



O DESAFIO DAS MUDANÇAS INSTITUCIONAIS NA ECONOMIA ECOLÓGICA: Um *framework* a partir do IAD aplicado ao setor de energia elétrica no Brasil

João Marcos Mott Pavanelli

Escola de Artes, Ciência e Humanidades da Universidade de São Paulo

joaomarcos@usp.br

Camila Espezio de Oliveira

Escola de Artes, Ciência e Humanidades da Universidade de São Paulo

camila.espezio.oliveira@usp.br

Alexandre Toshiro Igari

Escola de Artes, Ciência e Humanidades da Universidade de São Paulo

alexandre.igari@usp.br

Resumo: As balizas civilizatórias pautadas pelos avanços no campo da Economia Ecológica demandam profundas mudanças institucionais para manter os sistemas socioecológicos funcionando dentro de seus limites de resiliência ambiental e guiados por justiça intra e intergeracional. As instituições são normas sociais formais (e.g. leis) ou informais (e.g. costumes) que restringem e dão previsibilidade às relações entre os atores sociais. Mudanças institucionais representam assim processos de disputas éticas, científicas, sociais e políticas. O *Institutional Analysis and Development* (IAD) de Ostrom, auxilia no equacionamento desses processos complexos envolvendo instituições, através da análise de como regras, condições físicas e materiais, e atributos da comunidade afetam a estrutura das arenas de ação, os incentivos atuantes sobre os indivíduos e indicam os possíveis e prováveis desfechos resultantes. O IAD analisa profundamente a arena de ação, mas carece de detalhamento e articulação entre as variáveis exógenas para que se possa entender melhor a distribuição de dotações econômicas, sociais e ambientais entre as coalizões ou agentes. O presente ensaio apresenta um *framework* inspirado no IAD de Ostrom que permite aprofundar a compreensão sobre essas condições exógenas. Para ilustrar a aplicabilidade do *framework* proposto, foram utilizados metadados históricos e sínteses institucionais obtidas na análise do setor elétrico brasileiro, realizada por Pavanelli e Igari (2019). As evidências sobre os processos de emergência, avanço, consolidação e recentes reveses da geração hidrelétrica no Brasil contribuem para a compreensão das potencialidades e desafios para as mudanças institucionais necessárias às transformações na relação entre sociedade e ambiente sob a perspectiva da Economia Ecológica.

Palavras-chave: IAD (*Institutional Analysis and Development*); Mudança institucional; Indústria da eletricidade brasileira; Dotações sociais, econômicas e políticas; Arenas de ação

Abstract

The civilizing guidelines supported by advancements in the Ecological Economics field demand profound institutional changes to maintain the socio-ecological systems working within their environmental limits and guided by intra and intergenerational justice. Institutions are formal (e.g., laws) or informal (e.g., customs) social norms that constrain and conceive predictability to relationships among social actors. Institutional changes then represent processes of ethical, scientific, social, and political disputes. The Institutional Analysis and Development (IAD) framework of Ostrom contributes



for addressing these complex problems involving institutions through the analysis of how rules, physical and material conditions, and community attributes affect the structure of the action arenas, the underlying incentives on individuals and indicate the possible and probable outcomes. The IAD analyzes the arena of action profoundly, however, it lacks detailing and articulation between exogenous variables to better understand the distribution of economic, social, and environmental endowments among coalitions or agents. This essay presents a framework inspired by Ostrom's IAD that allows deepening the comprehension around those exogenous conditions. To illustrate the applicability of the proposed framework, we used historical metadata and institutional syntheses obtained in the analysis of the Brazilian electricity industry, undertaken by Pavanelli and Igari (2019). The evidence regarding the processes of emergence, advancement, consolidation, and the recent setbacks of the hydroelectricity generation in Brazil contribute to the comprehension of the potentialities and challenges for institutional changes necessary for transforming the relationship between society and environment under the perspective of Ecological Economics.

Keywords: IAD (Institutional Analysis and Development); Institutional change; Brazilian electricity industry; Social, economic, and political endowments; Social arenas

JEL Codes: D02, P48, Q40, Q57

1. Introdução

Os limites ambientais para as atividades humanas, associados à perda de biodiversidade, exaustão de recursos, poluição, entre outros fatores, que ganharam destaque com os estudos Malthusianos no final do século XVIII, foram retomados nas discussões no âmbito dos limites para o crescimento econômico no Clube de Roma (*Limits to Growth*) em 1972 e, mais recentemente, sintetizados através da análise do estado de conservação dos ecossistemas pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio entre 2001 e 2005 e, por fim, analisados por Rockström et al. (2009) e posteriormente Steffen et al. (2015), que identificaram os limites ambientais seguros para a humanidade, mostrando que em muitos parâmetros estamos próximos, ou mesmo já ultrapassamos os limiares de resiliência dos ecossistemas.

A ultrapassagem dos limites ecosistêmicos pode comprometer diretamente as funções ecosistêmicas associadas e, conseqüentemente, comprometer a provisão de serviços ecosistêmicos, que são fundamentais para sustentar a vida humana, através de processos e fluxos de matéria ou energia

gerados pelos ecossistemas naturais (Costanza et al., 1997; Daily, 1997). A pesquisa sobre a governança dos limites de uso e degradação dos elementos bióticos e abióticos (capital natural) que fornecem recursos e serviços à humanidade é extensa, diversa e recorrentemente com conflitos teóricos e metodológicos entre suas contrastantes agendas de investigação.

A Economia Ambiental Neoclássica entende que o uso do capital natural e a conseqüente degradação ambiental são compensados pela geração de bem-estar econômico para a humanidade ao longo do tempo, sendo que o objetivo final seria que a somatória dos capitais humano, social, natural e econômico deveria crescer ou, no mínimo, manter-se constante na sociedade. Esta visão implica na possibilidade de plena e ilimitada substituição entre as formas de capital, e tem a valoração econômica do capital natural e dos serviços ecosistêmicos como principal método para incorporação de parâmetros ambientais na tomada de decisão individual, assim como tem os mercados como principais arenas para alocação dos benefícios e custos ambientais.



Por outro lado, a Economia Ecológica representa uma abordagem antagônica quanto à conservação do capital natural, apontando fragilidades nas premissas e nos métodos utilizados pela Economia Ambiental Neoclássica, dada a incomensurabilidade entre os valores substantivos atribuídos ao capital natural e serviços ecossistêmicos e os valores utilitários de troca para bens e serviços construídos. A Economia Ecológica busca, a partir das Ciências Naturais, o estabelecimento dos limites máximos de degradação e dos limites mínimos de conservação do capital natural. Com isso os mercados estariam limitados aos parâmetros de conservação dos ecossistemas e não o contrário, como previsto pela Economia Ambiental Neoclássica. Ademais, os mercados em concorrência perfeita, sob a perspectiva da Economia Ambiental Neoclássica, também seriam, em tese, desprovidos de parâmetros éticos ou morais, e as decisões seriam pautadas em parâmetros exclusivamente econômicos. A Economia Ecológica entende que os mercados, particularmente os globais, são instrumentos de alocação econômica que devem, necessariamente, ser regulados por instituições com intuito de conservação dos ecossistemas, assim como de equidade e justiça na apropriação de benefícios e alocação dos ônus ambientais (Martínez-Alier 2012).

A governança sobre os serviços ecossistêmicos é sensível à disputa entre as abordagens da Economia Ambiental Neoclássica e da Economia Ecológica, sendo a primeira amplamente majoritária. Para adaptar a alocação do capital natural à estrutura dos mercados, a Economia Ambiental desenvolveu instrumentos econômicos de valoração de bens públicos (de acesso livre e uso não concorrente, como a regulação climática) e comuns (de acesso livre e uso concorrente, como o fornecimento de água doce), reduzindo a multifuncionalidade dos serviços ecossistêmicos a meros atributos de transação econômica.

Por mais inovadoras que sejam iniciativas como Pagamentos por Serviços Ambientais, mercado de emissões, subsídios e taxações ambientais, sob a abordagem da Economia Ambiental Neoclássica, elas representam ajustes incrementais à apropriação do capital natural com ênfase nos ganhos econômicos, que recorrentemente deixam em segundo plano os limites ecossistêmicos e a justiça ambiental. Por outro lado, quando balizados pela moral e pelos limites de resiliência do capital natural, estes mesmos instrumentos podem representar formas efetivas de proteção ambiental dentro dos limites ecossistêmicos e também meios de alocação justa do ônus e dos benefícios econômicos, tanto para as gerações presentes quanto futuras.

Crises podem potencializar e precipitar mudanças no balanço de forças nos campos sociais, criando um ambiente mais permeável às mudanças institucionais disruptivas (Fligstein e McAdam 2012; Pavanelli e Igari 2019). Contudo, crises ambientais podem ser notadas tardiamente pela sociedade, em um ponto onde a degradação do capital natural já tenha atingido limiares irreversíveis, além de sua capacidade de resiliência (Rockström et al. 2009; Freitas et al. 2021).

As mudanças institucionais voltadas à conservação de serviços ecossistêmicos passam pelo aumento da percepção da sociedade sobre sua dependência em relação ao ambiente (Daily, 1997). Assim, as mudanças institucionais na governança de serviços ecossistêmicos vão muito além de uma disputa teórica entre Economia Ambiental Neoclássica e Economia Ecológica, elas dependem do resultado de disputas éticas e de visões civilizatórias na ciência e na sociedade, que contemplam o entendimento e resignificação das relações entre humanidade e natureza.

Muitos serviços ecossistêmicos podem ser entendidos como bens comuns, representando benefícios materiais e imateriais compartilhados por comunidades humanas. A governança dos bens comuns, assim como dos



serviços ecossistêmicos, é foco de disputas teóricas acirradas desde o início do século XX. O equacionamento mais difundido assume que a livre apropriação de bens comuns por agentes econômicos leva à exaustão desses bens, pois sem controle ou atribuição de custos de acesso e uso, os agentes acabam por perseguir exclusivamente o objetivo de maximização do benefício individual, sem compromisso com parcimônia ou eficiência no seu uso (Oliveira, Pavanelli e Igari 2020).

A livre apropriação de bens comuns favorece agentes com maior capacidade de exploração, com dotações privilegiadas de capital humano, capital social, capital construído e capital financeiro. Estas assimetrias alimentam e aprofundam a injustiça intrageracional na alocação do capital natural e dos serviços ecossistêmicos (DeFries, Foley e Asner 2004; Martínez-Alier 2012). Ademais, a priorização da apropriação de bens comuns para a geração presente, em detrimento das necessidades e interesses de futuras gerações, fomenta também uma injustiça intergeracional. A alocação de bens comuns seria então uma escolha civilizatória, de âmbito redistributivo e envolvida em interesses e disputas tanto intrageracionais quanto intergeracionais. O escopo temporal e espacial destas disputas na sociedade colocaria o Estado como arena natural para a alocação dos bens comuns (Igari 2021). Entretanto a efetividade estatal para a alocação e conservação dos comuns é contestada pelo pensamento econômico neoclássico e neoliberal, que entende que tanto a alocação quanto a conservação dos comuns podem ser alcançadas de forma mais eficiente por meio da atribuição de direitos de propriedade privada e da livre transação via mercados, dados os elevados custos estatais para monitoramento e controle (Hardin, 1968).

O modelo popularizado por Arthur Cecil Pigou (1920), por outro lado, assume que o Estado tem papel central no equacionamento do dilema dos bens comuns. Entretanto, nesse caso os bens não ficariam sob posse ou

propriedade estatal, sendo apropriados pelos agentes privados, que ficam sujeitos à taxaço pelo uso (ou degradação) dos bens comuns ou têm direito a subsídios por sua conservação. Esse modelo também assume a tecnocracia estatal como suficiente para o monitoramento, valoração econômica e controle sobre o uso e conservação dos bens comuns.

Modelos posteriores assumem progressivamente a redução do papel do Estado na governança dos bens comuns. Ronald Coase (1960) enfatiza a insuficiência do Estado para promover alocação economicamente eficiente de bens comuns, assumindo que caberia a este apenas estabelecer a alocação inicial, garantir os direitos de propriedade e a livre transação por meio dos mercados.

O clássico *"The tragedy of the commons"* de Hardin (1968) representa um marco da contestação do papel do Estado na gestão dos comuns, e advoga pelo protagonismo dos mercados, dada a pretensa incapacidade dos indivíduos em gerir coletivamente bens comuns. A base deste argumento é a lógica econômica neoclássica em que, na ausência de custos de aquisição, um indivíduo racional não teria limites para aumentar permanentemente o uso e apropriação individual dos comuns, mesmo que o benefício incremental seja pequeno e declinante, e tendo ciência que a exaustão dos comuns prejudica o bem-estar coletivo (Ostrom, 1990).

Por outro lado, Elinor Ostrom em seu trabalho *"Governing the commons"* de 1990, equacionou os elementos de exaustão, apropriação e justiça sob uma forma de governança alternativa tanto ao domínio do Estado quanto dos mercados. Ostrom (1990) mostrou que, em escala local, em pequenas e médias comunidades, onde o capital social é consolidado em relações de confiança historicamente construídas, as ações coletivas voltadas à autogestão dos bens comuns mostraram-se mais eficazes para conservação dos serviços ecossistêmicos do que o controle



estatal ou privado. Ostrom (1990) reconhece a importância da regulação pelo Estado, contudo defende que a governança também deve ocorrer “de baixo para cima”, estabelecida pelas comunidades e gerida publicamente a partir da perspectiva de controle social pela coletividade.

Nesse sentido, em 2005 Ostrom desenvolveu o modelo IAD (*Institutional Analysis and Development framework*)¹. O IAD contribui para o equacionamento de problemas complexos envolvendo instituições, através da análise de como regras, condições físicas e materiais, e atributos da comunidade, estes últimos entendidos aqui como dotações de capitais sociais, políticos e econômicos, afetam a estrutura das arenas de ação, os incentivos atuantes sobre os indivíduos e indicam os possíveis e prováveis desfechos resultantes.

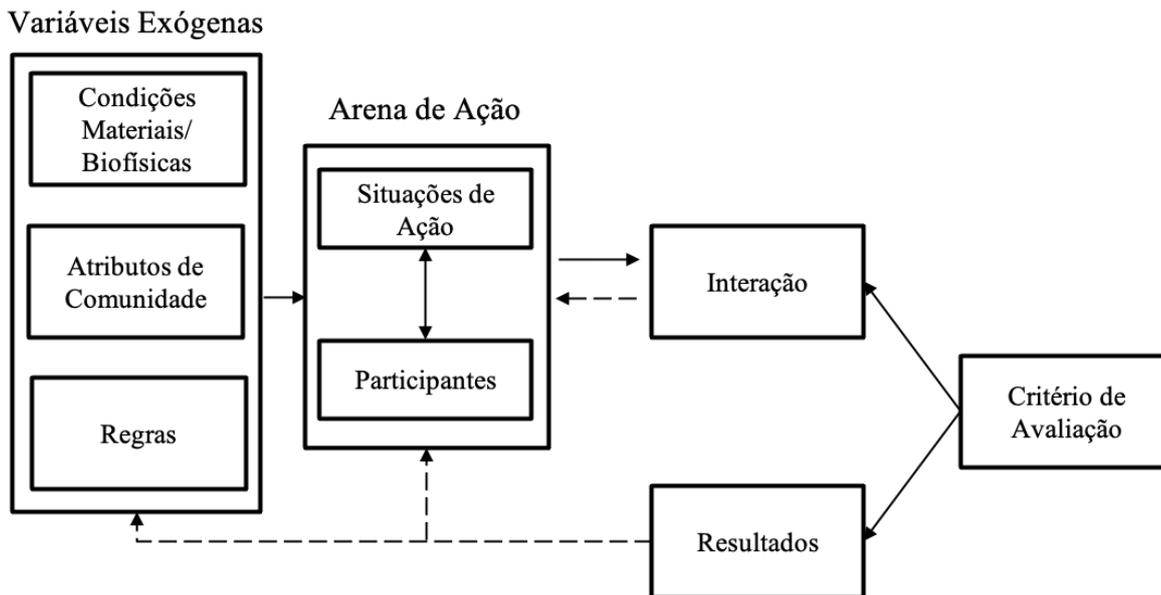
Ostrom (2005; 2008) entende que as dinâmicas institucionais, em um dado nível hierárquico e momento do tempo, dependem de variáveis externas categorizadas como: a) condições biofísicas, b) atributos de comunidades e c) regras em uso (Figura 1). Estas variáveis influenciam as disputas na situação de ação e as interações entre agentes, cujos resultados são reavaliados constantemente (setas pontilhadas da Figura 1) e realimentam os parâmetros das próprias variáveis externas e da situação da ação.

O IAD caracteriza e organiza o ambiente institucional, articulando aspectos econômicos, sociais e ambientais influenciadores do

processo de apropriação dos bens comuns. As condições biofísicas e materiais caracterizam o contexto e as características próprias dos bens comuns em disputa. A rivalidade é uma propriedade intrínseca dos bens comuns, e manifesta-se independentemente das regras sociais estabelecidas para sua apropriação e uso (Daly e Farley 2010). A estruturação de regras de apropriação dependeria de informação completa, principalmente quanto à disponibilidade local, capacidade de recomposição (no caso de recursos naturais renováveis), e limite biofísico máximo para apropriação dos bens comuns pela comunidade. Os atributos da comunidade, por sua vez, são historicamente construídos e consolidados em traços culturais e valores compartilhados, manifestados no capital social e relações sociais, assim como nas dotações de capital político e econômico.

As instituições se materializam em regras (Figura 1) que balizam as interações sociais entre os atores participantes das arenas de ação. Estas instituições são recursivamente alteradas ou reproduzidas ao longo do tempo de acordo com os resultados das interações na arena de ação. Os resultados se dão de acordo com as preferências e interesses dos atores, e de acordo com critérios de avaliação econômicos (renda gerada, custos), sociais (desigualdade nos ganhos ou nos custos, valores culturais e históricos, transformação das relações sociais) e políticos. Assim, os resultados gerados podem realimentar as situações de ação nas arenas ao longo do tempo até que se consolidem regras de apropriação e uso dos bens comuns legitimadas socialmente.

¹ Ostrom (2011) propõe uma hierarquia para a compreensão dos desdobramentos e relações entre as variáveis de um fenômeno. A autora afirma que *frameworks* identificam os principais elementos de um fenômeno e as relações explicativas entre as variáveis, enquanto as teorias são conjuntos de elementos relevantes particulares de um *framework* com objetivo de formulação de premissas. Modelos discriminam premissas precisas sobre um conjunto limitado de variáveis. Neste ensaio o termo *framework* será utilizado para denotar enquadramento teórico de variáveis.

**Figura 1 – IAD - Institutional Analysis and Development framework**

Fonte: Ostrom (2005 2008)

As instituições são escrutinadas constantemente nas arenas de ação, e novas configurações institucionais têm mais probabilidade de surgir em momentos de crise. As crises ocorrem quando as regras em uso em determinado momento não são suficientes para gerar previsões razoáveis sobre os resultados das ações estratégicas dos agentes participantes da arena (Pavanelli e Igari 2019). Esta incerteza leva ao acirramento de disputas nas arenas e também gera oportunidades para atores e/ou coalizões sociais desafiantes mudarem as relações de forças nas arenas de ação. Consequentemente, o novo arranjo de forças pode fazer surgir novas configurações institucionais no momento seguinte, que atendam melhor os interesses dos agentes que possuam dotações de capital vantajosas na disputa pelo controle das instituições (Acemoglu, Johnson e Robinson 2005).

Inspirado no IAD, proposto por Ostrom (1990 2005 2008), o presente ensaio apresenta adaptações que permitem aprofundar e detalhar as condições exógenas que influenciam a distribuição de poder (dotações) entre agentes e coalizões. Para ilustrar a

aplicabilidade do *framework* proposto neste ensaio, suas variáveis são aplicadas à análise da narrativa histórica da indústria de eletricidade brasileira, desvelando os processos de reprodução ou mudança das regras em uso.

2. Adaptação do *framework*: expandindo e detalhando as variáveis do IAD

O IAD no formato proposto por Ostrom analisa profundamente a arena de ação, caracterizando sete diferentes tipos de regras e as interações entre os agentes na arena (Ostrom 2005 2008), mas carece de detalhamento sobre as variáveis exógenas e suas articulações. As variações na distribuição de dotações entre as coalizões ou atores permitem elucidar a construção histórica que balizou a estruturação dos atributos da comunidade e as relações de poder entre os atores na arena de ação (Igari et al. 2020).

Diferentemente de Ostrom, que procurou por sistematizar centenas de casos de governança de bens comuns e públicos, este estudo, assim como o de Pavanelli, Oliveira e Igari (2021), adota uma perspectiva menos abrangente,



procurando elucidar, através das indicações gerais feitas por Ostrom, as relações entre as variáveis externas encontradas no caso específico da indústria de eletricidade brasileira. O detalhamento de casos singulares (em desenvolvimento pelos autores também em outros trabalhos) resulta no *framework* analítico proposto, que é adaptado ou aprofundado (variando o nível de detalhe de suas variáveis e dotações) de acordo com o impacto das variáveis para cada caso.

A adaptação do IAD (Figura 2) busca expandir o detalhamento das características da comunidade em dotações sociais e econômicas, e das condições biofísicas em capital natural e seus limites (Pavanelli, Oliveira e Igari 2021)². As regras em uso, por sua vez, passam a ser resultantes das disputas e as arenas são unidades de análise de instâncias concêntricas (níveis de governança) das disputas. As dotações e as regras em uso são intermediadas pela arena de ação e se influenciam mutuamente ao longo do tempo.

Os atributos de comunidades, destrinchados no *framework* ilustrado na Figura 2, resultam em dotações sociais e econômicas, que por sua vez desdobram-se nas seguintes variáveis: a) sociais: i) modelos mentais compartilhados; ii) capital simbólico, iii) capital social; iv) capital humano; v) ideologia; vi) capital político e, b) econômicas: i) capital financeiro; ii) capital tecnológico; iii) capital construído³.

² Uma versão preliminar do *framework* apresentado na Figura 2 foi apresentado no Seminário Interdisciplinar de Sustentabilidade, realizado pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.

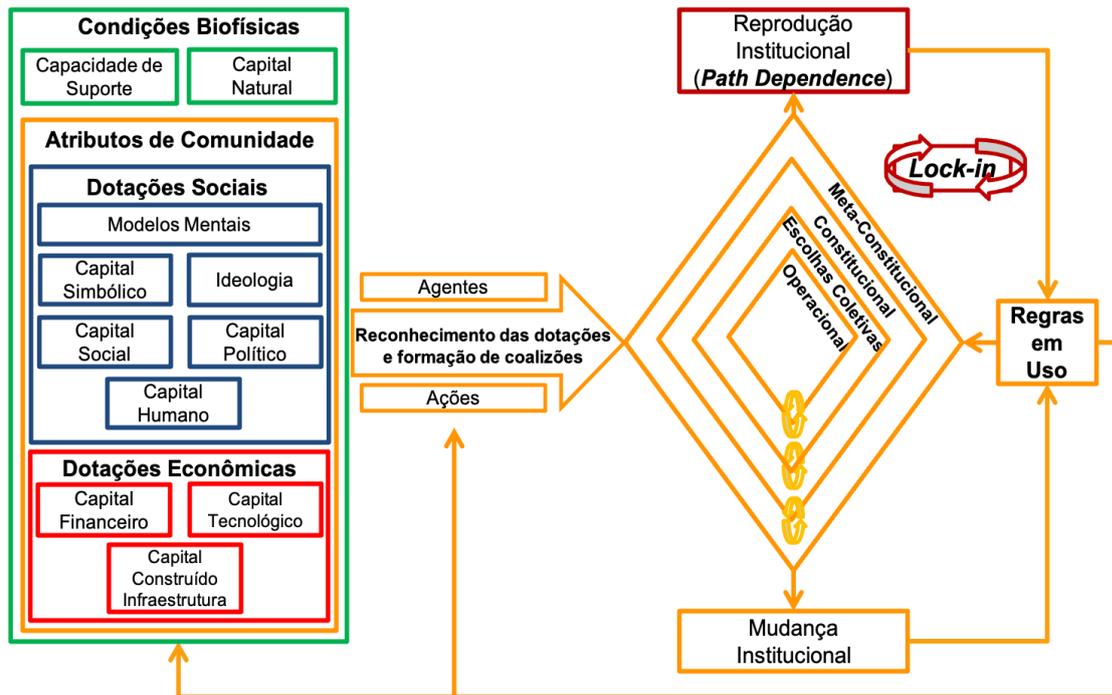
³ Há uma diferença entre o *framework* proposto na Figura 2 e o de IAD de Ostrom, complementado pelo SES que ela elabora em conjunto com McGinnis em 2014. Ostrom e McGinnis entendem que o capital construído constitui parte das condições biofísicas. Este ensaio categoriza o capital construído dentro de atributos de comunidade, mais especificamente, conforme apresentado, como parte de dotações econômicas.

A adaptação do *framework* (Figura 2) evidencia e detalha as variáveis externas do IAD, permitindo representar com mais precisão os processos e as articulações entre sociedade, economia e ambiente. Embora Ostrom tenha apresentado com McGinnis o SES (*Socio-Ecological System*) um *framework* institucional hierárquico que articula as variáveis do IAD, o SES também foca nas diferentes regras da arena de ação, não detalhando as variáveis exógenas (dotações econômicas, sociais e políticas, bem como as condições biofísicas historicamente construídas) (McGinnis e Ostrom 2014).

O enquadramento teórico-analítico proposto também representa visualmente os processos de reprodução e mudança institucional ao longo do tempo. A noção de North (1990) de *path dependence*, utilizada também por Ostrom e Basurto (2011), representa a reprodução das instituições e as experiências de agentes que, avessos ao risco, tendem a mimetizar ao longo do tempo soluções disseminadas como bem-sucedidas, cristalizando-se em pretensas melhores práticas, restringendo escolhas futuras e dificultando a mudança das regras em uso, consolidando assim um *lock-in* institucional.

O *framework* tem por premissa que mudanças na distribuição das dotações sociais, econômicas e políticas, ou na disponibilidade do capital natural, podem abrir espaço para novos grupos e coalizões, oferecendo oportunidades de mudanças das regras em uso em um momento futuro.

As regras em uso resultantes em um momento do tempo realimentam os estados, tanto dos atributos de comunidade, como da disponibilidade de capital natural. Esta influência recursiva pode tanto reproduzir as regras em uso (sempre que as coalizões dominantes acumularem mais dotações nas disputas nas arenas em seus níveis hierárquicos) quanto mudá-las (quando as dotações são redistribuídas, por uma crise econômica ou ambiental, por exemplo).

**Figura 2 - Framework de análise institucional adaptado a partir do IAD**

Fonte: Baseado em Pavanelli, Oliveira e Igari (2021), Ostrom (2005 2008), Ostrom e Basurto (2011) e North (1990).

Para investigar a aplicabilidade do *framework*, o presente estudo utilizou-se de sínteses históricas obtidas na análise da indústria de geração de energia de eletricidade brasileira de Pavanelli e Igari (2019). A geração de energia elétrica no Brasil pauta-se majoritariamente em grandes usinas hidrelétricas. Apesar dos impactos socioambientais negativos de sua instalação e operação, a hidroeletricidade rompe com a lógica global dominante de utilização de reservas fósseis para geração de energia. As fontes fósseis representam a apropriação contemporânea da energia solar convertida em biomassa e hidrocarbonetos ao longo de centenas de milhões de anos, um balanço temporal claramente imprudente, que devolve carbono à atmosfera num ritmo muito superior à resiliência dos sistemas socioecológicos atuais. A hidroeletricidade, por outro lado, é muito mais síncrona com relação à conversão e uso de energia. A energia solar fornece energia para todo o ciclo da água, com a formação de chuvas, acúmulo de energia potencial hídrica (sólida ou líquida) em

montanhas e planaltos, que é convertida em energia cinética no movimento dos rios e finalmente das turbinas geradoras. Desta forma, a energia hidrelétrica resulta da apropriação da energia solar e de seus processos de conversão a partir do ciclo hídrico contemporâneo, o que limita a geração e uso de energia elétrica à resiliência e conservação dos ecossistemas presentes.

Uma releitura dos resultados de estudos anteriores dos autores é desenvolvida a seguir, aplicando-se o *framework* proposto na seção 2, no qual os principais conjuntos de variáveis estruturais referem-se às condições biofísicas e aos atributos de comunidade, estes últimos divididos em dotações sociais e econômicas. Através da identificação histórica de evidências empíricas de cada elemento estrutural, vislumbram-se as condições das disputas entre os agentes e é possível compreender os resultados sobre as regras em uso em relação à sua reprodução ou mudança.



3. Aplicação do *framework* de análise institucional à narrativa histórica da indústria de eletricidade brasileira

A indústria de eletricidade brasileira iniciou-se ao final do século XIX com o entusiasmo de D. Pedro II e de empreendimentos privados de agentes locais, como Bernardo Mascarenhas e Arthur Thiré no sudeste de Minas Gerais (Memória da Eletricidade 2015). Tratava-se de concessões municipais para usinas privadas descentralizadas⁴ de geração por meio de fontes hídricas e térmicas (movidas a derivados de petróleo). Neste primeiro período, entre 1879 e 1903 (quadro 1 – anexo), os agentes que disputam pelos recursos energéticos são majoritariamente locais, tanto privados quanto públicos, sendo os primeiros dotados prioritariamente de capitais econômicos, e os segundos de capital político (Pavanelli e Igari 2019). A arena constitucional fornece o arcabouço institucional para o estabelecimento das concessões no nível local de escolhas coletivas (Figura 2 – losangos concêntricos), que ocorrem em função dos interesses privados nas áreas de maior potencial para geração hidrelétrica. Apesar do uso concorrente dos rios entre a geração de energia e as outras alternativas econômicas, como a transporte, a pesca e o abastecimento humano, animal e agrícola, a escala dos empreendimentos hidrelétricos iniciais não afetava substancialmente a disponibilidade hídrica para as outras atividades e nem a

capacidade de suporte ou o limite de resiliência dos rios (Figura 2 – condições biofísicas),

O modelo descentralizado de concessão e de geração de energia no período entre 1879 e 1903 dava ampla liberdade à iniciativa privada quanto à escolha de tecnologias (hidráulica ou térmica) e quanto à localização dos empreendimentos. Em situações de intensificação do uso dos recursos naturais, esta abordagem pouco controlada poderia caminhar rapidamente para um cenário de tragédia dos bens comuns quanto à exploração dos recursos hídricos. Além disso, as concessões municipais eram bastante sensíveis ao capital financeiro, social e simbólico (Figura 2 – atributos da comunidade) dos empreendedores, que dominavam a arena de ações coletivas. Este domínio faz com que as concessões, entendidas aqui como instituições formais (Figura 2 – regras em uso) que regulamentam o uso concorrente dos recursos hídricos, atendessem prioritariamente os interesses de exploração dos rios para uso hidrelétrico.

A partir do século XX, principalmente no período entre 1904 e 1933 (quadro 1 – anexo), as multinacionais Light e Amforp se consolidam e concentram os ativos da indústria de eletricidade nacional (Leite 2014). Embora a governança dos ativos naquele momento estivesse sob domínio do capital estrangeiro, com a Light operando em muitos centros importantes de consumo, as concessões ainda se mantiveram locais, municipalizadas e com geração descentralizada local até 1934. Com o aumento de escala da geração e do consumo, associado à concentração do setor em torno das multinacionais, muda a coalizão dominante nas arenas de escolhas coletivas, deixando em segundo plano os empresários locais. A nova coalizão dominante acentua o domínio nas arenas locais e exerce ainda mais influência sobre os municípios e sobre a concessão de uso dos recursos hídricos. Com isso, observa-se um *lock-in* (Figura 2 – reprodução institucional) que favoreceu a persistência dos

⁴ Em relação à escala, os projetos de geração elétrica podem ser divididos contemporaneamente em centralizados (grandes usinas de geração que transmitem eletricidade para centros de consumo recorrentemente distantes) e distribuídos (aplicações de menor escala, que podem ou não estar conectadas à rede elétrica, e que suprem uma demanda de escala local). Do final do século XIX até início do século XX, a transmissão de eletricidade em grande escala e em grandes distâncias não era tecnologicamente madura e, portanto, todas as aplicações eram descentralizadas, com usinas locais que supriam as demandas municipais.



processos municipais de concessão (Figura 2 – regras em uso) que, por sua vez, mantiveram-se como instituições vantajosas também à nova coalizão dominante. O aumento da escala de geração e a implementação de redes regionais de transmissão ainda não foram suficientes para que a indústria de eletricidade brasileira considerasse o capital natural como limitante para suas atividades neste período.

A além da atuação no nível das escolhas coletivas, as multinacionais mobilizaram suas dotações sociais e econômicas também no nível constitucional, resultando na estruturação da cláusula ouro como nova instituição formal para o setor (Figura 2 – regras em uso). A cláusula ouro, que entrou em vigor em 1904, estabelecia remuneração fixa em moeda estrangeira para as multinacionais da indústria de eletricidade, poupando-as de flutuações cambiais da moeda local, e garantindo uma vantagem comparativa em relação às empresas nacionais (Júnior et. al 2007).

A dominância das multinacionais na indústria de eletricidade brasileira foi abalada pela crise econômica de 1929, que fragilizou o seu capital financeiro e evidenciou o risco de insolvência das empresas instaladas no Brasil. Neste contexto de enfraquecimento da coalizão dominante, em 1934 Getúlio Vargas toma o controle da arena constitucional, derruba a cláusula ouro e inicia um processo de centralização no Governo Federal das funções de planejamento e execução da expansão da indústria de eletricidade brasileira.

O período de 1934 a 1963 (quadro 1 – anexo) é caracterizado pela mudança do balanço de forças na arena constitucional. A presidência de Getúlio Vargas é marcada pelo capital simbólico de liderança popular e por posições ideológicas pautadas na centralidade do Estado no desenvolvimento socioeconômico do país. Estas dotações manifestam-se no capital político necessário para a estruturação de novas instituições formais na arena constitucional (Figura 2 – mudança institucional), como a criação do Código de

Águas e do CNAEE (Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica), em 1934, que passaram a regular o uso dos rios brasileiros e seu potencial hidrelétrico. Inaugura-se um novo período da indústria de eletricidade brasileira, caracterizado por ocupar os maiores potenciais hídricos do país com grandes usinas de geração e com o poder legal e regulatório centralizado no Governo Federal (Gomes 2002). Paulatinamente, os ativos da indústria vão sendo incorporados pelo Estado, e este processo é intensificado em 1962, com a criação da Eletrobrás (proposta por Getúlio Vargas em 1954), e em 1964, após o golpe militar (Júnior et. al 2007). A exploração do potencial hídrico em escala nacional neste período ainda não vislumbra o horizonte de esgotamento da capacidade de suporte para geração de energia hidrelétrica. A governança hídrica é pautada na centralidade do Estado no planejamento e apropriação do capital natural.

O golpe militar de 1964 marcou o início de outra fase na indústria de geração de energia elétrica no Brasil, que perdurou até 1992 (quadro 1 – anexo). Um golpe de Estado é uma anomalia subcivilizatória e anti-institucional, que rompe com as premissas mais elementares da vida em sociedade. Trata-se da apropriação violenta do capital político, seguida da sustentação também violenta das demais dotações sociais e econômicas, recorrentemente com ênfase nos elementos ideológicos dos grupos golpistas. A apropriação violenta das dotações reflete-se no domínio das arenas em todos os seus níveis e controle sobre as instituições, que passam a legitimar, consolidar e fortalecer as novas coalizões dominantes. Este período mostra a centralização do controle dos ativos de geração no Governo Federal, através da Eletrobrás e do Ministério de Minas e Energia (MME). Em meados dos anos 1980, grandes usinas hidrelétricas de geração, como Tucuruí, no Pará, e Itaipu Binacional, no Paraná, consolidaram o modelo hidrelétrico centralizado como maior responsável pela oferta de geração



nacional (Leite 2014). Essas imensas usinas representam sinalizações que a indústria de geração de eletricidade reunia capitais tecnológico, construído, financeiro e humano plenamente capazes de conceber empreendimentos e instituições capazes de ultrapassar em larga margem os limites de resiliência do capital natural. Boa parte destes projetos centralizados foi financiada por organizações internacionais, como o Banco Mundial, que alimentavam com capital financeiro as dotações das coalizões dominantes (Pavanelli e Igari 2019). Foi também relevante para a o *lock-in* em torno da geração hidrelétrica a formação e consolidação do capital humano formado por engenheiros civis especialistas em barragens e hidroeletricidade, que dominaram historicamente as decisões nas empresas (Figura 2 – capital humano) da indústria de eletricidade brasileira (Pavanelli 2016; Pavanelli e Igari 2019)

Em 1990, após o período de redemocratização do país, por insolvência das empresas públicas da indústria de eletricidade, fruto do desbalanceamento das tarifas (que não remuneravam adequadamente as empresas de acordo com seus custos de operação) (Pavanelli e Igari 2019), iniciou-se um processo de privatização da indústria, baseado no modelo inglês de separação dos ativos nos setores de geração, transmissão e distribuição. O processo de privatização da indústria de eletricidade, apesar de contar com o alinhamento ideológico das coalizões dominantes à época, não prosperou como mudança institucional em função da erosão do capital social e político do governo, que culminou com o *impeachment* do presidente Fernando Collor em 1992.

Com o *impeachment*, uma nova coalizão se estrutura, mais robusta, favorável à privatização e inicia-se o período de 1993 a 2002 da indústria de eletricidade (quadro 1 – anexo). A privatização, só ocorreu concretamente a partir de 1995, após a equalização das tarifas, e

ganhou intensidade a partir de 1997, após a criação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), autarquia em regime especial criada para regular econômica e tecnicamente a indústria de eletricidade nacional (Júnior et. al 2007; Pavanelli 2019). Iniciando-se pelo setor de distribuição, a indústria de eletricidade nacional foi sendo assimilada progressivamente pelo capital privado. Sob a perspectiva meta-constitucional, o receituário liberal de redução do Estado, concretizado nas privatizações, demonstra a influência ideológica dominante nesta arena sobre as instituições que balizam a arena constitucional, onde foi regulamentada uma nova governança na indústria, com controle privado por um lado e regulação estatal por parte da ANEEL (Figura 2 – mudança institucional).

Entre 2000 e 2002 uma série de crises de oferta afetou o suprimento de eletricidade nos principais centros de consumo do sudeste do país, provocando racionamentos e *blackouts*. Identificam-se na literatura como principais causas das crises de oferta: a crise hídrica no período (Leite 2014), representando uma sinalização que os empreendimentos haviam ultrapassado os limites de resiliência hídrica; falhas pontuais em equipamentos (Júnior et. al 2007); e problemas de infraestrutura de transmissão. Estes dois últimos fatores relacionam-se à insuficiência do capital construído nos sistemas de geração e transmissão. Há substancial entendimento também que a principal razão da crise foi a falta de planejamento em nível nacional (Sauer et. al 2003; Júnior et. al 2007; Leite 2014). Na presente análise, os planos também representam instituições resultantes das arenas: constitucionais (e.g. planos decenais do setor); de escolhas coletivas (e.g. leilões para expansão da geração e transmissão de energia); e operacionais (e.g. planejamento estratégico das empresas concessionárias). Assim, o planejamento do setor deveria reunir instituições responsáveis, em conjunto, por dar previsibilidade às relações entre os agentes



nos diferentes níveis da indústria, inclusive os consumidores finais.

A mudança institucional que guiou a saída das crises de oferta do início dos anos 2000 foi responsável pela emergencial implementação e incorporação de usinas térmicas na geração de eletricidade, principalmente alimentadas a gás natural proveniente de gasodutos com a Bolívia. O comitê de crise à época (secretaria vinculada à presidência da república com status ministerial) elaborou o PPT (Programa Prioritário de Termelétricas), uma instituição formal que viabilizou e implementou usinas térmicas em um período de tempo bem curto (Pavanelli 2016). A oferta nacional de eletricidade por fontes térmicas quase dobrou entre 1999 e 2003, saltando de 7.793 MW de potência instalada para 15.140 MW (EPE 2008). Assim, o final deste período é marcado pelo efeito da mudança institucional nas dotações econômicas da indústria, incorporando no capital tecnológico a geração térmica a gás natural e no capital construído as novas usinas e gasodutos. Estas novas dotações, por sua vez, influenciam o contexto institucional futuro do setor, caracterizando a realimentação positiva representada na Figura 2 pelas setas inferiores, orientadas da direita para a esquerda.

De 2003 em diante, no último período analisado, o Brasil caracteriza-se por um modelo híbrido de governança da indústria de eletricidade, com parte dos ativos privados e parte públicos em todos os segmentos (geração, transmissão e distribuição), contando com a ANEEL no papel de órgão regulador e o ONS (Operador Nacional do Sistema) na operação do SIN (Sistema Interligado Nacional).

Neste período, pressões por mitigação das mudanças climáticas começam a fomentar mudanças nas agendas locais e nacionais quanto ao planejamento da expansão da geração de eletricidade, para priorização de fontes mais limpas e renováveis. A Conferência do Clima, instituída em 1992, e seus

desdobramentos, como o protocolo de Quioto e a COP 21, pressionaram (e ainda pressionam) os governos locais e nacionais a mitigar suas emissões de gases de efeito estufa.

Um dos impactos destas preocupações com a capacidade de suporte do planeta quanto às mudanças climáticas na agenda brasileira de planejamento energético evidencia-se institucionalmente no PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), lançado em 2002. O PROINFA subsidiou tarifas diferenciadas para fontes alternativas de geração, como a eólica e a biomassa. Em 2019, a geração eólica, principalmente originária do nordeste do Brasil, respondeu por 8,6% da oferta elétrica nacional (EPE 2020), e a cogeração a partir de biomassa de resíduos da cana-de-açúcar, com expressividade no interior paulista, 8,4%.

Em 2012 a ANEEL publicou a RN482, que regulamenta a geração distribuída de aplicações com até 5 MW de potência instalada a partir de fontes renováveis (solar, eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa), possibilitando que agentes locais voltem a poder influenciar e participar ativamente da geração elétrica do país, como ocorria no início do século XX. A fonte fotovoltaica através da geração distribuída ainda é tímida no Brasil, e embora tenha apresentado expressivo crescimento anual, ainda representa por volta de 1% da oferta nacional de geração elétrica (EPE 2020). A expansão das fontes renováveis indústria de eletricidade depende da estruturação de coalizões suficientemente dotadas de atributos sociais e econômicos, capazes de promover mudanças institucionais nos níveis constitucional, de escolhas coletivas e operacional.

4. Considerações finais

O *framework* apresentado neste ensaio, inspirado no IAD de Ostrom, buscou entender como se estruturaram as disputas institucionais que originaram reprodução e mudança em



cada período. A distribuição de dotações (variáveis estruturais) entre as coalizões ou atores puderam explicar os momentos de mudança do controle da governança da indústria de geração de energia elétrica brasileira entre o poder público e o privado, assim como as mudanças na fonte primária e tecnologia de geração dominantes para a oferta elétrica.

A crise de 1929, por exemplo, afetou negativamente as dotações econômicas dos entes privados multinacionais, abrindo uma janela de oportunidade para que coalizões com modelos mentais estatistas pudessem assumir protagonismo nas arenas, tornando, paulatinamente, públicos os ativos da indústria de eletricidade nacional. A crise de oferta entre 2000 e 2002, ocasionada por uma mudança momentânea no padrão hidrológico evidência, de fato, uma crise resultante da extrapolação dos limites do capital natural. Esta crise catalisou a rápida adoção e substancial expansão de usinas térmicas, principalmente alimentadas a gás natural, na oferta nacional de eletricidade.

Ao categorizar e analisar as evidências históricas a partir das variáveis estruturais apresentadas no *framework* proposto neste ensaio, foi possível identificar a distribuição de dotações entre os principais agentes que disputaram o controle das instituições que balizaram a indústria de eletricidade nacional, contextualizando as escolhas por governança, por tecnologias e fontes de geração.

O *framework* possibilita analisar as relações entre agentes e coalizões ao longo dos níveis de arena e também os efeitos recursivos das mudanças institucionais sobre as dotações sociais e econômicas, evidenciando efeitos de realimentação positiva. A dinâmica de recursividade reflete também a potência do efeito de reprodução das dotações e instituições ao longo do tempo. As evidências históricas mostram, por outro lado, fenômenos que foram capazes de alterar o balanço de

dotações e promover mudanças institucionais no período analisado.

A compreensão das dinâmicas institucionais pelas lentes teóricas escolhidas, principalmente sobre os aspectos que precedem suas mudanças, permitiu observar as interconexões entre sociedade e meio ambiente. As instituições, sob a perspectiva da Economia Ecológica, entendidas como interfaces entre o mundo social e o mundo natural, são determinantes nos processos produtivos de apropriação, distribuição e uso de recursos naturais.

O *framework* apresentou a distribuição de poder entre os agentes (através do mapeamento de suas dotações), e possibilitou a identificação dos interesses dos grupos, assim como os recursos e níveis hierárquicos envolvidos nos momentos de acirramento das disputas. Para a Economia Ecológica, o *framework* pode colaborar como uma ferramenta para aprofundar a compreensão sobre a apropriação historicamente constituída das dotações (ambientais, sociais e econômicas) que estruturam e ponderam as disputas pelas regras que balizam o uso dos recursos naturais. O *framework* contribui ainda para o entendimento, em diferentes níveis hierárquicos, do impacto dos interesses de agentes com maiores dotações nas escolhas finais de apropriação, distribuição e uso do capital natural.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. O primeiro autor gostaria de agradecer à *Fox Fellowship* do *McMillan Center* da Universidade de Yale. Este artigo é um resultado parcial das atividades do Projeto Temático “Governança ambiental na Macrometrópole Paulista, face à variabilidade climática” (processo n. 15/03804-9) financiado pela FAPESP.



Referências

- Acemoglu, D., Johnson, S. e J. A. Robinson., 2005. Institutions as a Fundamental Cause of Long-Run Growth, em Aghion, P. e S. N. Durlauf (eds) Handbook of Economic Growth, Vol. 1: 385-472.
- EPE: Empresa de Pesquisa Energética., 2008. Balanço Energético Nacional 2008. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/balanco-energetico-nacional/5-edicoes-anteriores/01-ben-2008-ano-base-2007-pdf.pdf/view>
- EPE: Empresa de Pesquisa Energética., 2020. Balanço Energético Nacional 2020 - Relatório Síntese. 73. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relatório Síntese BEN 2020-ab 2019 Final.pdf>
- Coase, R. H., 1960. The problem of social cost. In: Gopalakrishnan, C. (Ed.) Classic Papers in Natural Resource Economics. Londres: Palgrave Macmillan.
- Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. e M. Van Den Belt., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* Vol. 387: 253-260.
- Daily, G. C., 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press.
- Daly, H. e J. Farley., 2010. *Ecological economics: principles and applications*. 2ª ed. Washington. Vol. 55.
- DeFries, S., Foley, A. e P. Asner., 2004. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment* Vol. 2: 249-257.
- Fligstein, N. e D. McAdam., 2012. *A theory of fields*. Oxford University Press.
- Freitas, C. E. D., Sinisgalli, P. A. A., de Almeida, P. S., de Souza Leão, R., e A. T. Igari., 2021. O instrumento de outorga e os limites ambientais. *Revibec: revista iberoamericana de economia ecológica* Vol. 34: 155-178.
- Gomes, J. P. P., 2002. *O Campo De Energia Elétrica No Brasil – De 1880 A 2002*. Faculdade Getúlio Vargas.
- Hardin, G., 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* Vol. 162: 1243-1248.
- Igari, A. T., 2021. Sustentabilidade e instituições: desafios aos pactos civilizatórios. *Nexo Jornal - Políticas Públicas*. Acesso em 28/12/2021:
- Igari, A. T., Pavanelli, J. M. M., Oliveira, C. E. e P. A. A. Sinisgalli., 2020. Mudanças institucionais e governança de serviços ecossistêmicos. *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista* Vol. 3: 9-11. <https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/dialogossocioambientais/article/view/295/267>
- Júnior, H. Q. P. (Org.), Almeida, E. F., Bomtempo, J. V., Iooty, M. e R. G. Bicalho., 2007. *Economia da Indústria Elétrica*. In: *Economia da Energia*. 4ª tiragem ed. São Paulo: Campus Elsevier, p. 343.
- Leite, A. D., 2014. *A energia do Brasil*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Lexicon.
- Martínez-Alier., J. 2012. Environmental Justice and Economic Degrowth: An Alliance between Two Movements. *Capitalism Nature Socialism* Vol. 23: 51-73.
- McGinnis, M. D. e E. Ostrom., 2014. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society* Vol. 19.
- Memória Da Eletricidade 2015., Memória da Eletricidade. Disponível em: <http://www.memoriadaeletricidade.com.br/Default.asp?pagina=destaques/linha&menu=368&iEmpresa=Menu#368>, Acesso em: 15 dez.
- North, D., 1990. *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. 1ª ed. Washington: Cambridge University Press.



Oliveira, C. E., Pavanelli, J. M. M. e A. T. Igari., 2020. Serviços ecossistêmicos e bens comuns: uma breve conceitualização. *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista* Vol. 3: 24-26.

Ostrom, E., 1990 *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ostrom, E., 2005. *Understanding Institutional Diversity*. 1. ed. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Ostrom, E., 2008. *Doing Institutional Analysis: Digging Deeper than Markets and Hierarchies*. In: *Handbook of New Institutional Economics*. 1º ed., p. 819–848, Springer.

Ostrom, E., 2011. Background on the Institutional Analysis and Development Framework. *The Policy Studies Journal* Vol. 39: 7-27.

Ostrom, E. e X. Basurto., 2011. Crafting analytical tools to study institutional change. *Journal of Institutional Economics* Vol. 7: 317-343.

Pavanelli, J. M. M., 2016. A integração da geração fotovoltaica distribuída à matriz elétrica brasileira: uma análise sob a ótica institucional. 2016. Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-05022017-164641/pt-br.php>

Pavanelli, J. M. M. e Igari, A., T. 2019. Institutional Reproduction and Change: An Analytical Framework for Brazilian Electricity Generation Choices. *International Journal of Energy Economics and Policy* Vol. 9: 252-263.

Pavanelli, J. M. M., 2019. Meso-institutions Ongoing: The Brazilian Case of Thermal Electric Generation, em Lampis, A e C. Berman (eds) *Anais do Seminário Internacional*

Territórios da Energia, Mudanças Climáticas e Sustentabilidade da Macrometrópole Paulista - Resumos, São Paulo: IEE – USP. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/?q=pt-br/noticia/anais-do-seminario-internacional>

Pavanelli, J. M. M., Oliveira, C. E. e A. T. Igari., 2021. Expandindo As Variáveis Externas do IAD de Ostrom: Como Análises Históricas Institucionais Contribuem com Problemas Ambientais Complexos. *Anais Do Seminário Interdisciplinar de Sustentabilidade: Agendas Locais e Globais Da Sustentabilidade*. <https://drive.google.com/file/d/1crfpTFILeVQPr3EGNDdolo59RC2qGkm8/view>

Pigou, A. C., 1920. *The Economics of Welfare*. Londres: Macmillan and co.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin Iii, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. e J. A. A. Foley., 2009. Safe operating space for humanity. *Nature* Vol. 461: 472-475.

Sauer, I. L., Rosa, L. P., D'Araujo, R. P., Carvalho, J. F., Terry, L. A., Prado, L. T. S. e J. E. G. Lopes., 2003. *A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro*. 1. ed. São Paulo: Paz e Terra.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., Vries, W., Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. e S. Sörlin., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* Vol. 347.



ANEXO 1.

As variáveis do *framework* são apresentadas no quadro 1, acompanhadas da identificação do marco que a representa na narrativa histórica da indústria de eletricidade brasileira. São identificados também os níveis hierárquicos institucionais (arenas) categorizados por Ostrom (2008) (MT = meta-constitucional; CO = constitucional; AC = ações coletivas; OP = operacional). Dentro de cada célula da tabela, entre parênteses, apresenta-se o principal nível hierárquico do marco ou da disputa em questão.



Quadro 1. Categorização dos eventos históricos de acordo com as variáveis propostas no *framework* de análise institucional (linhas) ao longo dos períodos da indústria de eletricidade brasileira (colunas).

	1879-1903	1904-1933	1934-1963	1964-1992	1993-2002	2003-2016
Capital Natural	Recursos não são considerados fatores limitantes	Recursos não são considerados fatores limitantes	Vislumbra-se o horizonte de esgotamento do potencial hídrico para geração	Potencial hídrico começa a se esgotar, os melhores locais já estão ocupados	Pressões climáticas começam a influenciar agendas de expansão elétrica	Fontes solar e eólica passam a compor recursos primários de geração
Capacidade de Suporte	Reposição de recursos hídricos suficiente para oferta elétrica e outros usos	Reposição de recursos hídricos suficiente para oferta elétrica e outros usos	Reposição de recursos hídricos suficiente para oferta elétrica e outros usos	Reposição de recursos hídricos suficiente para oferta elétrica e outros usos	Crise Hídrica e de oferta elétrica (CO, AC, OP)	Crise Climática (MT, CO, AC, OP)
Modelos Mentais	Liberal (CO)	Liberal (CO)	Estatista (CO)	Estatista (CO)	Liberal (CO)	Liberal CO)
Ideologia	Privatismo nacional (AC, OP)	Privatismo multinacional (AC, OP)	Nacionalismo (CO, OP)	Nacionalismo (CO, OP)	Privatismo (CO, AC, OP)	Misto (CO, AC, OP)
Capital Político	Influência de concessões municipais (AC, OP)	Influência de concessões municipais (AC, OP)	Governo federal centraliza planejamento energético (CO)	Golpe militar (CO)	Redemocratização e Privatismo (CO, AC, OP)	Acordos público-privados (CO, AC, OP)



	1879-1903	1904-1933	1934-1963	1964-1992	1993-2002	2003-2016
Capital Social	Redes de contatos entre empresas e governos locais (AC, OP)	Rede de multinacionais e governos locais (AC, OP)	Rede de empresas públicas e governo federal (CO, OP)	Rede de empresas públicas e governo federal (CO, OP)	Rede de empresas públicas e privadas e governo federal (CO, OP)	Rede de empresas públicas e privadas e governo federal, ações coletivas, comunidades locais, e pressões internacionais (MT, CO, AC OP)
Capital Simbólico	D. Pedro II, Bernardo Mascarenhas, Arthur Thiré (CO, OP)	Light, Amforp (OP)	Getúlio Vargas, CNAEE (CO)	Governo Militar (MME) (CO), Eletrobrás (OP)	ANEEL (AC), comitê de crise (CO)	MME, EPE (CO), ANEEL (AC),
Capital Humano	Empreendedores nacionais e multinacionais (OP)	Provido pela Light e pela Amforp (OP)	Desenvolvimento de capital humano nacional para hidrelétricas (CO)	“Barrageiros” (engenheiros especialistas em barragem) (AC, OP)		Instaladores Independentes de fontes Fotovoltaicas (OP)
Capital Financeiro	Privado nacional e multinacional (OP)	Privado multinacional (Light e Amforp) (OP) Escassez provocada pela Crise de 1929 (MC), multinacionais perdem solvência (OP)	Estado - Governo Federal (CO)	Estado - Governo Federal (CO) (Eletrobrás - OP) via Banco Mundial (MT)	Privado nacional e multinacional (CO, OP)	Misto (público-privado) (CO, OP)



	1879-1903	1904-1933	1934-1963	1964-1992	1993-2002	2003-2016
Capital Construído	Redes Municipais de transmissão (AC, OP)	Redes regionais de transmissão (CO)	Redes regionais de transmissão (CO)	Redes regionais de transmissão (MT, CO)	Redes nacionais de transmissão (MT, CO, AC, OP)	Redes nacionais de transmissão (MT, CO, AC, OP)
Capital Tecnológico	Hidro e térmica descentralizada	Hidro e térmica (petróleo, carvão) centralizada	Hidro e térmica (petróleo, carvão, nuclear, gás) centralizada	Hidro e térmica (petróleo, carvão, nuclear, gás) centralizada	Hidro e térmica (petróleo, carvão, nuclear, gás) centralizada	Hidro, térmica (petróleo, carvão, nuclear, gás, biomassa), eólica centralizada e fotovoltaica distribuída
Emergência e Reprodução	Surgimento da indústria de eletricidade, concessões municipais para agentes privados nacionais e estrangeiros. Modelo descentralizado hidro e térmica (petróleo)	Reprodução do modelo anterior através da Cláusula Ouro, priorizando a remuneração de empresas estrangeiras. Modelo centralizado hídrico e térmico (petróleo)		Manutenção do Estado como centralizador do planejamento e operação da indústria de eletricidade nacional. Modelo majoritariamente centralizado hídrico, com incremento térmico (petróleo, gás, biomassa)		Manutenção de governança privada e pública, e parcerias público privadas. Modelo centralizado, hidrelétrico, térmico (gás, petróleo, nuclear) e eólico e solar distribuída



	1879-1903	1904-1933	1934-1963	1964-1992	1993-2002	2003-2016
Mudança			Fim da Cláusula Ouro (1934), centralização do planejamento no Governo Federal (a partir de 1954 até 1962). Modelo centralizado hídrico e térmico (petróleo)		Plano de Privatização, abertura do mercado brasileiro de energia de eletricidade no modelo britânico. Modelo centralizado hídrico e térmico (petróleo, gás, nuclear, biomassa)	Inserção de potência instalada eólica centralizada às opções tecnológicas de geração via PROINFA

Fonte: Elaborado pelos autores com dados obtidos em Pavanelli e Igari (2019)