

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS  
ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

YURI FERREIRA GOMES DIAS

UM MODELO DE LEILÃO PARA ESTIMULAR A  
COMPETIÇÃO POR OUTORGAS DE AUTORIZAÇÃO DE  
PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

GOIÂNIA - GO  
2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS ECONÔMICAS

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese

#### 2. Nome completo do autor

Yuri Ferreira Gomes Dias

#### 3. Título do trabalho

Um modelo de leilão para estimular a competição por outorgas de autorização de pequenas centrais hidrelétricas

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **YURI FERREIRA GOMES DIAS, Discente**, em 13/08/2020, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Roberto Scalco, Usuário Externo**, em 13/08/2020, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1485849** e o código CRC **55DABB59**.

YURI FERREIRA GOMES DIAS

UM MODELO DE LEILÃO PARA ESTIMULAR A  
COMPETIÇÃO POR OUTORGAS DE AUTORIZAÇÃO DE  
PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Goiás, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia Aplicada.

Linha de Pesquisa: Organizações e Mercados.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Scalco.

Co-orientador: Prof. Dr. Wilfredo F. L. Maldonado

GOIÂNIA - GO  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Dias, Yuri Ferreira Gomes

Um modelo de leilão para estimular a competição por outorgas de autorização de pequenas centrais hidrelétricas [manuscrito] / Yuri Ferreira Gomes Dias – 2020.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Scalco;

Co-orientador: Prof. Dr. Wilfredo L. Maldonado

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas (FACE), Programa de Pós-Graduação em Economia, Goiânia, 2020.

1. Marco Regulatório. 2. Competição. 3. Teoria dos Jogos. 4. Leilão. 5. Pequenas Centrais Hidrelétricas. 6. Energia Elétrica – Geração. I. Scalco, Paulo Roberto. II. Maldonado, Wilfredo Fernando Leiva. III. Universidade Federal de Goiás. Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas (FACE). III. Título.

CDU 33



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº 03 da sessão de Defesa de Dissertação de Yuri Ferreira Gomes Dias, que confere o título de Mestre em Economia, na área de concentração em Economia Aplicada

Aos sete dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte, a partir das 15 horas, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de exame de qualificação de dissertação de mestrado intitulada “Um modelo de Leilão para estimular a competição por outorgas de autorização de Pequenas Centrais Hidrelétricas”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Paulo Roberto Scalco (PPGECON/FACE/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Wilfredo Fernando Leiva Maldonado (FEA/USP), membro titular interno e co orientador, Professor Doutor Mauricio Soares Bugarin (UNB), Membro Externo/Examinador e Professor Doutor Francisco Bruno de Lima Holanda (PPGECON/FACE/UFG), membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca fizeram sugestões em documentos enviados por e-mail ao candidato Após a arguição do candidato, a Banca Examinadora se reuniu em sessão secreta, a fim de concluir o julgamento da dissertação em andamento, tendo sido o candidato aprovado em seu Exame de Qualificação. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Paulo Roberto Scalco, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao sete dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte.

## TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Roberto Scalco, Usuário Externo**, em 17/08/2020, às 11:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Bruno De Lima Holanda, Professor do Magistério Superior**, em 17/08/2020, às 11:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilfredo Fernando Leiva Maldonado, Usuário Externo**, em 24/08/2020, às 17:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Soares Bugarin, Usuário Externo**, em 25/08/2020, às 11:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1492284** e o código CRC **7B754F2E**.

## DEDICATÓRIA

*A Deus, ao meu avô Timóteo, meus irmãos, Fábio e Nayane, e aos meus pais, Giovane e Ivone, meus mentores e heróis.*

## AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação de mestrado não seria possível sem o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que me concedeu esse período de afastamento para dedicação integral ao mestrado.

Agradeço, também, à Universidade Federal de Goiás, incluindo os professores do Programa de Pós-Graduação em Economia e os técnicos administrativos da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas (FACE/UFG) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) por acreditar neste projeto de pesquisa e contribuir com uma ajuda de custos ao conceder a bolsa de estudos.

Aos meus amigos e colegas da universidade que por vezes me auxiliaram nas atividades acadêmicas rotineiras, como matrícula, elaboração de relatório da bolsa de estudos, reforço no entendimento do conteúdo das disciplinas.

Aos meus amigos e colegas da Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração (SCG) que por vezes me ajudaram na coleta de dados públicos relacionados ao mercado de geração de energia elétrica e na explanação de dúvidas relacionadas ao setor elétrico, além de orientações sobre processos e procedimentos correlacionados ao tema desta dissertação.

Além disso, gostaria de agradecer o apoio e a orientação dos professores Paulo Scalco e Wilfredo Maldonado, que me tranquilizaram nos momentos de dificuldade e me ensinaram muito ao longo desta caminhada.

Não poderia deixar de agradecer, também, o apoio do professor Maurício Bugarin da Universidade de Brasília que me ensinou teoria dos jogos e me ajudou nos momentos de dificuldades e dúvidas sobre o modelo proposto neste trabalho.

Por fim, não poderia me esquecer de todas as pessoas que estiveram próximas, oferecendo inspiração e refúgio, minha mãe, meu pai, meus irmãos e meu primo Jairo Junior. Por último, reservo um agradecimento especial à Rosana, por seu companheirismo e o entendimento sobre a dificuldade de se concluir um mestrado.

## RESUMO

Quando a Constituição Federal enfatizou que o potencial hidráulico seria um bem da União, trouxe a responsabilidade do Estado de compatibilizar a exploração desse recurso em conformidade com o interesse público. Assim, para um particular explorar o potencial de uma pequena central hidrelétrica, é necessário uma outorga de autorização, que pode ser objeto de disputa entre vários agentes. Nesse caso, o regulador deve definir regras de seleção do projeto que atendam aos critérios de aproveitamento ótimo. O presente trabalho propõe estimular a competição, melhorando as regras de seleção ao adotar um modelo de leilão que visa estimular a competição entre potenciais operadores de pequenas centrais hidrelétricas. Será adotado o sistema de leilão selado de primeiro preço, onde o participante com o maior lance continuará no processo de outorga de PCH. Também será elaborada uma avaliação do resultado regulatório da norma vigente, apresentando o modelo atual de outorga e comparando com o modelo de leilão proposto. Como resultado, é possível que o mecanismo de leilão reduza a participação de empreendedores inadequados ou aventureiros. O trabalho mostra que o tipo da Agência Reguladora afeta as decisões das firmas que participarão do processo de outorga. Um regulador do tipo forte que atua proativamente, punindo desvios de conduta e atrasos dissimulados, também minimiza a presença de empreendedores inadequados ou aventureiros.

**Palavras-chave:** Marco Regulatório; Competição; Teoria dos Jogos; Pequenas Centrais Hidrelétricas; Geração de Energia Elétrica.

## ABSTRACT

When the Federal Constitution established that the hydropower natural potential is a public good, it has enacted a duty for the Federal State: balancing the hydropower deployment aligned with the public interest. In order to have the right to exploit a Small Hydro Powerplants (SHP), a private-owned company shall follow a federal regulation framework, which can be competition for this exploitation. In this case, the Regulator enacts rules which intends to sort the project that better represents a hydropower natural potential. This dissertation proposes an auction model that aims to foster competition among companies. It will be used a sealed-bid first-price auction, where the agent with higher bid will be continued on the process of small hydro powerplant license. Moreover, it will be availed the regulatory result of the current normative will be evaluated and compared with the auction model proposed. As a result, it is possible that auction mechanism reduces the participation of inadequate or adventure companies. This work shows that Regulator type affect the behavior of the companies which will participate in the process. A kind strong of regulator acts proactively, punishing misconduct and delays, also it maybe decreases presence of inadequate or adventure companies.

**Keywords:** Regulatory Mark; Competition; Game Theory; Small Hydro Powerplants; Electricity Generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Partição de Quedas – Rio Tocantinzinho - GO.....	25
Figura 2 - Estudos de Inventário Aprovados .....	26
Figura 3 - Projetos Básicos de PCH Aprovados.....	29
Figura 4 - Forma simplificada do processo de outorga de PCH.....	30
Figura 5 – Possíveis entradas no processo de outorga de PCH .....	31
Figura 6 – Etapas do jogo para outorga de PCH .....	35
Figura 7 - Forma extensiva do jogo dinâmico com informação completa.....	38
Figura 8 - Forma extensiva do jogo dinâmico com informação incompleta.....	42
Figura 9 – Comportamento do lance em relação ao Custo Regulatório .....	49
Figura 10 - Unidades liberadas para Operação Comercial.....	53
Figura 11 – Forma extensiva do jogo dinâmico para o caso sem concorrência .....	58
Figura 12 – Forma extensiva do jogo dinâmico para o caso com concorrência.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Empreendimentos em operação – abril/2019 .....	27
Tabela 2 – Descrição da simbologia adotada para o jogo .....	39
Tabela 3 – Jogo com Informação Completa .....	41
Tabela 4 - Situação dos processos de PCH em 2015 .....	52
Tabela 5 - Processos de PCH analisados: Acumulado entre 2015 e 2019 .....	52
Tabela 6 - Situação das PCH após o DRS-PCH .....	53
Tabela 7 - Viabilidade das PCH após a obtenção da outorga .....	54
Tabela 8 – Inventários aprovados entre Setembro/2013 e Agosto/2019 .....	55
Tabela 9 – Descrição da simbologia dos jogos com e sem concorrência .....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANRE	Autoridade Regulatória de Energia da Romênia
ARR	Avaliação do Resultado Regulatório
BIG	Banco de Informações da Geração
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CR	Custo Regulatório
DPR	<i>Detailed Project Report</i> (Relatório detalhado do Projeto)
DRDH	Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica
DRI	Requerimento de intenção à outorga de autorização
DRS	Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EUA	Estados Unidos da América
ESHA	<i>European Small Hydropower Association</i>
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
kW	Quilowatt ( $10^3$ W) - Medida de Potência ativa
LA	Licença Ambiental
MW	Megawatt ( $10^6$ W) - Medida de Potência ativa
MWh	Megawatt-hora - Medida de Energia
MWmédios	Megawatt-hora/hora - Medida de Energia Elétrica
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
REN	Resolução Normativa
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1.	Motivação.....	14
1.2.	Objetivos .....	20
1.2.1.	Objetivo Geral .....	20
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	21
<b>2.</b>	<b>ETAPAS DE PROJETO DE UMA PCH .....</b>	<b>22</b>
2.1.	O Potencial Hidráulico .....	22
2.2.	Estudos de Inventário.....	24
2.3.	Projeto Básico de PCH.....	26
2.4.	Modelo de outorga de PCH.....	30
<b>3.</b>	<b>MODELO PROPOSTO PARA CONCESSÃO DE PCH.....</b>	<b>33</b>
3.1.	Jogo da 1ª Etapa – Pós-seleção .....	36
3.1.1.	Jogadores.....	36
3.1.2.	Início do jogo.....	37
3.1.3.	Conjunto de ações dos jogadores .....	38
3.1.4.	<i>Payoffs</i> dos jogadores nos nós finais .....	38
3.1.5.	Solução do jogo com informação completa .....	40
3.1.6.	Jogo com informação incompleta.....	42
3.2.	Jogo da 2ª Etapa – Pré-seleção.....	43
3.2.1.	Modelo de leilão .....	45
3.2.2.	Leilão selado de primeiro preço .....	47
<b>4.</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS REGULATÓRIOS E MODELO ATUAL .....</b>	<b>51</b>
4.1.	Avaliação dos Resultados da REN nº 673/2015 .....	51
4.2.	Modelo Atual de Outorga .....	56
4.2.1.	Processo sem concorrência .....	57
4.2.2.	Processo com concorrência.....	59
4.2.3.	Solução dos jogos .....	60
4.3.	Modelo Atual versus Modelo de Leilão.....	64
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O potencial hidroelétrico brasileiro representa uma vantagem comparativa em relação às matrizes de energia adotadas por outros países, onde predomina o uso de combustíveis fósseis, auxiliadas ou não por centrais nucleares para a geração de energia elétrica.

A hidroeletricidade é uma fonte abundante, limpa e renovável e vem sendo aproveitada visando à autossuficiência do país, por ser um insumo de baixo custo e com tecnologia nacional.

Essa característica da matriz elétrica brasileira acaba se refletindo em um conjunto de importantes condicionantes para o setor elétrico. Além das políticas de regulação e controle do uso dos recursos hídricos, respeitando os usos múltiplos da água, existe, ainda, a necessidade de articulação com instituições envolvidas no processo de identificação e aprovação dos aproveitamentos.

Para atender ao crescimento da demanda de energia elétrica, a utilização da hidroeletricidade requer planejamento da expansão da oferta de energia, tendo em vista os longos prazos de maturação dos aproveitamentos hidrelétricos, tanto nas etapas de estudo (estudos de inventário, estudos de viabilidade, projetos básico e executivo), quanto na etapa de construção.

Em linhas gerais, a geração de energia elétrica no Brasil é predominantemente hidráulica, com 81,0% do total de energia gerada no país, representando 104.408 MW de potência instalada conforme informação do Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro (BRASIL, 2019).

No entanto, apenas cerca de 30% do potencial hidrelétrico nacional foi explorado, isto é proporcionalmente menor do que a quantidade observada em países industrializados<sup>1</sup> (FERREIRA, et al., 2016). Essa baixa utilização do potencial pode ser explicada por uma política ambiental mais exigente em relação às grandes usinas, principalmente na região Norte, notadamente caracterizada por uma topografia mais plana com possibilidade de

---

<sup>1</sup> A capacidade instalada dos Estados Unidos, em 2018, era de 103 MW, representando aproximadamente 88% do potencial hidrelétrico estimado. Já a capacidade instalada da China, em 2018, era de 352 GW, representando aproximadamente 70% do potencial hidrelétrico estimado (IHA, 2018).

grandes reservatórios, o que inundaria áreas de grandes proporções, prejudicando a biodiversidade da região. Nesse contexto, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), usinas com capacidade instalada maior que 5.000 kW e menor ou igual a 30.000 kW, ganham espaço como uma fonte renovável, com menor área de alagamento e obras civis pequenas, caracterizando um baixo impacto ambiental. Esse tipo de usina pode estar localizada nas proximidades dos centros de consumo, reduzindo os custos para os consumidores, devido a uma redução nas perdas por transmissão.

É possível que interessados disputem a outorga de uma pequena Central Hidrelétrica (PCH), empreendimento que tem um processo de outorga simplificado, dependendo apenas de uma autorização da ANEEL para sua construção e operação.

Atualmente, a Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015 estabelece o processo de outorga de autorização de PCH, incluindo os casos de concorrência. Essa Resolução é fruto de um longo aprimoramento dos critérios de seleção do empreendedor interessado na usina hidrelétrica, entretanto, esse normativo reduziu as possibilidades de concorrência por um mesmo aproveitamento.

Assim, o critério para seleção do empreendedor está baseado na entrega do projeto básico, ou seja, aquele que primeiro protocolar o projeto básico da PCH vence a disputa. Desse modo, além de não existir concorrência, esse processo acaba sendo dispendioso para os demais participantes, que investiram recursos em projetos não escolhidos. Além disso, esse método pode promover projetos básicos de baixa qualidade, não garantindo o aproveitamento ótimo do potencial hidráulico e aumentando o número de pedido de prorrogação de prazo e de revisão de projeto para correção de problemas, uma vez que os empreendedores elaboram projetos ruins apenas para entregar primeiro com o intuito de vencer a disputa pela PCH e contam que a Agência Reguladora concederá prazos para melhoramentos e correções após a fase de seleção.

Assim, a falta de um melhor critério para concorrência implica em uma situação confortável para o empreendedor que vencer a disputa. Essa situação está longe da desejável, uma vez que o interesse público está associado ao aumento na oferta de energia elétrica para a sociedade. Assim, estimular a concorrência no setor de PCH aumentariam as chances de bons projetos serem selecionados e reduziria a quantidade de revisões, correções e recursos administrativos, o que poderia conferir maior agilidade na construção das usinas.

### 1.1. Motivação

Na época da publicação da Resolução Normativa nº 673/2015, a ANEEL tinha sob seus cuidados 553 processos de usinas aguardando análise ou aguardando o empreendedor se adequar às novas regras, conforme o boletim “situação das PCH na ANEEL em 2015” (ANEEL, 2015). Esse quantitativo foi reduzido, de tal forma que foram avaliados 533 processos até o ano de 2019. Entretanto, dessas usinas apenas 19 detinham os requisitos para obter a outorga de autorização, segundo o boletim “situação das PCH na ANEEL de 2015 a 2019” (ANEEL, 2019).

Ao analisar os dados da área de fiscalização da ANEEL, disponível no “Relatório de Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica” (ANEEL, 2020), percebe-se que das usinas que já obtiveram outorga de autorização, apenas 32,3% são classificadas como de alta viabilidade para iniciar a operação comercial até 2025. Além disso, 236 usinas estão com os cronogramas de implantação atrasados, 41 estão com as obras paralisadas e 341 sequer iniciaram a construção.

Resultados como esses despertam questões sobre o método adotado pela Agência Reguladora. A falta de concorrência implica em cronogramas atrasados, falta de interesse em obter licenças ambientais, falta de interesse no emprego das melhores técnicas no desenvolvimento do projeto, aumento nos pedidos de revisão de projeto e de prorrogações de prazo, dentre outras ineficiências, devido ao incentivo de apresentar um projeto de baixa qualidade para ganhar a seleção. Além disso, o empreendedor poderá optar por iniciar a construção quando o momento econômico for favorável, contrariando o estimado nos cronogramas apresentados.

Como os custos processuais e de construção de uma Pequena Central Hidrelétrica são acessíveis, quando comparados aos custos de uma grande usina, empreendedores de diversas áreas e portes financeiros são atraídos para esse mercado. Além disso, o critério de seleção sugere um esforço pequeno, uma vez que é selecionado aquele que primeiro protocolar o projeto básico. Esses fatos, aliado ao baixo investimento necessário para a elaboração de um projeto básico, possibilita a entrada de empresas amadoras ou sem conhecimento das técnicas e procedimentos necessários para as etapas de outorga, construção e operação das PCH, fato indesejado pelo agente regulador.

Em resumo, a prática de receber o projeto daquele que primeiro protocolar implica no recebimento de projetos básicos de qualidade duvidosa, que atendam somente as exigências necessárias para outorga, mas que no longo prazo são incapazes de sair do papel.

Ao investigar as experiências internacionais de alguns países com expertise sobre o mercado de PCH, verifica-se que nos EUA, as pequenas usinas hidrelétricas são definidas por capacidade instalada menores que 10 MW (EUA, 2019)<sup>2</sup> e podem ser propriedades de empresas privadas, de municípios, cooperativas e cidadãos particulares e de agências governamentais estaduais e federais, como o Exército Americano (*U.S. Army Corps of Engineers*). Os projetos de propriedade federal são autorizados pelo Congresso norte-americano e são responsáveis por cerca de 50% da capacidade de geração hidrelétrica do país. Já os projetos não federais representam a maior parte das usinas do país, com cerca de 2.500 usinas e capacidade instalada de aproximadamente 55.500 MW. As normas que regulam o setor de energia hidrelétrica estão contidas no *Federal Power Act*, cujo órgão regulador responsável por licenciar projetos hidrelétricos não federais é a *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC).

Para a obtenção da licença para construção e operação de uma usina hidrelétrica nos Estados Unidos, o empreendedor deve apresentar um projeto para a FERC, que analisará a proposta de projeto, podendo formular recomendações tanto de engenharia, quanto de ações de mitigação dos impactos no meio ambiente e nas comunidades atingidas. Assim, a FERC poderá emitir três tipos de autorização para projetos de usinas hidrelétricas: Permissões Preliminares, licenças e isenções. As permissões preliminares concedem ao empreendedor uma prioridade sobre o empreendimento desejado e garante um período de 3 anos para estudar o local onde será instalada a usina e pedir a licença definitiva para construir e operar. A permissão preliminar proporciona vantagens competitivas quando vários pedidos de licença para o mesmo projeto forem solicitados (FERC, et al., 2001). Dessa forma, o empreendedor não se preocupa com qualquer tipo de disputa por um mesmo empreendimento, caso consiga primeiro uma permissão preliminar. O caso americano destoa do brasileiro, uma vez que o Estado não tem obrigações de gerenciar o potencial hidráulico, deixando para a iniciativa privada a determinação do local onde será implantada

---

<sup>2</sup> A Literatura indica que as pequenas centrais hidrelétricas norte-americanas possuem capacidade instalada variando entre 1 e 30 MW, como indica (Kosnik, 2010) e (Hall, 2006). Entretanto, o Departamento de Energia dos Estados Unidos define que uma PCH tem capacidade instalada menor que 10 MW de potência instalada.

a pequena central hidrelétrica. No Brasil, entretanto, é necessário um estudo prévio para determinação do potencial ótimo e dos locais onde será possível a construção da usina, sendo desobrigadas de seguir essa regra apenas as usinas com potência instalada inferior a 5.000 kW.

Na Romênia, uma usina é classificada como PCH, quando tem capacidade instalada entre 1 e 10 MW. Não existe uma lei específica que caracterize o regime de permissões como um todo, nem uma única autoridade para autorizar ou supervisionar o processo de permissão de uma usina. Algumas leis federais e regulamentos da Autoridade Regulatória de Energia da Romênia (ANRE) descrevem o processo de licenciamento para construção de uma usina. Em geral, para construir uma usina hidrelétrica, são necessárias três licenças: ambiental, para atuar no setor elétrico e de construção. A licença ambiental é concedida pela agência de proteção ambiental e pela administração de recursos hídricos; a licença para atuar no setor elétrico é emitida pela ANRE, que somente emitirá uma licença para cada empreendedor, não sendo possível concorrência; e a licença de construção que será concedida ao investidor após obter o direito real (direito de propriedade particular, servidão administrativa, direito de concessão sobre terras públicas) sobre o terreno onde a usina será implantada (Vasiliu, 2019).

Na Turquia, o monopólio do setor público sobre o setor de geração foi abolido em 1982, autorizando o setor privado a construir usinas e vender sua energia para a Administração Turca de Eletricidade (Kucukali e Baris, 2009). Como não há consenso sobre a definição de uma PCH, a Turquia adota a classificação da Associação Europeia de Pequenas Hidrelétricas (ESHA), ou seja, entre 1 e 10 MW de capacidade instalada.

O Ministério da Energia e Recursos Naturais da Turquia determina zonas de energia renovável para a alocação da capacidade de geração das pequenas centrais hidrelétricas. Após essa etapa, um leilão, com preço máximo de tarifa, será realizado entre os candidatos para obter o direito de uso dos locais designados para geração. O candidato que der um lance com o menor valor de tarifa será declarado vencedor e recebe o direito de construir e operar a usina licitada, após obtenção da licença preliminar<sup>3</sup> e da licença de geração (TURQUIA, 2001).

---

<sup>3</sup> Licença preliminar pode ser concedida com prazo máximo de 36 meses para realizar estudos e elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA). A Licença de geração é necessária para construção e operação do empreendimento de geração.

Na Índia, as usinas designadas como PCH estão entre 2 e 25 MW (ÍNDIA, 2019). Os projetos dessas usinas são agrupados em duas categorias: (1) **Projetos auto identificados**: os empreendedores podem identificar projetos, elaboram o relatório de projeto detalhado (DPR, em inglês) e solicitam a licença. Para conceder a licença, o Estado avalia a adequação de um projetista em potencial investigando a sua capacidade técnica (incluindo experiências anteriores no desenvolvimento, construção ou operação de usinas hidrelétricas) e financeira; (2) **Projetos Identificados pelo Estado**: O Estado ou Agências patrocinadas pelo Estado identificam projetos estratégicos e preparam o DPR e realizam licitações abertas para conceder aos empreendedores (ÍNDIA, 2018).

Para os casos de projetos auto identificados, o empreendedor que primeiro apresentar o DPR, pagar as taxas exigidas, demonstrar capacidade técnica e financeira poderá construir a pequena central hidrelétrica. Já nos casos dos Projetos Identificados pelo Estado, usinas estratégicas seriam anunciadas, com base em licitações abertas, em busca de empreendedores. A seleção dos interessados seguiria um processo em duas etapas: (a) **Pré-qualificação**: Os candidatos deveriam efetuar o pagamento de uma taxa pré-determinada e seriam avaliados por suas condições técnicas e financeiras; (b) **Etapa de Leilão**: Os interessados selecionados encaminhariam o seu lance. O licitante vencedor será aquele que oferecer o maior lance pelo projeto.

A Rússia possui o quarto maior sistema elétrico do mundo, ficando atrás apenas dos EUA, China e Índia, sendo 67% da matriz elétrica com usinas termelétricas e 20% com usinas hidrelétricas. O setor elétrico russo consiste em geração, transmissão e distribuição, sendo que a maior parte das instalações de geração são de propriedade privada, operando, principalmente as usinas térmicas. Já as usinas hidrelétricas e nucleares são controladas pelo Estado. Na Rússia, usinas com até 30 MW são classificadas como PCH. Apesar de ter um potencial considerável para pequenas hidrelétricas (50% do total dos cursos d'água no país são constituídos por pequenos rios), não existe uma legislação específica que regule e estimule esse setor a se desenvolver. Além disso, a iniciativa privada tem pouco interesse em construir esse tipo de usina, pois os custos de construção são altos, além dos altos custos de conexão com a rede de distribuição de energia (Blyashko, 2010).

Na China, as pequenas centrais hidrelétricas podem ter capacidade instalada entre 25 e 50 MW e mais de 1600 municípios têm pequenos recursos hidrelétricos, distribuídos, principalmente, em áreas montanhosas e áreas de minoria étnicas, onde as pequenas hidrelétricas são a principal fonte de energia. Os governos locais que são responsáveis pela

supervisão, planejamento e aprovação de projetos, sendo que para o desenvolvimento do mercado de PCH, tais governos realizam leilões, levando em conta os custos de construção e operação, para concessão do direito de construir e operar essas usinas. Além disso, o Estado Chinês, representado pelo Instituto de Planejamento e Projeto de Hidrelétricas e pela Academia de Ciências, é responsável pelo planejamento das bacias hidrográficas, desenvolvimento de estudos de inventário (identificação dos locais, no rio, para construção das usinas hidrelétricas) e pesquisas de novas tecnologias. Os governos locais também implementaram políticas para orientar e incentivar investidores privados, além de investidores estrangeiros, a construir e operar usinas hidrelétricas de pequeno porte (Ximei, et al 2015).

Das experiências internacionais apresentadas, China, Índia e Turquia adotam o modelo de leilão para disputa dos empreendedores interessados nos potenciais hidráulicos. Entretanto, nenhum dos países detém a obrigação de zelar pelo potencial hidráulico como um bem público, que é o caso brasileiro. Dessa forma, o Brasil deveria adotar um modelo que fomentasse a concorrência, principalmente pelo fato de que o potencial é um bem público e deve ser explorado com eficiência.

Assim, o problema de pesquisa se estabelece em conseguir fomentar uma forma de ampliar a concorrência nos projetos de PCH e fazer com que o processo de seleção seja otimizado, de tal forma que minimize: 1) os pedidos de revisão de projeto básico e prorrogações de prazo; e 2) os recursos administrativos dos empreendedores que perderam o processo de seleção. Assim, o presente trabalho busca contribuir com ajustes no processo de concorrência de PCH proposto pela ANEEL, sugerindo um modelo com a finalidade de selecionar o projeto que melhor atenda ao interesse público para geração de energia a um custo módico.

O modelo proposto terá como premissa a eficiência na produção de energia, ou seja, a usina hidrelétrica deverá ser outorgada para o empreendedor que pagar o maior prêmio, devendo racionalizar os seus custos para comercializar uma energia a preços de mercado. Assim, esse ativo será administrado por aquele empreendedor que tenha capacidade financeira e tecnológica para construir e operar a PCH de maneira ótima.

Selecionar aquele interessado com maior capacidade financeira e tecnológica é um problema de informação assimétrica entre as empresas e o agente regulador, uma vez que cada empresa detém informações privadas sobre sua própria estrutura. Esse problema pode ser enfrentado pelo estabelecimento de um mecanismo de mercado conhecido como Leilão.

Em um caso similar ao problema deste trabalho, Fonseca e Bugarin (2020) desenvolveram um modelo formal de leilão que determina a taxa ótima de conversão de dívida em investimento no setor de telecomunicações para uma melhor formulação do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) estimulando a competição entre as concessionárias de telecomunicações, gerando maior bem-estar social e garantindo a implementação de projetos de investimentos no setor.

Khezzar e Menezes (2019), de forma mais abrangente, estudaram o comportamento de equilíbrio em um leilão de um novo projeto de infraestrutura. O trabalho desenvolvido mostra que o mecanismo de leilão pode ser dominante em termos de eficiência em relação ao mecanismo padrão onde o preço do bem é definido *ex-ante* pelo agente regulador. A ideia é verificar se o projeto será executado sempre que o retorno do investimento for maior que o custo de implantação e mostrar que o mecanismo de leilão pode gerar ganhos de eficiência na concessão de empreendimentos de infraestrutura, o qual será um dos objetivos deste trabalho.

Goeree e Offerman (2002) estudaram as ineficiências dos leilões quando o valor esperado do objeto depende de informações de valor privado e comum. Nesse estudo, os autores verificaram que o aumento da concorrência e ações visando a redução de incertezas sobre o valor comum, tais como uma divulgação pública de informações, afetam positivamente as receitas e a eficiência do leilão. O resultado dessa pesquisa mostrou-se relevante para a implementação prática do modelo proposto nesse trabalho.

Outro ponto importante a ser discutido é o comportamento das Agências Reguladoras perante os empreendedores e os consumidores. Esse ponto é abordado por Leaver (2009) que desenvolve um modelo em que o desejo de evitar críticas leva os burocratas de espírito público a se comportarem de maneira ineficiente. Dessa forma, são tomadas decisões para manter os grupos de interesse calados e para manter os erros fora dos olhos do público. Esse comportamento se contrapõe com a visão de que as Agências Reguladoras devem ser estruturadas para minimizar a ameaça de “captura”. Leaver também identifica em seu estudo que mandatos mais longos dos dirigentes norte-americanos de uma Agência Reguladora implicam em uma maior incidência de revisões de tarifas e contas de eletricidade com preços mais baixos.

Na mesma linha de pesquisa de Leaver, porém de forma mais geral, Meneguini e Bugarin (2020) avaliam os incentivos gerados pelas instituições no comportamento do gestor público, buscando determinar se existem incentivos a uma gestão ativa e inovadora,

passiva e burocrática ou corrupta. O modelo proposto pelos autores conclui que regras com rigidez elevada tendem a fazer com que um gestor de carreira adote uma postura mais cautelosa, evitando a inovações no processo de decisão e a consequente perda de cargo público. O modelo sugere que gestores temporários se arriscarão mais nas atividades, dependendo do seu perfil: (1) tomando decisões mais inovadoras em prol do bem-estar social, para aqueles que atribuem elevado valor a essa atividade; ou (2) em prol de atividades ilícitas, visando o benefício pessoal.

Já Ribeiro e Bugarin (2016), identificaram elementos estratégicos que incentivam a concessionária a descumprir o contrato firmado e que incentivam o governo a agir permissivamente e não executar as penalidades previstas. Com isso, foi proposto um mecanismo alternativo de concessão de aeroportos, procurando compreender a influência da expectativa dos licitantes de descumprimento futuro do contrato, reduzindo incertezas da concessão e aumentando a probabilidade de atendimento dos objetivos do governo.

Nesse contexto, a modelagem proposta para o mercado de PCH terá como base as formulações proposta por (Ribeiro e Bugarin, 2016) e por (Fonseca e Bugarin, 2020), onde a outorga de uma PCH, que passa por concorrência, proporcionará receitas e despesas estimadas para o período de concessão que, durante o leilão, serão precificadas pelo seu valor presente. Será adotado o leilão selado de primeiro preço, onde o participante que der o maior lance ficará com a outorga de autorização da PCH.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a busca de um mecanismo que fomente ampliação da concorrência pelas Pequenas Centrais Hidrelétricas, de tal forma que contribua para uma menor quantidade de recursos administrativos pelos competidores não vencedores, garanta a implantação dos projetos, reduza a quantidade de pedidos de revisão de projeto pelos vencedores do processo e aumente a eficiência quando comparados ao processo de seleção estabelecido na Resolução Normativa nº 673/2015 da ANEEL.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

Especificamente, este trabalho pretende:

- i. elaborar um modelo de leilão para outorga de autorização de PCH;
- ii. apresentar uma modelagem para o procedimento de outorga atual;
- iii. fazer uma avaliação do impacto regulatório da Resolução Normativa nº 673/2015; e
- iv. comparar o modelo de leilão proposto com o modelo de outorga atual.

Para atingir os objetivos elencados, este trabalho está organizado em cinco capítulos, contando com a introdução. O Capítulo 2 descreve, em linhas gerais, o conceito de potencial hidráulico e as etapas de estudos necessários para a concepção de uma PCH. O Capítulo 3 desenvolve um modelo que propõe otimizar o processo de outorga de uma PCH utilizando conceitos de teoria dos jogos, especificamente, sob a ótica da teoria de leilões. O Capítulo 4 apresenta uma avaliação dos resultados regulatórios obtidos desde a publicação da Resolução Normativa nº 673/2015, modela o mecanismo de outorga atualmente executado pela ANEEL e faz uma comparação com o modelo de leilão proposto neste trabalho. O Capítulo 5 conclui e recomenda alterações para estimular o desenvolvimento de projetos de geração hidrelétrica.

## 2. ETAPAS DE PROJETO DE UMA PCH

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB), por ser um dos usuários da água, tem a responsabilidade de planejar o uso desse insumo para a produção de energia elétrica de forma racional, considerando todos os usuários desse recurso natural. Além de considerar o conceito de potencial hidráulico ótimo do rio, definido pela Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, como todo o potencial de geração em uma concepção global pelo melhor eixo de barramento<sup>4</sup>, disposição física, níveis d'água e reservatório disponíveis em uma alternativa de partição de quedas de um rio.

Dessa forma, para construir uma usina hidrelétrica de pequeno porte, é necessário levar em consideração o interesse público relacionado ao potencial hidráulico e compreender que muitos estudos são necessários. Esses estudos estão distribuídos nas etapas de Estudos de Inventário, Projeto Básico e Projeto Executivo.

### 2.1. O Potencial Hidráulico

A utilização de potenciais hidráulicos para a produção de energia é um assunto que merece atenção dos legisladores e dos administradores públicos brasileiros, seja por sua característica de utilidade pública, por implicações ambientais ou pela utilização de bens da União, especialmente os cursos d'água, a construção e exploração de usinas hidrelétricas. Nesse sentido, o Brasil dispõe de um arcabouço legal com o intuito de definir regras para a exploração do uso da água para exploração do potencial hidráulico.

A Constituição Federal de 1988 assinalou, no art. 20, que são bens da União, cursos d'água (inciso III) e o potencial hidráulico dos rios brasileiros (inciso VIII). Essa imposição acarreta consequências relevantes sobre a utilização tanto da água desses cursos d'água, quanto do potencial hidráulico brasileiro, cabendo à União a sua exploração.

---

<sup>4</sup> Eixo do barramento (ou barragem) é a estrutura com disposição transversal ao fluxo do rio que tem por finalidade represar e armazenar água, criando um desnível para a produção de energia hidrelétrica.

Portanto, compete à União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos rios em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidráulicos, sendo isentos de autorização ou concessão os aproveitamentos de capacidade reduzida, que no caso das hidroelétricas são as Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH).

Assim, para um particular explorar o potencial hidráulico, é necessária uma delegação da atividade reservada à União, por tempo certo e sob certas condições. Isso é feito com a outorga do direito de usar e explorar o referido bem público. O foco dessa delegação não deve ser a satisfação do interesse particular, mas a satisfação do interesse público. Assim, o empreendedor interessado realiza investimentos, explora o bem em regime competitivo e se submete à fiscalização do poder concedente, com a previsão de reversão dos ativos vinculados ao fim da outorga.

No Brasil, os empreendimentos de geração hidrelétrica são classificados como:

- i. **Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH):** aproveitamentos com potência instalada de até 5.000 kW. São considerados como aproveitamentos de capacidade reduzida, nos termos da lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995;
- ii. **Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH):** são usinas com potência superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW. Dependem somente de autorização da ANEEL, devido ao processo de concessão simplificada.
- iii. **Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE):** são divididas em dois subtipos:
  - 1) UHE de Autorização: usina com potência entre 5.000 kW e 50.000 kW, sem características de PCH, descrita pela Resolução Normativa ANEEL nº 765, de 25 de abril de 2017. Tem um processo de outorga simplificado e dependem de autorização da ANEEL;
  - 2) UHE de Concessão: usinas com potência superior a 30.000 kW e os procedimentos para concessão estão estabelecidos na Resolução ANEEL nº 395, de 4 de dezembro de 1998. Seu processo de outorga estabelece a elaboração de Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) e do Projeto Básico. Necessita de outorga de concessão, concedida via leilão desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia.

## 2.2. Estudos de Inventário

A etapa de estudos de inventário hidrelétrico consiste na avaliação do potencial de geração de energia elétrica de uma bacia hidrográfica ou de parte dela. Essa etapa quantifica a vocação hidroenergética de um curso d'água<sup>5</sup>, estabelecendo um conjunto de aproveitamentos hidrelétricos ordenados pela atratividade econômica, localizados na bacia hidrográfica estudada, sempre obedecendo ao conceito de aproveitamento ótimo, que considera, além das condicionantes energéticas, os aspectos relacionados à minimização do custo de construção dos empreendimentos e dos custos sociais e ambientais, verificando o uso múltiplo dos recursos hídricos (consumo humano, dessedentação animal, lazer, transporte, dentre outros).

O aproveitamento ótimo pode ser definido como todo potencial em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento da usina hidrelétrica, melhor disposição das estruturas da usina (arranjo físico), níveis d'água operativos, reservatório e potência, que integram a alternativa escolhida para divisão de quedas de uma determinada bacia hidrográfica. Esse conceito está definido no art. 5º da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995.

Dessa forma, o aproveitamento ótimo considera não só a potencialidade energética do rio, mas os custos sociais e ambientais envolvidos na concepção de cada empreendimento, analisando de forma conjunta com todos os empreendimentos da cascata do curso d'água.

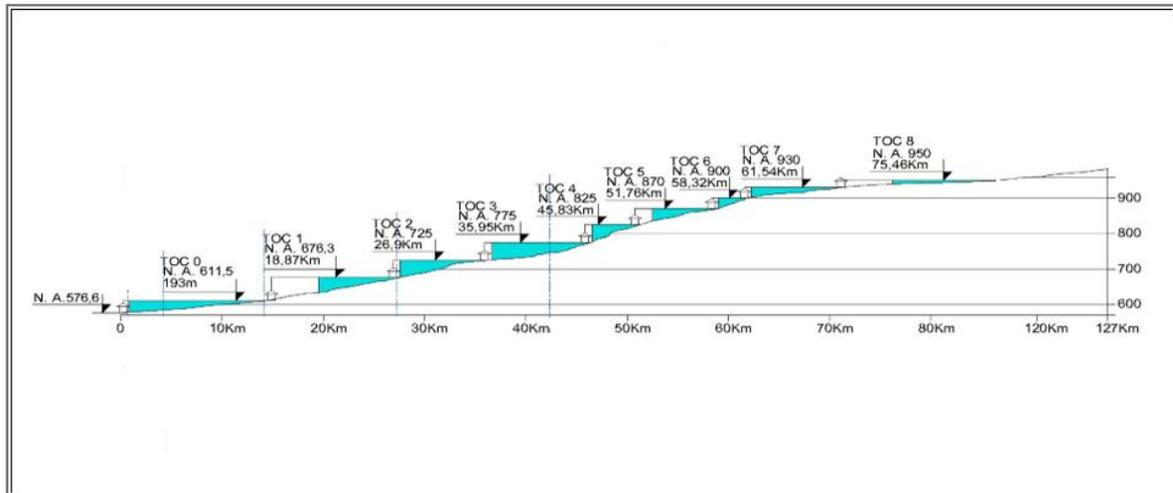
A obrigatoriedade de construir empreendimentos que respeitem o aproveitamento ótimo é uma característica singular do Setor Elétrico Brasileiro, pelo fato do potencial hidráulico ser um bem da União, sendo que o seu uso e exploração econômica devem atender ao interesse público. Nesse contexto, o instrumento que garante o potencial ótimo dos rios é o Inventário Hidrelétrico, que determina a melhor alternativa de divisão de quedas de uma Bacia Hidrográfica. Como exemplo, a Figura 1 mostra a partição de quedas ao longo dos 127 km do rio Tocantinzinho, no estado de Goiás, que encontrou 9 empreendimentos hidrelétricos, onde a alocação das usinas está no ponto ótimo econômico, ambiental e energético do referido curso d'água. Além da determinação do potencial ótimo,

---

<sup>5</sup> Vocação hidroenergética é a quantidade de potência que poderá ser instalada em um rio para geração de energia elétrica.

as informações contidas nos estudos de inventário são fundamentais para o planejamento estratégico da expansão da geração.

**Figura 1 – Exemplo de Partição de Quedas – Rio Tocantinzinho - GO**



Fonte: SCG/ANEEL (2019)

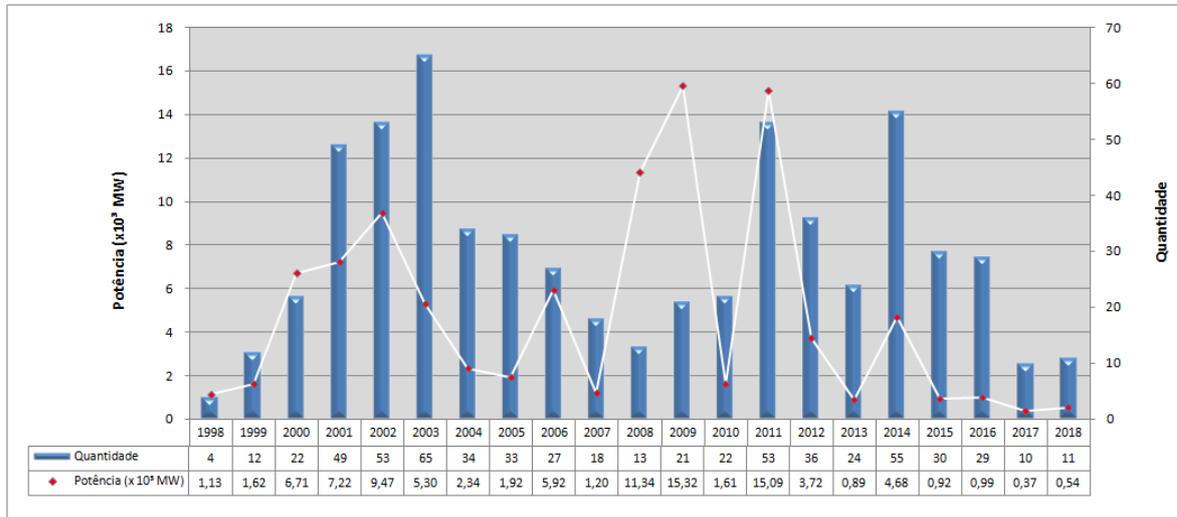
Considerando as normas regulamentadoras atuais, os estudos de inventário hidrelétrico poderão ser realizados nos seguintes níveis:

- a) **Estudo Simplificado:** Consiste em um estudo voltado para bacias hidrográficas de menor porte, tipicamente para implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). São estudos que podem ser realizados de forma mais objetiva, em função das pequenas dimensões da bacia estudada. Essa modalidade de estudo aplica-se a bacias hidrográficas ou trechos com capacidade de implantação de aproveitamentos com potência superior a 5 MW e igual ou inferior a 50 MW.
- b) **Estudo Pleno:** Consiste em um estudo com maior grau de complexidade, voltado para bacias hidrográficas de maior porte, notadamente para desenvolvimento de Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE). Essa modalidade de estudo aplica-se a bacias integrais ou trechos com vocação hidroenergética para aproveitamentos com potência superior a 50 MW.

Desde 1998, foram inventariados mais de 98.000 MW, conforme mostra a Figura 2. Verifica-se um aumento no número de inventários aprovados pela ANEEL entre os 2001 e 2003, período em que ficou caracterizada a crise energética no Brasil, onde a oferta de energia não conseguiu suprir a demanda por energia. Assim, esse aumento na demanda

tornou atrativa a atividade de geração de energia elétrica, o que justifica o aumento no número de rios inventariados no período citado.

**Figura 2 - Estudos de Inventário Aprovados**



Fonte: SCG/ANEEL (2019)

A Resolução Normativa ANEEL nº 672, de 4 de agosto de 2015, estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas. Esta norma assegura ao empreendedor que elaborar os estudos de inventário o direito de preferência<sup>6</sup> de até 40% de todo o potencial identificado como PCH no inventário aprovado.

### 2.3. Projeto Básico de PCH

Com a determinação do aproveitamento ótimo nos estudos de inventário, a usina hidrelétrica agora segue para um maior detalhamento, de modo a definir com maior precisão as características intrínsecas do projeto, tais como especificações técnicas das

<sup>6</sup> O artigo 11, da REN nº 672/2015 estabelece que o empreendedor que elaborar o estudo de inventário de determinado rio e conseguir a sua aprovação terá a exclusividade para a elaboração do projeto básico de usinas identificadas como PCH, limitado a 40% do potencial identificado. Para os casos em que a menor PCH representar mais que 40% do potencial total, o empreendedor terá o direito de preferência desta PCH. Ou o empreendedor poderá ter direito de preferência por uma UHE que tenha potência maior que 5.000 kW ou menor ou igual a 50.000kW. Para este trabalho, o direito de preferência será exclusivamente o direito de continuar no processo de 40% do potencial identificado como PCH.

obras civis e equipamentos eletromecânicos, além de aprofundamento dos estudos ambientais e suas possíveis mitigações. É nessa fase que o empreendedor deverá concentrar esforços na elaboração do projeto básico com o objetivo de obter a Licença Prévia e de Instalação da usina hidrelétrica.

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) são empreendimentos de geração de energia hidráulica com potência superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 13 km<sup>2</sup>, excluindo a calha do leito regular do rio.

Os empreendimentos que não atenderem a condição da área máxima inundada também podem ser enquadrados como PCH se o reservatório for capaz de acumular água o suficiente para prover regularização da vazão do rio, no mínimo semanal ou cujo dimensionamento foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica, tais como navegação, dessedentação de animais, lazer, dentre outros.

A Tabela 1, detalha informações do Banco de Informações da Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em abril de 2019, sobre o número de usinas hidrelétricas em operação.

**Tabela 1 – Empreendimentos em operação – abril/2019**

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>
CGH	699	712.040
PCH	423	5.217.579
UHE	217	102.529.978

Fonte: ANEEL, 2019.

Dentre as usinas outorgadas, ou seja, PCH e UHE, as pequenas centrais hidrelétricas são representativas em termos quantitativos, entretanto, não têm tamanho expressivo em termos de potência instalada. São empreendimentos concebidos para atender a demandas de energia de comunidades localizadas em regiões de difícil acesso.

Para uma PCH, o processo de concessão é simplificado, quando comparado ao processo de concessão de uma UHE, pois dependem apenas de uma outorga de autorização da ANEEL para sua construção e operação, conforme procedimentos estabelecidos na Resolução Normativa ANEEL nº 673/2015. Por ser objeto de outorga, as pequenas centrais hidrelétricas são passíveis de concorrência dentre os interessados em sua construção e operação.

Os projetos de PCH são essenciais para o desenvolvimento sustentável, causando baixo impacto ambiental e tem diversos benefícios tais como dispensar grandes reservatórios de água, ser fonte de energia renovável, ter obras civis mais simples e rápidas, possibilitam a construção próximo dos centros de consumo (auxiliando no desenvolvimento de áreas rurais ou remotas).

Devido ao processo de concessão simplificado e impacto ambiental e social reduzido, as PCH representam uma forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, possibilitando um melhor atendimento da carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais. Essas usinas têm uma série de benefícios para melhorar a atratividade econômica e incentivar a sua construção. Dentre esses incentivos, temos:

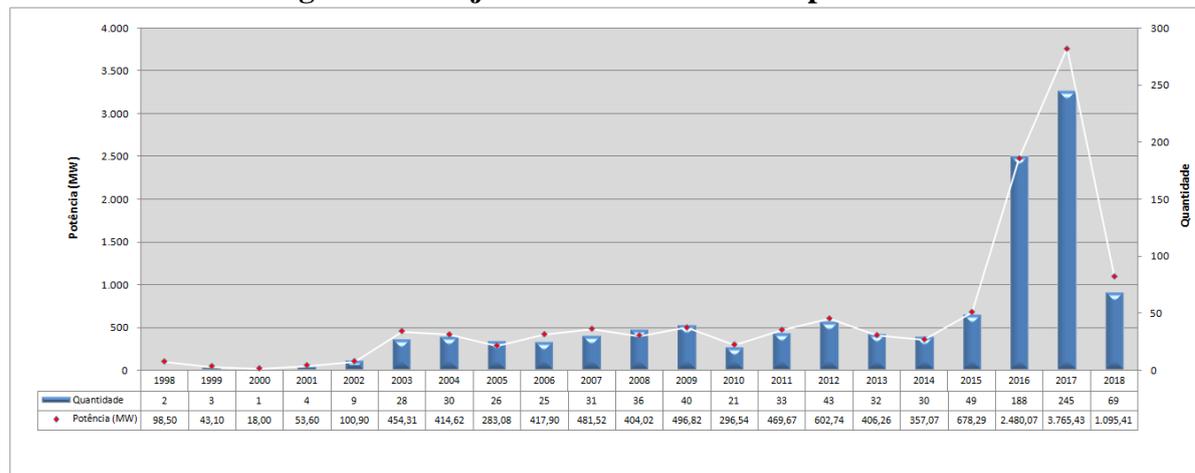
- a) Autorização não-onerosa para explorar o potencial hidráulico;
- b) Isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos;
- c) Livre comercialização de energia com consumidores ou grupo de consumidores reunidos por comunhão de interesses de fato ou de direito, cuja carga seja igual ou superior a 500 kW.

Com o advento da reforma do setor elétrico, estabelecido pela Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, investidores privados foram atraídos para o setor de geração de energia elétrica, aumentando o número de projetos de PCH. Apesar do aumento do número de interessados no setor de PCH, o Estado brasileiro não deve apenas conceder aos empreendedores autorização para construção de usinas entre 5.000 kW e 30.000 kW por serem economicamente viáveis. O Estado deve se preocupar principalmente com a melhor forma de exploração do potencial hidráulico, visando o interesse comum, uma vez que esse ativo é um bem público.

A Figura 3 ilustra os projetos básicos de PCH que foram aprovados entre 1998 e 2018. É possível notar um salto na quantidade de projetos aprovados a partir de 2015, isso é justificado pela vigência da Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015. Essa norma alterou o marco de avaliação dos Projetos Básicos de PCH, simplificando os procedimentos para a obtenção da outorga, além de alterar conceitos sobre esse processo. Tecnicamente, a partir dessa Resolução, um Projeto Básico de PCH recebe um documento que atesta a adequabilidade do projeto com os Estudos de Inventário do rio a ser instalada a usina (DRS-PCH), não sendo mais adotado o termo aprovação do Projeto Básico. Com o

DRS-PCH, o empreendedor deverá solicitar as licenças ambientais e de uso da água junto aos órgãos ambientais e de recursos hídricos competentes. Em posse das licenças, o empreendedor poderá concluir o processo de solicitação de outorga da PCH na ANEEL.

**Figura 3 - Projetos Básicos de PCH Aprovados**



Fonte: SCG/ANEEL (2019)

É necessário esclarecer que o gráfico da Figura 3 apresenta dados de 1998 a 2018. Entre 1998 e 2008, o processo de outorga de PCH era regido pela Resolução nº 395, de 4 de dezembro de 1998. De 2008 a 2015, a Resolução Normativa nº 343, de 9 de dezembro de 2008 passou a reger os procedimentos para outorga. E a partir de 2015, os procedimentos para outorga de PCH são estabelecidos pela Resolução Normativa 673, de 4 de agosto de 2015. Além disso, até 2015, os empreendimentos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW eram enquadrados como PCH. A Lei nº 13.097, de 19 de janeiro de 2015 alterou essa faixa de potência, sendo então de 3.000 kW a 30.000 kW. Posteriormente, a Lei 13.360, de 17 de novembro de 2016, alterou novamente os limites, sendo que para ser considerado PCH, o empreendimento deverá ter potência superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW. Para efeito de enquadramento, a Figura 3 foi elaborada considerando como PCH apenas os empreendimentos com potência entre 5.000 kW e 30.000 kW.

Apesar de ganhar agilidade e melhorar o processo de outorga para os particulares interessados em elaborar projetos de PCH, a nova Resolução desestimulou a concorrência para aqueles projetos de grande atratividade. Atualmente, a Resolução Normativa nº 673/2015 está em processo de revisão e após esse processo, as regras deverão ser incorporadas pela Resolução Normativa nº 875, de 10 de março de 2020, que é o normativo

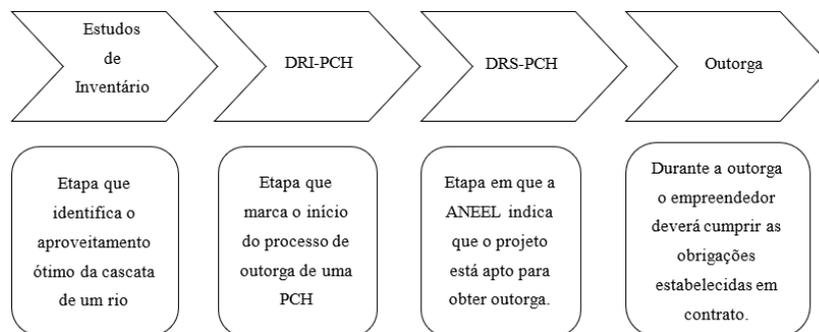
que consolida todas as etapas e procedimentos para identificação do aproveitamento ótimo e concessão de outorgas de empreendimentos hidrelétricos.

#### 2.4. Modelo de outorga de PCH

Para entender como a REN nº 673/2020 interferiu na concorrência, é necessário compreender como funciona o rito para concessão da outorga de autorização. Inicialmente, uma empresa decide estudar as características de um determinado curso d'água ou um trecho dele. Dentre os estudos, os mais importantes são cartográfico, geológico, ambiental, hidrológico, econômico e energético. A consolidação desses estudos é denominada Estudos de Inventário Hidrelétrico e tem como produto a identificação de locais ideais para construção de usinas hidrelétricas, indicando custos aproximados de construção e operação para cada uma das usinas identificadas no rio em estudo.

Após a identificação das usinas hidrelétricas, a ANEEL concede 40% da potência instalada identificada para a empresa que elaborou os Estudos de Inventário, disponibilizando as usinas remanescentes ou aquelas usinas em que o empreendedor não exerceu o direito de preferência para que qualquer interessado que manifeste interesse para construir e operar o aproveitamento. É a partir desse interesse que o empreendedor efetivamente inicia o processo de concessão de outorga de autorização de PCH. Os passos para obtenção da outorga são ilustrados na figura 4.

**Figura 4 - Forma simplificada do processo de outorga de PCH**



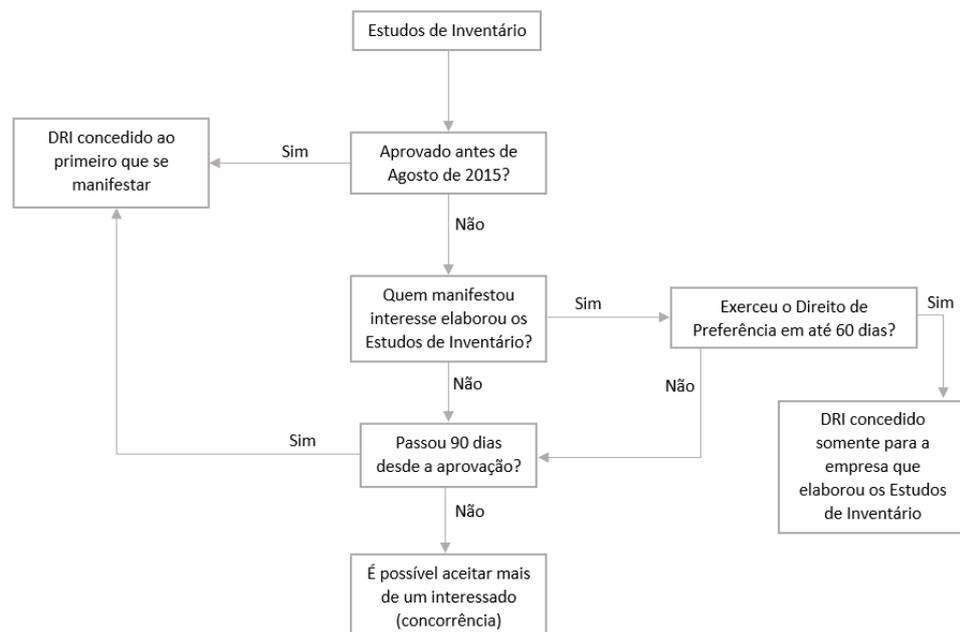
Ao manifestar o interesse em construir e operar a usina hidrelétrica, o empreendedor poderá receber a permissão para estudar e elaborar o seu Projeto Básico.

Dessa forma, o processo começa com o empreendedor solicitando a permissão para elaborar o projeto básico de uma PCH. Essa permissão é conhecida como Requerimento

de Intenção à outorga de autorização (DRI-PCH). Entretanto, a REN nº 673/2015 estabeleceu algumas situações possíveis para permitir a entrada de empreendedores interessados, detalhadas a seguir e ilustradas na figura 5.

- i. **Para usinas identificadas em Inventários aprovados antes de agosto/2015:** O DRI-PCH será conferido apenas para o primeiro empreendedor que manifestar interesse, caso a usina desejada tenha sido identificada por um Estudo de Inventário aprovado antes de agosto de 2015;
- ii. **Usinas identificadas em Inventários aprovados após agosto/2015:**
  - a) **Com disputa:** O DRI-PCH será conferido para todos os empreendedores que manifestarem o interesse em até 90 dias da aprovação dos Estudos de Inventário que identificaram a usina de interesse.
  - b) **Sem disputa:** O DRI-PCH será conferido para o primeiro que manifestar interesse em uma usina identificada em um inventário que teve a sua aprovação publicada há mais de 90 dias; ou para o empreendedor que elaborou o inventário caso tenha exercido o direito de preferência, solicitado a permissão para elaborar o projeto da usina em até 60 dias contados da publicação do inventário.

**Figura 5 – Possíveis entradas no processo de outorga de PCH**



Dessa forma, a entrada de participantes no processo concorrencial seria limitado aos primeiros 90 dias de um inventário recém aprovado pela ANEEL. Após esse prazo, apenas o primeiro interessado em participar do processo teria o DRI-PCH.

Assim, após a obtenção do DRI-PCH, o empreendedor terá 14 meses para elaborar e entregar Projeto Básico da usina hidrelétrica de interesse. Entretanto, nos casos de seleção, ou seja, onde mais de um empreendedor conseguiu obter o DRI-PCH, a REN nº 673/2015 estabelece que vencerá a disputa quem primeiro protocolar o Projeto Básico da usina.

Esse rito pode ser questionado quanto ao baixo estímulo da concorrência e pela baixa qualidade técnica dos Projetos Básicos apresentados nos casos com disputa, o que é indesejável pela Agência Reguladora.

O baixo estímulo a concorrência é devido ao comportamento do empreendedor inadequado que atuará de forma a encurtar os passos necessários para a entrega do projeto básico, sem considerar a melhor técnica na elaboração dos estudos. Assim, o fato de considerar como critério de seleção o tempo para a entrega do projeto básico, induz os empreendedores a protocolar projetos de baixa qualidade técnica apenas para vencer a disputa, sabendo que eles poderão corrigir possíveis falhas na etapa seguinte.

Como todos os interessados elaboram o projeto, esse critério de seleção poderá implicar em gasto para todos os concorrentes (apesar de somente um continuar no processo). Além disso, o regulador poderia ainda selecionar projetos de baixa qualidade levando a duas situações indesejadas: (i) pedidos de complementação ou retificação dos estudos selecionados; e (ii) aumento de recursos impetrados por aqueles empreendedores que perderam a disputa.

### 3. MODELO PROPOSTO PARA CONCESSÃO DE PCH

A proposição de um modelo tendo como base a Teoria de Leilões para estimular as disputas por empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte é relevante pela presença de assimetrias de informação sobre a valoração do bem para o leiloeiro e entre os licitantes, característica inerente à teoria que será usada neste trabalho.

Os leilões são adotados, pois o vendedor não tem certeza sobre a valoração que os licitantes fazem do objeto vendido (valor máximo que cada licitante está disposto a pagar). Se o leiloeiro soubesse os valores com precisão, ele poderia oferecer um valor próximo ao que os licitantes estão dispostos a pagar (Krishna, V., 2009).

Se cada licitante conseguir valorar o objeto no momento da licitação, tem-se o conceito de valores privados. Essa situação implica que nenhum participante sabe realmente os valores atribuídos pelos outros licitantes e esse conhecimento não afetaria o valor do objeto para um determinado licitante. Essa hipótese é simplificadora e é válida, pois cada empresa tem uma técnica de projeto, com custos econômicos de construção e operação e custos financeiros relativos à dependência de recursos de terceiros para financiamento dos projetos.

As formas mais comuns de leilão são: (a) **Aberto ascendente ou Leilão inglês:** onde o bem leiloado começa com um preço baixo (preço de reserva) e os participantes incrementam o seu preço, até restar apenas um licitante interessado, que pagará ao leiloeiro uma quantia igual ao valor do seu lance; (b) **Aberto descendente ou leilão holandês:** é uma forma pouco utilizada, onde o leiloeiro começa com um preço alto o suficiente de tal forma que nenhum licitante tenha interesse em adquirir o bem. O preço então vai gradualmente sendo reduzido até aparecer um licitante interessado, então o objeto é entregue ao licitante que manifestar interesse; (c) **Selado de primeiro preço:** os licitantes enviam propostas em envelopes lacrados e aquele que enviar o lance mais alto fica com o objeto, pagando o valor do seu lance ao leiloeiro; e (d) **Selado de segundo preço ou Leilão de Vickrey:** os licitantes enviam as propostas em envelopes lacrados e aquele que enviar o lance mais alto fica com o objeto, pagando o valor do segundo lance mais alto.

Nesse contexto, a modelagem proposta para o leilão terá como base as formulações propostas por Ribeiro e Bugarin (2016) e por Fonseca e Bugarin (2020), onde a outorga de

uma PCH, que passa por concorrência, proporcionará receitas e despesas estimadas para o período de concessão que, durante o leilão serão precificadas pelo seu valor presente. Será adotado o leilão selado de primeiro preço, onde o participante que der o maior lance ficará com a outorga de autorização da PCH. Assim, o modelo deve atender aos seguintes princípios: (i) **Independência:** os valores dos diferentes participantes não se correlacionam entre si; (ii) **Neutralidade ao risco:** os participantes procuram maximizar os seus lucros esperados; (iii) **Sem restrição orçamentária:** os licitantes têm capacidade financeira para pagar o lance oferecido no leilão; e (iv) **Simetria:** os lances dos participantes são distribuídos de acordo com a mesma função de distribuição, ou seja, os tipos dos jogadores são identicamente distribuídos.

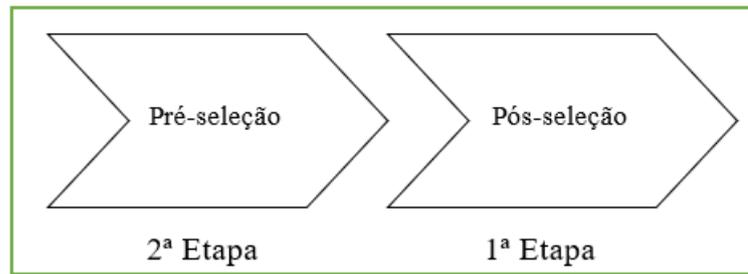
Considerando que cada empreendedor tem acesso às mesmas informações, disponibilizadas nos estudos de inventário, e que a técnica de projeto é específica de cada empresa, é plausível adotar o conceito de valores privados independentes para a valoração dos participantes.

Feitas essas considerações, o modelo proposto tem como objetivo inicial a análise das estratégias na relação entre a Agência Reguladora e um empreendedor que tem a intenção de obter a outorga de uma PCH. De acordo com Bugarin e Sotomayor (2007), um modelo de teoria dos jogos pode ser dividido em modelagem do problema e sua respectiva solução.

O processo de outorga de uma PCH envolve diversas etapas desde a intenção do empreendedor em participar do processo (solicitação de registro, denominado DRI-PCH), passando pela avaliação do ente regulador quanto a adequabilidade do projeto básico do empreendimento com os estudos de inventário (DRS-PCH), até a concessão da outorga de autorização emitida pela ANEEL.

Estudando mais objetivamente o processo de outorga de uma PCH, percebe-se a interação estratégica entre Agência Reguladora e o Empreendedor nas fases: DRI-PCH (pré-seleção) e DRS-PCH/Outorga (pós-seleção). Dessa forma, o problema pode ser dividido em dois jogos. Primeiramente, será analisado o jogo na etapa pós-seleção e, logo após, sua influência na etapa de pré-seleção, conforme apresentado na Figura 6. Para uma melhor compreensão do modelo de jogo, as etapas foram inicialmente invertidas, usando-se o princípio de indução retroativa.

**Figura 6 – Etapas do jogo para outorga de PCH**



O processo de outorga de uma PCH sempre envolve o requisito de aproveitamento ótimo. Entretanto, um empreendedor do ramo das Pequenas Centrais Hidrelétricas irá procurar o nível de produção que maximize o seu lucro, que, em muitos casos, diverge do ótimo que foi estabelecido no inventário. Em muitos casos, o “nível de produção” ótimo para a sociedade será maior do que o “nível de produção” escolhido pelo empreendedor, que invariavelmente adota, em seu projeto, uma capacidade instalada menor do que aquela estabelecida pelos estudos de inventário.

Mais especificamente, a capacidade instalada de uma usina depende de dois fatores principais: vazão do rio e desnível criado pela barragem. Assim, o inventário identifica o ponto ótimo para uma usina operar, considerando a disponibilidade de água e a queda bruta. Como a vazão do rio varia ao longo do ano, uma usina sem grandes reservatórios não consegue operar ininterruptamente. Nesse caso, o empreendedor pode optar por construir uma usina com menor capacidade instalada, operando por um período maior e reduzindo os seus custos de implantação, com o objetivo de aumentar sua garantia física<sup>7</sup>, que é a representação do nível de produção de energia elétrica de uma PCH.

É importante enfatizar que uma usina hidrelétrica incorre em risco hidrológico, devido à variação da disponibilidade hídrica local, ou seja, a falta de chuvas e a consequente diminuição da vazão afluente. Esse risco é assumido pelo empreendedor na fixação de montantes de energia gerada e comercializada em contratos bilaterais, por meio da garantia física.

Dessa forma, a garantia física é calculada tendo como base a capacidade instalada da usina. Assim, a fiscalização da Agência Reguladora deve verificar se o projeto da PCH

<sup>7</sup> Garantia Física é a quantidade máxima de energia, medida em MW médios, que poderá ser utilizada como comprovação de atendimento de demanda de carga ou montante máximo a ser comercializado por meio de contratos de compra e venda de energia.

adota o valor de potência maior ou igual ao indicado no inventário. Se não existisse essa verificação, o empreendedor teria incentivos para projetar uma capacidade instalada menor, alcançando apenas aquele nível de geração que maximize o seu lucro, desconsiderando o nível que maximize a produção de energia elétrica. Além disso, o empreendedor poderá ter incentivos para atrasos na construção ou na entrega da energia, devido às condições desfavoráveis do preço da energia no mercado de PCH.

Com preços desfavoráveis, o empreendedor optará por atrasos na construção da PCH, apostando em uma melhora dos preços no futuro e impedindo que outro empreendedor possa explorar tal potencial, frustrando a expectativa de oferta de energia.

### 3.1. Jogo da 1ª Etapa – Pós-seleção

Para o jogo da fase pós-seleção, primeiro adota-se uma modelagem com informação completa, definindo os jogadores, as regras previamente estabelecidas, as causas dos desvios dessas regras e o retorno dos jogadores. Por último, a hipótese de informação completa será relaxada, tornando mais real o modelo com informação incompleta.

#### 3.1.1. Jogadores

Após a publicação da outorga de autorização de uma PCH, os principais agentes envolvidos são: Agência Reguladora e os empreendedores interessados. Entretanto, de forma ampla, podemos identificar outros participantes do processo, podendo listar os donos das terras que serão afetados pela usina<sup>8</sup>, os órgãos ambientais, os órgãos de recursos hídricos, as seguradoras<sup>9</sup> e instituições financeiras.

Por simplicidade, o jogo será modelado considerando dois jogadores: a Agência Reguladora que representará os objetivos dos donos de terras afetados, dos órgãos ambientais e dos órgãos de recursos hídricos; e os Empreendedores interessados que

---

<sup>8</sup> As terras podem ser privadas, sendo a posse de particulares ou públicas com destinações diversas: reserva legal, reforma agrária, reserva indígena, reserva quilombola, entre outras.

<sup>9</sup> As seguradoras prestam serviços de garantia financeira para empreendedores no processo de outorga de PCH.

representarão os objetivos das seguradoras e instituições financeiras. Resumindo, a Agência Reguladora visa o interesse coletivo e os empreendedores visam maximizar os seus lucros.

### 3.1.2. Início do jogo

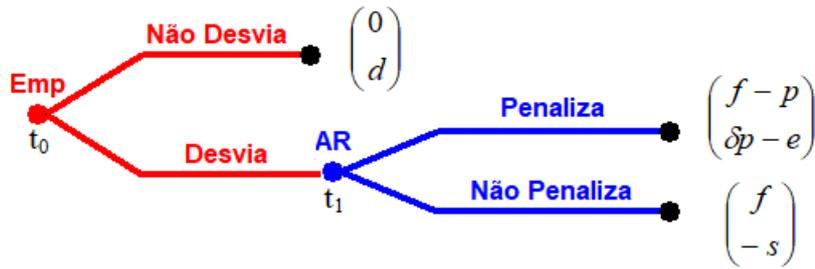
Para facilitar a didática do modelo proposto, o jogo começará com a etapa final, ou seja, após a seleção do participante vencedor que continuará no processo de outorga, sendo que o DRI já foi obtido e o projeto básico foi protocolado na Agência Reguladora. Assim, os dados sobre investimento necessário e a potência a ser instalada na nova usina já estão previamente definidos.

O empreendedor toma como dado o valor da energia para a fonte PCH disponibilizada após o processo de contratação no Ambiente de Contratação Regulado (ACR) e o valor a ser pago no caso hipotético de um leilão para definição do vencedor da disputa pelo projeto de PCH, sendo a proposta do modelo. Assim, a empresa já sabe o seu retorno, que pode ser considerado o valor presente líquido (VPL) por ela estimado para o projeto.

Dessa forma, o jogo se inicia com a possibilidade de o empreendedor descumprir prazos estabelecidos na outorga ou com solicitações de revisão de projeto para reduzir a potência que foi previamente definida nos estudos de inventário. Portanto, o empreendedor decidirá se desvia das regras impostas na outorga ou não desvia. A oportunidade de desvio das regras estabelecidas na outorga ocorre quando o empreendedor entende que pode aumentar o seu lucro ao não cumprir tais regras, visando uma melhora no ambiente de negócio e o conseqüente aumento no preço da energia elétrica.

O modelo descreve um jogo dinâmico com informação completa que pode ser representado na forma extensiva ou de árvore, conforme Figura 7.

**Figura 7 - Forma extensiva do jogo dinâmico com informação completa**



### 3.1.3. Conjunto de ações dos jogadores

O empreendedor pode optar por seguir as regras ou desviar das regras estabelecidas no documento de outorga. Neste modelo, a empresa atua como primeiro jogador a tomar a sua decisão.

Caso o empreendedor cumpra o estabelecido, o jogo se encerra e a Agência Reguladora não precisará aplicar nenhuma sanção, ou seja, não será preciso jogar. Entretanto, se o empreendedor cometer desvios, a Agência Reguladora decidirá se aplica penalidades<sup>10</sup> ou realiza alterações no projeto da PCH (nos casos de pedidos de revisão).

No modelo mais completo, existe a participação do jogador “natureza”, que caracteriza um jogo de informação incompleta, que aparecerá apenas no modelo mais robusto. Esse novo jogador contempla a possibilidade de diferenciação de tipo dos demais jogadores, conforme será visto mais adiante.

### 3.1.4. *Payoffs* dos jogadores nos nós finais

Quando o empreendedor (**Emp**) decide cumprir os prazos e elaborar o projeto conforme o aproveitamento ótimo do ponto de vista social, seu *payoff* (retorno) será normalizado em zero sem perda de generalidade. Em contrapartida, a Agência Reguladora (**AR**) percebe um benefício, definido pelo parâmetro “ $d$ ”, por conseguir outorgar uma usina que irá gerar energia para a sociedade.

<sup>10</sup> Dentre as penalidades previstas estão a multa e a revogação dos diplomas concedidos ao empreendedor: Outorga de Autorização, DRS-PCH ou DRI-PCH.

O incentivo para desvio é devido à expectativa de vantagem financeira, definida pelo parâmetro “ $f$ ”, que aumenta aquele retorno que o empreendedor estimou quando decidiu entrar no processo de disputa pela outorga da PCH.

No caso de desvios, a Agência Reguladora poderá aplicar uma penalidade, definida pelo parâmetro “ $p$ ”, da qual arrecadará uma parcela “ $\delta$ ”, que representa a parcela de “ $p$ ” descontado o custo operacional de se aplicar a penalidade. A Agência ainda viverá o dilema de desagradar os empreendedores do setor, caso seja aplicada a penalidade, ou desagradar a sociedade, caso não seja aplicada a penalidade. Portanto, uma sanção aos empreendedores significa perda de apoio empresarial para a Agência Reguladora, definida pelo parâmetro “ $e$ ”. Do mesmo modo, se a ANEEL não aplicar penalidades, perderá apoio da sociedade, definido pelo parâmetro de custo “ $s$ ”.

A tabela 2 mostra os parâmetros adotados para o jogo.

**Tabela 2 – Descrição da simbologia adotada para o jogo<sup>11</sup>**

	Símbolo	Descrição
Jogadores	$Emp$	Empreendedor
	$AR$	Agência Reguladora
	$Nat$	Natureza
Parâmetros	$f$	Vantagem financeira devido aos desvios das regras
	$d$	Benefício de ampliar a oferta de energia para a sociedade
	$p$	Penalidade aplicada em casos de desvios do empreendedor
	$\delta$	Parcela da penalidade que representa a arrecadação líquida do Regulador
	$e$	Perda de apoio empresarial para a Agência Reguladora
	$s$	Perda de apoio social para a Agência Reguladora
	$\mu$	Probabilidade de a Agência Reguladora ser do tipo forte
	$\alpha$	Probabilidade de o Empreendedor ser do tipo Adequado
	$u_{emp}$	Retorno do Empreendedor
	$t_i$	Representação Nó “ $i$ ” do jogo

<sup>11</sup> A Tabela 2 contém os parâmetros tanto do jogo com informação completa, quanto do jogo com informação incompleta que será detalhado na sequência.

Os *payoffs* são representados nos nós finais, sendo que o primeiro retorno é do empreendedor e o segundo retorno é o da Agência Reguladora, conforme apresentado na figura 7.

Dados todos os parâmetros do jogo, é possível calcular as utilidades de cada conjunto de jogadas do jogo dinâmico com o empreendedor decidindo o que fazer primeiro.

### 3.1.5. Solução do jogo com informação completa

É possível resolver o jogo por indução retroativa, determinando a melhor resposta do jogador 2 (Agência Reguladora) no nó  $t_1$  e depois a melhor resposta do jogador 1 (Empreendedor) no nó  $t_0$ . A Agência Reguladora decide punir se o seu retorno for maior que a decisão de não punir, logo:

$$\begin{aligned} \delta p - e &\geq -s \\ \therefore \delta p &\geq e - s \end{aligned} \tag{1}$$

Assim, se a condição da equação (1) se cumprir, a Agência sempre punirá os desvios de conduta do empreendedor, uma vez que a penalidade é superior ao valor relativo do apoio empresarial em relação ao apoio da sociedade.

Assim, é possível definir os tipos possíveis para a Agência Reguladora. Considerando o ponto de vista da sociedade, o Regulador pode ser do tipo forte, caso o parâmetro “ $s$ ” (apoio da sociedade) seja mais relevante que o parâmetro “ $e$ ”, caso contrário, a Agência Reguladora é do tipo fraca. Assim, esquematicamente:

- i. Agência Reguladora Forte:  $\delta p \geq e - s$
  - ii. Agência Reguladora Fraca:  $\delta p < e - s$
- (2)

Continuando a análise do nó  $t_0$ , o empreendedor tomará a sua decisão dependendo do tipo da Agência Reguladora. Ou seja, o empreendedor optará por desvios de conduta se a Agência for fraca, levando aos seguintes *payoffs*:

$$\begin{pmatrix} f \\ -s \end{pmatrix} \tag{3}$$

Se a Agência Reguladora for forte, o empreendedor não cometerá desvios, cumprindo todas as disposições da outorga, inclusive atendendo ao aproveitamento ótimo

estabelecido previamente, desde que a penalidade seja maior que a vantagem financeira que o empreendedor terá, caso desvie das regras contratuais. Dessa forma valerá a desigualdade:

$$f - p \leq 0$$

$$\therefore f \leq p$$
(4)

Caso contrário, o empreendedor desviará apesar de prever a punição. Assim, temos os tipos possíveis para os empreendedores. Um empreendedor que decide elaborar um projeto em conformidade com o aproveitamento ótimo, seguindo as regras estipuladas no contrato de outorga é do tipo adequado, se valer a condição da equação (4), caso contrário, o empreendedor será classificado como inadequado, logo:

- i. Empreendedor Adequado:  $f \leq p$
  - ii. Empreendedor Inadequado:  $f > p$
- (5)

Dessa forma, entende-se que uma empresa adequada terá uma vantagem financeira, representada pelo parâmetro  $f$ , menor do que a punição a ser aplicada no caso de desvios das regras de outorga. Já no caso de empresas inadequadas, a vantagem financeira é maior que a penalidade a ser imposta pela Agência. Nesse caso, mesmo que a Agência Reguladora seja do tipo forte, a empresa inadequada ainda terá incentivos para desvios das regras de outorga, pois  $f > p$ .

Com essas constatações, é possível representar o resultado do jogo de informação completa, de forma resumida, na tabela 3:

**Tabela 3 – Jogo com Informação Completa**

	<b>Agência Reguladora Forte</b>	<b>Agência Reguladora Fraca</b>
<b>Empreendedor Adequado</b>	Sem desvios	Empresa comete desvios e Agência Reguladora não pune
<b>Empreendedor Inadequado</b>	Empresa comete desvios e Agência Reguladora pune	Empresa comete desvios e Agência Reguladora não pune

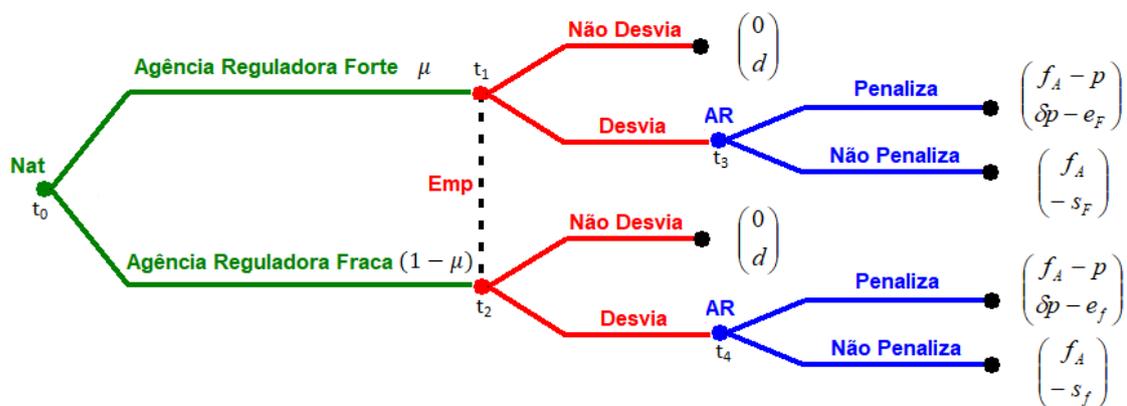
Dados os resultados da tabela 3, podemos inferir que Agências Reguladoras do tipo forte reduzem os incentivos para uma empresa cometer desvios no processo de outorga, evitando condutas permissivas com os empreendedores nos casos de possíveis desvios.

### 3.1.6. Jogo com informação incompleta

Agora, podemos relaxar a hipótese de que quando o jogador for decidir sua ação, ele já saiba qual o tipo do outro jogador. Dessa forma, um processo aleatório, também chamado de “natureza”, define o tipo da Agência Reguladora. Para o tipo do empreendedor, não será preciso estabelecer um processo aleatório, pois a empresa inadequada sempre optará pelo desvio de conduta no processo de outorga, sendo considerada uma solução trivial, restando determinar o comportamento de uma empresa adequada.

Assim, uma Agência Reguladora será forte, com probabilidade  $\mu$ , e será do tipo fraca, com probabilidade  $(1 - \mu)$ . Será adotado um índice “A” para os parâmetros de um empreendedor adequado, um índice “F” para os parâmetros de uma Agência Forte e um índice “f” para os parâmetros de uma Agência Reguladora Fraca, conforme Figura 8.

**Figura 8 - Forma extensiva do jogo dinâmico com informação incompleta**



Devido à escolha aleatória do tipo da Agência Reguladora (por parte da natureza), o empreendedor não consegue distinguir se a Agência Reguladora será do tipo forte (nó  $t_1$ ) ou do tipo fraca (nó  $t_2$ ). A linha tracejada ilustrada na Figura 8 entre os nós  $t_1$  e  $t_2$  indica a incerteza que o empreendedor terá ao executar a sua ação, ou seja, ele deverá efetuar a sua jogada, sem saber o tipo da Agência Reguladora.

Para a resolução desse jogo, é necessário o conceito de Equilíbrio Bayesiano Perfeito, ou seja, a empresa sempre toma a sua decisão baseando-se no seu retorno esperado, considerando que o agente é neutro ao risco.

Sabe-se que, para qualquer que seja o tipo da Agência Reguladora, a empresa que decidir não cometer desvios na sua conduta, terá o seguinte retorno:

$$E[u_{emp}|n\tilde{a}o\ desvia] = 0 \quad (6)$$

Caso a empresa opte por cometer desvios, a sua utilidade esperada será:

$$\begin{aligned} E[u_{emp}|desvia] &= \mu \cdot (f_A - p) + (1 - \mu) \cdot f_A \\ \therefore E[u_{emp}|desvia] &= f_A - \mu p \end{aligned} \quad (7)$$

Dessa forma, uma empresa adequada não cometer desvios se o retorno esperado de não desviar for maior que o retorno esperado de desviar. Logo:

$$\begin{aligned} 0 &\geq f_A - \mu p \\ \therefore \mu &\geq \frac{f_A}{p} \end{aligned} \quad (8)$$

Portanto,  possível concluir, com base nesse resultado, que se a expectativa dos empreendedores for suficientemente alta de que a Agência Reguladora seja classificada como forte, então esses empreendedores (adequados) serão induzidos a não cometer desvios, impedindo-os de descumprimento das regras estabelecidas no documento de outorga, como atrasos de cronogramas, além de garantir que os projetos das usinas atendam o potencial ótimo da região a ser instalada a PCH.

### 3.2. Jogo da 2 Etapa – Pré-seleo

Na seo 3.1 foi possível mostrar o comportamento dos empreendedores após a definio de quem seguirá no processo de outorga de autorizao de uma PCH. Nesta seo será proposto um modelo de leilão para a etapa anterior  definio do interessado que seguirá no processo de outorga, de tal forma que procure selecionar o empreendedor adequado, minimizando as possibilidades de desvios após a concessão da outorga de autorizao.

Para isso, a modelagem será formulada com conceitos estabelecidos em Bugarin e Sotomayor (2007) e no trabalho proposto por Ribeiro e Bugarin (2016). Dessa forma, o leilão levará em considerao as receitas e despesas estimadas durante o período de outorga, sendo avaliadas pelo Valor Presente Líquido (VPL).

Cabe esclarecer que os valores de receita e despesa efetivos dependem da empresa que for construir e operar a usina hidrelétrica, podendo ter um VPL maior ou menor, sendo que essa eficiência da empresa será considerada na modelagem. Entretanto, o valor inicial a ser considerado para o leilão será das estimativas contabilizadas no estudo de inventário. Assim:

$$VPL_{Receita} = VPL_{Despesa}^i + v_i \quad (9)$$

Onde o  $VPL_{Receita}$  é determinado nos estudos de inventário. A variável  $VPL_{Despesa}^i$  representa os custos de construção da usina e de operação e manutenção, que podem variar entre os empreendedores, dependendo das suas capacidades tecnológicas e financeiras. A variável “ $v_i$ ” representa o lucro associado às condições estabelecidas no inventário para cada jogador.

Dessa forma, cada licitante participante,  $i$ , valora a outorga de forma individual e independente dos demais jogadores do processo. Essa hipótese é válida, pois cada empresa tem uma situação particular sobre as técnicas de projeto, diferentes custos econômicos de construção e operação, além de diferentes custos financeiros relativos à dependência de recursos de terceiros para financiamento do projeto.

O modelo de leilão idealizado para o problema em questão será composto por três etapas: 1) estágio inicial ou *ex-ante*; 2) durante o leilão ou *ínterim*; e 3) após o leilão ou *ex-post*.

No estágio inicial do leilão, denominado *ex-ante*, cada participante ainda não sabe a própria valoração da outorga ( $v_i = VPL_{Receita} - VPL_{Despesa}^i$ ), mas apenas uma distribuição de probabilidade, de conhecimento comum, em um intervalo conservador estimado entre 0 e  $\frac{VPL_{Receita}}{2}$ . Ainda no estágio *ex-ante*, os participantes não sabem o tipo da Agência Reguladora, apenas sabem que a Agência poderá ser forte com probabilidade  $\mu$  e fraca com probabilidade  $(1 - \mu)$ <sup>12</sup>.

Dadas as condições de conhecimento geral, cada participante idealiza uma estratégia baseada na expectativa de valor da outorga da PCH ( $v_i$ ). Assim, no próximo

---

<sup>12</sup> Agência Reguladora Forte (AR<sub>F</sub>) é definida pela desigualdade  $\delta p \geq e - s$  e Agência Reguladora Fraca (AR<sub>f</sub>) é definida pela desigualdade  $\delta p \leq e - s$ .

estágio do leilão, denominado *interim*, cada participante observa seu próprio valor da outorga ( $v_i$ ) e define um lance,  $\lambda_i$ .

Na última etapa do leilão, conhecido como *ex-post*, o leilão é realizado com a definição de um vencedor que continuará no processo de outorga de autorização. Nesta etapa, os tipos dos empreendedores são revelados, valendo os resultados encontrados na seção 3.1 para um jogo de informação completa.

### 3.2.1. Modelo de leilão

Feitas as considerações iniciais, o modelo de leilão será realizado considerando o conceito de valores privados, em que nenhum participante sabe realmente os valores atribuídos pelos outros licitantes. Além disso, nenhuma informação intrínseca sobre algum participante afeta o valor dos demais, ou seja, a valoração de cada empreendedor é independente e não se correlaciona com a dos demais empreendedores participantes.

O Leilão será realizado com a premissa de informação incompleta, onde o participante não sabe o tipo da Agência Reguladora, o custo efetivo da construção e o valor da receita real da outorga. Dessa forma, para calcular os retornos esperados é necessário considerar o estágio *ex-post*, onde é crível identificar a existência de quatro possíveis interações entre o licitante vencedor e a Agência Reguladora:

- i. Interação entre Empreendedor adequado e Agência Reguladora forte, com probabilidade  $\alpha\mu$ . Dessa forma, o retorno do Empreendedor será o seu valor idealizado para a outorga menos o custo de construção, manutenção e operação. Já o retorno da Agência Reguladora será o benefício para a sociedade, considerando uma usina gerando energia:

$$\begin{aligned} u_{Emp} &= v_i \\ u_{AR} &= d \end{aligned} \tag{10}$$

- ii. Interação entre Empreendedor adequado e Agência Reguladora fraca, com probabilidade  $\alpha(1 - \mu)$ . Dessa forma, o retorno do Empreendedor será o seu valor idealizado para a outorga mais a vantagem financeira de desviar das regras e o retorno da Agência Reguladora será o custo social de não aplicação da punição:

$$\begin{aligned} u_{Emp} &= v_i + f \\ u_{AR} &= -s_f \end{aligned} \quad (11)$$

- iii. Interação entre Empreendedor inadequado e Agência Reguladora forte, com probabilidade  $(1 - \alpha)\mu$ . Dessa forma, o retorno do Empreendedor será o seu valor idealizado para a outorga mais a vantagem financeira de desviar das regras, descontada a penalidade aplicada e o retorno da Agência Reguladora será o arrecadado para executar a punição menos o custo empresarial de aplicar a punição:

$$\begin{aligned} u_{Emp} &= v_i + f - p \\ u_{AR} &= \delta p - e_F \end{aligned} \quad (12)$$

- iv. Interação entre Empreendedor inadequado e Agência Reguladora fraca, com probabilidade  $(1 - \alpha)(1 - \mu)$ . Dessa forma, o retorno do Empreendedor será o seu valor idealizado para a outorga mais a vantagem financeira de desviar das regras e o retorno da Agência Reguladora será o custo social de não aplicação da punição:

$$\begin{aligned} u_{Emp} &= v_i + f \\ u_{AR} &= -s_f \end{aligned} \quad (13)$$

Dessa forma, é possível calcular o retorno esperado de cada participante, caso seja o vencedor do leilão para a concessão da outorga de autorização de uma PCH:

$$\begin{aligned} E_i[u_{Emp}] &= \alpha \cdot \mu(v_i) + \alpha \cdot (1 - \mu) \cdot (v_i + f) + (1 - \alpha) \cdot \mu \cdot (v_i + f - p) + (1 - \alpha) \cdot (1 - \mu) \cdot (v_i + f) \\ \therefore E_i[u_{Emp}] &= v_i + f - \mu \cdot [\alpha \cdot f + (1 - \alpha) \cdot p] \end{aligned} \quad (14)$$

É possível simplificar a equação (14) da seguinte forma:

$$E_i[u_{Emp}] = v_i + f - CR,$$

onde: (15)

$$CR = \mu \cdot [\alpha \cdot f + (1 - \alpha) \cdot p]$$

Sendo que CR pode ser considerado como o custo regulatório esperado incorrido pelo participante do leilão. Dessa forma, o retorno esperado de um participante “*i*” ao dar um lance  $\lambda_i$  será:

$$E[u_{i,Emp}] = \begin{cases} v_i + f - CR - \lambda_i & \text{se } \lambda_i > \lambda_j \\ 0 & \text{se } \lambda_i \leq \lambda_j \end{cases} \quad (16)$$

Portanto, caso o licitante “*i*” vença o leilão, ele terá um retorno esperado igual a  $v_i + f - CR - \lambda_i$ , caso contrário, seu retorno esperado será zero. Por convenção, no caso de empate, a outorga não será concedida para nenhum participante de lance equivalente.

O problema do leilão terá como solução a determinação do lance dos participantes e a receita esperada do vencedor. Dessa forma, o modelo adotará a modalidade de leilão de primeiro preço.

### 3.2.2. Leilão selado de primeiro preço

O leilão selado de primeiro preço pode ser interpretado como um jogo estático de informação incompleta, segundo Sotomayor e Bugarin (2007). O problema se resume na maximização da utilidade esperada do jogador “*i*”, com relação ao seu lance  $\lambda_i$ . Seja  $(l_i(v_i), l_j(v_j))$  um equilíbrio de Nash Bayesiano para este jogo, então  $l_i(v_i)$  deve ser solução de:

$$\max_{\lambda_i} [(v_i + f - CR - \lambda_i) \cdot F^{N-1}(l^{-1}(\lambda_i))] \quad (17)$$

Onde,  $F^{N-1}(l^{-1}(\lambda_i))$  é a probabilidade acumulada dos demais jogadores que não venceram o leilão.

Assumindo que a função é estritamente côncava, podemos resolver o problema de maximização da equação (17), ao calcular a condição de primeira ordem (CPO), derivando em relação ao lance ( $\lambda_i$ ) e considerando que os jogadores são simétricos, de forma que  $l_i = l, \forall i$ :

$$\begin{aligned} (v + f - CR - l(v)) \cdot (N - 1) \cdot F^{N-2}(l^{-1}(l(v))) \cdot f(l^{-1}(l(v))) \cdot (l^{-1})' \cdot (l(v)) \\ - F^{N-1}(l^{-1}(l(v))) = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

Considerando que a função  $l$  é inversível e diferenciável, então a sua inversa também é diferenciável e que  $l^{-1}(l(v)) = v$  e  $(l^{-1})' \cdot (l(v)) = (l'(v))^{-1}$ , é possível reescrever a equação (18) como:

$$\frac{\partial}{\partial v_i} [l(v_i) \cdot F^{N-1}(v_i)] = (v_i + f - CR) \cdot [(N-1) \cdot F^{N-2}(v_i) \cdot f(v_i)] \quad (19)$$

Para efeitos de simplificação do processo, a função densidade de probabilidade é uniforme e será considerado um total de 2 participantes no leilão ( $N=2$ ). Dessa forma, temos:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial v_i} [l(v_i) \cdot F(v_i)] &= (v_i + f - CR) \\ \therefore \frac{\partial}{\partial v_i} [l(v_i) \cdot v_i] &= (v_i + f - CR) \end{aligned} \quad (20)$$

Resolvendo a equação (20), temos:

$$\begin{aligned} \int \frac{\partial}{\partial v_i} [l(v_i) \cdot v_i] &= \int (v_i + f - CR) \\ \therefore l(v_i) \cdot v_i + C &= \frac{v_i^2}{2} + (f - CR) \cdot v_i \end{aligned} \quad (21)$$

Onde,  $C$  é uma constante de integração que poder ser determinada utilizando a condição  $l(CR - f) = 0$ , que significa que um lance de uma valoração que for igual ao custo regulatório será zero. Portanto, a constante  $C$  será  $\frac{-(CR-f)^2}{2}$ .

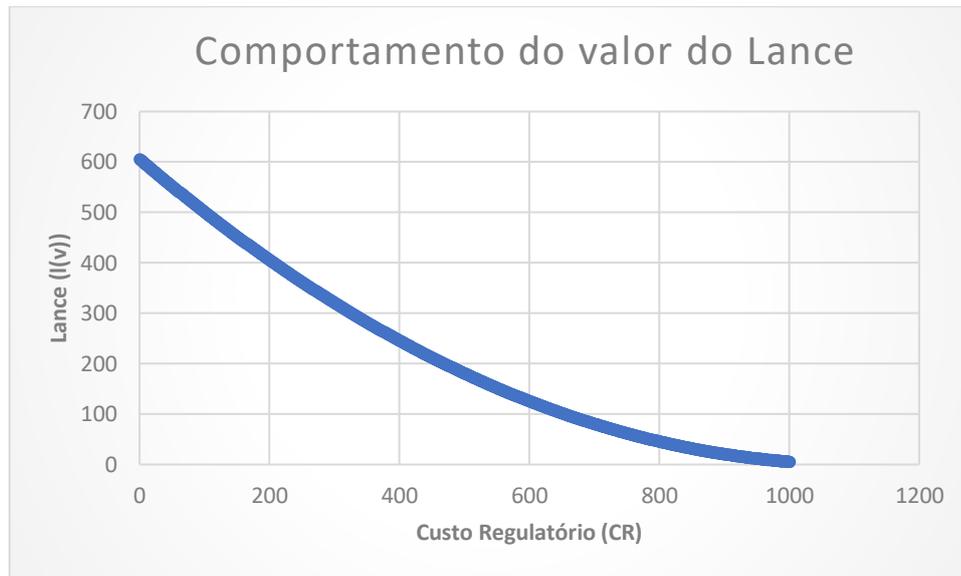
Assim, a solução para o problema de maximização do lance será:

$$l(v_i) = \begin{cases} \frac{(v_i)}{2} - \left[ CR - f - \frac{(CR - f)^2}{2 \cdot (v_i)} \right], & \text{se } v_i > CR - f \\ 0, & \text{se } v_i < CR - f \end{cases} \quad (22)$$

O primeiro termo do lado direito representa o lance de equilíbrio do leilão na ausência do custo regulatório. Por definição, a licitante somente oferecerá lance se  $v_i > CR - f$ . Com essa condição, o termo entre colchetes é positivo ou nulo, crescente em  $CR$  e decrescente em  $f$ , sempre subtraindo um valor do lance de equilíbrio do leilão.

Assim, conclui-se, com base na equação (22) que a licitante deduz de seu lance uma quantia que depende do custo regulatório e da vantagem financeira e, quanto maior o custo regulatório, maior a dedução e quanto maior a vantagem financeira, menor a dedução. O gráfico da Figura 9 ilustra esse comportamento do lance em relação ao custo regulatório, considerando, a título de exemplo,  $v_i = 1000$  e  $f = 100$ .

**Figura 9 – Comportamento do lance em relação ao Custo Regulatório**



O lance também depende da vantagem financeira que o empreendedor poderá ganhar, dessa forma, se o tipo da Agência Reguladora for fraca, a vantagem financeira será maior, fazendo com que o lance dos participantes seja maior, mostrando que é interessante não se adequar a todas as normas e regras do processo de outorga.

Nesse caso, podemos concluir que o não cumprimento das regras estabelecidas para o processo de outorga está relacionado ao tipo da Agência Reguladora. Quanto maior a probabilidade de o regulador ser fraco, menor será o valor de  $\mu$  e menor será o custo regulatório, implicando em um lance maior.

Em contrapartida, se o ente regulador for do tipo forte, os participantes do leilão terão menos incentivos para desviar das regras e prazos do processo de outorga, pois a empresa será penalizada com a aplicação de multas ou até a revogação da outorga de autorização, corroborando em uma vantagem financeira menor. Nesse caso, o empreendedor ficará exposto a um custo regulatório maior, que refletirá em um lance menor.

Portanto, é possível concluir que o modelo de leilão pode ser um mecanismo mais ajustado para o processo de outorga da ANEEL, pois, nessa etapa, os participantes não conseguem distinguir o tipo da Agência Reguladora, fazendo com que fiquem expostos a um custo regulatório. Quanto maior a probabilidade de a Agência Reguladora ser do tipo forte, maior será o custo regulatório e menor será o valor do lance apresentado no leilão,

reduzindo as chances de empreendedores aventureiros ou inadequados conseguirem entrar no processo de concessão de outorga de autorização.

Isso pode ser explicado pelo fato de que os empreendedores inadequados teriam menos interesse ao participar do processo, caso eles avaliassem como alta a probabilidade de lidar com uma Agência Reguladora do tipo forte.

Essa probabilidade alta também faria com que os empreendedores adequados evitassem descumprimentos das normas e cronogramas estabelecidos em suas outorgas.

É necessário esclarecer que este modelo foi inspirado no trabalho de Ribeiro e Bugarin (2016), que por sua vez teve sua inspiração no trabalho de Pires e Bugarin (2002). Já o modelo proposto por Bugarin e Ribeiro (2020) integra melhor esses dois modelos, podendo ser uma sugestão para a extensão do modelo básico apresentado neste trabalho.

A ideia de extensão proposta por Bugarin e Ribeiro é de um mecanismo de bonificação que substitui a penalidade por não cumprimento das obrigações (que pode não ser aplicada) com uma dedução *ex-post* em uma possível taxa de concessão, caso ocorram frustrações na fase de outorga. A previsão da dedução passa a ser objetiva e juridicamente segura, sendo independente de decisão da Agência Reguladora, não afetando a sua reputação.

Outra extensão ao modelo aqui proposto seria a consideração da possibilidade do empreendedor não saber determinar o seu valor da outorga, que dependendo do momento da descoberta do valor real, a empresa pode descobrir que trata-se de um valor abaixo do que havia considerado, levando a desistir da outorga de autorização.

## 4. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS REGULATÓRIOS E MODELO ATUAL

Neste capítulo, será apresentada uma Avaliação dos Resultados Regulatórios (ARR) obtidos desde a publicação da REN nº 673/2015 e como funciona o modelo de outorga atualmente executado pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Também será comparado o modelo de leilão proposto neste trabalho com o mecanismo de outorga atual.

### 4.1. Avaliação dos Resultados da REN nº 673/2015

Segundo a OCDE, a avaliação de resultado regulatório (ARR)<sup>13</sup> é um processo sistemático de avaliação de uma ação para averiguar se seus objetivos foram alcançados, não sendo confundida com processos de fiscalização ou monitoramento, que apenas visam averiguar o cumprimento de obrigações e metas previamente definidas. O objetivo da ARR é verificar se os resultados observados coincidem com o esperado pela Agência Reguladora.

De acordo com a autoridade do Reino Unido, *HM Treasury*, existem três principais perspectivas que podem ser adotadas em uma ARR:

1. **Avaliação de processo:** perspectiva que analisa como a ação foi executada, com foco nos meios e processos empregados e como eles contribuíram para o sucesso ou fracasso dos objetivos esperados;
2. **Avaliação de impacto:** analisa se a ação, de fato, agiu sobre o problema identificado, quais impactos positivos ou negativos ela gerou, como eles se distribuíram entre os diferentes grupos e se houve impactos inesperados; e
3. **Avaliação econômica:** analisa se os benefícios gerados pela ação superaram seus custos.

---

<sup>13</sup> Os preceitos para a realização da Avaliação de Resultado Regulatório, no âmbito da Agência Nacional de Energia Elétrica, estão dispostos na Resolução Normativa ANEEL nº 798, de 12 de dezembro de 2017.

Para o caso específico deste estudo, a ARR terá um escopo específico, sob a perspectiva de avaliação de impacto, de forma a investigar a atuação da REN nº 673/2015 no processo de seleção de projetos de PCH.

Nesse contexto, com o advento da REN nº 673/2015, no ano de 2015, o estoque de projetos de PCH na ANEEL era de 553 processos de usinas aguardando análise ou aguardando o empreendedor se adequar ao novo normativo, conforme tabela 4:

**Tabela 4 - Situação dos processos de PCH em 2015**

Situação	Quantidade
Processos com análise concluída sob a ótica da REN nº 673/2015	63
Processos com análise concluída sob a ótica das outras Resoluções <sup>14</sup>	42
Processos em análise	90
Processos aguardando o empreendedor se adequar à REN nº 673/2015	463

Fonte: SCG/ANEEL (2019)

De fato, a REN nº 673/2015 acarretou uma maior agilidade na avaliação dos processos de PCH, diminuindo o passivo de usinas não avaliadas, que em 2015 eram 553 processos aguardando análise, sendo que no acumulado, desde a publicação da nova Resolução, até o ano de 2019, foram avaliados 533 processos, de acordo com a tabela 5.

**Tabela 5 - Processos de PCH analisados: Acumulado entre 2015 e 2019**

Situação	Quantidade
Outorgas Emitidas	75
DRS Emitidos / Projetos Básicos Aprovados	533

Fonte: SCG/ANEEL (2019)

Entretanto, não é possível afirmar que tais alterações foram efetivamente eficientes, uma vez que somente 75 empreendimentos tiveram a outorga emitida. Detalhando a situação das 533 usinas que ainda não tem outorga emitida até o ano de 2019, é possível perceber que apenas 19 possuem os requisitos para conseguir a outorga<sup>15</sup>, como ilustrado na tabela 6.

<sup>14</sup> Processos com aprovação do Projeto Básico pelas RES nº 395/1998 ou RES nº 343/2008.

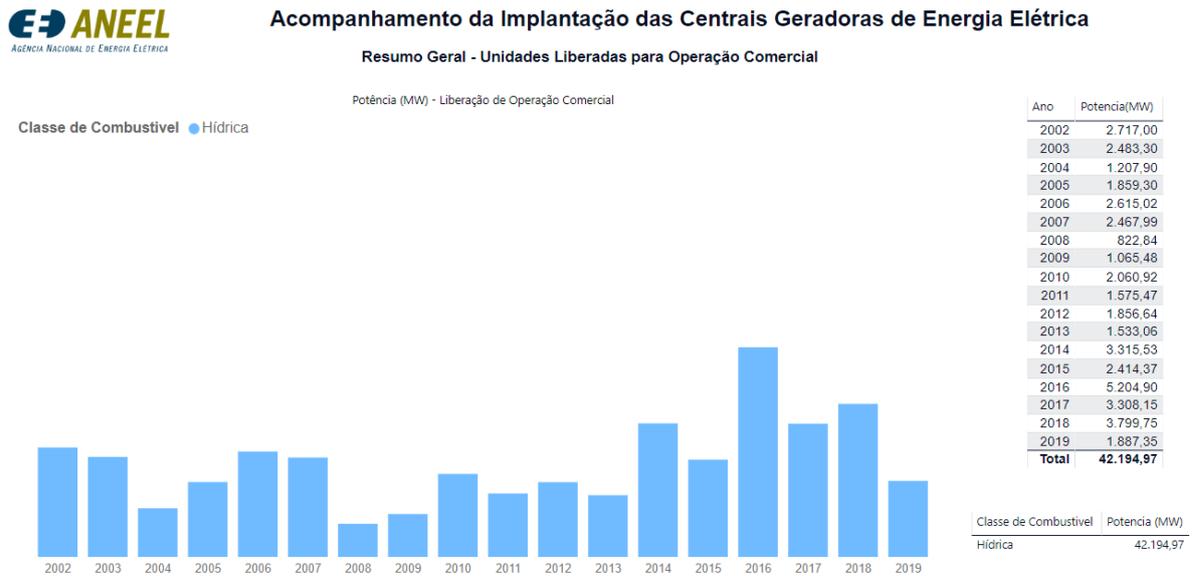
<sup>15</sup> Para um empreendedor obter a outorga de uma PCH, é necessário ter o DRS-PCH, a Licença Ambiental pertinente (LA) e uma Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH).

**Tabela 6 - Situação das PCH após o DRS-PCH**

<b>DRDH+LA</b>	19
<b>Somente LA</b>	21
<b>Somente DRDH</b>	25
<b>Sem DRDH e LA</b>	468
<b>Total</b>	533

Fonte: SCG/ANEEL (2019)

É possível, também, observar que a partir de 2015 houve um aumento significativo de unidades de geração liberadas para operação comercial, conforme ilustra a Figura 10. Dentre outros fatores, é possível creditar esse aumento aos novos procedimentos implantados pela REN nº 673/2015.

**Figura 10 - Unidades liberadas para Operação Comercial**

Fonte: sítio da SFG/ANEEL (2019)

Entretanto, os dados da área de fiscalização da ANEEL, disponível na tabela 7, mostram que apenas 32,3% das usinas que obtiveram outorga de autorização são classificadas com alta viabilidade de iniciar a operação comercial até 2025. Existem, ainda, 44 usinas que sequer tem previsão para entrar em operação.

**Tabela 7 - Viabilidade das PCH após a obtenção da outorga**

<b>Indicador de Viabilidade</b>	<b>Quantidade de PCH<sup>16</sup></b>	<b>Percentual</b>
<b>Alta</b>	185	32,3%
<b>Média</b>	344	60,0%
<b>Baixa</b>	44	7,7%
<b>Total</b>	573	100%

Fonte: SFG/ANEEL (2020)

Desse total de usinas fiscalizadas pela ANEEL, apenas 185 estão com o cronograma de acordo com o previsto na outorga (viabilidade alta). Das usinas com viabilidade média ou baixa, 236 usinas estão com o cronograma atrasado. Além disso, 47 projetos estão com suas obras paralisadas e 341 ainda não iniciaram a construção.

Esses resultados corroboram com a tese de que, provavelmente, os empreendedores não estão seguindo os prazos ou as regras estabelecidas pela outorga de autorização.

É visível que a Resolução Normativa ANEEL nº 673/2015 melhorou o procedimento de análise dos processos de PCH, exigindo a apresentação das Licenças Ambientais e Declarações de Disponibilidade hídrica apenas na etapa que antecede a concessão da outorga, liberando os projetos básicos para a verificação de adequação quanto ao potencial do inventário. Porém, após a emissão do DRS-PCH, os empreendedores não conseguem a emissão da outorga ou até mesmo iniciar a construção das usinas. Isso é um indício de que projetos subótimos estão obtendo o DRS-PCH ou decorrem de estudos de inventário subótimos.

Primeiramente, cabe averiguar a possibilidade de aprovação de estudos de inventário subótimos. Nesse sentido, será avaliado o período entre Setembro/2013 e Agosto/2019, onde foram aprovados 120 estudos. Esses inventários identificaram um total de 407 usinas hidrelétricas, sendo 264 PCH.

Os procedimentos para realizar estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas estão previstos na Resolução Normativa nº 672, de 4 de agosto de 2015. Essa norma estabelece que os empreendedores que despenderem recursos na elaboração desses estudos podem ter a exclusividade no processo de outorga de 40% do potencial

<sup>16</sup> Também foram contabilizadas as usinas com potência inferior a 5.000 kW, uma vez que possuem outorga de autorização concedida antes da vigência da REN nº 673/2015.

inventariado como PCH, também conhecido como direito de preferência na elaboração do projeto básico. Assim, uma forma de avaliar se a ANEEL está aprovando estudos de inventários subótimos é verificando o percentual de usinas que tem DRI-PCH emitidos.

Esse critério se justifica pelo fato de o empreendedor identificar usinas com alta atratividade que ultrapassariam o percentual de potência de sua exclusividade na elaboração do projeto básico. Dessa forma, o projetista poderia ter incentivos para acrescentar aproveitamentos com baixa viabilidade apenas para aumentar a potência total do estudo de inventário e conseguir incluir nos 40% o potencial de alta atratividade.

Se esta hipótese se confirmar, apenas 40% do potencial identificado como PCH seguiria para a próxima fase, regida pela Resolução Normativa nº 673/2015, que trata da outorga de autorização de Pequenas Centrais Hidrelétricas. A tabela 8 apresenta os dados relativos ao período de setembro/2013 a agosto/2019.

**Tabela 8 – Inventários aprovados entre Setembro/2013 e Agosto/2019**

	Potência (kW)	Percentual
<b>Potência Total identificada nos Estudos de Inventários</b>	5.046.759	100%
<b>Potência Total de PCH identificada nos Estudos de Inventário</b>	3.350.211	66,38%
<b>Potência das PCH com DRI</b>	1.758.958	52,50%

Fonte: SCG/ANEEL (2019)

A tabela 8 mostra que, dos potenciais identificados como PCH, 52,5% prosseguiram para a fase de outorga propriamente dita. A priori, não existem problemas evidentes na etapa de estudos de inventário que impactem na fase de outorga de autorização das Pequenas Centrais Hidrelétricas. O que indica que o cerne do problema das PCH está concentrado na etapa de Projeto Básico e outorga.

Esse problema poderia ser contornado, se o ente regulador fomentasse a concorrência, via leilão, de projetos na fase inicial do processo (DRI-PCH). O Leilão dispensaria a elaboração de projetos básicos por todos os concorrentes, limitando ao vencedor da disputa a elaboração do projeto que será entregue para avaliação da Agência Reguladora. Considerando que a empresa vencedora terá tempo e conhecimento necessário para elaboração de bons projetos, espera-se que o projeto básico seja compatível com o aproveitamento ótimo definido previamente pelos estudos de inventário.

#### 4.2. Modelo Atual de Outorga

No procedimento de concessão de outorga determinado pela Resolução Normativa nº 673/2015 é possível identificar interações estratégicas entre Empreendedores e entre Agência Reguladora e Empreendedor na pré-seleção.

Após a avaliação do Projeto Básico e durante a outorga, o modelo adotado será o mesmo definido no capítulo 3, seção 3.1, uma vez que o processo de definição do empreendedor que seguirá no processo de outorga será definido antes do Projeto Básico.

Assim, as interações na etapa de pré-seleção podem ser divididas em dois jogos, conforme estabelece a REN nº 673/2015:

1. **Processo sem concorrência:** Para as usinas identificadas nos estudos de inventário que foram publicados até o início da vigência da REN nº 673/2015, o DRI será conferido exclusivamente ao primeiro interessado que apresentar os documentos em conformidade com o estabelecido na referida Resolução. Dessa forma, para este caso, o jogo na etapa de DRI/DRS terá a interação entre Agência Reguladora e Empreendedor.
2. **Processo com possibilidade de concorrência:** Para usinas identificadas em estudos de inventário publicados após a publicação da REN nº 673/2015, durante o prazo de 90 dias (contados da publicação do estudo de inventário), mais de um interessado poderá obter o DRI. Assim, neste caso, o jogo na etapa de DRI/DRS terá a interação entre os empreendedores<sup>17</sup>, que disputarão quem continuará no processo de outorga. Neste caso, também existirá a interação entre cada empreendedor e a Agência Reguladora, que pode ser explicada da mesma forma que no item 1.

A REN nº 673/2015 estipula um prazo de 90 dias, contados da publicação dos estudos de inventário, para a possibilidade de concorrência. Nesse caso, serão aceitos mais de um empreendedor disputando a PCH e elaborando os seus projetos básicos. Entretanto,

---

<sup>17</sup> Para simplificar o processo, a interação ocorrerá somente entre 2 empreendedores que, por definição, serão denominados empreendedor 1 e empreendedor 2.

ao fim dos 90 dias, se nenhum empreendedor se manifestar, o direito de elaboração do projeto básico passa a ser do primeiro interessado que se manifestar.

A Resolução também disciplinou o formato da seleção do empreendedor, nos casos de concorrência. Para esses casos, a escolha do interessado será definida pelo primeiro que protocolar o projeto básico e os demais documentos exigidos na norma.

A simbologia adotada nos mecanismos da etapa pré-seleção está compilada na tabela 9, que descreve o significado de cada variável utilizada no modelo para explicação do funcionamento atual do processo na ANEEL.

**Tabela 9 – Descrição da simbologia dos jogos com e sem concorrência**

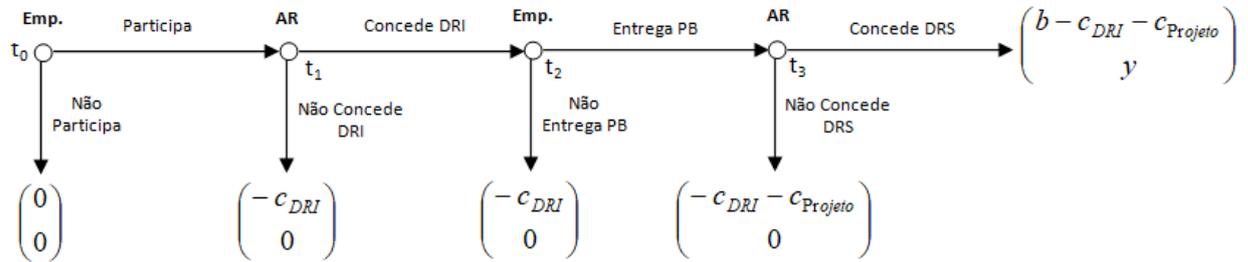
	<b>Símbolo</b>	<b>Descrição</b>
Jogadores	<i>AR</i>	Agência Reguladora
	<i>Emp.1</i>	Empreendedor 1
	<i>Emp.2</i>	Empreendedor 2
	<i>Nat</i>	Natureza
Parâmetros	<i>b</i>	Benefício devido à possibilidade de participação em leilões de ACR, obtenção das licenças e outros benefícios fiscais para construir a PCH
	<i>c<sub>DRI</sub></i>	Custos relacionados aos documentos exigidos e à garantia financeira
	<i>c<sub>projeto</sub></i>	Custo da elaboração do Projeto Básico da PCH
	<i>y</i>	Expectativa de ampliar a oferta de energia do país
	<i>β</i>	Probabilidade do Empreendedor 1 entregar o projeto primeiro
	<i>t<sub>i</sub></i>	Representação Nó “i” do jogo

#### 4.2.1. Processo sem concorrência

O modelo para os casos em que apenas um empreendedor manifestar sua intenção em elaborar o projeto básico da PCH descreve um jogo dinâmico que pode ser representado na forma extensiva ou de árvore, conforme Figura 11. Esta situação reflete apenas a interação entre empreendedor e Agência Reguladora, pois não há concorrência.

Os *payoffs* são representados nos nós finais, sendo que o primeiro retorno é do empreendedor e o segundo retorno é o da Agência Reguladora.

**Figura 11 – Forma extensiva do jogo dinâmico para o caso sem concorrência**



No primeiro momento, o empreendedor decide se irá participar do processo da PCH ou não. Caso ele não resolva participar, nenhum jogador ganha nada e os *payoffs* são zero.

Caso o empreendedor decida participar, entregando a documentação exigida para a concessão do DRI, a Agência Reguladora terá que definir se concede o DRI ou não. Caso não conceda o DRI, o empreendedor terá o custo de juntar a documentação, aportar uma garantia financeira, dentre outros custos, que serão representados pelo *payoff*  $(-c_{DRI})$  e a Agência não terá qualquer ganho, pois não atingirá o objetivo de aumentar a oferta de energia para a sociedade.

Se o empreendedor obtém o DRI, ele terá que decidir, na sequência, se entrega ou não o Projeto Básico da PCH (PB) para a Agência Reguladora analisar. Se decidir não entregar o PB, o empreendedor manterá o custo de juntar a documentação e aportar uma garantia financeira, representado pelo *payoff*  $(-c_{DRI})$  e a Agência Reguladora continuará não tendo ganhos.

Caso o empreendedor decida elaborar o PB e entregá-lo, o ente regulador terá que analisá-lo e decidir se emite o DRS ou não para o projeto apresentado. Assim, se a Agência Reguladora decidir não conceder o DRS, o empreendedor terá que assumir o custo de produção do Projeto Básico ( $c_{Projeto}$ ) e o custo de juntar a documentação e aportar a garantia financeira ( $c_{DRI}$ ), representados pelo *payoff*  $(-c_{DRI} - c_{Projeto})$  e a Agência continuará não tendo ganhos, uma vez que ainda não conseguiu aumentar a oferta de energia para a sociedade.

Por fim, se a Agência Reguladora, ao fim de sua análise, optar por conceder o DRS, o empreendedor terá um benefício ( $b$ ) devido à possibilidade de participação em leilões no ACR, obtenção das licenças para a fase de outorga e outros benefícios fiscais para construir

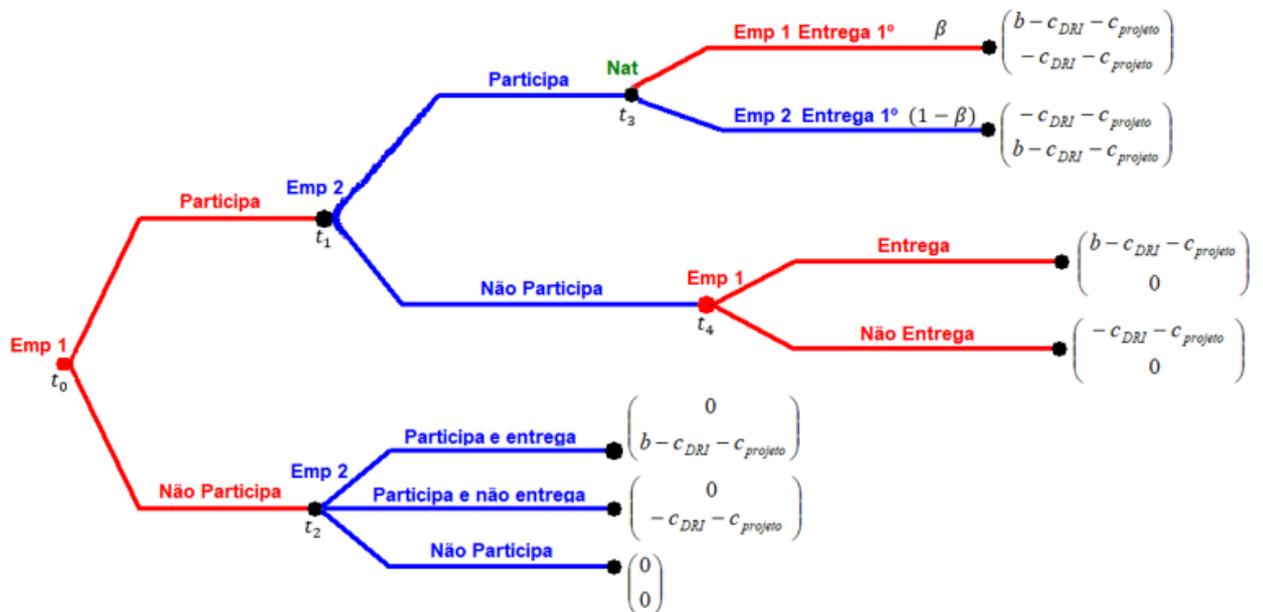
a PCH, além dos custos da elaboração do projeto e o custo da obtenção o DRI. Assim, o *payoff* do empreendedor será  $(b - c_{DRI} - c_{Projeto})$ . Já a Agência Reguladora terá um ganho ( $y$ ) que pode ser interpretado como a expectativa de conceder uma outorga de PCH e ampliar a oferta de energia no país.

Ao fim dessa etapa, caso o empreendedor consiga o DRS-PCH, ele deverá obter a outorga, sendo considerado um agente regulado que deverá seguir as regras estabelecidas na sua outorga de autorização. A etapa subsequente, após a obtenção do DRS-PCH, seguirá o modelo proposto no capítulo 3, seção 3.1 (pós seleção), quando interagem o empreendedor e a Agência Reguladora na gestão da outorga.

4.2.2. Processo com concorrência

O modelo neste caso descreve um jogo dinâmico que pode ser representado na forma extensiva ou de árvore, conforme Figura 12. Novamente, os *payoffs* são representados nos nós finais, porém com o primeiro retorno sendo do empreendedor 1 e o segundo retorno do empreendedor 2.

**Figura 12 – Forma extensiva do jogo dinâmico para o caso com concorrência**



A ideia deste jogo é analisar a interação entre os empreendedores que disputam uma mesma PCH. Dessa forma, as interações entre empreendedor e Agência Reguladora não serão abordadas.

Tendo como premissa os comportamentos estabelecidos na Figura 12, o empreendedor 1 começa o jogo decidindo se irá participar do processo de outorga da PCH ou não. Caso decida não participar, o empreendedor 2 terá que decidir se participa do processo entregando o projeto básico, se participa e desiste de entregar o projeto básico ou não participa do processo. Se o empreendedor 2 não participar, dado que o empreendedor 1 decidiu não participar, nenhum dos jogadores terá ganho ou prejuízo. Entretanto, se o empreendedor 2 decidir participar, o jogo assume a forma de um processo sem concorrência, sendo o *payoff* para participar e não entregar o projeto igual a  $\begin{pmatrix} 0 \\ -c_{DRI} - c_{projeto} \end{pmatrix}$  e para participar e entregar o projeto igual a  $\begin{pmatrix} 0 \\ b - c_{DRI} - c_{projeto} \end{pmatrix}$ .

Considerando que o empreendedor 1 decida participar do processo da PCH, no nó  $t_1$ , o empreendedor 2 deverá decidir se participa ou não. Caso decida não participar do processo, em  $t_4$ , o empreendedor 1 deverá decidir se entrega o projeto básico com *payoff*  $\begin{pmatrix} b - c_{DRI} - c_{projeto} \\ 0 \end{pmatrix}$  ou não entrega o projeto básico com o *payoff*  $\begin{pmatrix} -c_{DRI} - c_{projeto} \\ 0 \end{pmatrix}$ .

Outra possibilidade é de o empreendedor 1 decidir participar do processo de outorga da PCH e o empreendedor 2 também decidir participar. Nesse caso, teremos uma disputa entre ambos empreendedores e em  $t_3$  um processo aleatório (também chamado natureza) indicará, com probabilidade  $\beta$ , que o empreendedor 1 entregará primeiro e, com probabilidade  $(1 - \beta)$ , que o empreendedor 2 será o primeiro a entregar o projeto básico da PCH em disputa. Nesse caso, se o empreendedor 1 entregar primeiro, os *payoffs* serão  $\begin{pmatrix} b - c_{DRI} - c_{projeto} \\ -c_{DRI} - c_{projeto} \end{pmatrix}$  e se o empreendedor 2 entregar primeiro, os *payoffs* serão  $\begin{pmatrix} -c_{DRI} - c_{projeto} \\ b - c_{DRI} - c_{projeto} \end{pmatrix}$ .

#### 4.2.3. Solução dos jogos

Para os dois jogos, seja com concorrência ou sem concorrência, é possível resolver o jogo por indução retroativa, determinando a melhor resposta de cada jogador.

- **Jogo sem concorrência:**

Retornando à forma extensiva, ilustrada na Figura 11, a melhor resposta da Agência Reguladora no nó  $t_3$  será conceder o DRS<sup>18</sup>, se:

$$y > 0 \quad (23)$$

Podemos interpretar que a variável “ $y$ ” sempre será positiva, pois com a emissão do DRS ao empreendedor, a Agência Reguladora sempre terá a expectativa de ampliar a oferta de energia com mais uma PCH sendo construída. Nesse caso, a decisão do empreendedor no nó  $t_2$  será entregar o projeto básico na ANEEL, se:

$$b - c_{DRI} - c_{projeto} > -c_{DRI} \quad (24)$$

Cabe esclarecer que a Agência Reguladora poderia, em princípio, estimular uma maior qualidade dos projetos básicos caso o empreendedor acreditasse que um projeto de baixa qualidade fosse rejeitado. No entanto, analisando via indução retroativa a forma extensiva do jogo detalhado na Figura 11, tal situação não é crível.

Analisando, agora, o conjunto de ações possíveis no nó  $t_1$ , dado que o empreendedor optou por entregar o projeto básico, a melhor resposta da Agência Reguladora é conceder o DRI (caso esteja em conformidade com os critérios técnicos estabelecidos na Resolução Normativa nº 673/2015), uma vez que  $y > 0$ .

Finalmente, no nó  $t_0$ , o empreendedor deverá decidir se participa ou não participa do processo de outorga de PCH entregando a documentação estabelecida para a concessão do DRI. Assim, ele somente decidirá participar se:

$$\begin{aligned} b - c_{DRI} - c_{projeto} &> 0 \\ \therefore b &> c_{DRI} + c_{projeto} \end{aligned} \quad (25)$$

Assim, o empreendedor decide participar se o benefício “ $b$ ” de obter a outorga for maior do que o custo que ele terá com a documentação e garantia financeira na etapa de DRI mais o custo de elaborar o projeto básico.

---

<sup>18</sup> A decisão de conceder o DRS também está relacionada com a qualidade do projeto básico apresentado pelo empreendedor. Entretanto, se a Agência Reguladora for do tipo fraca, ela concederá o DRS a projetos subótimos.

- **Jogo com concorrência:**

Para o jogo com concorrência, a interação relevante é entre os empreendedores concorrentes. Assim, considerando a forma extensiva da Figura 12, a situação, em  $t_0$ , que o empreendedor 1 não participa, não é relevante, pois, esse é, no máximo, um típico caso sem concorrência, com somente o empreendedor 2 no processo. Da mesma forma acontece em  $t_1$ , se o empreendedor 1 participar e o empreendedor 2 não participar.

Feitas as considerações iniciais, a decisão relevante para o empreendedor 2 será no nó  $t_1$ , onde ele considera que se não participar do processo, ficará com 0. Entretanto, se participar, ele poderá entregar o projeto ou não, assim, temos que ele somente participará se:

$$\begin{aligned} \beta(-c_{DRI} - c_{projeto}) + (1 - \beta)(b - c_{DRI} - c_{projeto}) &> 0 \\ \therefore b &> \left(\frac{1}{1 - \beta}\right)(c_{DRI} + c_{projeto}) \end{aligned} \quad (26)$$

Portanto, se o empreendedor 2 decidir participar do processo, qualquer um dos jogadores se esforçará para entregar primeiro o projeto básico e a natureza (processo aleatório) decidirá quem, efetivamente, será o primeiro a apresentar. O empreendedor 2 entregará primeiro se a probabilidade  $1 - \beta$  for suficientemente grande.

Em relação ao empreendedor 1, existem duas situações a considerar: (i) se a condição da equação (26) não for satisfeita e por conta disso, ele participará com certeza, uma vez que ele sabe que tem uma vantagem competitiva em relação ao empreendedor 2, que decidirá não participar do processo; e (ii) se a condição da equação (26) for satisfeita, o empreendedor 2 decidirá participar do processo e a utilidade (*payoff*) esperada para o empreendedor 1 será:

$$\begin{aligned} \beta(b - c_{DRI} - c_{projeto}) + (1 - \beta)(-c_{DRI} - c_{projeto}) &> 0 \\ \therefore b &> \left(\frac{1}{\beta}\right)(c_{DRI} + c_{projeto}) \end{aligned} \quad (27)$$

Dessa forma, o empreendedor 1 somente participará se a condição estabelecida na equação (27) for satisfeita. Nesse caso, dentro do modelo atual de outorga com concorrência, podem acontecer três situações possíveis:

**Situação 1** - Os dois empreendedores participarão do processo, se:

$$\therefore b > \max\left\{\left(\frac{1}{\beta}\right), \left(\frac{1}{1-\beta}\right)\right\} \times (c_{DRI} + c_{projeto}) \quad (28)$$

**Situação 2** – Apenas um dos empreendedores participará do processo, se:

$$\min\left\{\left(\frac{1}{\beta}\right), \left(\frac{1}{1-\beta}\right)\right\} \times (c_{DRI} + c_{projeto}) < b < \max\left\{\left(\frac{1}{\beta}\right), \left(\frac{1}{1-\beta}\right)\right\} \times (c_{DRI} + c_{projeto}) \quad (29)$$

**Situação 3** – Nenhum dos empreendedores participará do processo se:

$$b < \min\left\{\left(\frac{1}{\beta}\right), \left(\frac{1}{1-\beta}\right)\right\} \times (c_{DRI} + c_{projeto}) \quad (30)$$

As situações encontradas dependem da probabilidade  $\beta$  do empreendedor 1 entregar o projeto básico primeiro. Nesse sentido, essa probabilidade pode ter relação com algumas características do empreendedor para a elaboração do projeto básico:

- (i) **Agilidade na consolidação do projeto:** O empreendedor que for mais ágil na elaboração de todos os estudos do projeto deverá entregar primeiro;
- (ii) **Conhecimento da região:** Apesar do conhecimento comum dos empreendedores das características identificadas no inventário, o empreendedor que conhecer melhor a região da futura usina, sabendo onde encontrar os materiais para construção sem grandes deslocamentos (mais baratos), mão de obra especializada na região, tenderá a entregar primeiro;
- (iii) **Disponibilidade de recursos:** O empreendedor que dispôr de recursos (financeiro ou técnico) sem tanta burocracia conseguirá fazer os estudos de campo com maior rapidez, o que auxiliará no ganho de tempo para entregar o projeto básico primeiro.

Assim, a probabilidade  $\beta$  traduz a destreza do empreendedor, seja com uma equipe técnica ágil, seja com conhecimento prévio da região onde será implantada a usina hidrelétrica ou tendo os recursos necessários para realizar os estudos de campo necessários para a elaboração do projeto básico.

Entretanto, como o critério é quem entregar primeiro, o empreendedor que não dispuser de recursos necessários para o projeto ou não tiver pleno conhecimento da região da futura usina, tenderá a elaborar um projeto básico com uma qualidade inferior, compensando no aumento de agilidade para conseguir entregar o mais rápido possível. Isso

poderia ser determinante para que empresas vençam o processo de seleção com projetos básicos subótimos.

Considerando o exposto e que o comportamento do empreendedor depende do tipo de Agência Reguladora que está no processo, o mecanismo atual de outorga é mais conivente com a entrada de agentes inadequados. Uma vez que, existindo a possibilidade de a Agência Reguladora ser do tipo “fraca”, o empreendedor inadequado tem incentivos para participar do processo e entregar um projeto de baixa qualidade, apenas para ganhar a seleção.

Além disso, o empreendedor adequado, mesmo tendo a capacidade de elaborar bons projetos, se souber antecipadamente o tipo de Agência Reguladora, poderá apresentar projetos de baixa qualidade apenas para antecipar-se aos demais concorrentes e entregar primeiro, caso a agência seja do tipo fraca.

#### 4.3. Modelo Atual versus Modelo de Leilão

No modelo de outorga atual, o critério para seleção é quem entregar primeiro o projeto básico e as demais documentações exigidas. Assim, essa forma de seleção atrai empreendedores inadequados, que percebem a possibilidade de participação sem precisar conhecer a região da futura usina ou sem dispor de muito recurso financeiro. Como consequência, esse critério aumenta as chances de a empresa, seja ela adequada ou inadequada, entregar um projeto de baixa qualidade, apenas para antecipar a entrega dos documentos exigidos pela Agência Reguladora.

O empreendedor que entra no processo com o intuito exclusivo de entregar primeiro, independente da qualidade do projeto básico, conta com a possibilidade de que a Agência Reguladora lhe conceda mais prazo para corrigir falhas no projeto básico apresentado inicialmente, ou seja, o importante para o empreendedor inadequado é superar a etapa de seleção. Além disso, após a obtenção do DRS, o agente inadequado contará com a possibilidade de não ter punição nos seguintes casos:

- i. Não apresentação da licença ambiental no prazo;

- ii. Não apresentação da DRDH<sup>19</sup> no prazo;
- iii. Não cumprimento do prazo do cronograma de construção;
- iv. Não entrada em operação conforme estabelecido na outorga;
- v. Entrega de um montante de energia menor do que o estabelecido em contratos oriundos de Leilões de Energia<sup>20</sup>.

Os dados apresentados na seção 4.1 indicam que o mecanismo de outorga atual não proporciona resultados satisfatórios na gestão das PCH. Mais de 90% dessas usinas ainda não conseguiram a documentação exigida para conseguir a outorga e dentre os empreendimentos que já tem outorga, apenas 18% são classificados com alta viabilidade de iniciar a construção ou operação comercial.

Nesse ínterim, agentes inadequados sempre participarão do processo, independentemente do tipo de Agência Reguladora. Assim, o mecanismo de seleção atual é mais suscetível a aceitar projetos de PCH subótimos, devido ao *trade-off* entre qualidade e agilidade na entrega da documentação. Tal conduta no longo prazo pode reduzir a previsibilidade da entrada em operação dos empreendimentos, uma vez a apresentação de projetos ruins implica em retificações e conseqüentemente em alteração dos cronogramas de implantação e no atraso da entrega da energia esperada.

Além disso, no modelo atual, todos os empreendedores dispõem recursos na elaboração dos projetos básicos para essa mesma usina, sendo que apenas um deles continuará no processo. Esse fator é relevante para o empreendedor definir a sua participação nos casos que envolvem seleção.

Já o modelo de leilão proposto neste trabalho, visa selecionar o empreendedor adequado, minimizando a possibilidade de desvios, tanto na fase de obtenção do DRS, quanto no período da outorga de autorização da usina.

O modelo adotou a premissa de informação incompleta, ou seja, os empreendedores não conhecerão o tipo da Agência Reguladora, o custo efetivo da construção e o valor da

---

<sup>19</sup> Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) é o conceito que visa garantir a disponibilidade hídrica requerida para aproveitamentos hidrelétricos, para licitar a concessão ou autorizar o uso do potencial hidráulico de um corpo hídrico de domínio da União ou do Estado. Esse documento é emitido pela Agência Nacional de Águas ou pelo órgão de recursos hídricos estadual.

<sup>20</sup> Essa situação é específica para aqueles empreendedores que participarem de leilões no ACR.

receita real da outorga. Todos os participantes somente terão conhecimento das informações dos estudos de inventário que identificou a PCH.

Como resultado do modelo de leilão, o participante do processo incorrerá em um custo regulatório, que dependerá da probabilidade de a Agência Reguladora ser do tipo forte, da probabilidade de o empreendedor ser do tipo adequado, da vantagem financeira em virtude dos possíveis desvios das regras e da penalidade que será aplicada pela agência no caso de desvios.

Então, o participante do leilão deverá avaliar se a vantagem financeira obtida com futuros desvios das regras do processo de outorga compensará o custo regulatório incorrido. Quanto maior a vantagem financeira, em comparação com o custo regulatório, maior será o lance do participante.

Porém, os participantes não conseguem distinguir o tipo da Agência Reguladora, ficando expostos ao custo regulatório. Quanto maior esse custo, menor será o valor do lance apresentado no leilão, reduzindo as chances de empreendedores inadequados ou aventureiros conseguirem entrar no processo de outorga.

É importante destacar que, com o término do leilão, apenas o empreendedor selecionado irá efetivamente elaborar o projeto básico, reduzindo os custos dos demais participantes que fracassaram na etapa de leilão.

Também haverá redução de custos administrativos para a Agência Reguladora, uma vez que o leilão é um processo de seleção transparente, que considerará como vencedor aquele empreendedor que mais valorizar a outorga da usina. Por ser considerado um processo mais transparente, o processo tenderá a ter menos recursos administrativos.

Por fim, o leilão mostrará o ímpeto dos participantes em vencer a licitação para obter a outorga de autorização da PCH, sendo que cada um buscará o melhor projeto com o menor custo. Além disso, os participantes terão chances iguais de vencer a disputa, sendo afastada a possibilidade de declarar como vencedor aquele que primeiro entregar um projeto.

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao planejar a expansão da oferta de energia elétrica no Brasil, o ente regulador deve considerar que o potencial hidráulico é um bem da União, sendo necessário o estabelecimento do aproveitamento ótimo, que considera o *trade-off* entre a máxima geração de energia elétrica com o menor custo (ambiental e econômico). Dessa forma, a construção de uma Pequena Central Hidrelétrica precisa atender ao interesse público, com a geração de energia a um custo módico para a sociedade.

Para a geração de energia hidrelétrica, a União concede uma outorga de autorização por tempo certo e pré-determinado para aqueles interessados em empreender no ramo das PCH. Nesse ínterim, a Agência Reguladora tem a responsabilidade de avaliar estudos e projetos dos empreendedores para garantir que o uso do potencial hidráulico seja ótimo.

Há casos em que a PCH desperta o interesse de vários interessados, imputando ao ente regulador a obrigação de selecionar o projeto que melhor atenda aos critérios estabelecidos em lei.

Visando regulamentar os procedimentos para outorgar as Pequenas Centrais Hidrelétricas, a ANEEL editou a Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015. Esse normativo descreve os passos para que o empreendedor obtenha a outorga de autorização e o que será feito para selecionar aqueles casos em que ocorrer a disputa por um único empreendimento. Entretanto, o critério adotado para seleção do empreendedor é ineficiente, pois indica como vencedor do processo aquele interessado que primeiro protocolar o projeto básico, junto com as demais documentações exigidas da usina em questão.

Este tipo de seleção não utiliza critérios técnicos, nem econômicos, podendo induzir o empreendedor a protocolar um projeto básico ineficiente, que possivelmente causará revisões de projeto nas etapas posteriores do processo e até mesmo refletindo em um preço maior da energia gerada. Ou seja, há um incentivo adverso nesse mecanismo, na direção da redução da qualidade do projeto básico e da indução de futura renegociação.

Nesse sentido, este trabalho mirou nesses casos de concorrência visando otimizar a escolha do projeto que atenda às melhores condições técnicas e econômicas, minimizando

a possibilidade de pedidos de revisão de projetos por parte dos empreendedores e recursos administrativos dos concorrentes que perderam o processo de seleção.

Entretanto, selecionar o interessado com maior capacidade financeira e tecnológica para desenvolver aquele projeto com as melhores condições técnicas e econômicas é um problema de informação assimétrica entre os agentes e o órgão regulador, uma vez que cada empresa detém informações privadas sobre sua própria estrutura. Esse problema pode ser enfrentado com o mecanismo de leilão.

A proposta para aperfeiçoar o processo de seleção dos empreendimentos de maior atratividade foi a adoção do leilão selado de primeiro preço, onde o participante que der o maior lance continuará no processo de outorga de autorização da PCH. Esse mecanismo evidencia a possibilidade de participação daqueles empreendedores inadequados ou aventureiros que não pretendem cumprir os prazos e regras estabelecidas no DRS ou na outorga.

O trabalho mostrou que o tipo da Agência Reguladora também afeta nas decisões das firmas que participarão do processo de outorga. Uma Agência Reguladora do tipo forte, que pune desvios de conduta ou atrasos dissimulados, também minimiza a presença dos empreendedores inadequados ou aventureiros. Quanto maior o custo regulatório, característica intrínseca ao tipo do agente regulador, menor será o lance dos participantes do leilão e maiores serão os incentivos para que o empreendedor vencedor não descumpra as regras da outorga. Entretanto, quanto menor o custo regulatório, maior a sinalização de que os licitantes poderão obter vantagens na etapa de obtenção do DRS ou da outorga, ou seja, maiores são as chances da Agência Reguladora conceder prazos extras para a revisão de projetos básicos ou não penalizar o agente quando não cumprir prazos ou determinações específicas previstas na outorga. Custo regulatório baixo implica em lances maiores, uma vez que o empreendedor vislumbra uma alta probabilidade de a Agência Reguladora ser do tipo fraca e assim obter vantagens ao descumprir regras e cronogramas definidos na outorga.

Uma sugestão para extensão deste trabalho seria a elaboração de um modelo de jogos sobre a escolha do melhor momento para protocolar o projeto básico na Agência Reguladora. A ideia seria a modelagem de um mecanismo para a determinação de um tempo ótimo que traduza em qualidade e agilidade do produto a ser entregue.

Uma proposta de extensão mais direta é possibilidade de participação de mais de dois interessados na etapa de leilão, utilizando um mecanismo de seleção que determine um único vencedor no processo licitatório.

Outra extensão possível é a determinação de um modelo em que um empreendedor se encarregará de elaborar o projeto básico sendo ressarcido pelo empreendedor que vencer a disputa pela outorga, tal qual é executado nos casos de estudos de viabilidade de grandes usinas.

Por fim, outra proposta de extensão poderia ser a possibilidade de o empreendedor não saber exatamente como determinar o valor da outorga, que poderia fazer com que a empresa desista da outorga de autorização, caso o valor real da outorga seja inferior ao valor idealizado na etapa de leilão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLYASHKO, Y. I. **Modern trends in the development of small hydropower around the world and in Russia**, Thermal Engineering. Vol. 57, nº 11. Novembro/2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y92q5t7p>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9074compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9074compilada.htm)>. Acesso em 30 de abril de 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9427compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427compilada.htm)>. Acesso em 31 de maio de 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.097, de 19 de janeiro de 2015**. Altera a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13097.htm)>. Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.360, de 14 de novembro de 2016**. Altera a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995 e a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/L13360.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13360.htm)>. Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Aproveitamento do Potencial Hidráulico para Geração de Energia**. 2005. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y2mbcj6h>>. Acesso em: 29 de abril de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 2008. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y6mdsobh>> Acesso em: 30 de maio de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas**, 2003. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y3wfueha>> Acesso em: 24 de abril de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Relatório de Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y4u9g87v>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa nº 343**, 2008. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y3haqhmq>>. Acesso em 20 agosto de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa nº 672**, 2015. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y2vdzokd>>. Acesso em 20 agosto de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa nº 673**, 2015. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y47b3912>>. Acesso em 20 agosto de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa nº 798**, 2017. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y28lm6xu>>. Acesso em 20 agosto de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Situação das PCH na ANEEL em 2015**. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y2mo59rx>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Situação das PCH na ANEEL de 2015 a 2019**. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yylcvr3q>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**, Fevereiro/2019, p. 19. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y2qp8wbh>>. Acesso em: 24 de abril de 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**, Dezembro/2019. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yy66b7ce>>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Diretrizes gerais e guia orientativo para elaboração de Análise de Impacto Regulatório – AIR**, Junho/2018. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y6ng475s>>. Acesso em 20 de agosto de 2019.

BUGARIN, M.S. **Debt Renegotiation and Elections: Experimentation and Reputation in the Brazilian Fiscal Federalism**. *Brazilian Review of Econometrics*, 26(1): 67-104, 2006.

BUGARIN, M.S.; RIBEIRO, F.A.S. **The Paradox of Concessions in Developing Countries: A game-theoretic investigation of airport concessions in Brazil**. *Economics and Politics Working Paper 100/2020*. Janeiro/2020.

BUGARIN, M.S., SOTOMAYOR, M.A.O.: **Lições de teoria dos jogos**, São Paulo, Brasil, 2007.

CPFL Energia. **Características dos Sistemas Elétricos e do Setor Elétrico de Países e/ou Estados Selecionados**. 2014. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y3of3jyo>>. Acesso em 15 de maio de 2019.

ELETROBRÁS. **Barragem de Hidrelétrica**. Disponível em <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Barragem-de-Hidreletrica.aspx>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2019.

EUA. Department of Energy (DOE). **Types of Hydropower Plants**. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yydsxz4g>>. Acesso em 16 de dezembro de 2019.

FERC. **Hydropower Primer – A handbook of hydropower basics**. Washington, DC. Federal Energy Regulatory Commission. 2017. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yytxwvvt>>. Acesso em 30 de maio de 2019.

FERC. **Hydroelectric Project Handbook for Filings other than licenses and Exemptions**. Washington, DC. Federal Energy Regulatory Commission. 2001. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yxu4qv3r>>. Acesso em 15 de março de 2020.

FERREIRA, J. H. I.; CAMACHO, J. R.; MALAGOLI, J. A.; JÚNIOR, S. C. G. **Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 56, abril/2016, pp. 380-387.

FONSECA, H. M. M; BUGARIN, M. S. **Leilões para conversão de dívida em investimento: Uma proposta da teoria de leilões para implantação dos Termos de**

**Ajuste de Conduta (TAC) da ANATEL**, Revista do Serviço Público (Brasília). 8-37 Jan/Mar 2020.

GOEREE, JACOB K. e OFFERMAN, T. **Efficiency in Auctions with Private and Common Values: An Experimental Study**, The American Economic Review. Vol. 92, nº 3. Junho/2002.

HALL, D. G. **Feasibility Assessment of Water Energy Resources of the United States for New Low Power and Small Hydro Classes of Hydroelectric Plants**, U.S. Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy. Wind and Hydropower Technologies. Janeiro/2006.

HM TREASURY. **The Magenta Book: Guidance for Evaluation**. Disponível em: <<https://tinyurl.com/yc2j5hlv>>. Acesso em 12 de fevereiro de 2020.

ÍNDIA. Ministry of new and renewable energy. **Hydro Power Policies and Guidelines**, Fevereiro/2018. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y4784fqg>>. Acesso em 16 de dezembro de 2019.

ÍNDIA. Ministry of new and renewable energy. **Small hydropower**. Disponível em: <<https://mnre.gov.in/small-hydro>>. Acesso em 7 de dezembro de 2019.

IHA. International Hydropower Association. **2018 Hydropower Status Report**. Disponível em <<https://www.hydropower.org/publications/2018-hydropower-status-report>>. Acesso em 9 de agosto de 2020.

KHEZR, P.; MENEZES, F. M. **Funding natural monopoly infrastructure expansion: auctions versus regulated uniform access prices**, Journal of Regulatory Economics. Vol. 55, nº 2, pp. 193-213. Abril/2019.

KOSNIK, L. **The potential for small scale hydropower development in the U.S**, Energy Police. Vol. 38, nº 10. Outubro/2010.

KRISHNA, V. **Auction Theory**. 2º ed. Pennsylvania State University: Academic Press. Ed. Elsevier, 2009. 336 p.

KUCUKALI, S.; BARIS, K. **Assessment of small hydropower (SHP) development in Turkey: Laws, regulations and EU policy perspective**, Energy Police. Vol. 37, nº 10. Outubro/2009.

LARENTIS, D. G. **Prospecção de potencial hidrelétrico remanescente**, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2009. 188 p.

LEAVER, C. **Bureaucratic Minimal Squawk Behavior: Theory and Evidence from Regulatory Agencies**, The American Economic Review. Vol. 99, nº 3. Junho/2009.

MENEGUIN, F. B.; BUGARIN, M. **Incentivos à corrupção e à inação no serviço público: Uma análise de desenho de mecanismos**, Estud. Econ. Vol 46, nº 1. São Paulo. Jan/Mar 2016.

NEVES, MATEUS MACHADO. **Difficulties in expanding hydropower generation in Brazil**, Washington: The George Washington University. The Minerva Program. Abril/2009.

PIRES, H.; BUGARIN, M.S. **A Credibilidade da Política Fiscal: Um Modelo de Reputação para Execução das Garantias Fiscais pela União junto aos Estados após o Programa de Ajuste Fiscal e a Lei de Responsabilidade Fiscal**. Finanças Públicas: VI Prêmio Tesouro Nacional. Vol VI: 215-250, Brasília: ESAF, 2002.

RIBEIRO, F. A. S.; BUGARIN, M. S. **Concessão de um Aeroporto: Integração entre leilão e operação utilizando a Teoria dos Jogos. Prêmio ANAC 10 Anos, 2016.** Disponível em: <<http://tinyurl.com.br/63t>>. Acesso em 7 de junho de 2020.

TURQUIA. **Lei nº 4.628 - Electricity Market Law, de 3 de março de 2001.** Disponível em: <<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/tur67187E.pdf>>. Acesso em 17 de dezembro de 2019.

VASILIU, D. **Electricity regulation in Romania: overview.** Disponível em: <[https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/4-566-2907?transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true&bhcp=1#co\\_anchor\\_a179797](https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/4-566-2907?transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true&bhcp=1#co_anchor_a179797)>. Acesso em 18 de dezembro de 2019.

XIMEI, L.; MING, Z; XU, H.; LILIN, P.; JUNGRONG, D. **Small hydropower financing in China: External environment analyses, financing modes and problems with solutions,** Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 48, Agosto/2015.