

# Abordagem institucional em empreendimentos hidrelétricos no Paraná: uma contribuição ao processo de tomada de decisão

## RESUMO

As instituições ocupam um papel estratégico no setor elétrico, dado que são elas que financiam, regulam e definem a dinâmica de planejamento e do funcionamento. Por meio de Método Delphi e da Análise Hierárquica de Processos (AHP), foram validadas e hierarquizadas um conjunto de critérios, subcritérios e variáveis que podem influenciar na tomada de decisão em novos empreendimentos hidrelétricos no Estado do Paraná, ao se considerar a dimensão institucional da energia. Como principal resultado, verifica-se que as Políticas Públicas se mostraram muito importantes na opinião dos especialistas, bem como a relevância da diversificação das fontes de financiamento para viabilizar a modernização e expansão da hidroeletricidade no Paraná. Nesse sentido, espera-se que essa pesquisa possa contribuir com novos subsídios ao processo de decisão em empresas públicas e privadas em empreendimentos hidrelétricos, ressaltando-se que o modelo é dinâmico e conjuntural, podendo ser adaptado à diferentes cenários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Instituições, Energia hídrica, Multicritério, Tomada de decisão.

**Andréa de Souza**

[asouza70@gmail.com](mailto:asouza70@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. Paraná. Brasil.

**Christian Luiz da Silva**

[christiansilva76@gmail.com](mailto:christiansilva76@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. Paraná. Brasil.

**Alain Hernández Santoyo**

[santovocuba@gmail.com](mailto:santovocuba@gmail.com)

Universidade Federal de Alfenas. Varginha. Minas Gerais. Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, como na maioria das economias desenvolvidas, o setor elétrico articula-se fortemente com todos os setores da economia, e a história da energia comprova que as escolhas feitas no curso do desenvolvimento do setor elétrico mundial, possuem um viés fortemente político em detrimento aos aspectos técnico-econômicos, embora ambos estejam interconectados. Neste contexto, especificamente no cenário brasileiro, autores como Gucciardi (2017), Rosa e Silva (2018), Bessa et. al. (2020) e Martelli et. al. (2020), tem discutido e analisado a dimensão política, desenho e impacto da geração distribuída no Brasil, possíveis cenários futuros para o setor elétrico assim como os aspectos constitucionais das políticas de geração distribuída e a sua relação com o desenvolvimento econômico.

De acordo com Wegner et al. (2020) o Paraná possui um potencial de geração de energia elétrica, não só a partir dos empreendimentos de grande porte como a Itaipu Binacional, mas sobretudo pelo potencial das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou das Centrais Geradoras Hidráulicas (CGHs). Estes empreendimentos são atrativos por demandarem menores investimentos de capital, além de produzirem reduzidos impactos ambientais nas fases construção e operação (Dursun; Gokcol, 2011, Arabatzis; Myronidis, 2011; MORALES et al., 2015; BAYAZIT et al., 2017; BILGILI et al., 2018; GAUTHIER; MORAN, 2018). Essa alternativa já é amplamente explorada com sucesso em países de grande potencial hídrico e está incorporada nos Planos Decenais de Expansão da Energia como alternativa a expansão das hidrelétricas com capacidade instalada acima de 30 MW.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo, foi propor uma matriz de decisão multicritério para projetos hidrelétricos a partir de variáveis relacionadas à dimensão institucional da energia. Com base nos resultados, pretende-se relacionar quais critérios são relevantes para ajudar os gestores paranaenses a decidir pela aprovação ou não de novos empreendimentos de geração de energia elétrica por meio da hidroeletricidade.

Na seção dois desse artigo é apresentada a caracterização do setor elétrico paranaense, na seção três são descritas a aplicação das metodologias Delphi e a Análise Hierárquica de Processo (AHP), as discussões e resultados estão dispostas na seção quatro e encerrando o estudo, as considerações finais estão dispostas na seção cinco.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os temas relacionados a expansão da hidroenergia no Paraná e como o desempenho das instituições pode influenciar o processo de decisão. Foram utilizados materiais bibliográficos, análise documental e informações públicas disponibilizadas pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL).

## 2.1 Bases históricas da opção pela hidroeletricidade no Paraná

Os primeiros empreendimentos energéticos implantados no Paraná contavam com o respaldo do Código de Águas<sup>1</sup> e do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica<sup>2</sup> que permitiam ao Poder Público coordenar as ações no âmbito regional paranaense, até então dependente da iniciativa privada (REICHAMAN, 2002; SIQUEIRA, 1994). Como marco histórico, destaca-se a criação da Companhia Paranaense de Energia Elétrica que entre suas primeiras ações, realizou estudos do potencial hidráulico dos rios do Paraná e do rio Iguaçu (MACHADO, 1998).

O Paraná, no intuito de modernizar sua economia local, optou por uma política de desenvolvimento regional baseada na expansão da indústria, e para isso, ampliou investimentos em grandes obras públicas no setor de infraestrutura, entre as quais a construção de grandes usinas hidrelétricas (SCHULMAN, 1956). Em 1982 foi inaugurada a Usina Hidrelétrica de Itaipu, considerada à época, a maior hidrelétrica do mundo, consolidando a opção nacional e local pela energia produzida a partir do aproveitamento hídrico. O custo atualizado da construção de Itaipu, considerando juros e a inflação em dólar no ano de 2015 poderia chegar a US\$ 18 bilhões, ou aproximadamente US\$ 849 por kW instalado (ITAIPIU BINACIONAL, 2015).

## 2.2 Política energética no Brasil e no Paraná

Assim como no resto do mundo, no Brasil, a questão energética está presente nas principais discussões sobre propostas de política econômica, política ambiental, legislação e regulamentação, bem como os efeitos indesejados do uso indevido e pressões sobre os recursos naturais (Muhammad, 2019 e Du et al., 2020).

Uma recente contribuição nesse sentido é o estudo de Mayeda e Boyd (2020) que trata dos fatores que influenciam as percepções públicas de projeto sem hidroeletricidade. Como principal resultado, os autores identificaram que o conhecimento prévio da opinião dos envolvidos, pode subsidiar e orientar melhores estratégias de comunicação acerca destes empreendimentos, e o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes.

Pode-se definir política energética como o conjunto de diretrizes estabelecidas pelo governo em âmbito federal, para administrar e explorar racionalmente os recursos do território nacional, no intuito de garantir o funcionamento da economia de um país. De acordo com Pinto Jr. et al. (2011, p. 29) a política energética deve responder a demandas conjunturais, contudo, deve ser capaz de promover a estruturação do futuro de um país ou de uma região. “[...] é, de forma incontornável, uma política pública e o seu sujeito principal é o Estado”.

No Brasil a política energética é orientada por objetivos que garantam o acesso da população a serviços de qualidade e preços justos, ao mesmo tempo em que deve ser garantido o compromisso com a preservação ambiental e o manejo sustentável dos recursos naturais (TOLMASQUIM, 2012).

<sup>1</sup> Decreto-Lei n.º 24.463 de 10/07/1934.

<sup>2</sup> Decreto Lei n.º 1.285 de 18/05/1939.

No Paraná, o governo estadual delegou a Copel as atividades relacionadas ao planejamento energético estadual. Tal determinação deve-se ao fato da estrutura governamental do Estado paranaense não contemplar uma Secretaria de Minas e Energia (COPEL, 2014). O Quadro 1 mostra a composição institucional do setor elétrico brasileiro e o inter-relacionamento entre os diferentes agentes:

Quadro 1 - Estrutura Institucional do Setor Elétrico Brasileiro

Instituições que compõem o Setor Elétrico Brasileiro (2014)		
Agência Nacional de Energia Elétrica; Operador Nacional do Sistema Câmara de Comercialização de Energias Elétricas		
Poder Executivo	Poder Legislativo	Poder Judiciário
Ministério de Minas e Energia Empresa de Pesquisa Energética Comitê de Monitoramento do Sistema Elétrico Conselho Nacional de Política Energética	Câmara dos Deputados Senado Tribunal de Contas da União	Superior Tribunal Federal Superior Tribunal de Justiça
Empresas Estatais do Sistema Energético Brasileiro		Empresas Privadas do Setor Energético Brasileiro

Fonte: Monteiro; Santos (2010).

O Ministério de Minas e Energia (MME) é o órgão responsável pelo planejamento energético nacional e pela execução das políticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (MME, 2015). Os princípios da Política Energética brasileira foram definidos por lei e instituída pelo Conselho Nacional de Política Energética<sup>3</sup> (CNPE), que determina como principais objetivos, a preservação do interesse nacional e a ampliação da competitividade brasileira no mercado internacional (BRASIL, 2015a).

Em dezembro de 2020 foi aprovado o novo Plano Nacional de Energia 2050, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que é o principal estudo sistematizado, e que serve como uma importante ferramenta de apoio ao planejamento de longo prazo do setor energético no Brasil.

Este documento é composto de premissas econômicas de longo prazo, a partir dos quais são construídos os cenários econômicos, dos estudos de demanda de energia e cenários de evolução do consumo, traz uma importante revisão do inventário energético brasileiro e a identificação de seus potenciais físicos e o acesso a estes recursos, além das premissas relacionadas a custos de oferta. Adicionalmente, também são considerados estudos sobre as mudanças climáticas e planejamento energético, integração energética regional, disponibilidade hídricas entre outros temas transversais.

A regulação do setor elétrico é de responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica<sup>4</sup> (ANEEL) cujas principais funções constituem: (1) fiscalizar as concessões para a prestação de serviço público de energia elétrica; (2) zelar pela qualidade e equilíbrio econômico financeiro das concessionárias; (3) supervisionar

<sup>3</sup> Decreto n.º 3.520/2000 (instituição do CNPE).

<sup>4</sup> Criada pela Lei n.º 9.427 de 26/12/1996 e regulamentada pelo Decreto n.º 2.335 de 6/10/1997.

a exploração dos recursos hídricos do país e (4) definir a estrutura tarifária e autorizar níveis propostos pelas empresas (ANEEL, 2015).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) pode ser considerado a principal instituição de financiamento à expansão da infraestrutura do setor elétrico. O BNDES possui programas específicos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica como o Programa de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Transmissão de Energia Elétrica e o Programa de Financiamento de Geração de Energia Elétrica (Energia Nova), voltado a apoiar as concessionárias de serviço público de geração de eletricidade (BNDES, 2015 p. 98-99).

No curto prazo, é esperado que o setor elétrico brasileiro continuará enfrentando o difícil tradeoff entre a demanda de expansão da capacidade do sistema e os embates relacionados ao modelo de gestão adotado, em particular no caso das hidrelétricas que podem perder espaço na matriz elétrica nacional.

As principais ações da política energética brasileira ainda não apresentam um documento específico como ocorre em outros países, outrossim, todas as políticas e atividades relacionadas ao setor elétrico brasileiro são orientadas por normas e leis procedidas dos poderes legislativo e executivo e órgãos reguladores brasileiros (Pinto Jr. et al., 2011).

Acerca da importância do planejamento como meio de se alcançar o desenvolvimento de um país ou região, o governo brasileiro por meio do Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020, instituiu a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período entre 2020 a 2031.

A importância dessa iniciativa reside em uniformizar os cenários macroeconômicos nos planos setoriais do país e está organizada em cinco eixos: institucional, infraestrutura, ambiental e social. Note-se que no eixo infraestrutura, o foco é o ganho de competitividade e a melhoria da qualidade de vida, assegurando a sustentabilidade sócioambiental e propiciando a integração nacional e internacional (BRASIL, 2020).

### 2.3 O setor elétrico do Paraná e a hidroeletricidade

A economia paranaense é fortemente ancorada no agronegócio, posicionando o Estado como o maior produtor nacional de grãos. A autossuficiência energética do Paraná é garantida por amplo parque gerador público e privado e pela presença da Hidrelétrica de Itaipu. O Estado destaca-se pelo aproveitamento de suas bacias hidrográficas e garante o abastecimento necessário à manutenção das atividades econômicas do Estado sem risco de déficit energético (IPARDES, 2015).

O Paraná é o terceiro Estado de maior potencial hidrelétrico no Brasil, e estudos da Copel indicam a possibilidade da produção de uma potência de 26.000 MW nas principais bacias de seus rios. Em relação à carga total da região Sul, "a carga do estado do Paraná, corresponde a 39% do total da região, apresentando um crescimento anual médio de 3,5% no período decenal para o patamar de carga pesada" (BRASIL, 2015, p. 227).

Pela sua importância na garantia do suprimento de eletricidade, estão sendo discutidas propostas para viabilizar a redução da burocracia na instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs).

Os empreendimentos atualmente em operação já somam 397 Megawatts (MW) de potência instalada, 6,5% do total do País. Verifica-se uma crescente demanda de pedidos de outorga na Aneel para construção de novas PCHs e CGHs. As usinas em construção, ainda não iniciadas ou na fase de estudos, juntas, podem gerar até 1.800 MW de potência adicional para a região (ABRAPCH, 2015).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção será apresentada a metodologia de estruturação da matriz multicritério para fins desse estudo, e as principais características do Método Delphi e da Análise Hierárquica de Processo (AHP).

#### 3.1 Classificação da Pesquisa e Análise de Conteúdo

Essa pesquisa é classificada como de métodos mistos. Foram empregados a análise de conteúdo conforme Minayo (2007), o estudo bibliográfico, a pesquisa documental e o levantamento de dados. Para a pesquisa documental, utilizou-se relatórios de empresas públicas e privadas, anuários estatísticos, boletins e outros documentos publicados por fonte oficial do governo brasileiro ou institutos de pesquisa (GIL, 2006). Para a análise de conteúdo mostrada no Quadro 2, foram consultadas distintas fontes verbais e não verbais.

Quadro 2 - Estrutura da análise de conteúdo

Tema	Categoria	Subcategoria	Unidade de análise	Contexto
A expansão ou manutenção de projetos hidrelétricos no Paraná	Dimensão da energia	Critérios Subcritérios Variáveis	Teses de autores brasileiros Artigos de autores internacionais e nacionais	Legislação local Geração de eletricidade Políticas Públicas Setor Elétrico Política Energética

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Na fase de categorização da matriz multicritério, tratou-se de selecionar os elementos da forma mais precisa possível, respeitando-se as expressões e/ou palavras significativas vinculadas ao tema da hidroenergia (FREITAS; CUNHA JR.; MOSCAROLA, 1997). A partir desse exercício foram determinados teoricamente os níveis, os critérios, subcritérios e variáveis da matriz multicritério de decisão objeto dessa pesquisa.

#### 3.2 Definição da matriz multicritério

O estudo completo tratou da estruturação de uma matriz de decisão multicritério que considera quatro dimensões da energia. No entanto, para fins desse artigo, optou-se por um recorte no âmbito da dimensão institucional conforme o Quadro 3:

Quadro 3 - Elementos da matriz multicritério

Dimensão da energia	Critério Nível 1 ▼	Subcritério Nível 2 ▼	Variáveis Nível 3 ▼
<b>DIMENSÃO INSTITUCIONAL</b>	Papel do Estado	Políticas Públicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fontes de financiamento hidroenergia</li> <li>▪ n.º de projetos de P&amp;D autorizados e em execução</li> </ul>
	Política Energética	Viabilidade Jurídica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ concessão de licenças</li> <li>▪ disputas políticas regionais</li> <li>▪ expansão ou reativação das UHEs</li> <li>▪ expansão ou reativação das PCHs</li> </ul>
		Eficiência Energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ economia gerada (GWh)</li> </ul>
		ANEEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ legislação específica</li> </ul>
	Política Ambiental	Geração de recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ política hídrica do PR</li> <li>▪ modelo de cobrança do uso da água</li> </ul>
		Reorientação espacial ou geográfica das UHE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ potência instalada em UHE</li> <li>▪ potência instalada em PCHs</li> <li>▪ n.º licenças concedidas</li> </ul>

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Na fase de estruturação da matriz multicritério foram considerados na análise de conteúdo os trabalhos de tese, do horizonte temporal de 2000-2016, de Coehn (2002); Silva (2006); Simioni (2006); Kamogawa (2008); Santos (2010); Freitas (2011); Kalinowski (2011); Raizer (2011); Andrade (2012); Oliveira (2012) e Sieben (2012).

Simultaneamente, foram analisados periódicos de abrangência nacional e internacional, cuja produção científica estivesse relacionada à geração de energia com o uso de fonte hídrica. Entre as principais referências compatíveis destacam-se Rosa (2002); Rampazzo (2002); Goldemberg e Moreira (2005); Pires, Fernandez e Bueno (2006); Bermann (2007, 2008); MacFarlane (2007), Sevá Filho (2008); Colácios (2009); Goldemberg (2010), Sachs, Dowbor e Lopes (2010); Leite (2011); Bursztyn e Bursztyn (2012); Castro e Brandão (2015); Moretto et al. (2012); Reis, Fadigas e Carvalho (2012); Tolmasquim (2005, 2012) e Cureau (2013).

Singh e Nachtnebel (2015) desenvolveram um estudo com o objetivo de analisar a implementação de plantas hidrelétricas utilizando a análise multicritério. Os autores concluíram que o AHP se mostrou uma ferramenta adequada para classificar hidrelétricas no que diz respeito à escala, na avaliação dos aspectos sociais, econômicos e ambientais envolvidos, além das relações políticas locais e técnicas. Rosso et al. (2014) aplicaram a metodologia multicritério para desenvolver uma ferramenta de tomada de decisão multinível, capaz de apoiar o planejamento energético italiano, com referência específica à construção de usinas hidrelétricas na Bacia do Vale Sesia.

Observe-se que a estrutura apresentada nesse estudo, permite que outros elementos em quaisquer níveis possam ser incorporados em estudos futuros de acordo com os objetivos de cada pesquisador, de modo que a matriz é um instrumento de análise flexível e adaptável a distintas conjunturas.

### 3.3 Seleção do grupo de Especialistas a partir do Método Delphi

Para validar as variáveis da matriz multicritério foi utilizado o Método Delphi que se baseia no princípio da inteligência coletiva. Na seleção dos especialistas, foram consideradas as premissas de Linstone e Turoff (2002) e Crespo (2007), que repousam no procedimento de autoavaliação. São os próprios especialistas que avaliam suas competências e fontes que permitam argumentar e sustentar suas opiniões a respeito do tema investigado. O coeficiente de competência de cada participante ( $K_{comp}$ ) foi medido com base no critério de Crespo (2007) formado a partir do coeficiente de conhecimento ( $K_c$ ) e do coeficiente de argumentação ou fundamentação ( $K_a$ ), calculado por meio da expressão:

$$K_{comp} = 1/2(K_c + K_a) \quad (1)$$

O ( $K_{comp}$ ) dos especialistas foi calculado a partir dos dados obtidos em  $K_c$  e  $K_a$ , resultando na seguinte escala para sua interpretação: se  $0,8 \leq K_{comp} < 1,0$  o coeficiente de competência se considera alto; se  $0,5 \leq K_{comp} < 0,8$  o coeficiente de competência se considera médio; se  $K_{comp} < 0,5$  o coeficiente de competência se considera baixo.

Nesse estudo, foi considerado especialista, o sujeito que atua ou atuou em empresas públicas, privadas ou mistas do setor elétrico paranaense, em autarquias, em conselhos, em associações, em universidades públicas ou privadas, ou ainda órgãos vinculados ao licenciamento ambiental. Também foi respeitada a diversidade de formação dos experts conforme recomendado por Olabuénaga e Ispizua (1989).

A respeito do número ideal de participantes para esse tipo de estudo, Delbecq, Van de Ven e Gustafson (1975), Fink et al. (1991), Hasson, Keeney e McKenna (2000) e Vergara (2008) sugerem que o número de especialistas deve variar de acordo com o âmbito do problema e dos recursos disponíveis para a aplicação da técnica. Autores como Malla e Zabala (1978) definem entre 15 – 20 especialistas; Gordon (1994), 15 – 35; Landeta (2002), 7 – 30; León e Montero (2004), entre 10 – 30 e Skulmoski (2007) entre 1 – 10.

### 3.4 Obtenções das preferências individuais a partir do Processo Analítico Hierárquico (AHP)

O método multicritério conhecido por Processo Analítico Hierárquico (AHP), desenvolvido pelo matemático Thomas Lorie Saaty, objetiva resolver problemas de complexidade de múltiplos critérios. Permite que o agente decisório possa estruturar um problema multicritério em forma visual por meio da construção de um modelo hierárquico (SAATY, 1997). O AHP é amplamente utilizado para ordenar hierarquicamente um conjunto de preferências, possibilitando a comparação binária e a atribuição de valores numéricos a juízos subjetivos, sintetizando-os e agregando soluções parciais em uma única solução, sendo que o método sustenta matematicamente o resultado (MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, 2007; SANTOYO, 2012).

Em Saaty (1997) e Murphy (1993), verifica-se que o AHP trata diretamente com pares ordenados de prioridades de importância, preferência ou probabilidade de pares de elementos, em função de um atributo ou critério comum, representado diretamente na hierarquia da decisão. A informação que se

demanda, neste caso, é respondida por uma matriz quadrada que contém comparações pareadas de alternativas e critérios, utilizando-se a Escala Fundamental de Saaty, apresentada no Quadro 4, para se distinguir as preferências que podem ser estabelecidas entre duas alternativas.

Quadro 4 - Escala fundamental de comparações pareadas

Escala Numérica	Escala verbal	Explicação
1	Igual importância.	Os dois elementos contribuem igualmente à propriedade ou critério.
3	Moderadamente mais importante um elemento que o outro.	O julgamento e a experiência prévia favorecem a um elemento frente ao outro.
5	Fortemente mais importante um elemento que o outro.	O julgamento e a experiência prévia favorecem fortemente a um elemento frente ao outro.
7	Muito mais forte a importância de um elemento do que o outro.	Um elemento domina fortemente. O domínio está comprovado com a prática.
9	Importância extrema de um elemento.	Um elemento domina o outro com maior ordem marginal possível.
2;4;6;8	Importância intermediária.	Valor intermediário casa a classificação adotada se enquadre entre as importâncias definidas.

Fonte: Adaptado de Saaty (1997)

A quantidade de julgamentos mínimos para a estruturação de uma matriz genérica A é  $n(n-1)/2$ , onde n representa o número de elementos pertencentes a esta matriz, e os elementos de A são definidos a partir das condições:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde:}$$

$$a_{ij} > 0 \Rightarrow \text{positiva}$$

$$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \Rightarrow \text{recíproca}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \Rightarrow \text{consistência}$$

No próximo passo é calculado a prioridade de cada um dos elementos que se comparam, conhecido matematicamente como priorização e síntese (AGUARÓN; MORENO-JIMÉNEZ, 2003). O procedimento requer o cálculo de determinados valores que formam os vetores associados a cada matriz de comparação pareada. Este resultado é fundamental para se obter a matriz de comparação pareada normalizada e, logo, seu vetor correspondente próprio (Santoyo, 2012).

Para obter-se o vetor de prioridades correspondentes às alternativas em função do critério analisado, calculou-se a média aritmética para cada fila ou alternativa da matriz de comparação pareada normalizada, obtendo-se desta forma o vetor próprio correspondente de ordem  $n \times 1$  (ROCHA; VEJO, 2005). Santoyo (2012) argumenta que a comparação por pares é utilizada para a obtenção de juízos sobre a importância e intensidade de um componente frente a outro.

Para verificar a qualidade da decisão, deve-se proceder a consistência dos juízos emitidos pelos especialistas, considerando-se que a consistência perfeita é muito rara. O AHP incorpora a análise e o cálculo da Razão de Consistência (RC) para resolver esse problema (SANTOYO, 2012) de acordo com a expressão:

$$\text{Razão de Consistência (RC)} = RC = \frac{IC}{IA} \quad (2)$$

Onde o Índice de Consistência (IC) de A se calcula conforme a expressão:

$$\text{Índice de Consistência (IC)} = \frac{IC = \lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (3)$$

O valor de  $\lambda_{\max}$  representa o valor próprio máximo de A, ao resolver a equação  $A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w$ , sendo A a matriz de comparação pareada e w o vetor próprio de A.

O Índice de Consistência Aleatória (IA) responde a um índice estimado a partir da média do Índice de Consistência (IC) gerado em laboratório de forma aleatória, dependendo do número de elementos que compõem as matrizes de comparações pareadas, tal como mostrado no Quadro 5:

Quadro 5 - Índice de Consistência Aleatória (IA)

N.º E (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,51	1,56	1,57	1,59

Fonte: Adaptado de Saaty (1991) e Garcia et al. (2006)

De acordo com Saaty (1997), considera-se que o vetor de prioridades tem uma inconsistência aceitável quando o RC é menor que 10% para matrizes  $n \geq 5$ , 5% para  $n = 3$  e 8% para  $n = 4$ .

### 3.5 Procedimento de agregação das preferências individuais

O fator de agregação é dado pela média geométrica dos respondentes e depois normalizado para o peso relativo de cada uma das alternativas. Em Milone (2004, p. 58), encontra-se a definição de Média Geométrica como "o centro de massa de um conjunto de dados sintetizável em uma progressão geométrica". Costuma-se apontá-la por  $\mu_g$  ou  $X_g$ . Com n valores  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , a média geométrica desses valores será:

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} \quad \text{ou} \quad \bar{x}_g = \sqrt[n]{\prod x_i} \quad (4)$$

Onde: a letra  $\prod$  (pi maiúsculo) é o símbolo para indicar o produto, também chamado de produto dos valores da variável.

A vantagem da metodologia multicritério em relação às metodologias tradicionais, é que ao se diferenciar o grau de agrupamento dos valores subjetivos dos modelos de avaliação, é possível que uma mesma alternativa seja analisada de forma distinta de acordo com os critérios de valor individual atribuído por cada especialista (ZELENY, 1994).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Método Delphi: caracterização dos especialistas e validação das variáveis

Foram aplicadas duas rodadas (R) do Método Delphi, sendo que na primeira (R1) participaram 28 especialistas e na segunda (R2) 21. O coeficiente de competência (Kcomp) dos especialistas foi calculado rigorosamente com base nos critérios de Linstone e Turoff (2002) e Crespo (2007) que pressupõe o anonimato absoluto dos participantes.

Entre os especialistas consultados, 42,85% são oriundos de autarquias, conselhos e associações; 28,57% atuam no setor privado e/ou empresas de auto geração, e, 19,04% são procedentes de empresas mistas com políticas voltadas ao atendimento de normas e regulamentações previstas por órgãos ambientais. Da área acadêmica com dedicação exclusiva foram identificados 9,02% respondentes.

Em relação ao coeficiente de competência 62% dos especialistas possui Kcomp alto; 28,5% Kcomp médio e 9,5% Kcomp baixo. Esse resultado corrobora autores considerados referência em aplicação de Método Delphi e que são citados de forma recorrente como Bravo Estévez e Gallastegui (2005); Olabuénaga e Ispizua (1989) e Delbecq, Van de Ven e Gustafson (1975).

Empregou-se a distribuição de frequência, para sintetizar os valores e estabelecer um conjunto de classes numericamente ordenadas na validação das variáveis do nível 3 da dimensão institucional durante as duas rodadas de aplicação do Delphi (BERENSON et al., 2012). Na sequência e passou ao cálculo das frequências relativas pela inversa da normal, isto é, os resultados padronizados pela inversa da distribuição de probabilidades Normal Padrão. O consenso entre os respondentes foi alcançado na segunda rodada (R2) e as variáveis foram jugadas numa escala de 1-5 onde, 1 representava que a variável individualmente julgada era nada importante e 5 extremamente importante.

Os resultados estatísticos confirmaram a pertinência da proposta metodológica por meio do coeficiente de concordância de Kendall, que variam entre 0 e +1. Quanto maior seu valor, mais forte a associação entre os avaliadores ao medir as mesmas amostras (LEGENDRE, 2005). O maior consenso entre os especialistas foi alcançado após a (R2) quando o Coeficiente de Concordância de Kendall foi igual a 0,7978. Numa avaliação probabilística, este valor apresentou no teste de hipóteses desenvolvido para esta estatística, um p-valor = 0,000 < 0,01 indicando fortes evidências para se rejeitar a hipótese nula ou a não concordância dos avaliadores. Mesmo que a estimativa pontual do Coeficiente de Concordância de Kendall tenha sido baixa ainda é significativamente diferente de zero.

### 4.2 Análise da Dimensão Institucional da Energia

Nesta seção será a apresentada a dimensão institucional da energia, e os resultados após a aplicação do Delphi e do AHP, considerando a opinião dos especialistas em cada critério, subcritério e variáveis da matriz de decisão proposta neste artigo.

#### 4.2.1 Dimensão Institucional

Na formulação de Política Energética, os policy makers devem considerar a importância do papel das instituições, muitas delas vinculadas a objetivos e atividades que vão além da garantia do suprimento da energia. Note-se que a Política Energética é uma intervenção direta do Estado, que no caso do Brasil, trata-se de um processo predominantemente regulatório. Dada a sua relevância no sistema econômico, o alcance a Política Energética influencia diretamente os agentes em suas decisões de investimento e financiamento em projetos de hidroeletricidade, o que expõe desafios e oportunidades aos empreendedores desse setor.

#### 4.2.2 Nível 1 - Critérios da dimensão institucional

Neste nível foram definidos os critérios: o papel e atuação do Estado, a condução da política energética nacional e a política ambiental. De acordo com os especialistas, a política energética representa o maior peso relativo nessa dimensão em uma proporção de 35,12% seguida da política ambiental, com 34,28%. A percepção do papel do Estado representou 30,60%. Ao atribuírem ordem de importância muito similar entre os três critérios, revelam-se percepções quanto ao papel estratégico do Estado em seus processos decisórios.

O Estado empreendedor é uma característica marcante do desenvolvimento nacional brasileiro, o que pode justificar a ênfase na política energética como objeto de atenção dos especialistas que, direta e indiretamente, valem-se das projeções expressas nos Planos de Expansão do Setor Elétrico. Cabe evidenciar as críticas de Oliveira (2012) ante o desencontro do planejamento estatal e as políticas socioambientais, e as observações de Vasconcellos Filho (2006) frente ao Estado licenciador versus Estado empreendedor.

No tocante ao papel regulador das instituições, é notável a fragilidade, sem aparente solução de curto prazo, relacionada a limitação das equipes técnicas para liberação de processos de licenciamento ambiental. Os licenciamentos se mostram morosos, passíveis de questionamentos judiciais o que pode prejudicar o cumprimento do cronograma físico-financeiro de execução do projeto.

A hidroeletricidade em países com grandes bacias hidrográficas exploráveis enfrenta dificuldades em superar as barreiras socioambientais que têm se mostrado um ponto crítico na manutenção desse modelo (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012). No caso brasileiro, a vulnerabilidade da política energética e a irracionalidade verificada em processos de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos a posicionam o Brasil entre os países em desenvolvimento com baixa capacidade de competitividade.

O Brasil não dispõe de infraestrutura adequada no eixo energia para atrair maiores e melhores investimentos diretos, o que posiciona a economia na lista de países de baixa capacidade competitiva. Esse tema ainda é tratado como um desafio de política energética que foi amplamente debatido nos trabalhos de Monteiro (2015), Rufino (2015) e Pires, Fernandez e Bueno (2006).

#### 4.2.3 Nível 2 - Subcritérios da dimensão institucional

O segundo nível dessa dimensão foi decomposto em seis subcritérios, o que resultou na fragmentação da distribuição dos pesos relativos. Na opinião dos especialistas, as políticas públicas do setor elétrico são consideradas muito importantes e receberam peso relativo de 20,61%. Em Oliveira (2012) verifica-se uma crítica à atuação das instituições brasileiras por sua débil estrutura interna que incentiva soluções customizadas de acordo com os interesses dos empreendedores. Em Simioni (2006), nota-se a ocorrência de fortes obstáculos políticos e significativas barreiras na aceitação de projetos com tecnologias renováveis.

Silva e Souza-Lima (2010) coloca o Estado como o ator responsável pelo bem-estar social e as políticas públicas são o meio para atingir esse fim. Kaldellis, Kapsali e Katsanou (2012) reforçam que cabe ao Estado remover barreiras burocráticas e melhorar os instrumentos de política energética enquanto Tsoutsos et al. (2007) enfatizam a necessidade de uma melhor compreensão da lógica de implantação de pequenas centrais hidrelétricas como vetores do desenvolvimento regional.

A eficiência energética recebeu o segundo maior peso relativo segundo os especialistas 18,46%. Ao se evitar novos empreendimentos hidrelétricos, é possível auferir economias conforme expressas no Plano Nacional de Eficiência Energética. O Programa de Conservação de Energia Elétrica, por exemplo, é um canal estratégico de atuação do governo federal que não é explorado em toda a sua potencialidade.

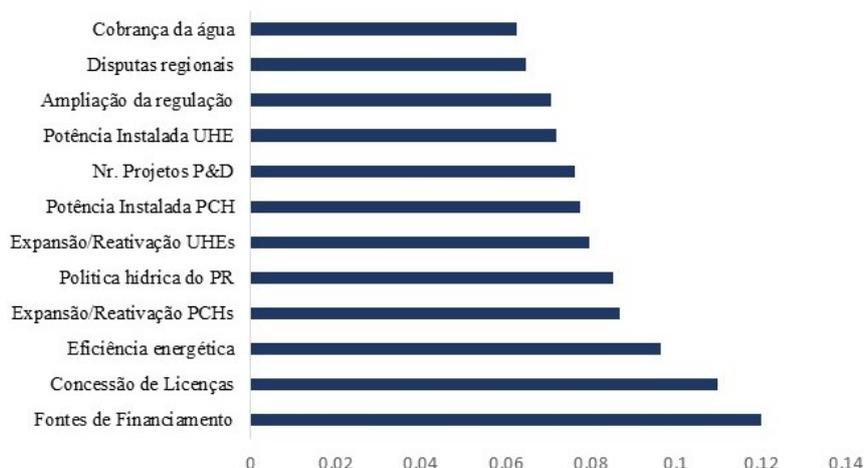
Com relação ao papel da ANEEL, principal órgão regulador do setor elétrico brasileiro, os especialistas atribuíram 17,67% do peso relativo nesse subcritério. É irrefutável que o excesso de regulação se mostra como uma ameaça aos novos empreendimentos hidrelétricos, deixando os empreendedores com pouca margem de manobra frente a ANEEL, inclusive, operando na instância Federal (Monteiro; Santos, 2010). Corroborando Vinhaes (2003), o excesso de medidas provisórias compromete o dinamismo do setor elétrico brasileiro e mostra evidências da necessidade de reformulação institucional para restabelecer a competitividade da indústria nacional. Em Sevá Filho (2008), a crítica se coloca sobre a forma de atuação do regulador que se posiciona em muitos casos "de modo desregulatório" deixando de cumprir sua importante função de mediador do setor.

O subcritério recursos hídricos recebeu peso relativo de 14,30% e reorientação espacial das hidrelétricas, 12,64%. Esses temas foram tratados por Rauber e Cruz (2013) e Moretto et al. (2012) respectivamente. A inserção das hidrelétricas ocorre em meio a amarras políticas e econômicas, inseridas num ambiente de alta regulação que ameaça a garantia da segurança energética. O Estado regulador se sobrepõe ao Estado Empreendedor dificultando ou até afastando potenciais investidores privados pela complexidade de exigências, além dos riscos contratuais mal distribuídos entre os agentes participantes do mercado.

#### 4.2.4 Nível 3 - Variáveis da dimensão institucional

As doze variáveis da dimensão institucional foram hierarquizadas pelos especialistas conforme mostrado no Gráfico 1:

Grafico 1 - Pesos Relativos das variáveis na tomada de Decisão



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

O maior peso relativo nesse nível foi atribuído a fontes de financiamento para empreendimentos hidrelétricos, que recebeu 12,02% na opinião dos especialistas. O acesso a fontes de financiamento internas e externas é tratado em Oliveira (2012) e em Silva (2006). A expansão de programas como o PROINFA no apoio à projetos de pequenas centrais hidrelétricas é essencial na diversificação das energias renováveis. Simioni (2006) aponta a atuação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social como um dos principais órgãos de fomento do setor elétrico na opinião dos especialistas. Verifica-se que as fontes de financiamento público são insuficientes, e que o capital privado tem certa aversão a riscos em contratos com o governo.

No que tange à concessão de licenças o peso relativo foi de 10,97% expondo a ambiguidade no trato desse tema. O mesmo sistema que objetiva proteger as áreas afetadas pelas hidrelétricas, veta novos projetos e/ou atrasa a finalização das obras em andamento como visto em Vasconcellos Filho (2006), o que afeta diretamente a garantia de suprimento. A fragilidade da atuação dos órgãos ambientais é apontada por Kalinowski (2011), Sevá Filho (2008), Vinhaes (2003) e igualmente percebida pelos especialistas em seus julgamentos.

Em termos de potência instalada em usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas, o peso relativo atribuído foi 7,2% e 7,76%, respectivamente. As pequenas centrais hidrelétricas configuram uma alternativa aos projetos de grande porte e são tratadas como uma opção viável. Essa opção já vem sendo implementada nos países com alto potencial de disponibilidade de recurso hídricos e regulação ambiental muito burocrática, como no caso do Canadá e Noruega. No Brasil, fica expresso no Plano de Expansão Decenal de Energia o interesse em reativação de pequenas centrais hidrelétricas, que recebeu o peso relativo de 8,68% na opinião dos especialistas.

A política hídrica paranaense é responsabilidade do Comitê de Bacias hidrográficas do Paraná, que é o âmbito no qual se discutem as questões sobre geração e utilização da água. Os especialistas atribuíram um peso relativo de 7,54% para essa alternativa. Sauer (2002) critica que o novo modelo do setor elétrico ignora premissas fundamentais na correta gestão de recursos hídricos, conforme

definido na Lei das Águas, ao prever a transferência de sistemas de geração ao setor privado e, concomitantemente, o direito de, dentro de suas premissas, gerir os recursos hídricos.

Sobre a expansão do grau de regulação da ANEEL, foi atribuída a importância de 7,06%. Essa questão é discutida por Pires, Fernandez e Bueno (2006) à luz da ausência de regras claras e estáveis, gerando insegurança regulatória que pode afastar os investidores. Em Monteiro (2015), o autor trata do excesso de medidas regulatórias entre os anos de 2012 e 2015, que resultou em desestabilização do setor elétrico e aumento da insegurança dos investidores e consumidores.

A melhoria da governança corporativa nas Estatais poderia ajudar a restaurar a confiança dos investidores. Na opinião do especialista (E19), formado em engenharia e direito e atuante nas duas áreas conjuntamente, comente sobre a abrangência da política federal :

“ a implantação ou não de empreendimentos hidrelétricos no Paraná depende essencialmente da existência de aproveitamentos hidrelétricos disponíveis e da política federal quanto a novas hidrelétricas, sendo que esta última variável, controlada exclusivamente pelo Governo Federal exclui a margem para atuação por parte dos investidores ou demais agentes interessados”.

O especialista (E12) enfatiza a urgência de uma revisão na estrutura do órgão de licenciamento ambiental do Paraná, que não dispõe de analistas em número suficiente para atender a demanda (concessão de licenças e outras autorizações), o que provoca demora e altera as estimativas dos cronogramas físico-financeiros dos projetos.

No aspecto das disputas e políticas regionais, esse tema é amplamente examinado à luz dos problemas regionais do estado do Paraná por Kalinowsky (2011) e Müller (1995). Nessa alternativa, os especialistas atribuíram um peso relativo de 6,48%. O ônus das compensações financeiras , podem comprometer a viabilidade e aumentar os riscos de projetos de natureza hidrelétrica.

## 5 CONSIDERAÇÕES

Na percepção dos especialistas existe uma lacuna não preenchida entre a política energética, o planejamento do setor elétrico nacional e o planejamento do setor elétrico regional frente as demais políticas de infraestrutura da economia. As instituições se mostram pouco efetivas e seria positivo viabilizar avanços concretos para o setor como a questão chave dos marcos regulatórios, por exemplo. Por outro lado, se observa que os especialistas atribuem um papel muito relevante tanto à política energética quanto à ambiental, bem como a atuação das políticas públicas como temas essenciais à tomada de decisão em novos empreendimentos.

Na percepção dos especialistas a insuficiência de fontes de financiamento público, ou mais acessíveis se forem privadas, para a expansão da infraestrutura do eixo energia é um fator de risco à novos investimentos. A concessão de licenças ambientais, tem se mostrado um problema recorrente, que encarece e atrasa novos empreendimentos hidrelétricos, especialmente os de médio e grande porte. O setor elétrico no Brasil é um mercado oligopolista, marcado por interesses

---

corporativistas, o que resulta no aumento da insegurança dos agentes econômicos, em especial dos investidores. Em decorrência disso, a eletricidade no Brasil atualmente é expressivamente cara. Observa-se que entre os preços administrados, é um dos insumos que contribuiu fortemente para pressionar a inflação.

Como principal contribuição, a opinião dos especialistas paranaenses auxiliou positivamente para o entendimento do como as instituições podem influir positivamente ou negativamente sobre a decisão em novos projetos de geração hidrelétricas. A partir desse modelo é possível simular diferentes combinações de critérios, subcritérios e novas variáveis, para encontrar outros resultados associados ao negócio de hidrelétricas.

Um aspecto relevante, é a evolução de um modelo de decisão baseado em critérios econômicos para um modelo que também considera o papel das instituições na tomada de decisão. O trabalho de hierarquização proposto neste estudo reflete a realidade paranaense, podendo contribuindo com diversas avaliações alternativas, o que pode conferir maior segurança na elaboração de propostas à potenciais investidores da região.

---

# Institutional approach in hydroelectric projects in Paraná: a contribution to the decision-making process

## ABSTRACT

Institutions play a strategic role in the electricity sector, as they finance, regulate and define the planning and operation dynamics. Through the Delphi Method and the Hierarchical Process Analysis (AHP), a set of criteria, sub-criteria and variables that can influence decision making in new hydroelectric projects in the State of Paraná were validated and ranked, considering the institutional dimension of energy. As a main result, it appears that Public Policies have proved to be very important in the opinion of specialists, as well as the relevance of diversifying funding sources to enable the modernization and expansion of hydroelectricity in Paraná. In this sense, it is expected that this research can contribute with new subsidies to the decision process in public and private companies in hydroelectric projects, emphasizing that the model is dynamic and conjunctural, and can be adapted to different scenarios.

**KEYWORDS:** Institutions, Hydropower, Multicriteria, Decision making.

## REFERÊNCIAS

ABRAPCH – Associação Brasileira de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Imprensa (Release 2016). Disponível em <<https://abrapch.org.br>>. Acesso em 10 jan. 2016.

Aguarón, J.; Moreno-Jiménez, J. M. The geometric consistency index: approximated Thresholds. *European Journal of Operational Research*, 47, (1), 137-145, 2003.

Andrade, E. S. M. de. Geração hidrelétrica no Nordeste: risco empresarial e ambiental para o setor elétrico brasileiro. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado em Planejamento Energético) COPPE UFRJ, 2012.

ANEEL -Agência Nacional de Energia Elétrica. O que a ANEEL faz? Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/aneel-essencial/-/asset\\_publisher/c4M6OIoMkLad/content/o-que-a-aneel-faz-?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/aneel-essencial/-/asset_publisher/c4M6OIoMkLad/content/o-que-a-aneel-faz-?inheritRedirect=false)> . Acesso em 26 mar. 2015.

ARABATZIS, G., MYRONIDIS, D. Contribution of SHP Stations to the development of an area and their social acceptance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, (8), p.3909-3917, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.026>

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais (2014). Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

BAYAZIT, Y., BAKIŞ, R., KOÇ, C. An investigation of small-scale hydropower plants using the geographic information system. *Renew. Sustain. Energy Rev.* v.67, p.289–294, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.062>

BERENSON, M. L.; STEPHAN, D.; LEVINE, D. M.; KREHBIEL, T. C. Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Bermann, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. *Estudos Avançados*, São Paulo, 21, (59), 139-153, 2007.

\_\_\_\_\_. A perspectiva da sociedade brasileira sobre a definição e implementação de uma política energética sustentável: uma avaliação da política oficial. 2008. Disponível em: <<http://www.ecoa.org.br/arquivos/571566216.pdf>> Acesso em: mar. 2014.

BESSA, J.V., NORONHA, B., SILVA, I.F., HADDAD, J., TIAGO, J.L. Constitutional aspects of distributed generation policies for promoting Brazilian economic development. *Energy Policy*, v.143, 111555, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111555>

BILGILI, M., BILIRGEN, H., OZBEK, A., EKINCI, F., DEMIRDELEN, T. The role of hydropower installations for sustainable energy development in Turkey and the world. *Renew. Energy*, v.126, p.755–764, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.089>

BRASIL. Decreto n.o 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)>. Acesso em 08 mai 2015.

BRASIL. Decreto n.o 1.285 de maio de 1939. Cria o Conselho Nacional de Águas e Energia. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1285-18-maio-1939-349181-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 15 mai 2015.

BRASIL. Decreto n.o 3.520, de 21 de junho de 2000. Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D3520.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3520.htm)>. Acesso em: 30 dez 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão da Energia, 2024. Brasília, 2015.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>> . Acesso em: 22 de jun 2021.

BRASIL. Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020. Institui a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.531-de-26-de-outubro-de-2020-285019495>> . Acesso em : 22 jun 2021.

Bursztyn, M, ; Bursztyn, M. A. Fundamentos de política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

Castro, N. de; Brandão, R. Repactuando o risco hidrológico, 2015. Disponível em: <[http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/12\\_castro154.pdf](http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/12_castro154.pdf)> Acesso em: fev. 2016

Coehn, C. A. M. J. Padrões de consumo: desenvolvimento, meio ambiente e energia no Brasil. Rio de Janeiro, Tese. (Doutorado em Ciências) - COPPE UFRJ, 2002.

Colacios, R. D. Matriz energética brasileira: consolidação, expansão, políticas e meio ambiente (1971-1979). Revista Territórios e Fronteiras, 2, (1) 284-305, 2009.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. História da energia no Paraná. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F938F473DCEED50010325740C004A947F>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

Crespo, T. Respuestas a 16 preguntas sobre el empleo del método Delphy en la investigación pedagógica. Lima: Editorial San Marcos, 2007.

Cureau, S. Os impactos socioculturais decorrentes da construção de usinas hidrelétricas no Brasil. 2013. Disponível em: <<http://bdjur.tjdft.jus.br/xmlui/handle/tjdft/17361>> Acesso em: mai. 2014.

Delbecq, A. L.; Van de Ven, A. H.; Gustafson, D. H. Group Techniques for Program Planning: a guide to nominal and Delphi processes. Scott, Foresman and Co. Glenview, 1975.

Du, W., Wang, F., Li. M. Effects of environmental regulation on capacity utilization: Evidence from energy enterprises in China. Ecological Indicators, Vol. 113, pp.106 – 217, 2020.

DURSUN, B., GOKCOL, C. The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey. Renewable Energy, v.36, (4), p.1227-1235, 2011.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.10.001>

Fink, A.; Kosecoff, J.; Chassin, M.; Brook, R. Consensus methods: characteristics and guidelines for use. Santa Monica: RAND, 1991.

Freitas, G. S. As modificações na matriz energética brasileira e as implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Porto Alegre, Tese (Doutorado em Economia) – UFRGS, 2011.

Freitas, H.; Cunha Jr., M. V. M.; Moscarola, J. Aplicação de sistemas de software para auxílio na análise de conteúdo. Revista de Administração da USP, 32, (3) 97-109, 1997.

GAUTHIER, C., MORAN, E.F. Public policy implementation and basic sanitation issues associated with hydroelectric projects in the Brazilian Amazon: Altamira and the Belo Monte dam. Geoforum, 97, p.10–21, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.10.001>

Goldemberg, J. Energia e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Blucher, 2010. (Série Sustentabilidade, v. 4).

Goldemberg, J.; Moreira, J. R. Política energética no Brasil. Estudos Avançados, 19, (55), 215-228, 2005.

GORDON, T. J. The Delphi method. 1994. Disponível em:  
<[http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%20\(1\).pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%20(1).pdf)>. Acesso em: jan. 2016.

GUCCIARDI, C. Distributed electricity generation in Brazil: An analysis of policy context, design and impact. Utilities Policy, v.49, p. 104-115, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.06.005>

Hasson, F.; Keeney, S.; McKenna, H. Research guidelines for the Delphi survey technique. Journal of Advanced Nursing, 32, (4), 1008-1015, 2000.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Paraná em números. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=1](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1)>. Acesso em: 09 nov. 2015.

Itaipu Binacional. Institucional. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/nossa-historia>>. Acesso em: dez. 2015.

KALDELLIS, J. K.; KAPSALI, M.; KATSANO, E. Renewable energy applications in Greece: What is the public attitude? Energy Policy, v. 42, p. 37-48, 2012.

Kalinowski, L. M. A região do Ribeira do Iguape (Paraná/São Paulo) e a hidroeletricidade: elementos para uma revisão crítica. Campinas (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – UNICAMP, 2011.

Kamogawa, L. F. O. Crescimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação ambiental: uma aplicação do modelo EKC no Brasil. São Paulo, Tese (Doutorado em Ciências) – USP, 2008.

Landeta, R. J. El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre. Barcelona: Ariel, 2002.

Leite, A. D. A economia brasileira: de onde viemos e onde estamos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Legendre, P. Species associations: the Kendall coefficient of concordance revisited. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, v. 10, n. 2, p. 226-245, 2005.

León, O. G.; Montero, I. Métodos de investigación en Psicología y Educación. Madrid: McGraw-Hill, 2004.

Linstone, H. A.; Turoff, M. *The Delphi Method: techniques and Applications*, Addison-Wesley Publishing Company Inc, Reading, M.A. 2002. Disponível em: <<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/>> Acesso em: jan. 2016.

Macfarlane, A. M. Energy: The issue of the 21st century. *Elements*, 3, (3), 165-170, 2007.

Machado, E. S. Introdução à História da Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. 1., 1998, Gramado. Anais... Gramado, 1998.

Malla, F. G.; Zabala, I. La previsión del futuro en la empresa (III): el método Delphi. *Estudios Empresariales*, 39, 13-24, 1978.

MARTELLI, V., CHIMENTI, P., NOGUEIRA, R. Future scenarios for the Brazilian electricity sector: PV as a new driving force? *Futures*, v.120, 102555, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102555>

Martínez-Rodríguez, E. Aplicación del proceso jerárquico de análisis de selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 40, 523-542, 2007.

Mayeda, A.M.; Boyd, A.D. Factors influencing public perceptions of hydropower projects: A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 121, 2020.

Milone, G. *Estatística Geral e Aplicada*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

Minayo, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Hucitec, 2007.

MME – Ministério de Minas e Energia. Institucional. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/aceso-a-informacao/institucional/conheca-o-ministerio>> Acesso em 15. Mar. 2015.

MONTEIRO, S. Alta tensão: empresas e governo buscam convergência para reposicionar a oferta do setor elétrico na rota da segurança de abastecimento a preços competitivos. *Conjuntura Econômica*, v. 69, n. 9, p.64-73, 2015.

Monteiro, E. M.; Santos, E. M. *Uso político do setor elétrico brasileiro: uma metodologia de análise baseada na teoria de grupos de pressão*. Rio de Janeiro: Synergia; São Paulo: FAPESP, 2010.

MORALES, S., ÁLVAREZ, C., ACEVEDO, C., DIAZ, C., RODRIGUEZ, M., PACHECO, L. An overview of small hydropower plants in Colombia: status, potential, barriers and perspectives. *Renew. Sustain. Energy Rev.* v.50, p.1650–1657, 2015. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.06.026>

Moretto, E. M.; Gomes, C. S.; Roquetti, D. R.; Jordão, C. O. Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica. *Ambiente & Sociedade*, 15, (3)141-164, 2012.

Muhammad, B. Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries, *Energy*, Vol. 179, pp. 232-245, 2019.

Murphy, C. K. Limits on the Analytic Hierarchy Process from its consistency index. *European Journal of Operational Research*, 65,138-139, 1993.

Olabuénaga, J. I. R.; Ispizua, M. M. La técnica Delphi. In: \_\_\_\_\_. La descodificación de la vida cotidiana: métodos de investigación cualitativa. Bilbao: Universidad de Deusto, 171-179, 1989.

Oliveira, A. A. Políticas ambientais e desenvolvimento regional: a perspectiva do pensamento institucionalista evolucionário. Porto Alegre. Tese (Doutorado em Economia) UFRGS, 2012.

Pinto Junior, H. Q. Almeida, E. F.; Bomtempo, J. V.; Iootu, M.; Bicalho, R. G. Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Pires, A.; F. E. F.; Bueno, J. C. C. Política energética para o Brasil: propostas para o crescimento sustentável. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2006.

Raizer, L. Sociedade e inovação: energias alternativas no Brasil e Canadá. Porto Alegre, Tese (Doutorado em Sociologia) – UFRGS, 2011.

Rampazzo, S. E. A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. In: Becker, D. (Org.). Desenvolvimento sustentável: necessidade e/ou possibilidade? Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002.

RAUBER, D.; CRUZ, J. C. Gestão de recursos hídricos: uma abordagem sobre os comitês de bacia hidrográfica. Revista Paranaense de Desenvolvimento, n. 125, p. 123-140, 2013.

Reichaman, F, N. A Copel: origem e perfil atual. In: Santos, S. C.; Reis, M. J. (Org.). Memória do setor elétrico na região sul. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.

Reis, L. B.; Fadigas, E. A. F. A.; Carvalho, C. E. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2012.

Rocha, H.; Vejo, C. Métodos cuantitativos aplicados a la administración: análisis multicriterio en la toma de Decisiones. 2005. Disponível em: <[www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf](http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf)> Acesso em: jan. 2014.

ROSA, L.F., SILVA, M. Analysis of the hydrological cycle and its impacts on the sustainability of the electric matrix in the state of Rio de Janeiro/Brazil. Energy Strategy Reviews, v.22, p.119-126, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.08.015>

Rosa, L. P. A crise de energia elétrica: causas e medidas de mitigação. In: Branco, Adriano, M. (Org.). Política energética e crise de desenvolvimento: a antevisão de Catullo Branco. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

ROSSO, M. et al. Integrating multicriteria evaluation and stakeholders analysis for assessing hydropower projects. *Energy Policy*, v. 67, p. 870-881, 2014.

RUFINO, R. Energia em foco: estratégias e desafios para o futuro. Cenário e perspectivas para o setor elétrico brasileiro. Fundação Getúlio Vargas. Notas de palestra proferida em 28 de agosto de 2015.

Saaty, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24, (6) 19-43, 1994.

\_\_\_\_\_. Toma de decisiones para líderes. Pittsburg: RWS Publications, 1997.

Sachs, I.; Dowbor, L.; Lopes, C. (Org.). Riscos e oportunidades: em tempos de mudanças. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2010.

Santos, G. Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira. São Paulo, Tese (Doutorado em Economia) – USP, 2010.

Santoyo, A. H. Bases teórico metodológicas para la valoración económica de bienes y servicios ambientales a partir de técnicas de decision multicritério. Estudio de caso: Parque Nacional Vinales Pinar del Río, República de Cuba. España, Tesis (Doctorado em Ciencias) - Universidad de Alicante, 2012.

Schulman, L. Orientações do planejamento do programa de eletrificação do Paraná. Curitiba: Copel, 1956.

Sevá Filho, A. O. Estranhas catedrais: notas sobre o capital hidrelétrico, a natureza e a sociedade. *Revista Ciência e Cultura*, São Paulo, 60, (3), 44-50, 2008.

Sieben, A. Estado e política energética: a desterritorialização da comunidade rural de Palmatuba em Babaçulândia (TO) pela Usina Hidrelétrica Estreito. Uberlândia, Tese (Doutorado em Geografia) – UFU, 2012.

Silva, C. L.da. Desenvolvimento sustentável: um modelo analítico, integrado e adaptativo. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

SILVA, C. L.; SOUZA-LIMA, J. E. Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Saraiva, 2010.

Silva, N. F. Fontes de energias renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – COPPE UFRJ, 2006.

SIMIONI, C. A. O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis. 2006. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1884/5080>>. Acesso em: 03 set. 2013.

SINGH, R. P.; NACHTNEBEL, H. P. Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 55, p. 43-58, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012174>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

Tolmasquim, M. T. Geração de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

\_\_\_\_\_. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Estudos Avançados*, 26, (74), 247-260, 2012.

VASCONCELLOS FILHO, F. A avaliação de impactos ambientais e os grandes empreendimentos de infraestrutura no Brasil: alcance e reducionismo. 2006. 320f. Tese (Doutorado em Política e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/3352>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

Vergara, S. C. Métodos de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2008.

VILAS, M. A., COSTA, S., CRUZ, J.A. Hydro energy potential considering environmental variables and water availability in Paraná Hydrographic Basin 3. *Journal of Hydrology*, v.580, 124183, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124183>

Vinhaes, E. A. S. O novo modelo da indústria de energia elétrica brasileira. In: Schmidt, C.; Corazza, G.; Miranda; L. Energia elétrica em debate: a experiência brasileira e internacional de regulação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. p. 135-159.

Wegner, N; Mercante, A. MENDES, I. S.; Ganascini, D.; CORREA, m. m.; maggi, m. f.; vilas boas, m. a.; Wrublack, s.c.; SIQUEIRA, J.A.C. Hydroenergy potential considering environmental variables and water availability in Paraná Hydrographic Basin 3. Journal of Hydrology. Volume 580, January 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124183>.

Zeleny, M. Fuzziness, Knowledge, and Optimization: new optimality concepts. In: Delgado, M.; Kacprzyk, J.; Verdegay, J. L.; Vila, M. A. (Ed.). Fuzzy Optimization: Recent Advances. Heidelberg: Physica-Verlag, 3-20, 1994.

**Recebido:** 27 abr. 2021.

**Aprovado:** 14 jun. 2021.

**DOI:** 10.3895/rbpd.v10n4.12464

**Como citar:** SOUZA, A., SILVA, C. L., SANTOYO, A. H. Abordagem institucional em empreendimentos hidrelétricos no Paraná: uma contribuição ao processo de tomada de decisão. **R. bras. Planej. Desenv.** Curitiba, v. 10, n. 04, p. 600-626, Edição Especial Reflexões do Planejamento e Governança na preservação do meio ambiente, dez. 2021.

Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Andréa de Souza

Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças, Curitiba - PR

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

