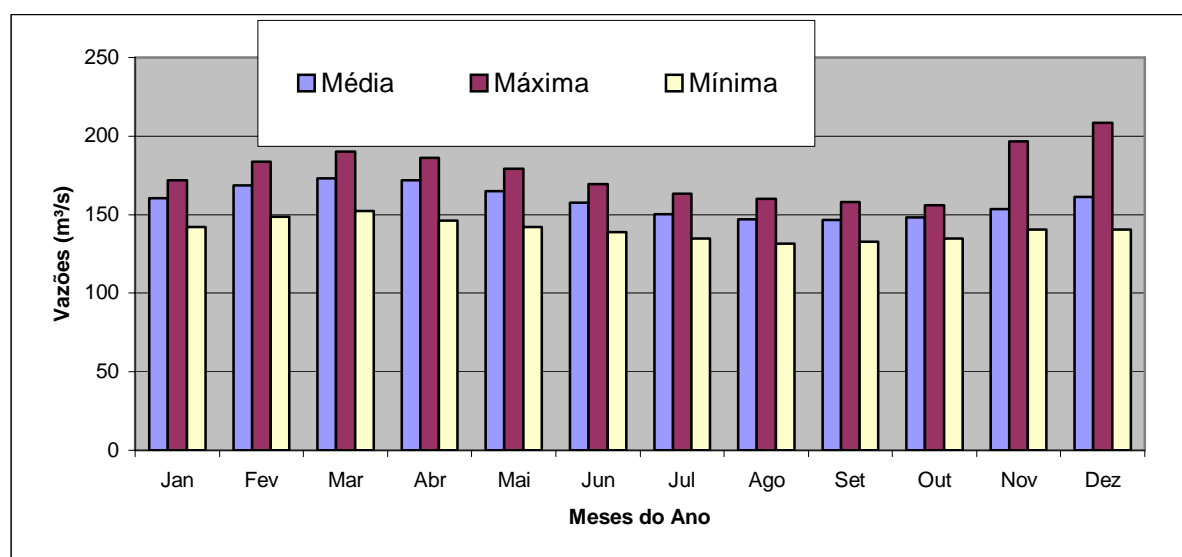


Figura 2: Comportamento das vazões mensais no Rio Juruena (MS). Observar a regularidade do comportamento, marcada por pequenas alterações ao longo do ano.

Caso 3 : Exemplo de incrementais negativos em áreas de calcário.

Em alguns casos observa-se que as vazões medidas em postos no mesmo rio apresentam as chamadas incrementais negativas, ou seja, existe uma fuga de água do rio entre dois postos hidrométricos.

Normalmente um posto localizado a montante apresenta vazão menor do que outro a jusante, que recebe contribuições de água de córregos tributários existentes entre ambos os postos. Entretanto, em terrenos de rochas calcárias podem apresentar cavernas, dolinas e juntas, com espaços vazios que podem promover a fuga de água de chuva ou do próprio rio, transferindo esse volume de água para outra área fora do campo de abrangência da medição. O resultado é uma diminuição da vazão de montante para jusante.

A figura 3 representa uma situação na qual o fluxo da água se dá da estação 1 para a estação 2, sendo que no trecho há ocorrência de rochas calcárias que geram incrementais negativos, atestadas pela tabela 2 (campos amarelos), que foi elaborada com base na subtração dos dados da série de vazões da estação 2 pela estação 1.

Uma análise cuidadosa da série e da geologia local pôde explicar tal dissonância entre os dados, definindo a melhor metodologia de utilização das informações, evitando-se relacionar os postos 1 e 2 entre si, procurando outro método de cálculo mais adequado.

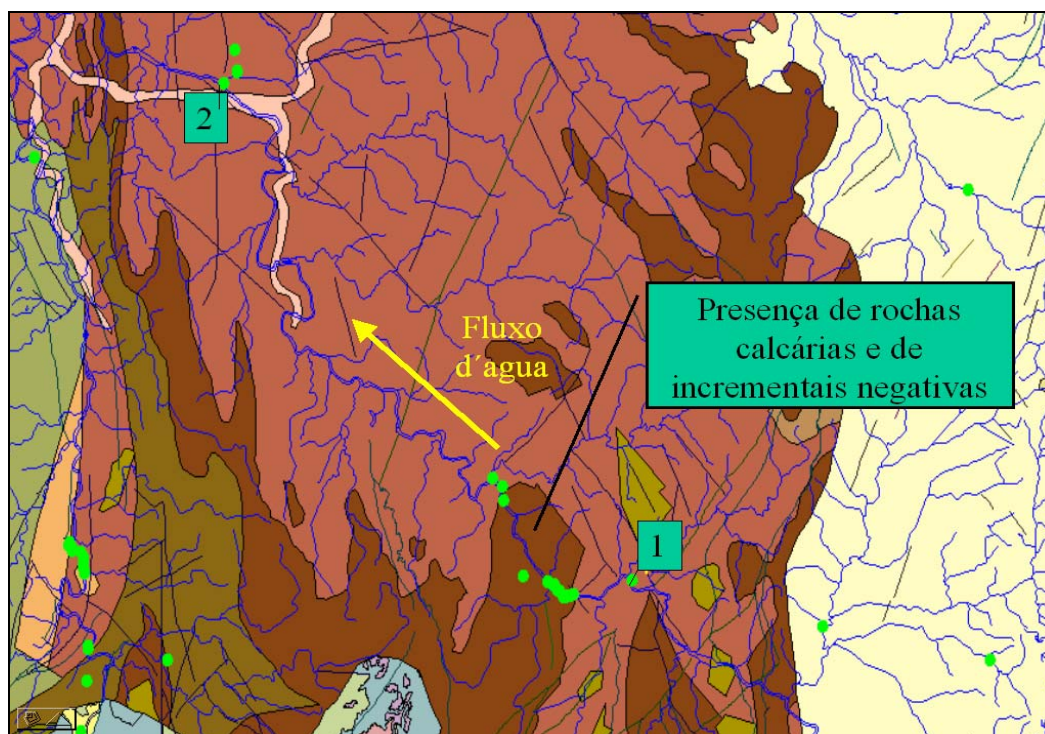


Figura 3: exemplo de incremental negativa em área de rocha calcária.

Tabela 2: Diferenças entre as vazões das estações 1 e 2. Os campos amarelos mostram as incrementais negativas.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1931	135	281	427	87	-12	-40	-54	-45	-40	-36	-5	38
1932	106	132	62	29	-33	-28	-11	0	-1	-20	-18	6
1933	80	-1	62	38	-33	-28	-11	-1	4	-3	7	184
1934	128	144	58	33	-33	-28	-10	0	1	6	-26	45
1935	122	432	333	123	-9	-39	-49	-39	-33	-39	-9	75
1936	77	175	125	64	-28	-31	-20	-12	-3	-8	-21	38
1937	90	73	86	41	-28	-28	-12	-3	4	-28	-5	164
1938	139	82	69	30	-34	-28	-10	0	9	1	-30	63
1939	132	178	60	27	-34	-28	-11	1	-9	-15	-26	-31
1940	116	606	280	55	-24	-33	-28	-19	-20	-24	-3	81
1941	87	106	120	59	-31	-30	-19	-7	-8	-38	-16	52
1942	132	580	134	48	-28	-31	-20	-10	-50	-34	2	334
1943	560	740	364	83	-14	-39	-51	-42	-39	-52	18	294
1944	138	241	114	49	-30	-30	-18	-9	0	-19	-21	161
1945	360	782	473	170	20	-49	-83	-75	-71	-114	27	254
1946	315	334	165	46	-25	-31	-21	-12	-12	-3	-18	14
1947	95	123	277	74	-22	-34	-33	-35	-28	-59	12	278
1948	194	165	139	43	-31	-30	-17	-7	-4	-10	-15	424
1949	200	594	129	51	-26	-31	-21	-11	-4	-5	-23	11
1950	65	9	100	37	-32	-28	-11	-2	2	1	-25	-22
1951	31	-118	44	38	-34	-28	-10	0	7	8	-38	30
1952	48	-29	173	41	-29	-29	-16	-7	-4	6	-20	110
1953	46	-61	55	36	-35	-27	-8	1	5	-6	-22	112
1954	83	292	58	43	-32	-29	-14	-5	4	10	-29	105
1955	122	122	57	53	-32	-29	-13	-4	2	-15	-19	159
1956	124	-26	139	30	-29	-28	-13	-3	4	0	10	270
1957	360	549	370	107	-19	-36	-38	-25	-13	-13	-25	65
1958	127	509	150	99	-20	-34	-35	-21	-14	-14	-31	3
1959	212	64	72	27	-35	-27	-8	2	9	7	-29	-30
1960	121	185	183	50	-29	-30	-17	-7	5	6	-25	61
1961	123	257	92	34	-26	-29	-15	-7	0	8	-40	-15
1962	44	44	83	28	-33	-28	-11	-3	-3	-11	-26	102
1963	118	184	32	26	-32	-28	-10	-1	5	11	-34	-42
1964	267	486	90	46	-28	-30	-17	-7	-3	-3	-21	71

Caso 4: Exemplo de séries geradas por modelagem.

É comum no setor elétrico a determinação de séries históricas abrangendo o período de 1931 a 2000. Esse período é necessário para projetos de usinas hidrelétricas com potência superior a 30 MW, pois as mesmas integrarão o Sistema Interligado Nacional, cujas simulações exigem a abrangência de períodos idênticos. Por este motivo, para empreendimentos com a característica mencionada, nas quais não se dispõe de dados fluviométricos, é necessário a estimativa das vazões por meio de modelo chuva-deflúvio. Porém, para usinas com potencial inferior a citada anteriormente, as chamadas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), tal exigência não se faz necessária.

Para o caso apresentado abaixo, dependendo do período utilizado para a calibração e validação dos dados gerados, obtém-se séries de vazões com comportamentos distintos, como pode ser visto na figura 4. Diante das incertezas embutidas nos modelos chuva-vazão, para o caso de Pequenas Centrais Hidrelétricas é preferível a adoção somente de dados observados, em detrimento dos gerados, desde que se estenda por mais de 30 anos e abranja o período atual. Este período atende o requerido pela Resolução ANEEL nº 169/2001, que define critérios para o cálculo da energia assegurada de PCHs.

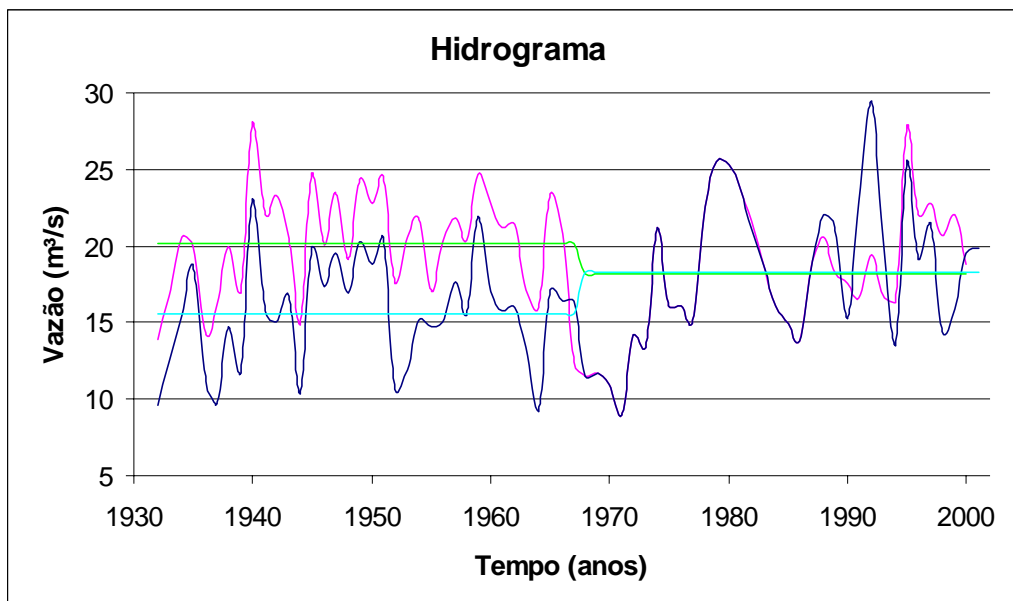


Figura 4: Hidrograma destacando comportamentos diferenciados dependendo do período de calibração.

CONCLUSÃO

Os potenciais de energia hidráulica são bens dominicais da União, cuja autorização ou concessão dos seus aproveitamentos somente podem ser outorgados a terceiros mediante a definição do aproveitamento ótimo pelo Poder Concedente. Dentro deste contexto, a SIH/ANEEL tem, entre suas atribuições, a avaliação técnica dos estudos hidrológicos apresentados pelos projetistas que pretendem obter a concessão ou autorização para geração hidrelétrica. As análises técnicas já realizadas têm orientado o mercado, com base na certificação técnica dos projetos aprovados, ao mesmo tempo em que tem induzido investimentos no setor, adequando-os ao melhor aproveitamento hídrico.

A análise hidrológica de projetos avalia o comportamento histórico do corpo d'água objeto do aproveitamento hidrelétrico, e com base nele estima as vazões que podem garantir a geração de energia.

A análise criteriosa da série de vazões dos aproveitamentos hidrelétricos é imprescindível para se determinar o melhor potencial de geração de cada caso, assegurando as tomadas de decisão da atividade de regulação.

BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (1999) - O estado das águas no Brasil - Coord. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas - Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas / ANEEL. Ministério de Minas e Energia - MME e Ministério do Meio Ambiente- MMA. 334p;
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2001) – Inventário de estações fluviométricas;

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2001) – Inventário de estações pluviométricas;

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2002) – Atlas de energia elétrica do Brasil;

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2000)– Diretrizes para elaboração de projetos básicos de PCH;

ELETROBRÁS – Manual de Inventário, 1997;

TUCCI, Carlos E. M. – Modelos Hidrológicos – ABRH, 1998.