



Reciclagem de Baterias a base de Íon-lítio:

Regulação, panorama e possibilidades no Brasil

Bibiana Ignês Gasparini Xerri



Editora Fundação Fênix

As baterias a base de íon-lítio são divulgadas como “limpas”, uma alternativa sustentável quando aplicadas à mobilidade veicular por contribuírem para a meta de redução de emissões de gases do efeito estufa. Todavia, o contexto de sua produção representa danos ambientais importantes que fazem questionar o quanto ambientalmente positivo é, de fato, seu uso, incorrendo em preocupações para além da ambiental, envolvendo o contexto social e econômico da extração do lítio. Também é preciso considerar que não é só na mobilidade veicular que essas baterias são empregadas, sendo majoritariamente utilizadas em eletroeletrônicos portáteis que estão nas mãos de todos: celulares, notebooks, tablets, além de outros diversos equipamentos em variados âmbitos da tecnologia. Para onde vão essas baterias após seu uso? Como se dá a reciclagem de materiais tão complexos e qual sua real viabilidade, do ponto de vista ambiental, econômico e social? São esses alguns dos questionamentos que o presente livro - construído com base na dissertação de mestrado da autora Bibiana I. G. Xerri, do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul – visa aprofundar a discussão.



Editora Fundação Fênix



**RECICLAGEM DE BATERIAS A BASE DE ÍON-LÍTIO:
REGULAÇÃO, PANORAMA E POSSIBILIDADES NO BRASIL**

Série Direito

Conselho Editorial

Editor

Ingo Wolfgang Sarlet

Conselho Científico – PPG Direito PUCRS

Gilberto Stürmer – Ingo Wolfgang Sarlet

Marco Felix Jobim – Paulo Antonio Caliendo Velloso da Silveira

Regina Linden Ruaro – Ricardo Lupion Garcia

Conselho Editorial Nacional

Adalberto de Souza Pasqualotto – PUCRS

Amanda Costa Thomé Travincas – Centro Universitário UNDB

Ana Elisa Liberatore Silva Bechara – USP

Ana Maria DÁvila Lopes – UNIFOR

Ana Paula Gonçalves Pereira de Barcellos – UERJ

Angélica Luciá Carlini – UNIP

Augusto Jaeger Júnior – UFRGS

Carlos Bolonha – UFRJ

Claudia Mansani Queda de Toledo – Centro Universitário Toledo de Ensino de Bauru

Cláudia Lima Marques – UFRGS

Clara Iglesias Keller – WZB Berlin Social Sciences Center e Instituto Brasileiro de Ensino

Desenvolvimento e Pesquisa – IDP

Danielle Pamplona – PUCRS

Daniel Antônio de Moraes Sarmento – UERJ

Daniel Wunder Hachem – PUCPR e UFPR

Daniel Mitidiero – UFRGS

Denise Pires Fincato – PUCRS

Draiton Gonzaga de Souza – PUCRS

Eugênio Facchini Neto – PUCRS

Elda Coelho de Azevedo Bussinguer – UniRio

Fabio Siebeneichler de Andrade – PUCRS

Fabiano Menke – UFRGS

Flavia Cristina Piovesan – PUC-SP

Gabriel de Jesus Tedesco Wedy – UNISINOS

Gabrielle Bezerra Sales Sarlet – PUCRS

Germano André Doederlein Schwartz – UNIRITTER

Gilmar Ferreira Mendes – Ministro do STF, Professor Titular do IDP e Professor aposentado da UNB

Gisele Cittadino – PUC-Rio

Gina Vidal Marcilio Pompeu – UNIFOR

Giovani Agostini Saavedra – Universidade Presbiteriana Mackenzie – SP

Guilherme Camargo Massaú – UFPel

Gustavo Osna – PUCRS

Hermes Zaneti Jr

Hermilio Pereira dos Santos Filho – PUCRS
Ivar Alberto Martins Hartmann – FGV Direito Rio
Jane Reis Gonçalves Pereira – UERJ
Juliana Neuenschwander Magalhães - UFRJ
Laura Schertel Mendes
Lilian Rose Lemos Rocha – Uniceub
Luís Alberto Reichelt – PUCRS
Luís Roberto Barroso – Ministro do STF, Professor Titular da UERJ, UNICEUB, Sênior Fellow na Harvard Kennedy School
Miriam Wimmer - IDP - Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa
Mônia Clarissa Hennig Leal – UNISC
Otavio Luiz Rodrigues Jr – USP
Patryck de Araújo Ayala – UFMT
Paulo Ricardo Schier - Unibrasil
Phillip Gil França - UNIVEL – PR
Richard Pae Kim – UNISA
Teresa Arruda Alvim – PUC-SP
Thadeu Weber – PUCRS

Conselho Editorial Internacional

Alexandra dos Santos Aragão – Universidade de Coimbra
Alvaro Avelino Sanchez Bravo – Universidade de Sevilha
Catarina Isabel Tomaz Santos Botelho – Universidade Católica Portuguesa
Carlos Blanco de Moraes – Universidade de Lisboa
Clara Iglesias Keller – WZB Berlin Social Sciences Center e Instituto Brasileiro de Ensino
Desenvolvimento e Pesquisa – IDP
Cristina Maria de Gouveia Caldeira – Universidade Europeia
César Landa Arroyo – PUC de Lima, Peru
Elena Cecilia Alvites Alvites – Pontifícia Universidade Católica do Peru
Elena Alvites Alvites - PUCP
Francisco Pereira Coutinho – Universidade NOVA de Lisboa
Francisco Ballaguer Callejón – Universidade de Granada - Espanha
Fernando Fita Ortega - Universidade de Valência
Giuseppe Ludovico - Universidade de Milão
Gonzalo Aguilar Cavallo – Universidade de Talca
Jorge Pereira da Silva – Universidade Católica Portuguesa
José João Abrantes – Universidade NOVA de Lisboa
José Maria Porrás Ramirez – Universidade de Granada – Espanha
Manuel A Carneiro da Frada – Universidade do Porto
Paulo Mota Pinto – Universidade de Coimbra
Pedro Paulino Grandez Castro – Pontificia Universidad Católica del Peru
Richard Pae Kim – Professor do Curso de Mestrado em Direito Médico da UNSA
Víctor Bazán – Universidade Católica de Cuyo

Bibiana Ignês Gasparini Xerri

**RECICLAGEM DE BATERIAS A BASE DE ÍON-LÍTIO:
REGULAÇÃO, PANORAMA E POSSIBILIDADES NO BRASIL**



Editora Fundação Fênix

Porto Alegre, 2024

Direção editorial: Ingo Wolfgang Sarlet
Diagramação: Editora Fundação Fênix
Concepção da Capa: Editora Fundação Fênix

O padrão ortográfico, o sistema de citações, as referências bibliográficas, o conteúdo e a revisão de cada capítulo são de inteira responsabilidade de seu respectivo autor.

Todas as obras publicadas pela Editora Fundação Fênix estão sob os direitos da Creative Commons 4.0 –
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR



Série Direito – 93

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Xerri, Bibiana Ignês Gasparini
Reciclagem de baterias a base de íon-lítio [livro eletrônico] : regulação, panorama e possibilidades no Brasil / Bibiana Ignês Gasparini Xerri. -- Porto Alegre, RS : Editora Fundação Fênix, 2024.

PDF

Bibliografia.
ISBN 978-65-5460-124-5

1. Baterias 2. Direito ambiental 3. Reciclagem (Resíduos etc.) 4. Regulação - Brasil I. Título.

24-192467

CDD-628.4458

Índices para catálogo sistemático:

1. Reciclagem de resíduos : Tecnologia 628.4458

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

DOI - <https://doi.org/10.36592/9786554601245>

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Eliana e Paulo, por proverem as condições para que eu me dedicasse ao mestrado e vida acadêmica (incluindo os dramáticos congressos), suportando os momentos de tensão. Também, meu irmão Salvatore, sempre disposto a ouvir e mandar memes. Em segundo lugar, aos meus filhos, Chandelle e Merlot, com o muito necessário apoio afetivo, a companhia e as distrações salutares.

Muitíssimo obrigada à minha orientadora, profe Ana, proporcionando uma parceria maravilhosa, uma comunicação "na mesma língua", oportunidades, compreensão e uma relação próxima, que conforta em meio a esse processo de mestrado, tão assustador. Ao co-orientador, professor Clóvis, também agradeço, especialmente pelo apoio "na outra língua", a do direito.

Agradeço à banca, professoras Karolina e Cleide e professor Fábio, pelas considerações na qualificação, com certeza enriqueceram a pesquisa. Aos últimos dois, agradeço também as aulas, fundamentais para a composição da dissertação.

Agradeço aos professores do PPG pelas aulas e aos colegas mestrandos, foi maravilhoso conhecê-los, tivemos momentos muito divertidos e aprendi muito com todos.

Agradeço à Maria Angélica, além do acompanhamento psiquiátrico, os acessos aos artigos que não eram de domínio aberto.

E agradeço a todos que fizeram parte dessa jornada, fiz muitos amigos e tive muitas oportunidades, sempre com o núcleo gravitacional neste mestrado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Descrição esquemática do funcionamento de uma bateria de íon lítio durante o processo de carga e descarga	35
Figura 2 - Mapa mundial dos recursos de lítio em produção em 2021	84
Figura 3 - Quadro da disponibilidade de lítio nos países com reservas e sua representação mundial em 2021	85
Figura 4 - Gráfico representando a distribuição de ocorrências de legislações com a palavra lítio conforme assunto na Argentina	117
Figura 5 - Gráfico representando a distribuição de ocorrências de legislações com a palavra lítio conforme assunto na Bolívia	124
Figura 6 - Gráfico representando a distribuição de ocorrências de legislações com a palavra lítio conforme assunto no Chile	126
Figura 7 - Linha do tempo com dos marcos legislativos significativos para a reciclagem de LIBs no Brasil, Triângulo do Lítio, China, EUA e UE	145
Figura 8 - Fluxograma representando os caminhos que os REEE seguem e aspectos negativos que trajetórias inadequadas suscitam	175
Figura 9 - Fluxograma representando possibilidades de auxílio a resolução dos problemas relacionados à reciclagem de LIBs	206

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fontes primárias e secundárias	25
Quadro 2 - Serviços Ecosistêmicos potenciais de salinas	76
Quadro 3 - Serviços ecosistêmicos desempenhados pela região das salinas do Triângulo do Lítio	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADIs	Áreas de Desarrollo Indígena
ASF	Atacama Salt Flat (Salar de Atacama)
CAES	Compressed Air Energy Storage (armazenamento de energia de ar comprimido)
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBL	Companhia Brasileira de Lítio
CFV	Central fotovoltaica
CIM	Comunicação integrada de marketing
Cofins	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COMIBOL	Corporación Minera de Bolivia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Corfo	Corporación de Fomento de la Producción
CSR	Corporate Social Responsibility Initiatives
DER	Distributed Energy Resources (recursos energéticos distribuídos)
Dfl	decretos com força de lei
DG	Distributed Generation (geração distribuída)
DLE	Direct Lithium Extraction (extração direta de lítio)
DSM	Demand Side Management (gerenciamento pelo demandante)
EC	European Commission (Comissão Europeia)
EDV	Electric-drive Vehicles (veículos elétricos)
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EOL	End of Life (fim de vida)
EOL-RR	End of life recycling rate (taxa de reciclagem no fim do ciclo de vida)
EPS	Electric Power System (sistema de energia elétrica)
ESS	Energy Storage Systems (sistemas de armazenamento de energia)
EU/UE	European Union/União Europeia
FARN	Fundación Ambiente y Recursos Naturales
GEE/GHG	Gases de Efeito Estufa/Green House Gas
GSCM	Green Supply Chain Management (gerenciamento da cadeia de suprimentos verde)
GSMA	Group Managed Service Accounts
GWP	Global warming potentials (potenciais de aquecimento global)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAC	Lithium Americas
LCA	Life Cycle Assessment (análise do ciclo de vida)
LCE	Carbonato de lítio equivalente
LCIA	Life Cycle Impact Assessment (análise de impacto de ciclo de vida)
LGUC	Ley General de Urbanismo y Construcciones
LIB	Baterias a base de íon-lítio (LIB, na sigla em inglês, Lithium-ion Battery)
LR	Logística Reversa
MCI	Motor de combustão interna
OIT	Organização Internacional do Trabalho
ONU	Organização das Nações Unidas

PACE	Plataforma para Aceleração da Economia Circular
PEV(s)	Ponto(s) de Entrega Voluntária
PIB	Produto interno bruto
PIC	Prior Informed Consent (consentimento prévio e informado)
PIS	Programa de Integração Social
PELP	Planificación Energética de Largo Plazo
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PRDU	Plan Regional de Desarrollo Urbano
PSP	Pumped-Storage Hydroelectricity (armazenamento por bombeio de água)
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
REP	Responsabilidade Estendida do Produtor
RES	Renewable Energy Sources (fontes de energía renováveis)
SG	Smart Grids (redes inteligentes)
SLI	Start, Lighting and Ignition
SQM	Sociedad Química y Minera
STF	Supremo Tribunal Federal
TI	Tecnologia da Informação
UNU	United Nations University
US/USA/EUA	United States of America/Estados Unidos da América
U\$D	Dólares estadunidenses
YLB	Yacimientos de Litio Bolivianos

LISTA DE SÍMBOLOS

CE	Carbonato de etileno
CO ₂	Dióxido de carbono
CoSO ₄	Sulfato de cobalto
Cs	Césio
DEC	carbonato de dietila
g	Gramas
K	Potássio
Kg	Quilogramas
Km	Quilômetros
Km ²	Quilômetros quadrados
kWh	Kilowatts/hora
L	Litros
LiCoO ₂	Óxido de cobalto de lítio
Li ₂ CO ₃	Carbonato de lítio
Li ₂ O	Óxido de lítio
LiOH•H ₂ O	Hidróxido de lítio monoidratado
LiPF ₆	Hexafluorofosfato de lítio
Li ⁺	Íons lítio
Mg	Magnésio
mg	miligramas
mm	milímetros
MJ	Megajoule
Mt	Megatonelada
m ³	metros cúbicos
Na	Sódio
NiSO ₄	Sulfato de níquel amarelo anidro
NMC	Níquel, cobalto e alumínio
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
pH	Potencial hidrogênico
ppm	Partes por milhão
PVC	Polyvinyl chloride
PVDF	Fluoreto de polivinilideno
Rb	Rubídio
t	Toneladas
V	Volts
°C	Graus Celsius
~	Aproximadamente

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	19
<i>Cleide Calgaro</i>	
1. INTRODUÇÃO	23
2. ASPECTOS MATERIAIS, SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS BATERIAS A BASE DE ÍON-LÍTIO	31
2.1 COMPOSIÇÃO E UTILIZAÇÃO	32
2.2 PRODUÇÃO E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	36
2.3 DESCARTE E RECICLAGEM	93
3. ARCABOUÇO JURÍDICO-NORMATIVO SOBRE LÍTIO E RECICLAGEM DE BATERIAS: O ESTABELECIDO E PERSPECTIVAS	109
3.1 PANORAMA JURÍDICO NACIONAL, REGIONAL E DESTAQUES INTERNACIONAIS SOBRE LÍTIO E RECICLAGEM DE LIBS	110
3.2 LIBS: PROBLEMAS NÃO RESOLVIDOS PELA LEGISLAÇÃO OU POR LACUNAS LEGISLATIVAS NO BRASIL	149
3.3 DIRETRIZES PARA O APRIMORAMENTO DA LOGÍSTICA REVERSA DAS LIBs	176
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	209
REFERÊNCIAS	221

APRESENTAÇÃO

O livro "RECICLAGEM DE BATERIAS A BASE DE ÍON-LÍTIO: REGULAÇÃO, PANORAMA E POSSIBILIDADES NO BRASIL", da Autora Bibiana Ignês Gasparini Xerri apresenta um estudo sobre os problemas dos processos de descarte e da reciclagem das baterias a base de ion-lítio no Brasil. Tendo em vista os problemas encontrados, a Autora buscou identificar algumas alternativas a esses *modus operandi*, que possuam perspectivas de proteção socioambiental.

A Autora assinala as dificuldades de se compreender o processo de neoextrativismo e do ciclo de produção, de descarte e de reciclagem dessas baterias, que trazem impactos sociais e ambientais. Desse modo, é essencial encontrar alternativas, ecosocialmente sustentáveis, para direcionar de forma correta esses resíduos, a fim de não produzirem impactos maiores ao ecossistema planetário. A mestra Bibiana, em seu livro, apresenta dois capítulos para explicar a temática proposta.

No primeiro capítulo, aponta que é essencial compreender o ciclo de produção, utilização e reciclagem das baterias a base de ion-lítio, com o objetivo de se verificar a sustentabilidade em suas três dimensões: social, ambiental e econômica. Desse modo, a Autora apresenta, em um primeiro momento, todos os aspectos técnicos sobre as baterias a base de ion-lítio e como as mesmas são utilizadas na sociedade. Posteriormente, expõe os métodos que são utilizados para a extração do lítio no Brasil e no Triângulo do lítio (Argentina, Bolívia e Chile), e quais os impactos socioambientais que são causados, para, finalmente, trazer os métodos e a importância da reciclagem desse produto ao meio ambiente e à sociedade.

Já, no seu segundo capítulo, proporciona uma análise jurídico-normativa sobre o lítio e a reciclagem de baterias, trazendo as perspectivas ecosocioambientais para a questão. A autora aponta três pontos principais, que são: as comparações das legislações semelhantes dos países do Triângulo do Lítio com o Brasil; posteriormente, apresenta os problemas que advêm da exploração do lítio, que não possuem regulação normativa; abordando, também, o impedimento ao funcionamento da cadeia de logística reversa no Brasil. Por fim, oferece uma série de

aprofundamentos para identificar as alternativas que se apresentam aos problemas apresentados e a viabilidade de resolução dos mesmos.

A Autora faz um estudo brilhante dos problemas da utilização dessas baterias, que não são biodegradáveis e que permanecem no meio ambiente por anos. Além disso, demonstra os impactos da extração, que são desastrosos com a degradação do solo, das águas, da biodiversidade local e a intoxicação das pessoas. Com isso, se observa, que o consumo desse material apresenta um impacto socioambiental devastador, trazendo a necessidade de se pensar alternativas para a problemática.

A mestra Bibiana conclui o seu livro, dizendo que, "apesar do Brasil dispor de legislação avançada no sentido de regulamentar a logística reversa de baterias, a cadeia de reciclagem não funciona adequadamente, sendo que seu aperfeiçoamento requer, por parte do Estado, políticas públicas de educação ambiental, incentivo à compra e utilização de materiais reciclados às empresas e especificação dos papéis de cada ator envolvido na logística reversa". Vai adiante, dizendo que, "no âmbito das empresas, investimento em informação ambiental ao consumidor e em estratégias de ecodesign; ambos esses atores devem agir em parceria para difundir os pontos de coleta de baterias e incentivar a qualificação dos indivíduos que trabalham nessa cadeia e, por parte dos consumidores, desprender esforços para direcionar corretamente seus resíduos". A autora apresenta um estudo brilhante, pois além de apresentar os problemas das baterias a base de íon-lítio traz as possibilidades de soluções, que dependem de um inter-relacionamento entre o governo, as empresas e a população/consumidora.

Entende-se, ainda, que a sociedade de consumo - sociedade consumocentrista - que implementa o consumo em sua base, centro e essência da mesma, acaba deixando de lado a preocupação ambiental e social, buscando, através do consumo, o lucro econômico, que, na realidade, é o seu escopo final.

Na atualidade há uma superação da sociedade hiperconsumista, dando ensejo a uma sociedade consumocentrista. Com base nisso, o consumo passa a ser o elemento basilar das atividades humanas, deslocando o ser para o ter e,

posteriormente, para o aparentar'¹. O consumidor aparenta ter e ser o que não é , a fim de ser aceito pelo padrão imposto. Dessa forma, 'o consumo se torna o centro da sociedade contemporânea, onde o consumidor vai buscar todas as possibilidades de sua nova razão de viver. Consumir é existir'². Por isso, é necessário repensar e ressignificar a forma de vida que se possui na sociedade consumocentrista contemporânea, a fim de permitir que se questione sobre os problemas e se busque alternativas que sejam sustentáveis socioambientalmente.

Por fim, gostaria de manifestar a alegria e a honra em escrever a apresentação desse importante livro, que brindará a comunidade acadêmica e em geral com extraordinárias reflexões, acerca dos problemas socioambientais da utilização das baterias de ion-lítio na sociedade brasileira e mundial. Parabéns, a mestra Bibiana, pelo trabalho de excelência e atual que apresenta, tendo em vista que a discussão é essencial para uma sociedade melhor e mais equilibrada social, ecológica e economicamente.

Caxias do Sul, janeiro de 2024.

Cleide Calgario³

¹ PEREIRA, Agostinho Oli Koppe; CALGARIO, Cleide; PEREIRA, Henrique Mioranza Koppe. Consumocentrismo e os seus reflexos socioambientais na sociedade contemporânea. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, v. 6, p. 264-279, 2016, p. 267.

² PEREIRA, Agostinho Oli Koppe; CALGARIO, Cleide; PEREIRA, Henrique Mioranza Koppe. Consumocentrismo e os seus reflexos socioambientais na sociedade contemporânea. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, v. 6, p. 264-279, 2016, p. 267.

³ Pós-Doutora em Filosofia e em Direito ambos pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS. Doutora em Ciências Sociais na Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Doutora em Filosofia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS. Doutora em Direito pela Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Membro do Comitê Assessor de Ciências Humanas e Sociais da FAPERGS: Membro Titular (2019-2022/2022-2024). Presidenta do Conselho Editorial da Editora da Universidade de Caxias do Sul (EDUCS). Socióloga, Pedagoga e Psicanalista. Atualmente é Professora da Graduação e Pós-Graduação - Mestrado e Doutorado - em Direito na Universidade de Caxias do Sul - UCS. É Líder do Grupo de Pesquisa "Metamorfose Jurídica" vinculado a Universidade de Caxias do Sul-UCS. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1840-9598>. CV: <http://lattes.cnpq.br/8547639191475261>. E-mail: ccalgario1@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Este livro é a publicação da dissertação de mestrado em Direito da autora. Trata dos caminhos de descarte e reciclagem de baterias a base de íon-lítio, especificamente, da realidade e possibilidades de aprimoramento desses no Brasil. Assim, para cumprir o objetivo geral de apresentar a realidade do descarte e reciclagem das baterias a base de íon-lítio no Brasil e identificar possibilidades alternativas a esses processos em perspectiva socioambiental, se procurou responder à pergunta de pesquisa: qual é a realidade do descarte e reciclagem de baterias a base de íon-lítio e quais as possibilidades desses no Brasil, em perspectiva socioambiental?, por meio do conhecimento construído sobre o lítio e as baterias, objeto do primeiro capítulo e, no segundo capítulo, pela análise legislativa, fundamentando a proposição de diretrizes para suprir as ausências constatadas ao longo da pesquisa.

A importância deste trabalho se justifica pelo crescimento no consumo de baterias a base de íon-lítio e, conseqüentemente, do seu descarte, conformando um tipo de resíduo complexo, mas com alto valor agregado. Considerando a danosidade ao meio ambiente da exploração dos depósitos de lítio para obtenção de matéria prima para essas baterias, a reciclagem é uma alternativa atraente, tanto no sentido de reduzir a extração do metal, quanto da reinserção do já extraído na cadeia produtiva (NEUMANN et al., 2022).

Apesar de o Brasil estar na cadeia de produção do lítio para as baterias apenas em quinto lugar, é o país mais populoso da América Latina, portanto, com o maior mercado consumidor da região; pensando na aquisição de equipamentos eletrônicos portáteis, se considera que descarte grande quantidade de baterias a base de íon-lítio, no entanto, não há no continente centros de reciclagem dessas baterias (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018). O Brasil já possui legislação e estrutura referentes à reciclagem; assim, a análise legislativa pode prover perspectivas para a incorporação das baterias a base de íon-lítio nessa cadeia.

Portanto, este trabalho se insere na linha de pesquisa "Direito Ambiental, Políticas Públicas e Desenvolvimento Socioeconômico", por estar de acordo com os objetivos dessa linha de estudar as políticas públicas ambientais setoriais, as formas

de aperfeiçoar e implantar a legislação sobre políticas públicas ambientais e analisar a influência da economia na proteção ambiental (UCS, s/a).

Como metodologia, a dissertação se orientou pelo método dialético-crítico marxista, fundamentado no Materialismo Histórico, que entende que as condições de vida e a organização social atuais decorrem das relações estabelecidas e necessárias à manutenção do modo capitalista de produção (BOBBIO; MATEUCCI; PASQUINO, 1998). Fundamental a esse método é o movimento dialético, em que o sujeito realiza sucessivas aproximações ao objeto, cada vez com novos conhecimentos acumulados, portanto sendo capaz de perceber novas nuances no objeto.

Para este trabalho, se partiu do conhecimento singular de como as baterias são construídas e, pensando nos componentes que as constituem, se buscou o conhecimento do contexto particular onde esses componentes são extraídos, apreendendo os modos de extração e produção do lítio e passando a encarar o contexto de que a extração afeta sobremaneira a população local, que também envolve povos originários e a fauna e flora regionais. Esse contexto se encaixa na totalidade da exploração de territórios ancestrais e desrespeito a população indígena, local e ao meio ambiente, característicos do neoextrativismo. Com esses conhecimentos, foi feita a reaproximação da composição das baterias com o olhar de que são produtos cujos componentes são complexos de serem obtidos e por isso merecem mais dedicação em serem reciclados.

Da mesma forma, quando ficou estabelecida a reciclagem, foi preciso pensar nos mecanismos jurídicos singulares para isso e como influenciam os atores sociais que precisam ser envolvidos nesse ciclo, compondo uma particularidade mais complexa. Quando se pensa que não só políticas públicas relacionadas a reciclagem especificamente devem ser pensadas, mas também que se preocupem com o consumidor como figura que compõe o elo inicial da cadeia de reciclagem, a totalidade do cenário se torna mais complexa e traz novos olhares à legislação existente, fazendo ponderar perspectivas alternativas.

Considerando que a apreensão da realidade é direcionada pelo método, ainda é necessário delimitar quais materiais estão sendo utilizados durante a pesquisa e como serão analisados. Assim, se recorre aos procedimentos metodológicos das

ciências humanas e sociais. Para selecionar fontes condizentes com a área específica na qual se pretende aprofundamento, sintetizar as informações obtidas para possibilitar a posterior análise e interpretação do material coletado e organizado, se considerou adequado o emprego da metodologia da pesquisa qualitativa, pois

Quando o tema escolhido é bastante genérico, tornam-se necessários seu esclarecimento e delimitação, o que exige revisão da literatura, discussão com especialistas e outros procedimentos. O produto final deste processo passa a ser um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizados (GIL, 2008, p. 27).

Gil (2008) traz a revisão da literatura como uma ferramenta metodológica da pesquisa qualitativa, sendo empregada nesta dissertação da seguinte forma: para a revisão bibliográfica, foram selecionados artigos, livros, documentação e legislações pertinentes ao recorte determinado. Peter Mann (1975) traz uma concepção de documentação como fonte de dados que inclui fontes primárias e secundárias:

Quadro 1 - Fontes primárias e secundárias

	Primários	Secundários
Contemporâneos (Registro)	Compilados na ocasião pelo autor "Eu estou escrevendo agora"	Transcritas de fontes primárias contemporâneas "Ele escreveu no momento"
Retrospectivos (Relatório)	Compilada após o acontecimento pelo autor "Eu escrevi depois"	Transcrita por fontes primárias retrospectivas "Ele escreveu depois"

Fonte: Elaborado pela autora baseada no quadro de Mann (1975, p. 66.)

De acordo com essa interpretação, os artigos, livros e normas utilizados se enquadram como fontes secundárias (ou seja, não construídos pela autora da dissertação de mestrado) e servirão de base para a construção de sínteses na forma de fichamentos:

Durante o período de coleta de dados, o pesquisador deve organizar o material pesquisado de tal forma que na hora da análise e do relatório final não se sinta perdido. O fichamento dos livros lidos, a partir das questões da pesquisa, é uma forma prática de juntar a teoria e o material empírico.

[...]

Ao fichar um livro, somos obrigados a ler com profundidade, buscando compreender cada ideia e categoria utilizada. (GOLDENBERG, 2004, 81-84).

Os fichamentos seguem um roteiro constituído de: referência completa da fonte; a tabelação dos conceitos chave, com as definições deles conforme o texto; citações relevantes – diretas ou indiretas; e entremeios de parágrafos reelaborando sinteticamente porções dos textos que permitam compreender linearmente as informações destacadas. Esse procedimento está de acordo com a descrição da análise textual discursiva conforme Moraes e Galiuzzi (2006), que soma a análise de conteúdo e a análise de discurso nos processos de unitarização (a separação do texto em unidades de significado) e categorização (articulação dos significados semelhantes).

Na pesquisa preliminar que subsidiou a construção do Projeto de Pesquisa enviado à homologação, foram selecionados no portal Scielo oito dos nove artigos resultantes sob a pesquisa por palavra chave lithium batteries, visto que utilizar “baterias lítio” não obteve resultados associados. Utilizando variações dessas palavras-chave pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), refinando por cinco áreas do conhecimento (Ciências ambientais; Direito; Interdisciplinar; Meio ambiente e agrárias; Saúde coletiva) e cinco áreas de avaliação (Ciências ambientais; Direito; Ecologia e meio ambiente; Interdisciplinar; Saúde coletiva) foram encontrado 66 resultados, dos quais apenas uma tese guardava relação com o assunto.

O portal Scielo foi o repositório que mais disponibilizou artigos com relação ao tema ao longo da pesquisa, sendo que em abril de 2023, após uma tentativa de envio à uma revista internacional de um artigo originado na presente pesquisa, os revisores recomendaram diversos artigos, dos quais nove puderam ser obtidos, a maior parte vinculada ao Elsevier. Inicialmente, havia sido feita a opção deliberada

por utilizar referências de autores da América Latina, o que, no sentido de descolonizar o conhecimento.

Tomar distancia no significa descartar o echar a la basura de la historia toda esta tradición tan rica, y mucho menos ignorar las posibilidades históricas de emancipación social de la modernidad occidental. Significa assumir nuestro tempo, em el continente latino-americano, como um tiempo que revela uma característica transicional inédita (SANTOS, 2010, p. 20)¹.

Todavía, as indicações dos revisores mostraram uma área de pesquisa relacionada ao assunto desta dissertação que os autores latino-americanos não haviam preconizado, tornando a utilização dos artigos essencial para o aprofundamento no assunto da dissertação. Conforme as temáticas se desenvolviam e possibilitavam novas conexões, muitas outras pesquisas resultaram em diversas outras fontes. Apenas uma área a mais será destacada, por sua importância e peculiaridade: os artigos tratando sobre o Vale do Jequitinhonha e o lítio no Brasil. Apenas três artigos encontrados tratavam sobre questões relacionadas à mineração e exploração da natureza na região em questão, sendo frequentes os resultados de pesquisas sobre saúde da população. A maior parte das referências sobre lítio e as consequências da exploração no local são vinculadas às próprias empresas, um dado relevante para compreender o viés que as informações, quando disponíveis, assumem.

Ademais da pesquisa qualitativa, a quantitativa foi empregada para descrever as "características de determinada população ou fenômeno" (GIL, 2008, p. 28), no caso desta pesquisa, fenômeno. Mann (1975) salienta que, quando se utilizam dados estatísticos, é possível que o leitor verifique sua validade mesmo que discorde do informante deles e, ainda, que há de se confiar nas estatísticas enquanto se desconfia de seu emprego político.

¹ Se distanciar não significa descartar ou jogar na lixeira da história toda esta tradição tão rica, e muito menos ignorar as possibilidades históricas de emancipação social da modernidade ocidental. Significa assumir nosso tempo, no continente latino-americano, como um tempo que revela uma característica transicional inédita (SANTOS, 2010, p. 20, tradução nossa).

Após os dados coletados e organizados, neles foram buscadas respostas às questões propostas que orientam o desenvolvimento do tema, construindo uma síntese dos conhecimentos transmitidos pelos autores de referência de modo a verificar como o problema da pesquisa pode ser respondido.

O desenvolvimento deste trabalho é organizado em dois capítulos: o primeiro, *Aspectos materiais, socioeconômicos e ambientais das baterias a base de íon-lítio*, pois antes de considerar o processo de reciclagem, é preciso compreender como se constituem as baterias a base de íon-lítio e seus processos produtivos. A produção em si também envolve impactos socioambientais, que são apresentados e, tendo conhecimento desses, se justifica o interesse em reciclar as baterias. O estado da arte da reciclagem é apresentado, com considerações acerca da viabilidade dos processos e como esses podem se tornar mais eficientes. Assim, é dividido em três subcapítulos, o primeiro trazendo aspectos técnicos sobre baterias a base de íon-lítio e sua utilização; o segundo apresentando os métodos de extração do lítio no Triângulo do Lítio e no Brasil e impactos socioambientais reconhecidos em ambos²; e o terceiro discorrendo sobre os métodos e a importância da reciclagem desses produtos.

A eficiência da cadeia da reciclagem depende, não apenas, mas principalmente, de políticas públicas. Por isso, a segunda parte desta dissertação, *Arcabouço jurídico-normativo sobre lítio e reciclagem de baterias: o estabelecido e perspectivas*, também é composta de três subcapítulos. Inicialmente, são comparadas legislações semelhantes dos países do Triângulo do Lítio (Argentina, Bolívia e Chile), por ser essa a principal região produtora de lítio no mundo e estar localizada, como Brasil, na América Latina e das regiões que são os principais consumidores de lítio e produtos que o possuem como composição: China, Estados Unidos da América e União Europeia. Com esse arcabouço normativo, o segundo subcapítulo apresenta problemas suscitados pela exploração de lítio que não contam com regulação normativa e empecilhos ao funcionamento da cadeia de logística reversa de LIBs no Brasil; e o terceiro busca aprofundar os núcleos

² Enquanto se preza pelo equilíbrio no tamanho das seções, a importância que o subcapítulo 2.2 revelou ao versar sobre os impactos socioambientais da extração do lítio não estava dimensionada antes da compleição da seção, justificando sua extensão maior do que as demais do capítulo.

problemáticos identificados no subcapítulo anterior e elencar possíveis alternativas para sua resolução. Ao final, são reunidas as considerações finais, retomam as conclusões resultantes da discussão estabelecida em cada capítulo e as vinculações que permitiram constituir a trajetória dissertativa. Na versão da dissertação acadêmica, disponível no repositório institucional, estão disponíveis apêndices contendo quadros das legislações analisadas.

2. ASPECTOS MATERIAIS, SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS BATERIAS A BASE DE ÍON-LÍTIO

*Água vira sal lá na salina
Quem diminuiu água do mar
Água enfrenta o sol lá na salina
Sol que vai queimando até queimar
Milton Nascimento*

Esse capítulo inicia situando as baterias a base de íon-lítio como parte do projeto de transição energética e redução da emissão de gases do efeito estufa, explicando suas qualidades físicas e analisando sua incorporação na sociedade por meio de seu emprego em veículos, eletroeletrônicos e, com especial destaque, nas redes de geração e distribuição energéticas alternativas. Se introduz a discussão sobre a real sustentabilidade dessas baterias no estágio anterior ao uso, ou seja, os processos produtivos baseados na extração mineral, com enfoque na do lítio, que é o tema da segunda seção do capítulo.

A extração do lítio na América Latina ocorre nas salinas entre o Chile, a Argentina e a Bolívia e, em medida reduzida, no Vale do Jequitinhonha no Brasil; ambos ambientes ecologicamente delicados, particularmente em relação à água: as regiões têm déficit hídrico caracteristicamente e, apesar disso, a extração do lítio ocorre, na primeira, por meio do método evaporítico e, na segunda, por métodos de uso intensivo de água. No primeiro caso, a água, já escassa, é cooptada dos salares e evaporada, desequilibrando a dinâmica hídrica da região, impactando na sobrevivência da fauna, flora e organização social da região, cuja população humana, adicionalmente, tem sua organização econômica e cultural impactada com a instalação das indústrias extrativistas. No Brasil, não foram encontradas análises de impacto ambiental local que tratem da mineração do lítio em relação a alterações ecossistêmicas.

A última seção do capítulo, partindo da compreensão dos impactos socioambientais que a extração direta do lítio ocasiona, pondera a reciclagem das baterias a base do metal como alternativa à exploração atual e solução ao acúmulo

de lixo eletrônico descartado, majoritariamente, de forma incorreta. São encontrados obstáculos, tanto ao processo de reciclagem das baterias em si, quanto ao estabelecimento da cadeia de reciclagem entre os diversos atores necessariamente envolvidos, levando a consideração de soluções baseadas em políticas públicas, cujo arcabouço legal existente e prospectivo é o tema do capítulo seguinte desta dissertação.

A epígrafe que abre o capítulo é um trecho da música *Canção do Sal*, lançada em 1967 por Milton Nascimento. A música fala sobre aspectos cotidianos da vida das famílias que trabalham nas salinas: o sol, combustível para a extração do sal; o trabalho intenso para que consigam meios de sobreviver; a família circulando no mesmo ambiente onde o trabalho ocorre; e o estudo dos filhos, para não terem que se submeter às mesmas condições de trabalho de quem extrai o sal. Esses são aspectos presentes no ciclo do lítio, em especial nas salinas, como se verá no capítulo.

2.1 COMPOSIÇÃO E UTILIZAÇÃO

Essa seção elucida o motivo da existência de baterias a base de íon-lítio (LIB, na sigla em inglês, Lithium-ion Battery), partindo da necessidade das baterias em geral e esclarecendo por que as LIBs são, atualmente, uma escolha privilegiada frente ao projeto de transição energética pela contribuição para a meta de redução de emissões de gases do efeito estufa das LIBs aplicadas a mobilidade veicular. Para compreender como funcionam as baterias, brevemente é explicado o elemento químico lítio e como os acumuladores são constituídos e operam. Em seguida, essa tecnologia é comparada com os motores de combustão interna, ainda no cenário automotivo, de modo a asseverar as vantagens de sua.

Posteriormente, outras aplicações das LIBs são apresentadas, sendo seu maior âmbito de presença nos eletroeletrônicos portáteis, mas com destaque especial ao contexto de geração de energia e a inserção de acumuladores como uma forma alternativa de conformação de redes energéticas, confrontado redes distribuídas ao atual paradigma centralizado. Desafios a esse modelo são elencados, bem como possíveis soluções, com LIBs como protagonistas.

Finalmente, se reconhece que, atualmente, LIBs são uma tecnologia cara, mas que vem se tornando mais acessível, o que é fundamental para o seguimento da transição energética. O motivo do preço das baterias é encontrado em seus componentes, recursos naturais que precisam ser extraídos e beneficiados para constituírem os elementos dos acumuladores; a extração e industrialização do lítio é o tema da seção seguinte.

Para prover energia em determinados tempo e espaço, duas estratégias são as mais escolhidas: compondo máquinas com a energia que necessitam em unidades móveis (como nos meios de transporte e eletroeletrônicos portáteis) e criando redes de distribuição que conduzem a energia gerada até onde se deseja a redistribuir. Nas unidades móveis, sua autonomia se limita a quantidade de energia que podem transportar sendo funcionais; a autonomia se amplia sem alterar a operação quando se pode armazenar mais energia no mesmo espaço, por isso, o trabalho de Goodenough, Whittingham e Yoshino é relevante (TAPIA et al., 2020): a primeira bateria a base de íon-lítio foi lançada ao mercado pela empresa Sony, em 1991, tendo aproveitado investigações desenvolvidas desde o fim dos anos 1970 por John Goodenough (FORNILLO, 2015; ZÍCARI; FORNILLO; GAMBA, 2019).

Com o aumento da densidade energética e potência, a emissão gerada pelos combustíveis ao longo do processo de transformação energética tornou-se um problema (TAPIA et al., 2020). Kazimierski (2018) considera que o marco dos esforços internacionais pela redução das emissões dos gases do efeito estufa não foi o Protocolo de Kyoto em 1997, cujo comprimento, segundo o autor, foi "prácticamente nulo" (KAZIMIERSKI, 2018, p. 111), mas sim a 21ª Conferencia de las Partes em Paris, 2015, onde o Acordo de Paris foi assinado por 195 países participantes, estabelecendo medidas para a redução dos gases de efeito estufa, num momento em que as tecnologias renováveis se tornavam mais rentáveis.

A redução de emissões de gases do efeito estufa coaduna com o projeto de transição energética, que se orienta pelo abandono progressivo das energias fósseis e se volta à novas formas de produção, distribuição e acumulação energética, diretamente relacionada ao mercado automotor (ARGENTO; ZICARI, 2018; GUNDERMANN, GÖBEL, 2018; KAZIMIERSKI, 2018). Uma alternativa em direção a redução das emissões veiculares são sistemas alimentados por baterias:

No segmento das baterias recarregáveis, por razões ambientais e de eficiência, houve a partir de 1990 a inserção no mercado consumidor das baterias de níquel metal-hidreto (Ni-MH) e de íon-lítio. No mercado europeu o percentual de participação dessas últimas no segmento da energia portátil passou de 8, em 1999, para 18%, em 2003. Em escala mundial as pilhas e baterias à base de lítio detiveram 28% do mercado nesse mesmo ano. Em 2004, a produção mundial de baterias de íon-lítio chegou à ordem de 700 milhões de unidades (BUSNARDO; PAULINO; AFONSO, 2007).

A relação entre as LIBs e a redução das emissões poluentes veiculares está em essas serem consideradas a melhor opção para alimentar os sistemas elétrico e eletrônico veiculares por vários fatores: possuem maior densidade de energia e de potência do que as demais baterias (bateria a base de chumbo ácido e bateria a base de níquel hidreto metálico); maior vida útil; taxa de descarga baixa; maior autonomia e menor toxicidade em relação a outros tipos de baterias (níquel-cádmio e níquel hidreto metálico) (CUEVA et al., 2018; SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018).

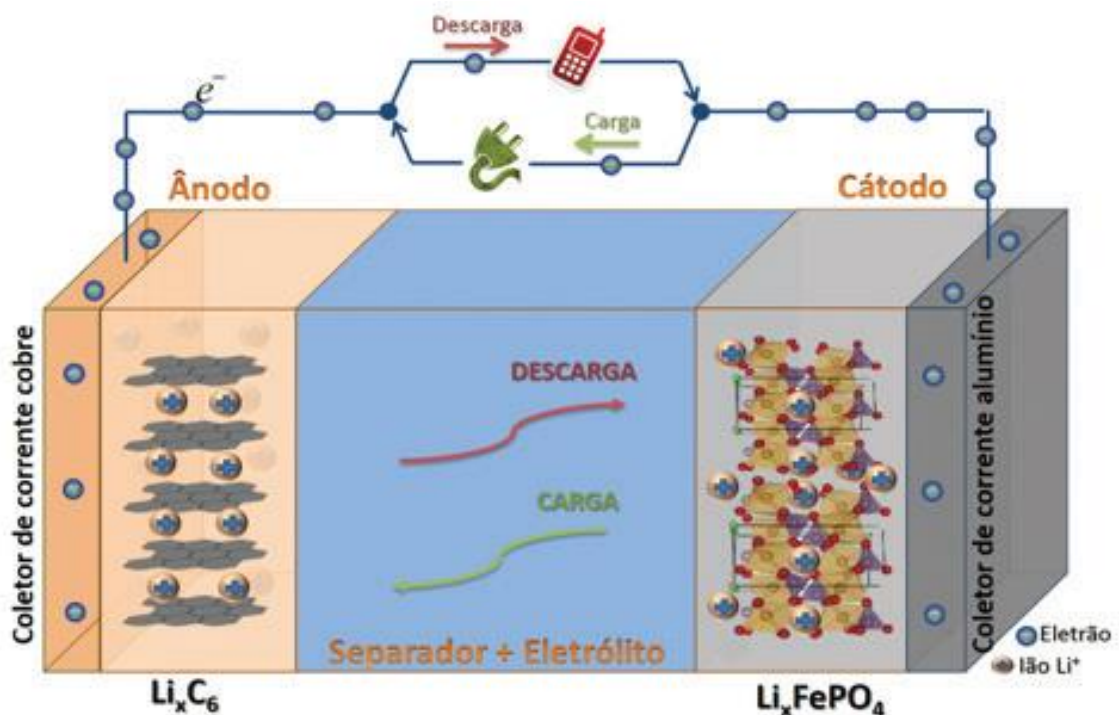
O lítio é o terceiro elemento mais leve dentre os conhecidos na tabela periódica; tem raio atômico pequeno (o que faz com que a mobilidade dos átomos seja maior) e baixa energia de ionização (sendo seu potencial de redução com tendência mais negativa, favorecendo seu desempenho nos sistemas de armazenamento de energia). Por ser o cátion alcalino de menor peso molecular, a densidade de energia possível de obter numa bateria será maior do que a de outro íon (GUNDERMANN, GÖBEL, 2018; TAPIA et al., 2020). As baterias baseadas nesse íon são compostas de

um ânodo, um cátodo, coletores de corrente, um separador, um eletrólito, um invólucro externo e peças de vedação. O ânodo é composto de grafite, lítio, carbono e fluoreto de polivinilideno (PVDF), que fixa os demais componentes ao coletor de corrente, que é uma lâmina de cobre; o eletrólito é tipicamente hexafluorofosfato de lítio (LiPF₆) em solvente orgânico, normalmente carbonato de etileno (CE), carbonato de dietila (DEC), carbonato de dimetila (DMC) ou misturas deles. O separador é feito de polipropileno (PP) ou polietileno (PE). O cátodo é feito de carbono (grafita), um óxido misto contendo lítio e cobalto (como

o LiCoO_2 , que detém ~40% do mercado) e PVDF, que fixa os componentes ao coletor de corrente do cátodo, que é uma lâmina de alumínio. (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018, p. 581).

Quando ocorre o processo de descarga da bateria, os íons lítio (Li^+) – na forma de sais dissolvidos em solventes não aquosos no eletrólito, de óxido misto no catodo e intercalados com grafite no ânodo – migram do ânodo para o cátodo (BUSNARDO; PAULINO; AFONSO, 2007). A Figura 1 ilustra como no processo de descarga os íons de lítio migram em direção ao cátodo (no exemplo, conformado por fosfato de ferro e lítio) para, quando ocorrer a carga da bateria, retornarem em direção ao ânodo (no exemplo, constituído de grafite).

Figura 1 - Descrição esquemática do funcionamento de uma bateria de íon lítio durante o processo de carga e descarga



Fonte: GOREN; COSTA; LANCEROS-MENDEZ, 2018, p. 4.

Conforme Cueva et al. (2018), as LIBs são as mais avançadas em termos de densidade de energia e potência específica (quando comparadas com as de níquel hidreto metálico e de chumbo ácido), com voltagens entre 1.5 V e 3.7 V, dispondo de autonomia de cerca de 500 km e vida útil que pode atingir 10 anos ou 160.000 km. Um veículo com motor de combustão interna (MCI) tem base de autonomia de 650 km.

Nos veículos com MCI, nos com o sistema start-stop e micro-híbridos a bateria é utilizada somente para o arranque do motor, para a iluminação e ignição (na sigla em inglês, SLI - start, lighting and ignition). Nesses automóveis, a bateria costuma ser a base de chumbo por sua capacidade de arranque do MCI a baixa temperatura, seu baixo custo e sua compatibilidade com o sistema elétrico dos carros. (GÖREN; COSTA; LANCEROS-MÉNDEZ, 2018). A vida útil das baterias a base de chumbo é variável: as SLI podem durar entre 5 e 7 anos ou entre 200 e 700 ciclos, podendo alcançar 1.600 ciclos com tecnologias mais novas (CUEVA et al., 2018).

Transportation activities, mostly associated with passenger cars, have been responsible for about a quarter of greenhouse gas (GHG) emissions in the US (EPA 2016). Almost 90% of auto fuels are from fossil fuels (i.e. gasolines and diesels). One of the most promising pathways to reduce GHG emissions is transitioning passenger cars to renewable energy sources such as low carbon electricity and biofuels. To this end, electric-drive vehicles (EDVs) powered by lithium-ion batteries (LIBs) have been considered as promising alternatives. Should there be a high level of EDVs adoption by 2050, the carbon intensity of car transport (CO₂ equivalent per vehicle-kilometer-travel) would be reduced by 71% compared to 2013 levels (SCOWN et al., 2013 *apud* AGUSDINATA et al., 2018, p. 1)⁶.

⁶ "Atividades de transporte, majoritariamente associadas com carros de passageiros, são responsáveis por cerca de um quarto das emissões de gases do efeito estufa (GHG) nos Estados Unidos (EPA 2016). Quase 90% dos combustíveis automotivos provém de combustíveis fósseis (ex. gasolinas e diesels). Um dos caminhos mais promissores para a redução de emissão de GHG é a transição dos carros de passageiros para fontes de energia renováveis como eletricidade de baixo carbono e biocombustíveis. Para esse fim, veículos de propulsão elétrica (EDVs) movidos por baterias de íon-lítio (LIBs) têm sido considerados como alternativas promissoras. Se houvesse adoção em altos níveis de EDVs até 2050, a intensidade de carbono de carros de transporte (CO₂ equivalente por veículo-quilômetro-viagem) seria reduzido em 71% em comparação aos níveis de 2013" (SCOWN et al., 2013 *apud* AGUSDINATA et al., 2018, p. 1, tradução nossa).

As emissões de carros que funcionam com MCI são variáveis conforme o modelo: "Dentre todos os veículos, o modelo que menos emite GEE é o Uno Mille Fire Economy da Fiat, com 52,302 gCO₂/km, e o que mais emite é o Carnival, da Kia, com 256,040 gCO₂/km." (CO2Zero, 2012). Considerando que veículos elétricos não emitem diretamente poluentes aéreos, Agusdinata et al. (2018, p. 9) quantificaram que, em média, para produzir uma unidade de armazenamento de energia à base de lítio que proveja 1 Watt hora de desempenho, são gerados cerca de 110 g de CO₂ equivalente a emissões GEE.

Percebe-se, portanto, a vantagem do uso de veículos de propulsão elétrica em relação à MCI do ponto de vista de emissões de gases; a vida útil estimada por Cueva et al. (2018), respectivamente 10 anos e 5 a 7 anos atesta, também, em favor das LIBs, bem como a quantidade de ciclos de carga sustentados por cada uma: segundo o autor, as de lítio compreendem 1.000 a 6.000 ciclos de carga, enquanto que as de chumbo toleram apenas 500 a 700 ciclos.

Além do emprego veicular, as baterias de íon-lítio são atualmente utilizadas em "telefones celulares, câmeras fotográficas e outros equipamentos eletroeletrônicos (EEE) portáteis" num período que presencia a "elevação da produção e do consumo de EEE e, conseqüentemente, de suas baterias." (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018, p. 581), quando já "mais de 60% do mercado da energia portátil é hoje preenchido por baterias de íon-lítio" (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018, p. 581).

Sólo en materia de comunicaciones, la penetración de baterías de Ion-Li es enorme: Hoy en día hay más líneas de telefonía móvil que habitantes en el planeta (Broadband Commission, 2019, p. 2) y, a nivel mundial, más del 40% de la población usa un 'teléfono inteligente'. Pero es posible encontrar este tipo de batería en una gran variedad de otros dispositivos: "notebooks", "tablets", dispositivos médicos, vehículos (de "scooters" a camiones), luminarias, juguetes, herramientas, entre mucho otros. (TAPIA et al., 2020, p. 14)⁷.

⁷ "Apenas em matéria de comunicações, a penetração de baterias de íon-lítio é enorme: Hoje em dia há mais linhas de telefonia móvel do que habitantes no planeta (Broadband Comissão, 2019, p. 2) e, a nível mundial, mais de 40% da população utiliza um 'telefone inteligente'. Mas é possível encontrar este tipo de bateria em uma grande variedade de outros dispositivos: "notebooks", "tablets",

O lítio também está presente em vidros, cerâmicas, compostos para solda metálica, químicos e adesivos, ar condicionados, óleos lubrificantes, farmacêuticos, na fusão nuclear, ligas metálicas, polímeros, agroquímicos, dentre outros. Assim, o interesse pelo lítio não se resume às LIBs, tendo, também, cunho militar, pelo seu uso na produção da bomba de hidrogênio (ARELLANO-ESCUADERO, 2021). Ademais, a transição energética, onde as LIBs se fazem presentes, implica na mudança do paradigma centralizado de geração de energia; no contexto atual de mudanças climáticas, depender de energia fornecida pelas grandes centrais geradoras não é suficiente, impulsionando formas de produção de energia alternativas:

los países con alta dependencia en las fuentes hídricas para la producción de energía, se han visto afectados por fuertes sequías y cambios abruptos en el clima, a causa de fenómenos naturales y el cambio climático (...). Debido a lo anterior, las fuentes de generación con energías renovables han surgido como una alternativa y complemento a las fuentes convencionales de energía. (GUCANEME et al., 2018, p. 110)⁸.

As alterações climáticas impactam nas fontes tradicionais de geração de energia; somando a consequente necessidade de novas formas de obtenção de energia à preocupação ambiental, as fontes de energia renováveis se apresentam como alternativa. Adicionalmente, novos modelos de distribuição e geração energética, mais distribuídos, possibilitam maximizar o aproveitamento da energia obtida com o uso de recursos energéticos distribuídos (DER, na sigla em inglês, Distributed Energy Resources), permitindo a expansão da energia elétrica para áreas rurais ou isoladas e a operação em micro redes elétricas (LÓPEZ-GARCÍA; ARANGO-MANRIQUE; CARVAJAL-QUINTERO, 2018).

dispositivos médicos, veículos (de "scooters" a caminhões), luminárias, jogos, ferramentas, entre muitos outros." (TAPIA et al., 2020, p. 14, tradução nossa).

⁸ "Os países com alta dependência nas fontes hídricas para produção de energia se viram afetados por fortes secas e mudanças abruptas no clima causados por fenômenos naturais e a alteração climática (...). Devido ao anterior, as fontes de geração com energias renováveis surgiram como uma alternativa e complemento às fontes convencionais de energia." (GUCANEME et al., 2018, p. 110, tradução nossa).

Los Recursos Energéticos Distribuidos (DER) son pequeñas fuentes de energía que pueden ayudar a satisfacer la demanda de energía regular. Es así como las DER con tecnologías de almacenamiento y con tecnologías renovables facilitan la transición a SG (Birk, 2016). La llegada de fuentes de energía renovable como generadores distribuidos, puede ayudar a mitigar los problemas de agotamiento de las reservas de combustibles fósil. Así como tener una oportuna respuesta a la creciente demanda de los consumidores. (GÓMEZ; HERNÁNDEZ; RIVAS, 2018, p. 92).⁹

A inclusão de geração em pequena escala no sistema de distribuição energético beneficia a operação tanto em termos econômicos, ao conectar essas tecnologias ao sistema de distribuição, possibilitando reduzir custos distributivos causados pelo congestionamento da rede e diminuir perdas de energia, quanto técnicos, pois a integração de geração distribuída (DG, na sigla em inglês, distributed generation) permite que o sistema distributivo crie micro redes como unidades de produção energética local, melhorando o gerenciamento de congestionamentos, reduzindo quedas de energia, aumentando a confiabilidade do provimento energético e aprimorando os perfis de voltagem (LÓPEZ-GARCÍA; ARANGO-MANRIQUE; CARVAJAL-QUINTERO, 2018).

The electric energy generation industry is headed towards reducing its dependence on fossil fuels through the integration of technologies that are friendlier to the environment.

This is due, in part, to the integration of distributed systems based on renewable energy sources. This strategy seeks to address new requirements of generation, operation and energy supply, and provoke the modification of the current structure of the transmission and distribution system, in order to change it from a centralized to a decentralized structure.

⁹ “Os Recursos Energéticos Distribuídos (DER) são pequenas fontes de energia que podem ajudar a satisfazer a demanda de energia regular. É assim que as DER com tecnologias de armazenamento e com tecnologias renováveis facilitam a transição a SG (Birk, 2016). A chegada de fontes de energia renovável como geradores distribuídos, pode ajudar a mitigar os problemas de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Assim como ter uma resposta oportuna a crescente demanda dos consumidores”. (GÓMEZ; HERNÁNDEZ; RIVAS, 2018, p. 92, tradução nossa).

A particular case of these systems is the smart electrical microgrids, where a consumer with in situ generation can also act as a small-scale generator due to bidirectional power flow. (REY-LÓPEZ et al., 2015, p. 109)¹⁰.

Configura-se, assim, a transição do modelo centralizado de produção de energia das grandes centrais geradoras (cujo transporte energético implica na perda de energia devido a resistência apresentada pelo condutor, reduzindo a eficiência energética do sistema) para um modelo descentralizado, fundindo produtor e consumidor (conforme o acrônimo prosumidor, trazido por Kazimierski (2018), possibilitando que os demandantes tenham participação ativa no gerenciamento do mercado energético (conforme a categoria gerenciamento pelo demandante - DSM, na sigla em inglês, demand side management) por meio do planejamento, implementação e supervisão das atividades voltadas à produção de mudanças no padrão de consumo para melhorar a eficiência energética e operação do sistema de energia elétrica (EPS, na sigla em inglês, Electrical Power System) (LÓPEZ-GARCÍA; ARANGO-MANRIQUE; CARVAJAL-QUINTERO, 2018).

A integração das fontes de energia renováveis às redes, no entanto, aumenta a volatilidade dessas, produzindo excedentes, sendo necessário algum modo de equilíbrio para que a energia gerada possa satisfazer o consumo de forma consistente, sem mudanças bruscas na frequência das redes (KAZIMIERSKI, 2018).

La energía solar fotovoltaica es variable en el tiempo, y depende de las variaciones en la irradiación total en el plano horizontal, así como la temperatura, humedad, velocidad del viento, entre otras. Estas variaciones pueden provocar variaciones en la tensión del punto de conexión con la red y variaciones en la frecuencia del sistema, estos aspectos dependen de factores como: la capacidad

¹⁰ "A indústria de geração de energia elétrica se dirige à redução de sua dependência de combustíveis fósseis por meio da integração de tecnologias que são mais amigáveis ao ambiente.

Isso se deve, em parte, à integração de sistemas distribuídos baseados em fontes de energia renováveis. Essa estratégia busca responder a novos requerimentos de geração, operação e provisão de energia e provocar a modificação da atual estrutura de sistemas de transmissão e distribuição, de modo a alterá-la de uma estrutura centralizada a uma descentralizada.

Um caso em particular desses sistemas são as micro redes elétricas inteligentes, onde um consumidor com geração in situ pode atuar também como um gerador em pequena escala devido ao fluxo de energia bidirecional." (REY-LÓPEZ et al., 2015, p. 109, tradução nossa).

de la central fotovoltaica (CFV), las características del punto de conexión y/o del sistema bajo estudio y las características de la zona donde se instalan. (VALLIN; FUENTEFRIA; LABORÍL, 2018, p. 14)¹¹.

Essa intermitência da geração energética, característica da variação natural das fontes de energia renováveis (RES, na sigla em inglês, renewable energy sources), pode ser mitigada de algumas maneiras:

De acuerdo con Bloomberg, actualmente, existen cuatro maneras diferentes de equilibrar la generación variable de energía renovable: (1) a través de la generación convencional como refuerzo para las renovables; (2) a través de interconectores que canalizan la electricidad desde locaciones con excedente hacia aquellos con déficit; (3) a través de la respuesta a la demanda, generalmente involucrando a grandes usuarios industriales y comerciales que son remunerados por inutilizar maquinarias de alto consumo cuando el suministro de electricidad está al límite; y la más eficiente, (4) el almacenamiento de energía excedente (KAZIMIERSKI, 2018, p. 115)¹².

Historicamente foi mais rentável expandir geração, transmissão e distribuição para satisfazer as necessidades operacionais; em caso de armazenamento, foram utilizadas centrais hidroelétricas reversíveis ou bombeadas (equivalente ao armazenamento por bombeio de água, na sigla em inglês, PSH, Pumped-Storage Hydroelectricity) e o armazenamento de energia de ar comprimido (na sigla em inglês, CAES, Compressed Air Energy Storage). O uso de baterias como sistemas de

¹¹ "A energia solar fotovoltaica é variável no tempo e depende das variações na irradiação total no plano horizontal, assim como da temperatura, umidade, velocidade do vento, entre outras. Essas variações podem provocar variações na tensão do ponto de conexão com a rede e variações na frequência do sistema, esses aspectos dependem de fatores como: a capacidade da central fotovoltaica (CFV), as características do ponto de conexão e/ou do sistema sob estudo e as características da zona onde se instalam." (VALLIN; FUENTEFRIA; LABORÍL, 2018, p. 14, tradução nossa).

¹² "De acordo com Bloomberg, atualmente existem quatro diferentes maneiras de equilibrar a geração variável de energia renovável: (1) através da geração convencional como reforço para as renováveis; (2) através de interconectores que canalizam a eletricidade desde localidades com excedente até aquelas com déficit; (3) através da resposta à demanda, geralmente involucrando grandes usuários industriais e comerciais que são remunerados por inutilizar maquinários de alto consumo quando o suministro de eletricidade está no limite; e a mais eficiente, (4) o armazenamento de energia excedente" (KAZIMIERSKI, 2018, p. 115, tradução nossa).

armazenamento de energia (ESS, pela sigla em inglês, energy storage systems) iniciou na década de 1990, no Japão, com o desenvolvimento de um sistema de baterias de sódio-enxofre (KAZIMIERSKI, 2018; SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020).

Outra solução é o timeshifting (deslocamento de energia no tempo), que consiste, em termos técnicos, em armazenar a energia sobrando gerada por fontes renováveis para manter o equilíbrio energético do sistema, incrementando o funcionamento dos sistemas que servem como carga base e reduzindo a utilização dos sistemas de pico; do lado econômico, consiste em aproveitar a diferença de preço entre mercados por meio da compra/armazenamento de energia mais barato em horários em que os custos marginais do sistema são baixos para a vender/injetar na rede quando os custos aumentam (VALLIN; FUENTEFRIA; LABORÍL, 2018).

Tanto no modelo ESS quanto no timeshifting são envolvidas tecnologias de armazenamento de energia; essas tecnologias podem constituir sistemas mecânicos (como os citados PSH e CAES), pneumáticos, térmicos, elétricos e eletroquímicos (baterias).

Las tecnologías de almacenamiento de energía a menudo son clasificadas en tres categorías de acuerdo con la longitud de la descarga: de calidad de potencia, cuando la longitud de la descarga es corta, de segundos a minutos, por ejemplo en control y regulación de frecuencia; de potencia puente, cuando la longitud de la descarga es intermedia, entre minutos y una hora, por ejemplo, para cubrir el gap entre una contingencia y el encendido de otra fuente; de gestión de energía, cuando la longitud de la descarga es más larga. (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020, p. 286)¹³.

Os ESS, que conferem confiabilidade e qualidade ao provimento de energia, são majoritariamente baseados em baterias, pois elas equilibram adequadamente

¹³ "As tecnologias de armazenamento de energia são frequentemente classificadas em três categorias de acordo com o comprimento da descarga: de de qualidade de potência, quando o comprimento da descarga é curta, de segundos a minutos, por exemplo em controle e regulagem de frequência; de potência ponte, quando o comprimento da descarga é intermediário, entre minutos e uma hora, por exemplo, para cobrir o intervalo entre uma contingência e o acendimento de outra fonte; de gestão de energia, quando o comprimento da descarga é mais longo." (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020, p. 286, tradução nossa).

densidade de potência (compensando mudanças rápidas no perfil de geração) e provendo densidade energética para assegurar energia de reserva (equilibrando a potência do sistema elétrico), enquanto os sistemas de armazenamento PSH e CAES requerem condições geográficas específicas e são demasiado grandes e custosos para potências de micro redes (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020; GRANADOS; DÍAZ; LUNA, 2021). Além de atenuar a dificuldade representada pela intermitência do provimento energético pelas RES, as tecnologias de acumulação também ajudam a suavizar as flutuações da demanda de energia conforme os períodos do dia (HIDALGO; ALONSO; PÉREZ, 2017).

Los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica en microrredes eléctricas en su mayoría están conformadas por módulos electroquímicos, es decir, baterías. Esto se puede explicar, al menos desde el punto de vista técnico, puesto que las baterías han sido una tecnología en constante desarrollo desde su descubrimiento en el año 1000 a. c. (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020, p. 287)¹⁴.

Constituindo uma das mais recentes evoluções dessa tecnologia em progresso há milênios, as LIBs se destacam pelos mesmos fatores que privilegiam sua escolha para alimentar os sistemas elétrico e eletrônico veiculares, anteriormente citados. No estabelecimento de micro redes energéticas, no entanto, o elemento mais caro é o ESS, que, no caso das LIBs, equivalem a \$600/kWh, abrindo espaço à utilização de baterias de chumbo ácido, exceto em casos que demandam descargas fortes em curto tempo. As baterias de chumbo ácido, por sua vez, além de não admitirem cargas e descargas profundas, são excessivamente pesadas, de recarga lenta e sua composição é altamente tóxica. Quando se analisa a instalação de micro redes energéticas, dois critérios são considerados: técnicos, por exemplo, a ponderação da densidade de potência e de energia; e econômicos, apreciando que o custo do ESS pode chegar a 50% do custo total da micro rede (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020); nesse âmbito, é preciso considerar que “el éxito de cualquier

¹⁴ “Os sistemas de armazenamento de energia elétrica em micro redes elétricas em sua maioria são formados por módulos eletroquímicos, quer dizer, baterias. Isso pode ser explicado, ao menos do ponto de vista técnico, por as baterias serem uma tecnologia em constante desenvolvimento desde seu descobrimento no ano 1000 a. c.” (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020, p. 287, tradução nossa).

tecnología de almacenamiento de energía térmica tiene una fuerte dependencia del costo del material de acumulación térmica seleccionado" (HIDALGO; ALONSO; PÉREZ, 2017, p. 75).

Realizando uma experiência de integração de DERs com ESS à rede central,

Los resultados obtenidos mostraron una reducción del 51.97 % en el coste total de compra de energía del sistema, y una disminución del 3.02 % en los de instalación de los circuitos secundarios y transformadores de distribución cuando se consideran los DG y los ESS. En conclusión, los resultados evidencian que la integración de estos recursos energéticos distribuidos en el problema de planificación de los sistemas de distribución aumenta los beneficios de las empresas de distribución por la compra y venta de energía, además de reducir sus costos fijos. (VALENCIA-DÍAZ; ISAZA; GALLEGU-RENDÓN, 2022, p. 2)¹⁵.

Isso demonstra que os custos de inclusão de DER baseadas em DG e com uso de ESS, além de melhorias técnicas e operativas à rede e redução do impacto ambiental da geração energética, traz benefícios econômicos (VALENCIA-DÍAZ; ISAZA; GALLEGU-RENDÓN, 2022). Quanto aos ESS, apesar da tendência dominantes do uso de baterias de chumbo ácido nos sistemas de armazenamento, as LIBs começam a ter custos que viabilizam sua utilização em micro redes elétricas (SUESCA; LEÓN; RODRIGUES, 2020).

As experiências de desenvolvimento de micro redes têm integrado baterias de veículos elétricos nos sistemas como forma de armazenamento, carga e melhora de indicadores de eficiência, qualidade e confiabilidade, mas sua inclusão como carga ou fonte de energia requer infraestrutura adicional e capacidade de energia maior do sistema no qual se conecta (GUCANEME et al., 2018).

¹⁵ "Os resultados obtidos demonstram uma redução de 51.97% no custo total de energia adquirida do sistema e redução de 3.02% nos custos de instalação de circuitos secundários e transformadores de distribuição quando DG e ESS são considerados. Em conclusão, os resultados mostram que com a integração desses recursos energéticos distribuídos no problema de planejamento dos sistemas de distribuição aumentam os benefícios das empresas de distribuição pela compra e venda de energia, além de reduzirem seus custos fixos." (VALENCIA-DÍAZ; ISAZA; GALLEGU-RENDÓN, 2022, p. 2, tradução nossa).

[...] la capacidad de almacenamiento de estos vehículos desempeñará un papel importante en la estabilización de las redes eléctricas. Los vehículos a batería no solo se recargarán en el tendido eléctrico, sino que, cuando no estén en uso, también podrán alimentar el sistema durante los lapsos de demanda máxima, es decir, se convertirán en reservorios de energía adicional de la matriz energética. (KAZIMIERSKI, 2018, p. 125)¹⁶.

Uma chave do valor de uso do lítio é a produção massiva de meios de transporte elétricos ou híbridos. Os acumuladores de lítio estão no cerne de uma sociedade em transição: têm alto valor agregado e a capacidade científica que requerem seus processos seriam aproveitáveis no caso das LIBs serem substituídas pelas de hidrogênio ou outras. No entanto, entre o "ouro branco" (o lítio metálico) e o acumulador de energia, há grande quantidade de conhecimento, que é a verdadeira fonte de valor (FORNILLO, 2015): "La diferencia entre la materia prima y la batería es significativa, una tonelada de litio cuesta alrededor de 6.000 U\$D mientras que una batería de auto, que utiliza alrededor de 10 Kg, entre 10.000 y 20.000 U\$D¹⁷" (HONG KYU, 2010; ZICARI, 2015 *apud* FORNILLO, 2015, p. 274).

Os eletrodos (materiais anódicos, catódicos e eletrólitos líquidos ou sólidos) são os elementos mais caros das baterias:

Los precios de estos compuestos son muy altos, fundamentalmente por ser productos de alta calidad (con muy buena cristalinidad, tamaño de partícula pequeño, estructura estable a los proceso de intercalación de iones de litio), y, una alta pureza (mayores al 99,7%). Estos factores son muy importantes para que sus propiedades electroquímicas (alta capacidad de energía y buena densidad de

¹⁶ "[...] a capacidade de armazenamento desses veículos desempenha um papel importante na estabilização das redes elétricas. Os veículos a bateria não apenas se recarregarão na estrutura elétrica, mas, quando não estejam em uso, poderão também alimentar o sistema durante os lapsos de demanda máxima, ou seja, se converterão em reservatórios de energia adicional da matriz energética." (KAZIMIERSKI, 2018, p. 125, tradução nossa).

¹⁷ "A diferença entre a matéria prima e a bateria é significativa, uma tonelada de lítio custa cerca de U\$D 6.000 enquanto uma bateria veicular, que utiliza por volta de 10 kg, entre U\$D 10.000 e 20.000." (HONG KYU, 2010; ZICARI, 2015 *apud* FORNILLO, 2015, p. 274, tradução nossa).

carga) sean aceptables y que las mismas se mantengan en los ciclos de carga/descarga (CABRERA et al., 2012, p. 16)¹⁸.

O cobalto utilizado é um dos componentes de maior custo da bateria: não existe em forma de minério puro, sendo obtido "somente como subproduto das jazidas de cobre e níquel" (SANTANA, 2016, p. 21):

[...] la Unión Europea realizó un documento acerca de los que considera "Recursos Naturales Críticos", midiendo su "criticidad" según su valor económico y su riesgo de suministro, y el Litio posee un riesgo de 0,7 y el cobalto de 1,1 en un registro que va de 0 a 5, este alto nivel le corresponde en solitario a las "tierras raras". (GT *ad hoc*, 2010 *apud* FORNILLO, 2015)¹⁹.

Conforme o *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023*, da Comissão Europeia (CMR Assessment - EC, 2023), o risco de provisão do cobalto se atualizou de 2.5 em 2017 para 2.8 em 2023 e sua importância econômica de 5.8 em 2017 para 6.8 em 2023. A obtenção do componente é obstaculizada por suas principais fontes estarem em regiões geopoliticamente instáveis (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018), sendo o responsável por 63% de sua produção mundial a República Democrática do Congo (EC, 2023). Soma-se a isso o fato de que o cobalto "é um dos metais que mais representam risco ambiental ficando atrás apenas de metais pesados como cádmio, chumbo, mercúrio e cromo." (VOLESKY, 2001 *apud* SANTANA, 2016, p. 21).

Por esses motivos, o cobalto utilizado na liga do cátodo das baterias tem sido substituído por metais mais baratos (como níquel, ferro e manganês). Todavia, apesar de os metais alternativos "serem ecologicamente mais inócuos, quimicamente estáveis e resolverem em parte problema relacionado ao valor do

¹⁸ "Os preços desses componentes são muito altos, fundamentalmente por serem produtos de alta qualidade (com muito boa cristalinidade, tamanho de partícula pequeno, estrutura estável aos processos de instalação dos íons de lítio), e uma alta pureza (maior de 99,7%). Esses fatores são muito importantes para que suas propriedades eletroquímicas (alta capacidade de energia e boa densidade de carga) sejam aceitáveis e que as mesmas se mantenham nos ciclos carga/descarga" (CABRERA et al., 2012, p. 16, tradução nossa).

¹⁹ "[...] a União Europeia realizou um documento sobre o que considera "Recursos Naturais Críticos", medindo sua "criticidad" segundo seu valor econômico e seu risco de fornecimento e o lítio possuiu um risco de 0,7 e o cobalto de 1,1 em um registro que vai de 0 a 5, esse alto nível corresponde apenas às "terras raras"" (GT *ad hoc*, 2010 *apud* FORNILLO, 2015, tradução nossa).

cobalto" (SANTANA, 2016, p. 23), eles têm maiores capacidades mássicas (seu uso tornaria as baterias mais pesadas) e menor capacidade de ciclagem; a síntese do cátodo a partir do níquel é mais difícil, portanto mais cara; e o cátodo produzido com manganês tem reduzida capacidade de carga (tempo de vida útil) (SANTANA, 2016).

Em 2019, Fornillo e Gamba calcularam que um kg de lítio metálico valia 120 U\$D e o custo de sua produção 42 U\$D, assim gerando lucro de 78 U\$D por kg do metal extraído.

[...] entre 2001 y 2017 los valores comercializados del litio en las formas destacadas aquí se multiplicaron 14 veces, aunque no de manera sostenida sino con tres subperíodos muy claros y distintos entre sí. Desde 2001 hasta 2008, el mercado se multiplicó por cuatro, creciendo a un ritmo del 30% anual. Sin embargo, con la irrupción de la crisis financiera mundial sobre la segunda mitad de 2008 y principios de 2009 el mercado se deprimió y luego estancó por cinco años hasta 2013, momento en que los valores previos no sólo se fueron recuperando sino que incluso tuvieron un crecimiento espectacular desde 2015: desde este último año la comercialización prácticamente se triplicó para el tramo 2015-2017 al crecer al 45% anual (ZÍCARI; FORNILLO; GAMBA, 2019, p. 189)²⁰.

O aumento no valor do lítio ilustra porque é considerado um bem estratégico no Triângulo do Lítio, que detém entre 55% (KAZIMIERSKI, 2018) e 68% (ZÍCARI; FORNILLO; GAMBA, 2019) das reservas mundiais e cerca de 85% dos depósitos de lítio na forma de salmoura (ARGENTO; ZICARI, 2018). O lítio foi incluído como recurso natural crítico na CRM Assessment em 2023, com risco de provisão avaliado em 1.9 e importância econômica em 3.9. Fornillo e Gamba (2019) auferiram que a demanda por compostos de lítio para cátodos de bateria cresceria de 55.000 toneladas de carbonato de lítio equivalente (LCE) em 2014 para cerca de 220.000 toneladas de LCE

²⁰ “[...] entre 2001 e 2017 os valores comercializados do lítio nas formas aqui destacadas se multiplicaram 14 vezes, mesmo que não de maneira sustentada mas em três subperíodos muito claros e distintos entre si. Desde 2002 até 2008 o mercado se multiplicou quatro vezes, crescendo a um ritmo de 30% anualmente. Contudo, com a interrupção da crise financeira mundial sobre a segunda metade de 2008 e início de 2009 o mercado se deprimiu e logo estancou por cinco anos até 2013, momento em que os valores prévios não só foram se recuperando como inclusive tiveram um crescimento espectacular desde 2015: desde esse último ano a comercialização praticamente triplicou para o período 2015-2017 ao crescer 45% anualmente” (ZÍCARI; FORNILLO; GAMBA, 2019, p. 189, tradução nossa).

em 2025, sendo que a produção global de lítio cresce por volta de 20% anualmente desde 2000 (MARTIN et al., 2017 *apud* LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 1).

Em síntese, compreendendo a necessidade humana por energia, tanto para o provimento dessa em modais móveis quanto fixos, foi evidenciado que as LIBs representam uma alternativa às demais fontes energéticas poluentes, atendendo as preocupações em relação a redução da emissão de gases de efeito estufa. Dentre as alternativas de tecnologias renováveis, as LIBs representam as baterias mais eficientes em termos de densidade energética, potência, vida útil, taxa de descarga, autonomia e toxicidade de seus componentes, além disso, quando aplicadas a veículos, não emitem poluentes aéreos durante o uso, tendo emissões carbônicas em sua produção menores do que as geradas por carros movidos a combustão interna.

Além dos eletroeletrônicos portáteis, onde as LIBs têm sua maior aplicação, foi explicado, nessa seção, a possibilidade da inclusão desses acumuladores na transição da distribuição energética centralizada, baseada principalmente em centrais hidrelétricas, para a geração energética distribuída, constituindo redes com produção local baseadas em fontes renováveis de energia, como a fotovoltaica. As LIBs entram nesse projeto como estabilizadores das redes devido a volatilidade da geração e como reservas energéticas.

A instalação desse projeto é obstaculizado pelo preço, ainda muito alto, das LIBs; mesmo assim, seu uso traria vantagens econômicas. A tendência é que, com a disseminação dessa tecnologia, os preços diminuam; o alto valor das LIBs está vinculado aos compostos dos eletrodos das baterias, em especial o cobalto, um minério raro extraído majoritariamente em regiões conflituosas. Quanto ao lítio, apesar de sua abundância, já é considerado em risco de provisão pela intensidade de sua extração. O processo extrativo do lítio, especialmente das salinas latino-americanas onde se encontram os maiores depósitos, também apresenta desafios, particularmente do ponto de vista ambiental e social, como será visto na seção a seguir.

2.2 PRODUÇÃO E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

Nessa seção, é explorada a técnica de extração do lítio nas salinas da América do Sul e as consequências ambientais decorrentes. Essas consequências vão além da mera extração do minério, considerando que a região das salinas é intrinsecamente vulnerável, especialmente em relação a disponibilidade de água. A água é fundamental para as espécies animais, vegetais e para a população humana da região e o método extrativo de lítio ameaça a disponibilidade hídrica local de diversas maneiras.

No que tange a população humana, a instalação de indústrias mineradoras traz mudanças ao tecido social e organização dos habitantes da região, a sua economia e formas de trabalho e, principalmente, adentra territórios indígenas, povos esses que são os principais atingidos por essas alterações. As estratégias de resistência dos povos originários ocorrem de diferentes formas, como se demonstra por meio de exemplos em outros países latino-americanos e da própria região.

Em relação aos ecossistemas, a dependência das espécies à água é evidenciada ao mesmo tempo em que mudanças são constatadas que podem ser vinculadas a atividade mineira; são elencados serviços ecossistêmicos da região das salinas e feita sua relação com a mineração e os danos dessa atividade, fazendo premente que alternativas ao método atual de exploração do lítio sejam ponderadas.

O lítio é o 25º elemento mais abundante na terra, encontrado em minerais, argilas, salinas, águas termais (em concentração variável, de 1 a 100 ppm) e no mar (em concentração baixíssima, de 0.17 ppm). Apesar dessa profusão, poucas fontes no mundo são grandes e/ou tem concentração suficientes para serem exploradas (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1189).

No Triângulo do Lítio, esse mineral está depositado em salinas, sendo extraído pela técnica de evaporação a partir do depósito da salmoura em piscinas onde se realizam etapas como agregação de cal para precipitar os sais de sódio, potássio, magnésio e outros, até alcançar o composto de lítio. O processamento dos compostos de lítio (carbonato, cloreto e hidróxido) prossegue em intervenções químicas em planta industrial, utilizando reativos para extrair resíduos e alcançar a pureza almejada (CABELLO, 2022; SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021).

Las exportaciones de Litio crecieron rápidamente desde el año 2000. El aumento de los precios internacionales, conocido como el "boom de los commodities", sumado a la fuerte demanda que se comenzó a registrar en dicho período, al aumento en la producción local y a la apertura de nuevos mercados para exportar que demandaban el recurso para la fabricación de baterías. (SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021)¹.

A exploração intensiva das salinas para extração do lítio frente ao aumento da demanda mundial pelo minério gera impactos ambientais locais que podem ser considerados superiores aos ocasionados pela sua obtenção das rochas pegmatitas (disponíveis, principalmente, na Austrália, outro dos maiores produtores mundiais (FORNILLO, 2015)), pois as salinas tipicamente se formam em sistemas naturais de maior vulnerabilidade (ARGENTO; ZICARI, 2018; GUNDERMANN, GÖBEL, 2018; MATEUS, 2020).

Currently 2/3 of the world production of lithium is extracted from brines, a practice that evaporates on average half a million litres of brine per ton of lithium carbonate. Furthermore, the extraction is chemical intensive, extremely slow, and delivers large volumes of waste. This technology is heavily dependent on the geological structure of the deposits, brine chemical composition and both climate and weather conditions. (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1188)².

Esses sistemas ambientalmente vulneráveis correm risco de terem seus aquíferos de água doce contaminados e sua geomorfologia alterada como decorrência da mineração. Sticco, Scravaglieri e Damiani formularam, por meio da Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) o Estudio de los Recursos Hídricos

¹ "As exportações de Lítio cresceram rapidamente desde o ano 2000. O aumento dos preços internacionais, conhecido como o "boom das commodities", somado a forte demanda que começou a ser registrada no período, ao aumento da produção local e a abertura de novos mercados para exportação que demandavam o recurso para a fabricação de baterias." (SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021, tradução nossa).

² "Atualmente 2/3 da produção mundial de lítio é extraída da salmoura, uma prática que evapora em média meio milhão de litros de salmoura por tonelada de carbonato de lítio. Além disso, a extração é quimicamente intensiva, extremamente lenta e gera grandes volumes de rejeitos. Essa tecnologia é altamente dependente na estrutura geológica dos depósitos, composição química da salmoura e ambas condições climáticas e de tempo." (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1188, tradução nossa).

y el Impacto por Explotación Minera de Litio, publicado em 2019, elencando quatro motivos pelos quais a extração de lítio pelo método da evaporação afeta a água doce disponível na região:

1. As bacias hidrográficas fechadas, como a de Salinas Grandes, têm um sistema de aquíferos em cuja zona central a água possui grande concentração de sais dissolvidos, como o lítio. Nas zonas periféricas das bacias e sob os leques aluviais foram detectadas relevantes massas de água doce de baixa salinidade;

2. As zonas com lítio e de água doce são conectadas por uma zona denominada "mescla", onde ocorre troca de sais, o que prova que há conexão entre as partes devido a composição dessa área. Outra evidência é a mensuração da salinidade da água em poços verticais;

3. As massas de água se movimentam de forma centrípeta (da borda para dentro). A exploração de lítio a partir da "salmoura" extrai mais água do que a que se infiltra pelas escassas ou nulas chuvas. O desbalanço entre o que se remove e o que penetra decorre na baixa gradual do nível da água subterrânea e aceleração do fluxo de água doce em direção aos poços de salmoura. A não reposição dos volumes de salmoura evaporados tem como consequência o esvaziamento dos aquíferos;

4. Salinização da água doce: as massas de água doce se localizam sobre as de água salgada; quando a água doce se move em direção aos poços de salmoura, atravessa sedimentos permeáveis que contêm sais que se incorporam, aumentando a salinidade da água. Esse processo é irreversível, mesmo que a água voltasse às zonas anteriores, os sais permaneceriam na água por seu alto coeficiente de solubilidade.

Em síntese, com a retirada da água das bacias das salinas, as massas de água – localizadas na região periférica (com menos sais), tanto da "orla" quanto das partes mais profundas e nos lençóis subterrâneos – migram em direção aos depósitos de salmoura, se salinizando irreversivelmente (STICCO; SCRAVAGLIERI; DAMIANI, 2019).

Adicionalmente, no processo de extração do lítio, frequentemente, a água é injetada em piscinas de salmoura não compartimentadas, podendo diluir o recurso (MATEUS, 2020):

no se debe descuidar la posible fase de reinyectado de la solución salina post-extracción del litio en acuíferos subterráneos, ya que requiere de serios estudios hidrogeológicos del salar con el fin de no cometer errores que podrían provocar la disolución del recurso (SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021, p.11)³.

Assim, se evidencia que a eventual reinjeção da água que passou pelo processo de extração de lítio nas salinas não é um procedimento simples, tanto do ponto de vista de preservação do mineral, quanto do da conservação hídrica. O processo traz, ainda, outros riscos:

The environmental and occupational health and safety risks related to lithium in brines are comparatively higher than for other sources of lithium, but the potential health effects are currently poorly understood. Of most concern is the fact that the mining practice uses evaporation ponds, exposing the products to the elements (e.g. wind and storms). Since geochemically lithium is a highly mobile element, there is a high chance that lithium will be released into the environment and potentially affect nearby communities (Figueroa et al 2013). The processing of lithium mining involves evaporation of brines and washing the mineral with sodium carbonate in largescale polyvinyl chloride (PVC)-lined shallow ponds. A failure in of PVC barriers may leak chemical substances such as softeners into the environment and cause water pollution (Wanger 2011). The consequences for human health and native biodiversity may be severe, although ingested lithium is not expected to bioaccumulate. However, a concentration of lithium in blood greater than 20 mg l⁻¹ poses a risk of death (ARAL; VECCHIO-SADUS, 2008 *apud* AGUSDINATA et al., 2018, p. 9)⁴.

³ "não se deve desconsiderar a possível fase de reinjeção da solução salina pós-extração do lítio em aquíferos subterráneos, já que requer sérios estudos hidrogeológicos da salina com o fim de não cometer erros que poderiam provocar a dissolução do recurso" (SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021, p.11, tradução nossa).

⁴ "Os riscos ambientais e de saúde ocupacional e segurança relacionados ao lítio nas salinas são comparativamente maiores do que em outras fontes de lítio, mas os efeitos potenciais na saúde são atualmente pouco compreendidos. Mas preocupante é o fato de que a prática mineradora utiliza piscinas de evaporação, expondo os produtos aos elementos (ex. vento e tempestades). Como geoquimicamente o lítio é um elemento de alta mobilidade, há grande chance de que lítio seja liberado no ambiente e potencialmente afete comunidades próximas (Figueroa et al 2013). O processamento de mineração litífera envolve evaporação da salmoura e lavagem mineral com carbonato de sódio em grandes piscinas rasas de policloreto de vinila (PVC). Uma falha nas barreiras de PVC pode vaziar substâncias como amaciantes no ambiente e causar poluição da água (Wanger 2011). As consequências para a saúde humana e biodiversidade nativa podem ser severas, apesar de que não

Ou seja, a evaporação da salmoura pode causar dispersão dos sais de lítio pelas regiões contíguas às piscinas de evaporação; apesar de as consequências a saúde humana dessa difusão não serem claras, o ambiente é afetado e as piscinas evaporíticas trazem o risco de vazamentos e contaminação da água com substâncias utilizadas para a separação mineral (AGUSDINATA et al., 2018).

Considerando que a região das salinas é de clima seco, com déficit hídrico e escassa disponibilidade de água, originária de degelo e chuvas pontuais (GUNDERMANN, GÖBEL, 2018; SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021), a situação da água na região é sensível e ameaçada pela exploração do lítio.

Conforme o cientista argentino Ernesto Calvo, é necessário evaporar cerca de 200 mil litros de salmoura para obter uma tonelada equivalente de carbonato de lítio: "Esse método funcionou para os volumes exigidos na telefonia móvel, mas a escala exigida pelos carros elétricos o torna insustentável. Estamos nos dando ao luxo de evaporar água no meio de um deserto". Destaca-se, ainda, que mesmo que a salmoura não seja água para consumo humano ou animal, sua extração excessiva pode gerar mudanças climáticas e modificar a taxa de evaporação natural (LEWKOWICZ, 2022).

Isso se relaciona com o esvaziamento dos aquíferos (conforme o item três supracitado), que traz outras consequências além do escasseamento da água doce: a água dos aquíferos sustenta o solo e não se comprime nessa função; quando é eliminada, seu espaço é ocupado por ar, que pode se comprimir, reduzindo a força de sustentação da matriz sólida do solo, achatando grandes blocos de solo. A consequência superficial é a formação de depressões de terra, o que pode romper o sedimento argiloso responsável pela formação das atuais salinas. Com esse rompimento, a água superficial se infiltraria no subsolo, acabando com o equilíbrio ancestral de evaporação natural que forma as salinas de cloreto de sódio que são uma das principais fontes de renda para as comunidades indígenas do aquífero (STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019).

se espera que a ingestão de lítio bioacumule. Todavia, a concentração de lítio no sangue superior a 20 mg l⁻¹ apresenta risco de morte" (ARAL; VECCHIO-SADUS, 2008 *apud* AGUSDINATA et al., 2018,, p. 9, tradução nossa).

A mediados de 2018 la empresa Sales de Jujuy SA presentó la actualización de su Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), con 22 pozos productores de salmuera. En ella se observa que, en los últimos 12 meses de funcionamiento continuo de estos pozos, se han registrado descensos de hasta 40 metros de profundidad. Teniendo en cuenta que los niveles críticos para la salinización del agua dulce se hallan entre los 20 y los 70 metros de profundidad, el descenso registrado en el EIA en el primer año de producción continua, con el 25% del total de pozos proyectados para la primera etapa de producción, muestra que ya se han alcanzado las profundidades críticas de salinización del agua. (STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019, p. 3)⁵.

Conforme o trecho acima, os processos de rebaixamento do solo já estavam em curso, segundo avaliação entre 2017 e 2018, com altura cedida suficiente para salinização da água doce. De acordo com Liu e Agusdinata (2020, p. 1), entre 2002 e 2017 o total de água na bacia chilena se reduziu em taxas de 1.16 mm ao ano. Ainda, a água doce é utilizada na cadeia de extração por evaporação:

Según las estimaciones realizadas por la minera LAC, para la producción de 40.000 toneladas anuales de carbonato de litio será necesaria la utilización de 1.124.000 m³ de agua dulce. Este volumen contempla solamente el agua requerida para la planta de obtención de Carbonato de Litio, así como también para los estanques. (STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019, p. 25)⁶.

Desse volume de água doce, 780.000 m³ seriam destinados às piscinas de evaporação (estanques) e 380.000 m³ para a planta que elabora o carbonato; além

⁵ "Em meados de 2018 a empresa Sales de Jujuy SA apresentou a atualização de sua Avaliação de Impacto Ambiental (EIA), com 22 poços produtores de salmoura. Nela se observa que nos últimos 12 meses de funcionamento contínuo desses poços se registraram rebaixamentos de até 40 metros de profundidade. Considerando que os níveis críticos para a salinização da água doce estão entre os 20 e 70 metros de profundidade, o rebaixamento registrado no EIA no primeiro ano de produção contínua, com 25% do total de poços projetados para a primeira etapa de produção, demonstra que já se alcançaram profundidades críticas de salinização da água." (STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019, p. 3, tradução nossa).

⁶ "Segundo as estimativas realizadas pela mineradora LAC, para a produção de 40.000 toneladas anuais de carbonato de lítio será necessária a utilização de 1.124.000 m³ de água doce. Esse volume contempla somente a água necessária para a planta de obtenção de Carbonato de Lítio, assim como para as piscinas." (STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019, p. 25, tradução nossa).

disso, a produção demandaria 26.124.000 m³ de salmoura (STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019, p. 25). "Freshwater consumption with current evaporative technology is 22.5 and 50 m³ per tonne Li₂CO₃ for Salar de Atacama and Salar de Olaroz, respectively."⁷ (VERA et al., 2023, p. 157).

roughly 0.4 million L of brine water (383.5 m³) are evaporated per ton of produced Li₂CO₃. If we think of an average extraction facility that produces 20,000 tons/year of Li₂CO₃, we arrive at the astounding figure of 7,669,388 m³ of brine water being evaporated yearly at just one average lithium extraction facility. (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1200)⁸.

Percebe-se, dessa forma, que a evaporação de salmoura para obtenção de lítio altera os ciclos biogeoquímicos da região, descaracterizando a composição da água, do solo e o relevo geográfico dessas, afetando os ecossistemas, bens naturais e levando ao deslocamento da população local.

From a sustainability perspective, lithium mining presents environmental justice issues (Romero et al 2012). The Chilean Atacama region has been exploited for its rich mineral deposits, including copper, gold, silver, molybdenum and lithium. On one hand, lithium mining brings revenues to the State coffers and profits for national and foreign companies. On the other hand, these economic benefits have come with social and environmental costs. The mining industry is extracting a large amount of groundwater in one of the driest desert regions in the world. As the mining sites overlap with nature conservation areas, mining activities have been responsible for ecosystem degradation. The process of forced migration of populations from villages and the abandonment of ancestral settlements has

⁷ "Consumo de água doce com tecnologia evaporítica é 22.5 e 50 m³ por tonelada de Li₂CO₃ no Salar de Atacama e Salar de Olaroz, respectivamente (VERA et al., 2023, p. 157, tradução nossa).

⁸ aproximadamente 0.4 milhões de litros de salmoura (383.5 m³) são evaporados por tonelada de Li₂CO₃ produzida. Se pensarmos em uma instalação de extração média que produz 20.000 toneladas/ano de Li₂CO₃, chegamos a assombrosa quantia de 7.669.388 m³ de salmoura sendo evaporada anualmente em apenas uma instalação de extração de lítio média." (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1200).

been precipitated by water scarcity and an increasingly erratic water supply. (AGUSDINATA et al, 2018, p. 9)⁹.

Os problemas de justiça ambiental trazidos pelas atividades mineiras estão relacionadas ao fato de que, enquanto a região das salinas latino-americanas é considerada oficialmente isolada (SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021), há presença de povos originários na localidade (ARGENTO; ZICARI, 2018; GUNDERMANN; GÖBEL, 2018; PRAGIER, 2019; PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022; STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019), evidenciando a retórica do vazio demográfico que caracteriza o território como ocioso ou improdutivo, trazendo uma visão eficientista de que é socialmente esvaziável, invisibilizando as comunidades e economias regionais para facilitar a entrada de outros modelos econômicos e de desenvolvimento (SVAMPA, 2019).

Sin embargo, la conexión discursiva entre el litio, sustentabilidad e imaginarios de progreso invisibiliza a las "insustentabilidades" que la minería del litio produce a nivel local. Ella se instala en salares que son ecosistemas muy frágiles que además se encuentran en desiertos o semidesiertos de altura con una vegetación escasa y dispersa. Gran parte de los pobladores que viven alrededor de los salares se autodefinen como indígenas o descendientes de pueblos originarios. En sus modos de vida, a pesar de las profundas transformaciones acaecidas, persiste un fuerte vínculo con los lugares y el entorno natural. Constituyen anclajes a la vez culturales y materiales de la identidad local y étnica, en tanto consideran los seres, las fuerzas, los elementos de la fisiografía y la topografía, así como las fronteras de los espacios que les conciernen. Ellos integran la

⁹ "De uma perspectiva ambiental, a mineração de lítio apresenta problemas de justiça ambiental (Romero et al 2012). A região do atacama chileno foi explorada por seus depósitos minerais ricos, incluindo cobre, ouro, prata, molibdênio e lítio. Por um lado, a mineração de lítio traz receitas ao cofre do Estado e lucros para companhias nacionais e estrangeiras. Por outro, esses benefícios econômicos são acompanhados de custos sociais e ambientais. A indústria mineira está extraindo grandes quantidades de água em uma das regiões desérticas mais secas do planeta. Conforme as áreas de mineração se sobrepõem a áreas de conservação naturais, atividades mineiras têm sido responsáveis pela degradação ecossistêmica. O processo de migração forçada de populações de vilarejos e o abandono de enclaves ancestrais é precipitado pela escassez de água e crescentemente errática provisão de água." (AGUSDINATA et al, 2018, p. 9, tradução nossa).

memoria del ambiente y son el soporte físico de las biografías personales y familiares. (GUNDERMANN, GÖBEL, 2018, p. 472-474).

O suposto isolamento das regiões demanda a construção de acampamentos e instalação de serviços aos trabalhadores das operações (GUNDERMANN, GÖBEL, 2018; PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022; SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, 2021), o que propicia o surgimento de povoados-acampamentos subitamente, deslocando o tecido econômico e social prévio, consolidando estrutura de desigualdades com a disparidade salarial, assim potencializando problemáticas sociais já existentes, aumentando o custo de vida, gerando crise habitacional e trazendo questões típicas de regiões de mineração: vícios, misoginia, naturalização da prostituição e cumplicidade dos poderes políticos (clientelismo entre os governos e as empresas ou cooperativas extrativistas) (SVAMPA, 2019). Na Argentina,

[...] los debates sobre el litio en el país se han dado mayormente en términos meramente económicos, sin considerar a un actor central del proceso como son las comunidades indígenas que ocupan los territorios argentinos en los cuales se halla el recurso. Así, las comunidades indígenas del norte del país, sus voces y demandas pasan muchas veces invisibilizadas, avasallando con ello sus derechos y los aportes que pudieran prestar a los debates con respecto a la utilización del litio y del territorio. En este sentido, las comunidades han sido un actor central dado que en los territorios de las zonas litíferas se han articulado procesos de resistencia e interpelación hacia el Estado, la dirigencia política y al conjunto de la sociedad, logrando en muchos casos paralizar obras, discutir la propiedad de la tierra y poner la cuestión del litio no sólo en el debate económico en torno a si debería ser una materia prima o un recurso estratégico para el desarrollo, sino defendiendo el territorio de los salares como un "bien común" integrado a la naturaleza y disponible así para futuras generaciones. En consecuencia, frente al avance de la demanda global del litio, los conflictos territoriales ocurridos en el norte del país, especialmente en la puna atacameña, han producido como su corolario una territorialidad inherentemente globalizada y en conflicto. Por ello mismo, al decir de Göebel, "el litio reconfigura la matriz

local del uso del espacio, desplazando y tensando el conflicto con otras prácticas de relacionamiento con la naturaleza" (ARGENTO; ZICARI, 2018, p. 5-6).

A despossessão territorial vinculada às atividades extrativistas e suas consequências ambientais é caracterizada pelo racismo ambiental, termo cunhado em 1980, no Estados Unidos, quando foi utilizado para denunciar a exposição desigual aos riscos ambientais e seus impactos para comunidades negras: consiste na discriminação racial no desenho de políticas e aplicação de normativas, na focalização deliberada de depósitos de rejeitos tóxicos, na autorização oficial a presença de venenos e contaminantes e na exclusão histórica de pessoas não-brancas da liderança de movimentos ambientais (PARRA, 2019).

A perda territorial acarreta migração, conflitos sociais intra e extracomunitários, perda de meios de subsistência e soberania alimentar, mercantilização e privatização de terras, conversão de direitos de propriedade comunais ancestrais em propriedade privada, supressão de acesso a bens comuns e a formas alternativas de produção e consumo, levando a eliminação étnica ou morte lenta da população local (PARRA, 2019):

Las formas de muerte lenta se refieren a los efectos nocivos que tienen a corto y largo plazo las acciones cotidianas en ambientes tóxicos o afectados por amenazas ambientales de las que los habitantes tienen poco control (como la contaminación de los ríos). Dichas acciones incluyen una serie de actividades cotidianas como habitar, vivir, jugar, tomar agua, pescar, comer, lavar la ropa, bañarse en el río y otras actividades realizadas en el día a día en estos ambientes tóxicos. (PARRA, 2019, p. 99)¹⁰.

A mineração contribui com a alteração das atividades cotidianas da população local pela tendência de contaminação das águas, afetando a flora, fauna

¹⁰ "As formas de morte lenta se referem aos efeitos nocivos que tem a curto e longo prazo as ações cotidianas em ambiente tóxicos ou afetados por ameaças ambientais às quais os habitantes têm pouco controle (como a contaminação de rios). Essas ações incluem uma série de atividades cotidianas como morar, viver, brincar, tomar água, pescar, comer, lavar roupas, tomar banho no rio e outras atividades realizadas no dia a dia nesses ambientes tóxicos." (PARRA, 2019, p. 99, tradução nossa).

e saúde humana; os Estados, no contexto do racismo ambiental, respondem “deixando morrer” ou expondo a morte lenta as populações “descartáveis”, sendo ausente nas zonas ao oferecerem (quando o fazem) infraestrutura e cobertura de saúde limitadas, mesmo frente aos impactos das atividades extrativistas (PARRA, 2019).

[...] la producción del litio no se diferencia de otros commodities mineros. Se trata de un modelo de enclave donde las empresas transnacionales aterrizan en el territorio colocando en una posición frágil y desigual a las poblaciones indígenas de la puna argentina (GÖBEL 2013 *apud* PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022, p. 80)

Além do pertencimento ao território ser parte do princípio da identidade para as comunidades indígenas da região (PRAGIER, 2019),

Su modo de vida y su identidad han estado ligadas a la relación con el entorno natural. Sus estrategias económicas tradicionales combinan el pastoreo trashumante de llamas, ovejas y cabras, la pequeña agricultura y la explotación de la sal. Muchas de estas actividades económicas son, además, referentes identitarios importantes y están articuladas con rituales que refuerzan los cruces entre la esfera humana y no humana (Delgado y Göbel, 2003; Göbel, 2002). La movilidad poblacional es condición inherente para garantizar el mejor aprovechamiento del espacio (GÖBEL, 2013 *apud* PRAGIER, 2019).

Frente a possibilidade de perda da biodiversidade na região do Triângulo do Lítio e em defesa de seus direitos de livre determinação, as comunidades indígenas argentinas desenvolveram, complementarmente, três formas de ação: jurídico-legal, ação direta e reinterpretação comunitária. As ações diretas consistem em atitudes contenciosas, como bloqueios de rotas importantes de transporte às indústrias do lítio. Já as ações jurídico legal e de reinterpretação comunitária, relacionada ao *Kachi Yupi*, serão tratadas e explicadas a seguir (PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022).

As comunidades Kolla e Atacama, presentes nos territórios de Salinas Grandes e de Laguna de Guayatayoc (Argentina) apresentaram ação de amparo

ambiental contra os governos de Salta, Jujuy e o Estado Nacional para prevenir o dano decorrente da mineração do lítio no sistema hídrico das províncias, com base na biodiversidade da região, da qual dependem para sua vida e cultura (REDACCIÓN @NOTISPOSITIVAS, 2020).

Las comunidades de Salinas Grandes (...) llevan 10 años de reclamos para que se respete su derecho a la participación y consulta, cuando las primeras empresas de litio intentaron instalarse en su territorio. Ante la falta de respuesta del entonces gobierno de Eduardo Fellner, se iniciaron acciones legales para lograr un proceso que asegurara su derecho a una consulta libre, previa e informada. Además, se redactó el documento "Kachi Yupi", protocolo participativo que busca explicar a actores externos la forma en que debería realizarse un procedimiento de consulta apropiado para su cultura. (REDACCIÓN @NOTISPOSITIVAS, 2020)¹¹.

Essa organização comunitária data da implantação das empresas mineradoras em Salinas Grandes, quando um conjunto de 33 comunidades do território, abrangendo as províncias de Salta e Jujuy, passaram a exigir o cumprimento de seus direitos indígenas ao território, configurando a *"Mesa de Comunidades Originarias de la Cuenca de Salinas Grandes y Laguna de Guayatayoc para la Defensa y Gestión del Territorio"*. Na Argentina, não há legislação específica para o lítio além do Código de Minería e da Constituição Nacional, ambos reformados na década de 1990, em meio ao paradigma neoliberal. A Constituição determina que as províncias são encarregadas dos recursos naturais em seus territórios, regulando individualmente a aplicação do *Código Minero*, o que acabou incentivando que esses os utilizassem como meio de crescimento econômico regional rápido, por meio da abertura à exploração (ARGENTO; ZICARI, 2018; PRAGIER, 2019; PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022).

¹¹ "As comunidades de Salinas Grandes (...) estão há 10 anos reclamando para que se respeite seu direito a participação e consulta, quando as primeiras empresas de lítio tentaram se instalar em seu território. Perante a falta de resposta do então governo de Eduardo Fellner, se iniciaram ações legais para obter um processo que assegurasse seu direito a uma consulta livre, prévia e informada. Ademais, se escreveu o documento "Kachi Yupi", protocolo participativo que busca explicar a atores externos a forma qual deveria se realizar um procedimento de consulta apropriado para sua cultura." (REDACCIÓN @NOTISPOSITIVAS, 2020, tradução nossa).

A reforma constitucional também assegurou juridicamente as responsabilidades trazidas pelo Convênio 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) – cujo cumprimento é requerido no caso, especialmente do mecanismo de consulta livre, prévia e informada, estabelecido pelo Convênio, sendo ratificado em 13 países da América Latina, incorporado em constituições e na Declaração Universal dos Povos Indígenas, preconizando uma nova forma de relação entre Estado e povos indígenas, fazendo parte da onda neoconstitucionalista latino-americana, a partir do fim do século XX, em que a multiculturalidade característica e especificidades dos povos dos países da região começaram a ser integradas nas suas normativas (VERDUM, 2009). Ademais, na Argentina, em 2006, foi aprovado pelo Congresso Nacional a Ley de Emergencia de la Propiedad Comunitaria, protegendo as comunidades dos desalojamentos territoriais. Cada província tem, também, suas legislações específicas que garantem a proteção dos povos indígenas em seus territórios (ARGENTO; ZICARI, 2018).

Quando as empresas começaram a fazer a exploração do lítio, ameaçando a forma de vida das comunidades locais, sem as comunicarem sobre os impactos das atividades mineradoras, as comunidades deram início à estratégias legais para sua proteção. Primeiro, a nível provincial, e interprovincial (assim chegando à Corte Suprema de Justicia), requerendo informações oficiais sobre os empreendimentos. A defesa, por parte das empresas e governos, se utilizou de diversas estratégias para descreditar legalmente os pedidos (ARGENTO; ZICARI, 2018):

[...] en muchos casos, la salida más simple ha sido entonces como tantas veces la de acusar a estas prácticas de resistencia y sus demandas como anti-modernas, arcaicas y/o ligadas a una perspectiva esencialista identitaria. Muy lejos de esto, las comunidades, y puntualmente la Mesa de las 33 comunidades, plantea claramente que se deben contemplar sus necesidades y particularidades territoriales, exigiendo a su vez que sean respetados sus derechos y conquistas respecto de la decisión sobre los recursos o bienes comunes (ARGENTO; ZICARI, 2018, p. 23).

Com isso, as comunidades avançaram ao nível internacional, perante a Organização das Nações Unidas (ONU) e a Corte Interamericana de Justiça, levando, em 2011, a denúncia ao Relator Especial das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas, James Anaya, que compareceu ao território para investigar a situação. A intervenção da ONU no conflito freou as negociações com as empresas mineradoras, culminando, em 2016, na elaboração do protocolo *Kachi Yupi*, também conhecido como *Huellas de la Sal* (ARGENTO; ZICARI, 2018; PRAGIER, 2019; PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022):

Este protocolo resulta novedoso por dos cuestionos, de un lado es una apuesta desde las comunidades indígenas por adaptar los estándares internacionales en materia de derecho a su propias prácticas, costumbre y saberes en su relación con el ciclo de la sal, de otra parte, se constituye en herramienta propositiva frente a las ambivalencias de las regulaciones provinciales y pautas administrativas institucionalizadas sobre consulta y participación de los pueblos indígenas. (ARGENTO; ZICARI, 2018, p. 21)

Todavía, as políticas neoliberais, protagonistas no contexto neoextrativista¹², não respeitam esses direitos, mesmo os constitucionalizados, apesar de as obras de exploração impactarem diretamente nos territórios, modo de vida e na existência dos povos originários (VERDUM, 2009). Ainda, apesar de cosmovisões e tradições compartilhadas, as comunidades de povos indígenas respondem de maneiras diferentes aos projetos de exploração do lítio em seus territórios, pois, conforme o *Kachi Yupi*, há a possibilidade de optar pela oposição ou favoravelmente às atividades (PRAGIER, 2019).

¹² No início do século XXI, as economias latino-americanas foram beneficiadas pelos altos preços internacionais dos produtos primários, multiplicando, na região, grandes empreendimentos mineiros, de represas e monoculturas em extensão, configurando o modelo *neoextrativista*. Enquanto o extrativismo data da época da colonização, a categoria atualizada assume novas dimensões em relação ao tamanho dos projetos, intensidade do uso de água, energia e recursos (naturais e econômicos), os atores envolvidos, as subjetividades mobilizadas e as linguagens e narrativas adotadas. Assim, enquanto os megaprojetos geram poucos empregos, acarretam no deslocamento populacional e de formas de produção das localidades adentradas pelas empresas extrativistas, decorrendo em modelos de desenvolvimento insustentáveis (SVAMPA, 2019).

A despossessão acarretada pelos megaprojetos afeta de maneiras diferentes homens e mulheres: no interior das comunidades tradicionais, as diferenças de gênero baseadas na etnicidade se unem ao patriarcalismo reconfigurado pelo ocidentalismo, capitalismo e neoliberalismo (AGUILAR, 2019).

A atividade mineradora é associada à masculinização dos territórios, reforçando o patriarcalismo, acentuando os estereótipos da divisão sexual do trabalho, agravando as desigualdades de gênero, fortalecendo o papel tradicional das mulheres e debilitando seus papéis comunitários e ancestrais, coadunando com o aumento da violência paraestatal às mulheres que se opõem ao neoextrativismo (SVAMPA, 2019): "Las construcciones cosmogónicas posicionan a las mujeres como "meras guardianas de la cultura" (Hernández 2008), postura respaldada por las leyes consuetudinárias"¹³ (AGUILAR, 2019, p. 73).

A luta das mulheres pelo território faz parte da multiplicação das resistências sociais frente a disseminação dos megaprojetos extrativistas, bem como os movimento indígenas, campesinos e socioambientais (SVAMPA, 2019): no relato de Parra (2019) no Equador, também relacionado à mineração,

La estrategia de la comunidad ha sido permanecer en el territorio en disputa y fortalecer su posesión efectiva frente a racionalidades de acumulación (palmicultora o minera) que racializan a la gente y geografía del norte de Esmeraldas como inadecuadas, y legitiman a quienes acaparan la tierra para proyectos de supuesto desarrollo y modernidad. (PARRA, 2019, p. 103)¹⁴.

Outra face do neoextrativismo é a criminalização das lutas socioambientais é, incentivando a violência estatal e paraestatal. Entre 2002 e 2013, dos 908 assassinatos de ativistas ambientais no mundo, 83,7% ocorreram na América Latina. A estatística se verifica ao longo do tempo: "68% das 1.733 mortes de ativistas

¹³ "As construções cosmogênicas posicionam as mulheres como "meras guardiãs da cultura" (Hernández, 2008), postura respaldada pelas leis consuetudinárias"" (AGUILAR, 2019, p. 73, tradução nossa).

¹⁴ "A estratégia da comunidade tem sido de permanecer no território em disputa e fortalecer sua posse efetiva frente a racionalidades de acumulação (palmitocultora ou mineira) que racializam as pessoas e geografía do norte de Esmeraldas como inadecuadas e legitimam a quem se apropria da terra para projetos de suposto desenvolvimento e modernidade." (PARRA, 2019, p. 103, tradução nossa).

ambientais desde 2012 ocorreram na América Latina. A região foi a mais violenta também em 2021, com mais de três quartos dos assassinatos" (KOOP, 2022). Fica evidente que com o aumento do extrativismo a democracia retrocede, bem como os controles ambientais: as democracias progressistas da onda neoconstitucionalista não estavam preparadas para a queda do preço das commodities, incrementando as fronteiras dos projetos extrativistas sob o discurso de que, sem eles, não seria possível sustentar as políticas sociais (SVAMPA, 2019).

Ao passo que o novo constitucionalismo pretendia incentivar a construção de relações sociais mais igualitárias, o contexto de suas formulações era profundamente desigual, dificultando uma mudança de fato sem que a macroestrutura social fosse alterada (GARGARELLA; COURTIS, 2009), o que permite compreender a contrarreforma das políticas sociais propostas nas constituições nacionais perante as exigências do neoliberalismo internacional.

Vivencia-se um período de contraofensiva do capital às conquistas civilizatórias obtidas por meio das lutas sociais (BOSCHETTI, 2017):

As importantes conquistas expressas na Constituição (por alguns/algumas denominada 'reforma democrática') vêm na contramão da forte direção neoliberal do Estado, o qual busca reduzir suas responsabilidades e investimentos sociais, impedindo reformas mais profundas e obstaculizando a efetivação das políticas sociais nela inscritas – as chamadas contrarreformas do Estado – e o desmonte da proteção social recém iniciada no campo dos direitos e das políticas sociais. Para Borgianni (2013, p.46), os movimentos sociais, os sindicatos, as centrais sindicais e entidades representativas dos/as trabalhadores/as não tiveram força suficiente para fazer valer os direitos conquistados para ampla parcela da população brasileira (CFESS, 2014, p. 86).

Defender os direitos assegura a emancipação política, mas não a igualdade e a satisfação das necessidades e o Estado social possibilita que se alcance a emancipação política, mas não a humana. Expressão da supressão os direitos humanos é a expropriação e exploração das terras indígenas e quilombolas por meio da violência e dos lobbies promovidos pelo agronegócio, como observável nos casos

exemplificados no Equador e México, ambos tendo presença de violência por parte das empresas interessadas na exploração daqueles territórios (AGUILAR, 2019; BOSCHETTI, 2017; PARRA, 2019)

Enquanto a responsabilidade por assegurar o cumprimento dos direitos constitucionais é do Estado, há uma narrativa comum de demanda frente aos órgãos públicos, o chamado giro ecoterritorial, que propicia a construção de marcos de ação coletiva pela produção de subjetividade comum por meio da convergência de matrizes e linguagens indígenas, comunitárias e autonômica¹⁵ com chave feminista¹⁶. Os protagonistas dessas lutas são jovens e mulheres com influência das cosmovisões indígenas que tiram o foco antropocêntrico da relação com a natureza (SVAMPA, 2019).

De outro lado, enquanto as membros e lideranças comunitárias do Atacama resistem à entrada de novas atividades extrativistas e exigem mais proteção legal de seus direitos, também desenvolvem outras estratégias de sobrevivência, negociando com as empresas por compensação e benefícios, financeiros e de infraestrutura, para que essas explorem seus territórios, elaborando demandas territoriais, ambientais, culturais, de desenvolvimento local, assistenciais, sociais e financeiras/de transferência de renda (BABIDGE; BOLADOS, 2018; GUNDERMANN; GÖBEL, 2018).

¹⁵ As matrizes político-ideológicas que compõem o giro ecoterritorial são: (1) *Indígena campesina comunitária*, com as ideias de longo prazo de resistência ancestral, direitos coletivos e poder comunal e, mais atualmente, de descolonização, reconhecimento dos direitos coletivos, pluralidade de identidades e ampliação da presença indígena nas cidades; (2) *populista movimentista*, baseada nas experiências políticas populistas das décadas de 1930 e 1950, onde o Estado tinha papel redistributivo e conciliador e os movimentos sociais e sindicais organizavam população; (3) *classista tradicional*, com o discurso do antagonismo de classes e diferentes marxismos trabalhistas, defendendo a ideia de atuação autônoma como ator de classe, enquanto expressa que os sujeitos latino-americanos não são atores plenos, o que conflita com as demais matrizes; e (3) *autonomista*, com a ideia de que a produção da identidade se baseia mais em experiências pessoais do que sua inclusão em uma comunidade, tem a narrativa do fracasso geral das esquerdas tradicionais em meio a desinstitucionalização das sociedades e traz dinâmicas de individualização do ativismo ambiental e cultural (SVAMPA, 2019).

¹⁶ Os feminismos populares do sul se associam aos setores marginalizados, questionando a visão individualista ocidental, vinculando descolonização com depatriarcalização. Têm identificação com a Terra e seus ciclos vitais, constituindo o *ecofeminismo*, que entende a crise ecológica como crise social, produto do domínio do humano nas relações com a natureza, espelhando o domínio de um gênero sobre o outro que também justifica a marginalização dos considerados diferentes (SVAMPA, 2019).

O discurso das empresas extrativistas de lítio, desde o princípio, era baseado na possibilidade de desenvolvimento vinculado à exploração (PRAGIER, 2019):

[...] Desde el inicio de las actividades extractivas se contrató mano de obra de las comunidades campesinas cercanas al salar (Peine, Socaire, Camar y Toconao), sin que represente una mayoría y principalmente como mano de obra no especializada; es decir, empleos que demandan poca calificación y de los que, en consecuencia, se obtienen bajas remuneraciones. (GUNDERMANN; GÖBEL, 2018, p. 478)

Liu e Agusdinata (2020, p. 7) observaram que os fluxos de trabalhadores direcionados à região chilena de extração de lítio são de dois tipos: os que migraram para a região de forma permanente, ou seja, assumindo residência na área; e de trabalhadores que se deslocam à região para trabalhar, mas habitam outras áreas. Os autores determinaram que esse último movimento aumentou de 34%, entre 1997 e 2002, a 79% no período entre 2012 e 2017.

[...] even though the total labor in mining increased almost 2.5 times, the employed local labor decreased by 16%. The share of local labor in mining declined significantly, from 52% to 18%, between two periods. As a result, the mining industry was mostly dominated by long-distance labor between 2012 and 2017. In contrast, agriculture was primarily comprised of local labor in both periods, with 78% and 85% from local communities. (LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 8)¹⁷.

Constata-se que, enquanto no período inicial das atividades mineradoras a mão de obra mais utilizada era regional, em período mais recente os trabalhadores não são residentes da região, que pouco contribuem para a economia local. Além

¹⁷ " [...] apesar do trabalho total na mineração ter aumentado quase 2.5 vezes, o emprego de mão de obra local diminuiu cerca de 16%. A parcela de trabalho local na mineração caiu significativamente, de 52% a 18% entre os dois períodos. Como resultado, a indústria mineira foi dominada principalmente por trabalhadores a longa distância entre 2012 e 2017. Em contraste, a agricultura se compreendeu primariamente do trabalho local em ambos os períodos, com 78% e 85% sendo de comunidades locais." (LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 8, tradução nossa).

disso, a mão de obra local contratada ocupa posições eminentemente precárias (GUNDERMANN; GÖBEL, 2018; LIU; AGUSDINATA, 2020).

La empresa [SQM] señala que han despedido trabajadores indígenas por incumplimiento de prácticas de seguridad, alcoholismo e inasistencias sin justificación. Reconocen también que la organización del trabajo en el salar con grupos o cuadrillas a cargo de jefes que actúan con “su gente” ha desplazado a trabajadores locales. Por el lado de las comunidades se han producido quejas respecto de la libertad con que jefes operativos imponen su personal y perjudican a los trabajadores atacameños. (GUNDERMANN; GÖBEL, 2018, p. 478).

Os trabalhadores *atacameños* pouco participam nos sindicatos das empresas, quando existem. Ocorre abandono passivo dos postos de trabalho e pressão, pelas comunidades, por postos e condições melhores de trabalho (GUNDERMANN; GÖBEL, 2018). Consequência disso é que as comunidades residentes nas salinas vendem seus direitos de água para as companhias mineradoras em transações não documentadas, portanto, difíceis de quantificar (LIU; AGUSDINATA, 2020).

O poder público é encarregado de regular o uso da água, ao mesmo tempo em que se beneficia com as atividades mineiras e que precisa zelar pelas comunidades locais. É possível que os benefícios financeiros obtidos pelo Estado (no caso, chileno) causem conflitos de interesse, quando os retornos monetários da mineração são contrapostos às necessidades sociais que o poder público é encarregado de salvaguardar. Isso abre espaço à atuação filantropista das empresas mineradoras no norte do Chile, que criam seus próprios mecanismos regulatórios e oferecem infraestrutura e “melhorias” às comunidades indígenas na região (BABIDGE; BOLADOS, 2018).

In a region where the businesses of copper and lithium extraction demands and consumes the significant majority of energy, water, and territory, mining companies use community programs to manage public perceptions and keep

social contest low. Indigenous communities have come to expect and demand more. (BABIDGE; BOLADOS, 2018, p. 5-6)¹⁸.

Gundermann e Göbel (2018) identificam três tipos de relações entre as empresas e as comunidades: a primeira, o assistencialismo, oferecendo compromissos contratuais e acordos formais, de caráter voluntário, desinteressado, expressando generosidade, altruísmo e filantropia; se assemelha a caridade e prevaleceu no período com menos direitos estabelecidos e menos repercussão internacional da preocupação ambiental.

A elaboração de programas comunitários pelas empresas extrativistas remonta ao processo de implantação dessas indústrias no Chile. A base legal para a constituição do modelo econômico chileno fundamentado na extração e exportação de commodities se originou no período da ditadura militar em 1970, se consolidando em 1980. Em 1990, com a democratização e a busca por se incluir na Organization for Economic Cooperation and Development, políticas ambientais e multiculturais foram incluídas, ao mesmo tempo que eram atendidas as demandas liberalistas globais, ou seja, as estruturas legais e econômicas que privilegiavam o acesso a água e território às corporações em detrimento da população indígena e outras comunidades permaneceram. Esse é o fundamento que permite a extração pouco regulada de água às empresas extrativistas instaladas no Salar do Atacama (BABIDGE; BOLADOS, 2018).

Os direitos de uso da água concedidos às empresas a partir da metade dos anos 1990 conflitam com áreas que, no mesmo período, passaram a ser reconhecidas como de interesse de proteção ambiental ou demandadas por comunidades indígenas, respectivamente, conforme a identificação da National Flamingo Reserve em 2002 e a Chile's Indigenous Law de 1993, expandida em 2005, preservando o direito ancestral da água aos povos Aymara e Atacameño (BABIDGE; BOLADOS, 2018).

¹⁸ "Em uma região onde empreendimentos de extração de cobre e lítio demandam e consomem a maioria significativa de energia, água e território, companhias mineiras usam programas comunitários para lidar com a percepção pública e manter a contestação social baixa. Comunidades indígenas passaram a esperar e demandar mais." (BABIDGE; BOLADOS, 2018, p. 5-6, tradução nossa).

Assim, enquanto há resistência dos povos indígenas às indústrias mineradoras, as comunidades utilizam a água como moeda de negociação com as indústrias. Apesar de as comunidades indígenas não terem direito a águas subterrâneas diretamente, as terras alimentadas pela água são protegidas por legislação. "However, these partial legal protections exist only in relation to corporate extraction rights that were conceded after the environmental and indigenous laws of 1990s."¹⁹ (BABIDGE; BOLADOS, 2018, p. 8).

Adicionalmente às trocas de água por infraestrutura e apoio financeiro realizadas entre as comunidades nativas e as empresas, a empresa Minera Escondida Limitada tem políticas de longa data em relação à sustentabilidade ambiental e social, provendo benefícios financeiros, auxílio no desenvolvimento comunitário e projetos de infraestrutura local. Na mesma região, Compañía Minera Zaldívar tem direitos de extração de água, garantidos antes da introdução da legislação ambiental nacional. Juntas, essas duas empresas detém os direitos de extração de água de mais de 80% do Salar (BABIDGE; BOLADOS, 2018).

As a result of established agreements with some communities, several long-term programs were initiated to support youth education and micro-entrepreneurs and disseminate sustainable agriculture knowledge. Initiatives that can help develop economic independence, such as job training and tourism support, were limited and inconsistent. (LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 9)²⁰.

Essas iniciativas correspondem ao segundo paradigma identificado por Gundermann e Göbel (2018): com a mudança dos contexto políticos local (a organização dos atores coletivos e democratização do governo), nacional (políticas indigenistas e ambientais) e internacional (Responsabilidade Social Empresarial e mineração sustentável), as empresas se viram obrigadas a desenvolver ações mais

¹⁹ "Todavia, essas proteções parciais legais existem apenas em relação a direitos extrativos corporativos concedidos após a legislação ambiental e indígena dos anos 1990." (BABIDGE; BOLADOS, 2018, p. 8, tradução nossa).

²⁰ "Como resultado de acordos estabelecidos com algumas comunidades, alguns programas de longo prazo foram iniciados para apoiar a educação de jovens e micro-empresendedores e disseminar conhecimento de agricultura sustentável. Iniciativas que podem ajudar a desenvolver a independência econômica, como treinamento para o trabalho e apoio turístico, foram limitadas e inconsistentes." (LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 9, tradução nossa).

regulares, planejadas e agregando demandas locais para conseguir obter permissões ambientais conforme a legislação.

SQM²¹ [...] began to produce “sustainability reports” in 2010, and in 2014 it reported that it had a range of relationships of “mutual benefit” with indigenous community organizations on the eastern side of the Salar. One of these is the indigenous community of Camar, and SQM has five wells for water extraction that are directly adjacent to Camar’s claimed territory. (BABIDGE; BOLADOS, 2018, p. 7)²².

Essa nova responsabilidade ambiental e social corresponde ao terceiro paradigma relacional entre as empresas e comunidades observado por Gundermann e Göbel (2018), que é o de valores compartilhados – econômico, para a empresa e social, para as comunidades. Pleiteia um vínculo associativo e participativo que outorga autonomia às comunidades para decidirem o que fazer com os recursos proporcionados pelas empresas e a participação nos benefícios.

É importante evidenciar que, enquanto os relatórios das iniciativas de responsabilidade social das companhias (CSR, na sigla em inglês, Corporate Social Responsibility Initiatives) se tornaram mais sofisticados ao longo do tempo, a credibilidade real dessas medidas é questionável, considerando que não há auditorias independentes (LIU; AGUSDINATA, 2020). Ademais, a SQM é investigada desde 2015 por financiamento irregular a políticos e campanhas políticas de um amplo espectro de partidos e grupos (GUNDERMANN; GÖBEL, 2018).

Pensando em consequências das alterações biogeoquímicas da mineração, se pondera a perda da biodiversidade na região do Triângulo do Lítio, como alertado pelos povos Kolla e Atacama, considerando a modificação dos habitats decorrente da alteração da composição da água. Salinas Grandes é habitat de várias espécies de fauna, local de hibernação de diversas espécies de aves e possui grande

²¹ SQM: Sociedad Química y Minera

²² “SQM [...] começou a produzir “relatórios de sustentabilidade” em 2010 e em 2014 relatou que possuía uma gama de relacionamentos de “benefício mútuo” com organizações comunitárias indígenas no leste do Salar. Uma dessas comunidades é a Camar e SQM possui cinco poços de extração de água diretamente adjacentes ao território requisitado pelos Camar.” (BABIDGE; BOLADOS, 2018, p. 7, tradução nossa).

quantidade de espécies vegetais características de ambientes salinos (POSSE et al., 2017). A *Reserva de Usos Múltiplos Salinas Grandes* conta com o *Refugio de Vida Silvestre Monte de las Barrancas*, abrigando espécies ameaçadas de extinção, como o Guanaco, a Liebre Criolla e o Gato Montés de las Salinas, dentre diversas espécies de mamíferos, répteis e cerca de 180 espécies de aves (FLORA Y FAUNA DE CÓRDOBA, s/a).

Foram identificados dez subambientes com características diferenciadas entre si (POSSE et al., 2017) na região. Em relação ao subambiente das salinas propriamente, 17% da área das Salinas Grandes, é completamente desprovido de vegetação e apresenta lagunas temporárias na época chuvosa, disponibilizando água doce: “El agua es un bien escaso obtenido a través de diferentes estrategias como extracción en represas, pozos balde, cisternas o aprovechamiento de cactáceas.”²³ (POSSE et al., 2017, p. 126). Esse trecho faz lembrar a discussão anterior sobre os efeitos da evaporação da salmoura para a indústria do lítio nos depósitos de água doce da região. Dentro das salinas existem “ilhas” dotadas de vegetação, representando 15% da área total, que oferecem refúgio à fauna e forragem aos animais de pastoreio na época das secas (POSSE et al., 2017, p. 131) e alimento à fauna silvestre dos semidesertos cuyanos e patagônicos (FLORA Y FAUNA DE CÓRDOBA, s/a).

Entende-se que a salinidade do solo no subambiente das salinas em si influencia a do solo da região por completo: “La presencia de determinadas especies vegetales está gobernada por el efecto de los contenidos salinos, clases texturales y topografía en estrecha dependencia con la dinámica hídrica y eólica de la zona.”²⁴ (POSSE et al., 2017, p. 136). A dinâmica hídrica mencionada remete aos processos de salinização da água doce subterrânea quando há evaporação excessiva da salmoura,

²³ “A água é um bem escasso obtido através de diferentes estratégias como extração em represas, poços balde, cisternas ou aproveitamento de cetáceas” (POSSE et al., 2017, p. 126, tradução nossa).

²⁴ “A presença de determinadas espécies vegetais está governada pelo efeito dos conteúdos salinos, classes texturais e topografia em estreita dependências com a dinâmica hídrica e eólica da zona” (POSSE et al., 2017, p. 136, tradução nossa).

Runoff from the mountains is the only source of water, and the livelihoods of local communities depend on the ecosystem services provided by the resulting wetlands. The region has a rich avifauna (e.g. three of the world's six flamingo species) and vegetation cover (pastures and Marshes). In this global biodiversity hotspot, plant species are particularly sensitive to water availability, and a slight change in the water budget can greatly affect vegetation cover and plant diversity (ARROYO et al., 1988 *apud* AGUSDINATA et al., 2018, p. 11)²⁵.

Evidencia-se, assim, que a disponibilidade de água não afeta “somente” a sobrevivência humana e de outras espécies animais, mas que a qualidade e disponibilidade hídrica são cruciais para a vegetação, sensível perante as condições do ecossistema regional.

A reduction in water levels can also be inferred from changes in flora and fauna. Flamingos could be a strong indicator of environmental damage, owing to the landscape scale at which they use wetlands. In the Salar de Atacama, a reduction of 10% and 12% has been reported in the populations of James and Andean flamingos, respectively, which is linked to the reduction of surface water, particularly in winter. Reduced reproductive success in flamingos in 2017–2019 resulted in the population barely reaching the minimum number of 1,000 nestlings required for population size maintenance, below historical records. (VERA et al., 2023, p. 152)²⁶.

²⁵ “O degelo das montanhas é a única fonte de água, e os meios de subsistência de comunidades locais dependem dos serviços ecossistêmicos providos pelas terras úmidas resultantes. A região tem rica avifauna (ex. três das seis espécies de flamingos do mundo) e cobertura vegetal (pastagens e pântanos). Nesse centro global de biodiversidade, espécies de plantas são particularmente sensíveis a disponibilidade de água e pequenas alterações na alocação hídrica podem afetar significativamente a cobertura vegetal e diversidade de plantas” (ARROYO et al., 1988 *apud* AGUSDINATA et al., 2020, p. 11, tradução nossa).

²⁶ “A redução nos níveis de água também pode ser inferida pelas mudanças na flora e fauna. Flamingos podem ser um forte indicador de dano ambiental, devido a escala em que eles usam os charcos. No Salar do Atacama, redução de 10% a 12% foi relatada nas populações de flamingos James e Andean, respectivamente, o que é vinculado a redução de água superficial, particularmente no inverno. Redução no sucesso reprodutivo dos flamingos entre 2017-2019 resultou na população mal alcançando o número mínimo de 1.000 filhotes necessários para a manutenção do tamanho da população, abaixo dos níveis históricos” (VERA et al., 2023, p. 152, tradução nossa).

Outras formas de vida afetadas pela disponibilidade e qualidade de água são menos evidentes, os micróbios:

[...] occurrence of stromatolites has been reported in several locations within the Lithium Triangle (Albarracín et al., 2015; Farías et al., 2013). This region is one amongst the extremely few regions of the world where both fossil and live stromatolites are jointly found. Moreover, because of the harsh climatic and geographical conditions, such as extremely high salinity, and solar irradiation, in addition to extreme pH values and high arsenic content, these stromatolites are particularly interesting, since their study might shed a lot of light to the first appearance and early stages of life on Earth (Albarracín et al., 2015; Farías et al., 2013; Farías et al., 2014; Fernandez et al., 2016; Toneatti et al., 2017 *apud* FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1196)²⁷.

Liu, Agusdinata e Mynt (2019, p. 150) determinaram que, em 20 anos de exploração das salinas na região chilena, a temperatura superficial do solo aumentou 4,5 °C no verão e 5,79 °C no inverno. Nos enclaves populacionais, essa taxa também têm aumentado entre 0,127 °C e 0,455 °C anualmente, bem como nas áreas de reserva naturais da região, com aumentos entre 0,231 °C e 0,259 °C anualmente.

Nesse período, a umidade do solo também sofreu alterações, reduzindo num índice de 0,004 até um máximo de 0,96, com taxa anual máxima de redução de umidade de 0,0368. Conforme a área de mineração aumenta 1 km², a umidade do solo é reduzida em 0,0007, a densidade de vegetação decai em taxa de 0,0014 e a temperatura de superfície de solo aumenta 0,0486 °C no verão e 0,0763 °C no inverno (LIU; AGUSDINATA; MYNT, 2019, p. 150-152).

²⁷ “[...] a ocorrência de estromatólitos foi relatada em diversos locais dentro do Triângulo do Lítio (Albarracín et al., 2015; Farías et al., 2013). Essa região é uma dentre as extremamente poucas regiões do mundo onde ambos estromatólitos fossilizados e vivos são encontrados conjuntamente. Ademais, devido as condições climáticas e geográficas severas, como altíssima salinidade e irradiação solar, somado aos valores de pH extremos e alto conteúdo arsênico, esses estromatólitos são particularmente interessantes, pois seu estudo pode elucidar muito sobre a primeira aparição e fases da vida na Terra” (ALBARRACÍN et al., 2015; FARÍAS et al., 2013; FARÍAS et al., 2014; FERNANDEZ et al., 2016; TONEATTI et al., 2017 *apud* FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1196, tradução nossa).

Satellite data reveal that the total water storage in Salar de Atacama decreased by -1.16 mm per year in the period 2010–2017 and soil moisture indexes decreased on average by -0.005 yearly in the period 1997–2017. Direct observation wells showed a radical reduction in the water table from pre-extraction to current time frames (1986–2015). In the region where brine wells are located, water table decreases of up to 9 m were recorded in 1990–2015. To date, these decreases are limited to the nucleus of the salar and do not seem to reach the salar borders or the regions where brine and fresh water mix. (VERA et al., 2023, p. 152)²⁸.

A confirmação via satélite de que a água armazenada na bacia do Salar de Atacama e a umidade do solo tiveram taxas reduzidas ao longo do tempo após a instalação das mineradoras de lítio atesta que o ecossistema da região sofre mudanças em seu equilíbrio, já observado na fauna e, também, na densidade da flora, com espécies específicas podendo ser extintas:

[...] findings from government inspection reports (SMA, 2016) that about 32.4% of the native Algarrobo trees on SQM's (a mining company) property were dying since 2013. The disappearance of the native Algarrobo trees, which are drought-tolerant species by sending roots deep into the underground to survive, implies a water shortage in the ASF²⁹ aquifer and may act as an early warning signal of water scarcity problems. (LIU; AGUSDINATA; MYNT, 2019, p. 154)³⁰.

²⁸ "Dados de satélite revelam que o armazenamento total de água no Salar de Atacama reduziu -1.16 mm por ano no período entre 2010-2017 e os índices de umidade do solo diminuíram em média por -0.005 anualmente no período entre 1997-2017. Poços de observação direta mostram a redução radical nos lençóis freáticos desde a pré-extração até atualmente (1986-2015). Na região onde os poços de salmoura são localizados, o lençol freático se reduziu em até 9 m conforme registros de 1990-2015. Até agora, essas reduções estão limitadas ao núcleo do salar e não parecem alcançar as margens do salar ou as regiões que mesclam salmoura e água doce." (VERA et al., 2023, p. 152, tradução nossa).

²⁹ ASF: Atacama Salt Flat, termo em inglês para o Salar de Atacama.

³⁰ "[...] descobertas de inspeções governamentais relatam (SMA, 2016) que cerca de 32,4% das árvores nativas Algarrobo na propriedade da SQM (uma companhia mineradora) estavam morrendo desde 2013. O desaparecimento das árvores nativas Algarrobo, que é uma espécie tolerante à seca por estender suas raízes profundamente no solo para sobreviver, sugere que a escassez de água no aquífero de ASF pode servir como um sinal precoce de problemas de escassez de água." (LIU; AGUSDINATA; MYNT, 2019, p. 154, tradução nossa).

As consequências da alteração na disponibilidade hídrica da região estão ocorrendo, e se questiona, quais outros serviços ecossistêmicos, além da manutenção da fauna e flora, dependem das salinas? Para responder isso, é preciso elencar alguns dos serviços ecossistêmicos providos por elas.

Inicia-se com a análise de Soares (2018) dos serviços ecossistêmicos desempenhados por uma salina industrial de produção de sal por evaporação no nordeste brasileiro:

Uma salina industrial é composta por uma série de tanques rasos interconectados, que permite que a água do mar passe de um tanque a outro por gravidade ou bombeamento. Nesse processo, a água do mar é continuamente evaporada pelo sol e pelo vento e a salinidade aumenta na sucessão dos tanques (SOARES, 2018, p. 12).

Esse processo se assemelha ao da obtenção de lítio por evaporação e, da mesma forma que nos subambientes identificados na região de Salinas Grandes, os diversos ambientes com concentrações de salinidade distintas favorecem espécies diferentes em cada piscina de evaporação. É importante destacar que as salinas brasileiras e as localizadas no Triângulo do Lítio, apesar de passarem por plantas de evaporação semelhantes, têm suas águas incrementadas de maneiras diferentes, considerando os objetivos de cada uma, além de se encontrarem em altitudes e longitudes diferentes, apresentando clima e geografia diferenciados.

O Quadro 1, exposto a seguir, oferece treze tipos de serviços ecossistêmicos oferecidos por salinas identificados Soares et al. (2018 *apud* SOARES, 2018) durante sua pesquisa:

Quadro 2 - Serviços Ecossistêmicos potenciais de salinas

Serviços ecossistêmicos	
Serviços de Provisão	Provisão de oxigênio
	Comida
	Materiais brutos, recursos genéticos e medicinais
Serviços de suporte	Manutenção da biodiversidade
Serviços de regulação	Controle de pestes e doenças
	Regulação do clima
	Manutenção da qualidade da água
Serviços culturais	Pesquisa científica
	Valor histórico e cultural
	Turismo

Fonte: Serviços ecossistêmicos potenciais de salinas sistematizado pela autora conforme revisão literária por Soares et al. (2018, p. 52 *apud* SOARES, 2018).

Com base no Quadro 2, se relacionam os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas salinas do Triângulo do Lítio conforme elencado na exposição prévia.

Quadro 3 - Serviços ecossistêmicos desempenhados pela região das salinas do Triângulo do Lítio

Serviços de provisão	Oxigênio	Considerando que o manguezal (<i>mangrove</i>) provê sequestro de carbono (SOARES et al., 2018, p. 56) e Salinas Grandes e Laguna Guayatayoc estão em região denominada <i>humedal</i> (STICCO; SCRAVAGLIERI; DAMIANI, 2019), se considera que o mesmo serviço seja desempenhado na região.
	Comida	Forragem para animais em época de seca (FLORA Y FAUNA DE CÓRDOBA, s/a).
	Materiais brutos, recursos genéticos e medicinais	"La vegetación en especial constituye uno de los capitales más importantes de las comunidades locales aportando alimentos, agua, energía (leña y carbón), medicinas naturales y materias primas para la construcción." (POSSE et al., 2017, 124)
Serviços de suporte	Manutenção da biodiversidade	<i>Refugio de Vida Silvestre Monte de las Barrancas</i> (FLORA Y FAUNA DE CÓRDOBA, s/a).
Serviços regulatórios	Controle de pestes e doenças	-
	Regulação do clima	-
	Manutenção da qualidade de água	Aquíferos subterrâneos e equilíbrio hidrográfico (STICCO; SCRAVAGLIERI; DAMIANI, 2019).
Serviços culturais	Pesquisa científica	<p>ARGENTINA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Na primeira metade do século XX, o geólogo Luciano Catalano percorreu os salares do noroeste argentino e catalogou os recursos existentes, encontrando urânio, tório, berílio e lítio; ● 2005/2006: primeiro contato científico sério com as LIBs, quando a Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) é encarregada da fabricação, testagem e controle da bateria de um satélite argentino; ● Centro de Investigación y Desarrollo en Materialis Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJU); ● O grupo de Electroquímica de Litio del Instituto de Química de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) de la Universidad de Buenos Aires estuda métodos de extração "limpos" do lítio; ● Linha de investigação: eixo La Plata-Córdoba (Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) de La Plata e Laboratorio de Energías Sustentables de Córdoba; + Centro de Investigaciones y Transferencia de Catamarca = formado a partir do seminário "Utilización integral de litio en Argentina. Ciencia, Tecnología e Innovación al servicio del Desarrollo", 2011; ● Fim de 2011: primeira comunhão entre Ministerio de Industria, Ministerio de Ciencia y Tecnología, investigadores do eixo La Plata-Córdoba e as empresa Plaka e Probattery para montar no país as baterias que os computadores distribuídos pelo governo às escolas públicas utilizariam por meio do programa Conectar Igualdade; segunda experiência, 2012, fomentada pelo Ministerio de Industria, articular formalmente cientistas e grandes empresas eletrônicas da Terra do Fogo para realizar o processo produtivo completo no país, fundamentalmente as células, de baterias. Esse grupo de investigação se constituiu, a partir de 2014, como "Espacio de Imnnovción" de YTEC (YPF - Tecnología

		<p>51% e CONICET 49%), o ramo investigativo da empresa petrolífera semipública YPF. (FORNILLO; GAMBA, 2019)</p> <p>BOLÍVIA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● No início dos anos 1960, a Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF), da Bolívia, juntamente com a Academia de Minas de Freiberg (Alemanha) investigou o Salar de Uyuni. Em 1973, a Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) se vinculou com a <i>Recherche Scientifique Technique Outre</i> (ORSTROM), da França, para analisar os recursos minerais dos salares do sul da Bolívia, especialmente o de Uyuni; ● Por volta da década de 1990, Universidad Tomás Frías e a Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz levaram adiante a elaboração a nível de factibilidade do "Proyecto de planta piloto para obtención de carbonato de litio"; ● "el Estado ha elaborado una política integral para con el recurso, busca intervenir en toda la cadena productiva" (FORNILLO; GAMBA, 2019, p. 32). (FORNILLO; GAMBA, 2019) <p>CHILE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Em 1962, no Chile, a companhia Anaconda buscava água no Salar do Atacama e acabou encontrando múltiplos compostos, entre eles lítio, o que motivou o Instituto de Investigaciones Geológicas del Ministerio de Minería a estudar o salar; ● Em 1977, a Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) criou o Comité de Sale Mixtas para supervisionar o desenvolvimento do mineral e fez estudos sobre a fisionomia do Salar de Atacama; ● 1986: Comisión Chilena de Energía Nuclear e CORFO: programa "Investigación de nuevos productos y aplicaciones de litio"; ● 1977: Comité de Sales Mixtas - dissolvido por volta do fim dos anos 1980; ● 1991: criação do Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF); ● Núcleos atomizados de investigação, quase sem articulação, envolvendo diversas universidades e com pouca perspectiva de desenvolvimento sustentado de ciência básica e pouca aplicação tecnológica. Os projetos que emergiam duravam pouco tempo devido a ausência de financiamento. A atenção da CORFO foi diminuindo; ● 2015 foi feito contrato com a empresa Rockwood para investigar métodos de recuperação de água das piscinas de evaporação; ● "Por las características del sistema científico chileno, la investigación se desarrolla fundamentalmente en universidades, que carecen de financiamiento público de peso, a lo cual se suma que no cuentan con un sistema de investigación público que soporte la continuidad en el tiempo de las investigaciones, ya que el conicyt financia proyectos específicos y no investigadores. Este es el punto base que explica la interrupción de las investigaciones (...) La tonalidad dominante es la no intervención del Estado y la confianza en la dinámica mercantil y la iniciativa privada" (FORNILLO; GAMBA, 2019, p. 20) (FORNILLO; GAMBA, 2019)
--	--	---

	Valor histórico e cultural	Região de povos originários (ARGENTO; ZICARI, 2018; GUNDERMANN; GÖBEL, 2018; PRAGIER, 2019; PRAGIER; NOVAS; CHRISTEL, 2022; STICCO; SCRAVAGLIERI, DAMIANI, 2019).
	Turismo	A região é um destino turístico central (AGUSDINATA et al., 2018).

Fonte: Quadro elaborado pela autora com base nas categorias de Soares et al. (2018 *apud* SOARES, 2018).

Dentre os treze serviços ecossistêmicos identificados por Soares (2018), onze deles puderam ser encontrados de alguma forma na região do Triângulo do Lítio com base na pesquisa realizada. Assinala-se que o quadro acima não pretende esgotar os serviços ecossistêmicos da localidade, mas fornecer um parâmetro fundado na discussão anterior.

The natural system provides ecosystem services and regulates water availability, both surface water and groundwater, which is shared by subsystems in the socioeconomic system. Water resources are primarily consumed by domestic usage, mining processes, and tourists. Excessive consumption from either subsystem could constrain water available for others. The governance system regulates the water use of each socio-economic subsystem through permit issuing and environmental inspections, thereby governing the total water availability in the natural system. The governance system also receives tax revenues and social investment from local industry, which may then be used for community development. Sometimes, the governance system serves as an intermediary to resolve conflicts between the communities and mining companies. (LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 4)³¹.

Assim, os serviços ecossistêmicos incidem nas dinâmicas socioeconômicas, principalmente em aspectos relacionados à água, essencial para as comunidades

³¹ "O sistema natural provê sistemas ecossistêmicos e regula a disponibilidade de água, tanto na superfície quanto subterânea, que é compartilhada pelos subsistemas no sistema econômico. Recursos hídricos são primariamente consumidos pelo uso doméstico, processos de mineração e turistas. Consumo excessivo de qualquer subsistema poderia restringir a disponibilidade de água para os outros. O sistema de governança regula o uso de água de cada subsistema socioeconômico por meio de concessões de permissão e inspeções ambientais, assim governando a disponibilidade total de água no sistema natural. O sistema de governança também recebe receitas de taxas e investimento social das indústrias locais, o que pode então ser usado para desenvolvimento comunitário. Às vezes, o sistema de governança serve como intermediário para resolver conflitos entre comunidades e companhias mineradoras." (LIU; AGUSDINATA, 2020, p. 4, tradução nossa).

locais, turistas e atividades econômicas, especialmente a mineração. Segundo Flexer, Baspineiro e Galli (2018), método atual de exploração do lítio tem alto custo-benefício para as empresas envolvidas, porém, ao contrário do que os autores estabelecem, não é uma tecnologia de baixo impacto ambiental, como visto até o momento.

The evaporitic technology currently used to extract lithium from continental brine deposits relies on open air evaporation to concentrate the brine. Large volumes of water, 100–800 m³ per tonne of lithium carbonate, depending on the deposit, are lost through evaporation (...). Furthermore, continental brine concentration is intrinsically slow, taking 10–24 months, which means that this process is not responsive to short-term changes in demand. Consequently, production cannot be reduced if demand drops, for example, during the onset of the COVID-19 pandemic in March 2020. In addition, ramping up production takes approximately 4 years. (VERA et al., 2023. p. 150)³².

Entende-se que o desenvolvimento de tecnologias extrativas que demandassem menos exploração intensiva da água poderiam oferecer métodos mais rápidos de obtenção dos compostos de lítio, além de preservarem a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, a segurança ecossistêmica e comunitária da região.

Beyond the economical driving force to look for new extraction technologies, there are 2 big questions regarding the overall sustainability of the whole process: water usage and waste generation/disposal. In close relation to these issues,

³² "A atual tecnologia evaporítica utilizada para extrair lítio dos depósitos salinos continentais depende da evaporação ao ar livre para concentrar a salmoura. Grandes volumes de água, 100-800 m³ por tonelada de carbonato de lítio, dependendo do depósito, são perdidos pela evaporação (...). Além disso, a concentração salina continental é intrínsecamente lenta, demorando 10-24 meses, o que significa que esse processo não é responsivo a mudanças súbitas na demanda. Conseqüentemente, produção não pode ser reduzida se a demanda diminui, por exemplo, durante o início da pandemia de COVID-19 em março de 2020. Adicionalmente, aumentar a produção leva aproximadamente 4 anos." (VERA et al., 2023. p. 150, tradução nossa).

rises the question of flora and fauna conservation. (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1194)³³.

Outra vantagem de métodos não-evaporíticos é a possibilidade de que sejam aplicados a outras fontes de lítio que contém menos densidade mineral (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018). Alguns modos de extração direta de lítio (DLE, na sigla em inglês Direct Lithium Extraction) compreendem o emprego de resinas de trocas iônicas, processos termais e métodos eletroquímicos (VERA et al., 2023).

Membrane distillation is a thermal method that has achieved freshwater recovery rates of 22.5 kg m⁻²h⁻¹ and 3.5 kg m⁻²h⁻¹ for lower and higher salinity feeds, respectively. These values are much higher than the evaporation rate at Salar de Atacama (0.37 kg m⁻²h⁻¹). Thus, not only is fresh water recovered but processing is also faster. A classical solar still at Salar de Olaroz achieved a lower performance, with a water recovery rate of 0.083 kg m⁻²h⁻¹. (VERA et al., 2023, p. 157)³⁴.

Esse método é mais econômico do ponto de vista temporal e de intensidade hídrica; no entanto, nem todos os modos de DLE são vantajosos quando comparados com a extração evaporítica. Flexer, Baspineiro e Galli (2018) apontam alguns obstáculos que determinados métodos DLE apresentam: quando são utilizados materiais que absorvem o lítio, como manganês, titânio e alumínio, grandes volumes de eluente são necessários - no caso, água. Assim, esse método não corresponde ao objetivo de preservação hídrica.

A utilização de meios eletroquímicos funcionaria de maneira semelhante aos processos de uma bateria, inserindo eletrodos compostos de modo semelhante aos

³³ "Além do impulso econômica para procurar novas tecnologias de extração, existem duas grandes questões relacionadas a sustentabilidade total de todo o processo: uso de água e geração/disposição de resíduos. Em próxima relação a esses problemas, surge a questão da preservação da flora e fauna." (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1194, tradução nossa).

³⁴ "Destilação membranosa é um método térmico que atingiu taxas de recuperação de água doce de 22.5 kg m⁻²h⁻¹ e 3.5 kg m⁻²h⁻¹ em mais baixas e mais altas salinidades, respectivamente. Esses valores são muito mais altos do que a taxa de evaporação do Salar de Atacama (0.37 kg m⁻²h⁻¹). Assim, não só água pura é recuperada mas o processamento é também mais rápido. Uma piscina solar clássica no Salar de Olaroz atingiu uma performance mais baixa, com uma taxa de recuperação hídrica de 0.083 kg m⁻²h⁻¹." (VERA et al., 2023, p. 157, tradução nossa).

cátodos dos acumuladores, criando uma reação espontânea que atrairia os íon-lítio na salmoura; quando carregado de lítio, o eletrodo seria colocado em uma outra solução e a polarização seria invertida, requerendo consumo energético para a liberação dos íons, esse sendo o maior problema desse método (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018).

Outra preocupação com o método evaporítico tradicional na extração de lítio é a quantidade de rejeitos gerados como subproduto da beneficiação do lítio:

Evaporitic technology produces large amounts of waste. Essentially, all brine constituents other than Li^+ cations end up as salt mixtures that accumulate in the vicinity of the brine deposits and pose a risk of slow leaching following infrequent rain. The precise amount of waste is estimated by considering brine composition and the recovery ratio. On average, waste production is 115 tonnes per tonne of Li_2CO_3 . (VERA et al., 2023, p. 159)³⁵.

A produção de uma tonelada de carbonato de lítio com o método evaporítico produz 115,041 kg de rejeitos. Atualmente, os rejeitos gerados são acumulados nas margens do salar ou utilizados para conformar caminhos dentro das instalações mineiras (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1195).

Mais um subproduto desse método é a salmoura que passou pelo processo de extração, sendo empobrecida de lítio. A proposta geral é a reinjeção no salar e/ou nos aquíferos subterrâneos. Como visto anteriormente, essa destinação dilui a salmoura que ainda não passou pelo processo extrativo. Mesmo que seja disposto em poços afastados de onde é realizada a extração, a água pode se infiltrar e causar a diluição. Além disso, essa salmoura "industrializada" contém traços dos componentes químicos utilizados para separar o lítio, que, não sendo naturais das salinas, podem interagir com a salmoura e com o ecossistema (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018).

³⁵ "A tecnologia evaporítica produz grandes quantidades de resíduos. Essencialmente, todos os componentes da salmoura além dos cátions Li^+ terminam como misturas de sais que são acumuladas próximas aos depósitos de salmoura e apresentam risco de lentamente penetrarem seguindo as infrequentes chuvas. A quantidade precisa de resíduos é estimada considerando a composição da salmoura e a taxa de recuperação. Em média, produção de resíduos é de 115 toneladas por tonelada Li_2CO_3 ." (VERA et al., 2023, p. 159, tradução nossa).

[...] brines contain not only lithium, but also other potentially valuable resources. Most notably Mg, K, and borates are common to most brines, Cs and Rb have been reported at diluted levels in some salars (Garrett, 2004), and despite much lower market values Na salts should also be considered a resource. Concomitant recovery of these elements, together with lithium salts becomes vital in order to decrease the environmental impact of the mining process. New methodologies should improve the eco-efficiency of raw materials extraction to turn the production process into a materials circle where waste from one process becomes the resource needed by another process, and where waste generation is avoided as much as possible. The simultaneous extraction of several raw materials from the same brine will decrease the total production cost, while decreasing the environmental impact. (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1200-1201)³⁶.

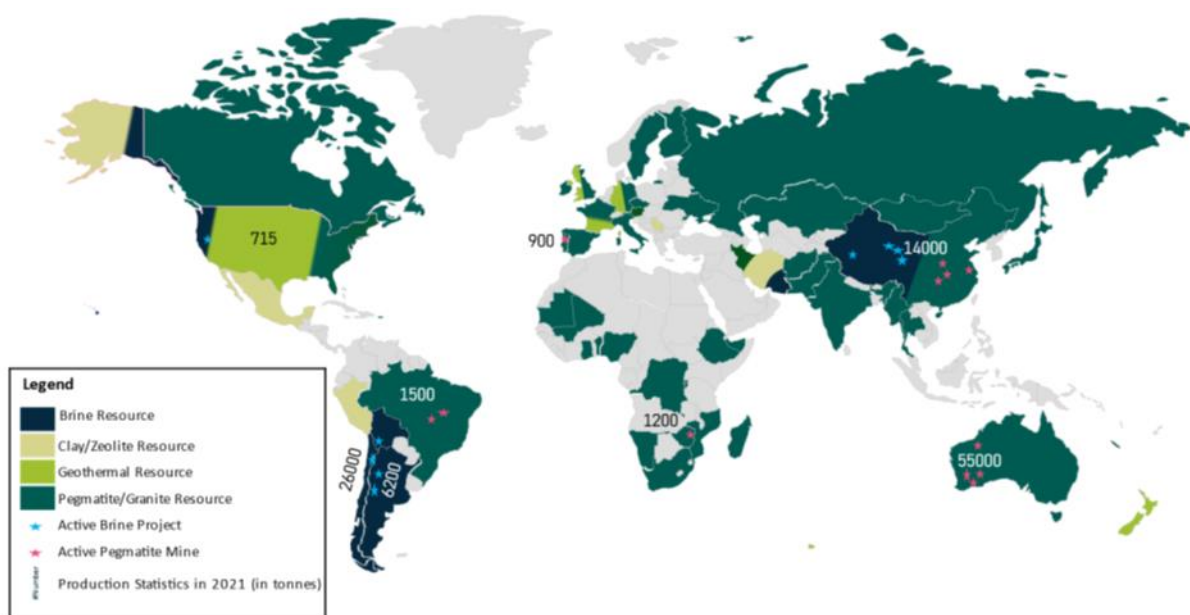
Assim, outros recursos poderiam ser extraídos da salmoura, constituindo o que Pell et al. (2021) consideram parte da possibilidade de estabelecer a economia circular nos locais de mineração e processamento do lítio. Flexer, Baspineiro e Galli (2018) erguem a possibilidade de tratar a água "industrializada" para a tornar apta ao consumo humano e/ou animal, permitindo que as indústrias obtenham água sem precisarem recorrer aos recursos naturais da região e, assim, evitando conflitos com a população local; os autores também projetam que essa água poderia ser utilizada para irrigar a região, a tornando apta a atividades agrícolas e permeando o solo de maneira mais lenta, evitando as consequências que a reinjeção direta causa nos aquíferos. Assinalam, ademais, a necessidade de estudos multidisciplinares para avaliar as possíveis mudanças ecossistêmicas que atingiram a região desértica com a súbita mudança na disponibilidade hídrica.

³⁶ "[...] salmouras não contém apenas lítio, mas também outros recursos potencialmente valiosos. Mais notavelmente Mg, K e boratos são comuns a maioria das salmouras, Cs e Rb foram relatados em níveis diluídos em alguns salares (Garrett, 2004) e apesar de valores de mercado muito mais baixos, sais de Na também devem ser considerados um recurso. Recuperação concomitante desses elementos, junto aos sais de lítio, se torna vital para reduzir o impacto ambiental do processo de mineração. Novas metodologias poderiam melhorar a eco-eficiência da extração de materiais brutos e tornar o processo produtivo em um ciclo de materiais onde o resíduo de um processo se torna o recurso necessário por outro processo e onde a geração de rejeitos é evitada quanto possível. A extração simultânea de alguns materiais brutos da mesma salmoura irá reduzir o custo total de produção, enquanto diminui o impacto ambiental." (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1200-1201, tradução nossa).

No Brasil, a exploração do lítio também é realizada em uma região de déficit hídrico, o Vale do Jequitinhonha, pelas empresas: Companhia Brasileira de Lítio (CBL), na Mina da Cachoeira, Araçuaí; Sigma Mineração, na Grota do Cirilo, entre Araçuaí e Itinga; e AMG Mineração, com uma mina em Volta Grande, entre Nazareno e São Tiago (ALVES, 2023; CARVALHO, 2021).

Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (Sede) há também áreas de grande potencial produtor em Governador Valadares, Galiléia, Conselheiro Pena, Resplendor, Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel, Resende Costa, Conceição da Barra de Minas, São João del-Rei, Ritópolis e Coronel Xavier Chaves. (CARVALHO, 2021).

Figura 2 - Mapa mundial dos recursos de lítio em produção em 2021



Fonte: Khakmardan et al., 2023, p. 607.

Conforme a Statistical Review of World Energy 2022 (bp, 2022, p. 52), o Brasil ocupava, em 2021, o quinto lugar em produção de lítio, com 1,5 mil toneladas. Em primeiro lugar estava a Austrália, (55,4 mil toneladas), em segundo lugar o Chile (26 mil toneladas), em terceiro a China (14 mil toneladas), em quarto a Argentina (6 mil

toneladas). Em relação a reservas de lítio, ao final de 2021, o Brasil detinha 95 mil toneladas, sendo o sétimo país com mais reservas, 0,5% das mundiais.

Figura 3 - Quadro da disponibilidade de lítio nos países com reservas e sua representação mundial em 2021

Lithium reserves

Thousand tonnes	At end of 2021	Share	R/P ratio
Argentina	2200	10.9%	369
Australia	5700	28.1%	103
Brazil	95	0.5%	63
Chile	9200	45.4%	354
China	1500	7.4%	107
Portugal	60	0.3%	67
US	750	3.7%	833
Zimbabwe	220	1.1%	183
Rest of World*	530	2.6%	5221
Total World	20255	100.0%	191

*Rest of World is the sum of only recorded reserves.
n/a not available.

Fonte: Statistical Review of World Energy (bp, 2022, p. 53).

As reservas brasileiras de lítio estão na forma de depósitos rochosos de pegmatita, compostos do mineral espodumênio, mica, feldspato e quartzo (CBL, s/a). Os impactos ambientais da obtenção de lítio de rochas dizem respeito principalmente a emissão de GHGs:

The cradle-to-gate LCA³⁷ models suggest that brine resources have the lowest impact regarding global warming potentials. In contrast, spodumene-based and emerging routes (i.e., hectorite and zinnwaldite) appear more carbon-intensive than brine routes, but it is worth noting the uncertainties of this conclusion due to a lack of high-quality data in the public domain. (KHAKMARDAN, 2023, p. 606)³⁸.

³⁷ Life Cycle Assessment, em português, análise do ciclo de vida.

³⁸ "O modelo LCA berço-a-portão sugere que recursos de salmoura têm o menor impacto em relação a potencial de aquecimento global. Em contraste, rotas baseadas em espodumênio e emergentes (ou seja, hectorita e zinnwaldita) aparentam mais intensidade carbônica do que rotas por salmoura, mas é preciso denotar incertezas nas conclusões devido a falta de dados de alta qualidade no domínio público." (KHAKMARDAN, 2023, p. 606, tradução nossa).

O menor impacto em termos de participação de processos de aquecimento global atribuídos à extração de lítio por evaporação nas salinas em comparação ao da extração do minério de rochas pegmatitas (espodumenas) é consequência das emissões carbônicas do processo produtivo por essa última rota, maiores do que pela primeira:

Jiang et al. highlighted the significant difference between brine-based and rock-based routes in terms of global warming potentials (GWP), 0.329 and 15.69 kg CO₂- eq/kg Li₂CO₃, respectively (...). More recent studies, including Kelly et al., Schenker et al., and Chordia et al., further proved that the brine-based route is much less carbon intensive than Spodumene-based, but the value and the magnitude of the carbon intensity differ from study to study (KHAKMARDAN, 2023, p. 607)³⁹.

Os estudos se baseiam na produção por rochas da Austrália, que, após serem mineradas da terra, são esmagadas/moídas e separadas por flutuação de rejeitos; o concentrado resultante é encaminhado para a China, onde é calcinado e lixiviado com ácido sulfúrico para produzir sulfato de lítio, que é a base do carbonato e hidróxido de lítio. Nesse modelo, a extração de 4,5 toneladas de rocha espodumena utiliza 3 m³ de água e 4.500 MJ (megaJoule) de diesel, resultando em uma tonelada de espodumênio concentrado, com um mínimo de concentração de 5% de óxido de lítio (Li₂O) (KELLY et al., 2021).

Comparativamente, fazendo uma média aritmética dos 4 tipos de operações de extração de lítio das salinas elencados e analisados por Kelly et al. (2021), na extração de 24,1 toneladas de salmoura, são empregados 3,6025 m³ de água potável e 2.561,75 MJ de energia (2.163 MJ de eletricidade e 398,75 MJ de diesel). Disso resulta uma tonelada de salmoura concentrada com densidade de lítio de 6%.

³⁹ "Jiang et al. evidenciou diferença significativa entre rotas baseadas em salmoura e em rochas em termos de potencial de aquecimento global (GWP), 0,329 e 15,69 kg CO₂- eq/kg Li₂CO₃, respectivamente. Estudos mais recentes, incluindo Kelly et al., Schenker et al., e Chordia et al., comprovaram que a rota baseada em salmoura é muito menos carbono intensiva do que a baseada em espodumênio, mas o valor e magnitude da intensidade carbônica difere entre os estudos" (KHAKMARDAN, 2023, p. 607, tradução nossa).

Production of Li_2CO_3 from brine-based resources had less life cycle GHG emissions and freshwater consumption per tonne of Li_2CO_3 than Li_2CO_3 from ore-based resources. And $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ produced from brine-based lithium also had less life cycle GHG emissions and freshwater consumption per tonne of $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ than $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ from ore-based resources. (KELLY et al., 2021, p. 1)⁴⁰.

É importante ressaltar que os trabalhos que afirmam que o consumo de água dos processos de produção de lítio e carbonato de lítio originários das salinas são menores do que os demais consideram água apenas a água doce diretamente envolvida. A salina não é considerada e portanto, os impactos de sua retirada dos aquíferos e os problemas hídricos que esse desequilíbrio causam não são contabilizados: "current life cycle impact assessment (LCIA) methods for assessing water use impacts do not address such issues arising from brine extraction in salars." (CHORDIA et al., 2022, p. 2)⁴¹. Isso não significa que os autores, tanto Chordia et al. (2022) quanto Kelly et al. (2021) não estejam cientes dos problemas suscitados pela retirada da salmoura em relação à dinâmica hídrica da bacia, apenas é uma característica das análises diretamente da produção.

O consumo energético principal do processo de extração de lítio das rochas ocorre nas etapas da mineração e concentração (KELLY et al., 2021; KHAKMARDAN et al., 2023),

The brine-based pathway predominantly uses solar energy to concentrate Li up to 6%, while the ore-based pathway relies heavily on fossil fuels (diesel for ore mining and processing, and coal for refining 6% Li_2O , which has <3% Li) to get a comparable Li concentration. [...]. If the spodumene mining, processing, and

⁴⁰ "A produção de Li_2CO_3 de recursos baseados em salmoura tem, no ciclo de vida, emissões GHG e consumo de água doce por tonelada de Li_2CO_3 menores do que Li_2CO_3 de recursos baseados em rochas. E $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ produzido de lítio originário de salmoura também tem menos emissões GHG e consumo de água doce no ciclo de vida por tonelada de $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ do que $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ de recursos baseados em rochas." (KELLY et al., 2021, p. 1, tradução nossa).

⁴¹ "Métodos de análise de impacto de ciclo de vida (LCIA) para analisar impactos do uso de água não consideram problemas implicados pela extração de salmoura dos salares." (CHORDIA et al., 2022, p. 2, tradução nossa).

refining processes were powered by renewable energy, $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ produced from ore could have significantly lower GHG emissions. (KELLY et al., 2021, p. 11)⁴².

Evidencia-se: o uso de diesel e carvão no processamento das rochas espodumenas são característicos da Austrália e China. No contexto brasileiro, a CBL iniciou suas operações em 1991 e hoje conduz o processo de beneficiamento do espodumênio integralmente, desde a mineração até a elaboração química de carbonato e hidróxido de lítio. A mineração é efetuada pelo método *sublevel stoping* (CBL, s/a), que

[...] consiste na abertura de um grande realce resultante da utilização de explosivos em perfurações realizadas em sub-níveis desenvolvidos no corpo mineral ou em seus contatos (capa e lapa). Em geral, esse desmonte é realizado de forma que a espessura do realce coincida com a potência da camada (OLIVEIRA, 2012, p. 7).

O método parte de perfurações com brocas até os maciços rochosos no subsolo, explodindo seções iniciando pelas mais abaixo ou atrás, abrindo espaço para as seções superiores ou a frente sejam explodidas quando os minerais detonados forem removidos. Os espaços limpos são preenchidos com os detritos restantes do que não é aproveitado na mineração (SUBLEVEL..., 2018).

As emissões de GHG da extração de lítio de rochas considerando o modelo Australiano, que envolve maquinário movido a diesel para escavar e movimentar o minério, são, em conjunto com a etapa de concentração, as mais intensivas. Na etapa da concentração, realizada numa planta alimentada também por diesel, estimam que, para uma tonelada de espodumênio concentrado, sejam emitidos ~0,42 toneladas de CO_2 - em comparação a concentração feita pela evaporação nas

⁴² "O trajeto baseado na salmoura utiliza predominantemente energia solar para concentrar Li até 6%, enquanto a trajetória baseada em rochas se apoia intensamente em combustíveis fósseis (diesel para a mineração das rochas e processamento e carvão para refinar Li_2O a 6%, que contém <3% Li) para atingir concentração de Li comparável [...]. Se processos de mineração, processamento e refinamento de espodumênio fossem impulsionados por energia renovável, $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ produzido de rochas poderia ter emissões GHG significativamente mais baixas." (KELLY et al., 2021, p. 11, tradução nossa).

salinas, onde seriam emitidos entre 0,08 e 0,18g de CO₂ por tonelada de lítio concentrada (KELLY et al., 2021, p. 11).

No site da CBL não são fornecidas informações sobre a fonte de energia elétrica que alimenta as instalações fabris. O site Dados Mundiais fornece a matriz energética dos países em condições ideais, ou seja, de plena geração por cada fonte. Na Austrália, as energias fósseis seriam responsáveis por 75,4% do suprimento energético total, enquanto a hidrelétrica teria capacidade de 6,2%; já no Brasil, as energias fósseis têm participação de 11,8% na matriz nacional, sendo 65,8% fonte hidrelétrica. É possível presumir, portanto, que as fábricas brasileiras sejam alimentadas pela estrutura energética central, com fonte hidrelétrica.

Amongst the spodumene-based routes, the highest impacts are seen when lithium is sourced from Australia. This is mainly due to carbon-intensive sources used for energy generation on site. Lithium sourced from spodumene mined in Canada or Finland has lower emissions, even though the average lithium content in the ore at these sites is lower (0.7% and 0.6%) than in Australia (0.8–1.86%). This is due to the low-carbon intensity of the energy generation at those sites. (CHORDIA et al., 2022, p. 9)⁴³.

Com isso, fica evidente que os dados relativos a emissões carbônicas da produção de lítio de fontes rochosas são dependentes das fontes de energia empregadas pelos processos e podem apresentar taxas menores quando forem baseadas em energias menos poluentes (CHORDIA et al., 2022). Nesse sentido, a empresa Sigma Lithium, de origem canadense, produz o que denomina “Lítio Verde”, empregando “tecnologias verdes” nos processos de separação e purificação do lítio em substituição ao uso de produtos químicos nocivos, reaproveitamento da água e uso de energia limpa. A empresa também se dedicou a preservação e tratamento sanitário da água dos rios da região, utilizada nos processos (ALVES, 2023).

⁴³ “Entre as rotas baseadas no espodumênio, os maiores impactos são observados quando o lítio é originado da Austrália. Isso se deve, principalmente, as fontes de geração de energia de uso intensivo de carbono no local. Lítio obtido no espodumênio minerado no Canadá ou na Finlândia tem menores emissões, apesar de o conteúdo litífero médio no minério desses locais ser mais baixo (0,7% e 0,6%) do que na Austrália (0,8-1,86%). Isso se deve a geração de energia com menos intensidade carbônica nesses lugares.” (CHORDIA et al., 2022, p. 9, tradução nossa).

A preocupação com sustentabilidade ecológica não pode vir desacompanhada do olhar social. O Vale do Jequitinhonha é uma região historicamente, desde o século XIX, marcada pela desigualdade, resultante da ocupação, na forma de latifúndio-minifúndio (SILVA et al., 2020; TEIXEIRA; ZHOURI; MOTTA, 2021)

[...] desde os anos 1970 o vale do Jequitinhonha é associado pelo senso comum e pelos programas públicos à migração, ao atraso e à seca. Foi o estigma do “vale da pobreza” que levou os governos militares e os que se seguiram a implantar programas de desenvolvimento rural baseados no consumo intenso de recursos naturais: florestas de eucaliptos, barragens, estímulos à mineração e ao crédito rural, que ao longo do tempo acentuaram desigualdades. (SILVA et al., 2020, p. 23).

A implantação de grandes projetos de infraestrutura, sob a retórica do desenvolvimento, acarreta formas de injustiça ambiental, como observável no deslocamento populacional compulsório e expropriação na região, principalmente, nesse caso, devido a construção de barragens e hidrelétricas (TEIXEIRA; ZHOURI; MOTTA, 2021).

Sendo um local semiárido, as maiores preocupações são relacionadas a disponibilidade hídrica (SILVA et al., 2020; TEIXEIRA; ZHOURI; MOTTA, 2021). Os dados de consumo de água do método de extração de lítio das rochas apontam que é um processo de uso intensivo de água, ao menos na forma empregada pela Austrália (KELLY et al., 2021). A Sigma Lihium afirma que 100% da água utilizada nos processos de separação, purificação e concentração do lítio é reaproveitada, além de utilizarem processos que, apesar de menos economicamente eficientes, em termos diretos, permitem a formação de rejeito seco que é comercializado, constituindo uma economia circular com rejeito zero (ALVES, 2023).

A CBL afirma que “ano a ano a empresa faz doações em dinheiro, material e mão de obra para atender necessidades sociais, de saúde, educação, cultura e esportes” (CBL, 2019, p. 8), construiu uma escola da APAE, uma creche municipal, um

ambulatório clínico, prestou auxílio a construção do Quartel de Polícia Militar de Divisa Alegre e colabora com o hospital de Araçuaí.

São muito comuns e frequentes as contribuições da empresa para pavimentação de ruas, construção de igrejas, revitalização de praças e realização de festas nas diversas comunidades que esses municípios abrigam.

[...]

E a empresa também realiza ações menos visíveis, como o transporte de idosos para o programa de Educação de Jovens e Adultos. (CBL, 2019, p. 20).

Fica evidente o esforço da empresa para obter legitimidade social na região onde se instalou, bem como as iniciativas da Sigma Lithium, abertamente expressadas como inclusão social por meio da inclusão econômica, fornecendo microcrédito às mulheres para que elas possam “monetizar as habilidades culturais que elas têm” (ALVES, 2023, p. 16). Além do microcrédito fornecido, a empresa também tem o programa Volta ao Lar, que procura empregar o máximo possível de trabalhadores da região para dinamizar a economia local, o Seca Zero, envolvendo cisternas para captura de água da chuva para pequenos agricultores e o Água para Todos, de caixas de água para comunidades rurais (ALVES, 2023).

Enquanto somatório de recursos acessíveis, territórios e populações são tidos como as variáveis-chave de uma “geopolítica empresarial” (Bronz, 2013) em que os projetos de investimento tornam-se, eles próprios, definidores de novos ordenamentos espaciais e sociais (Vainer; Araújo, 1992). A produção de novos recortes e ordens não pode prescindir da legibilidade do terreno. A capacidade de apreensão, organização e controle dos sujeitos e recursos disponíveis mobiliza, assim, operações de simplificação e padronização do tecido social (Scott, 1998), nas quais as “estratégias enumerativas” (Appadurai, 2004) cumprem um papel fundamental. (TEIXEIRA; ZHOURI; MOTTA, 2021, p. 10).

Assim, não se pode acreditar na benemerência por ela mesma das empresas: a prestação de serviços assistencialistas constitui estratégia de legitimação das companhias junto a população da mesma forma que ocorre no Triângulo do Lítio,

uma forma de compra da anuência para a exploração dos ecossistemas onde ocorre a mineração.

Recapitulando o aqui exposto, o método de extração do lítio pela evaporação da salmoura é uma técnica utiliza intensamente a água; a salmoura evaporada, apesar de imprópria para consumo, mantém o equilíbrio hídrico da região, dividindo espaço com a bacia de água doce, que, conforme penetra as regiões anteriormente ocupadas pela salmoura, se saliniza e se torna indisponível para suprir as necessidades da região. Ademais, a evaporação prejudica a sustentação do solo, pois as águas subterrâneas migram para os espaços antes ocupados pela que foi evaporada, fazendo com que o solo perca sustentação e ceda, eliminando as condições de formação das salinas.

A disponibilidade hídrica é essencial para a população humana; enquanto existe um discurso de vazio demográfico na região do Triângulo do Lítio, o território pertence ancestralmente aos povos originários, que ainda estão na localidade e baseiam sua economia na extração do sal das salinas, no pastoreio itinerante e na agricultura. Os povos originários nunca foram consultados ou informados da instalação dessas empresas mineradoras, cuja natureza masculiniza o território, incidindo na organização e cultura das comunidades, atingindo principalmente as mulheres.

A implantação de empresas extrativistas altera a economia local, num primeiro momento empregando populações circunjacentes na indústria, mas depois, no caso do Chile, onde a exploração do lítio acontece há mais tempo, dependendo de trabalhadores que moram em outras regiões, portanto, não sustentando a economia local. Frente a isso, formas de resistência surgem, ora em prol da proteção e respeito aos direitos das comunidades, ora em estratégias que demandam das empresas contrapartidas para usarem os recursos locais, especialmente a água. -

A água é crucial para as diversas formas de vida, sensíveis ao ambiente extremo das salinas, sendo que as alterações hídricas advindas da extração por evaporação já podem ser constatadas na redução da população de determinadas espécies animais e vegetais. Os serviços ecossistêmicos prestados na região do Triângulo do Lítio são diversos, compreendendo desde a biodiversidade à pesquisa científica. A extração do lítio da forma como ocorre, portanto, impacta o ambiente e

a sociedade em diversas frentes; existem alternativas a esse método, que demandam menos intensidade no uso da água e se preocupam, também, com os resíduos gerados pela extração do lítio. No momento, todavia, todas as empresas se beneficiam da extração por evaporação, o ambiente segue sofrendo desprotegido e a população desenvolve sua resistência de maneira autônoma.

O panorama da extração no Brasil pode estar representando as primeiras fases da extração no Triângulo do Lítio, apesar de em menor escala e do método extrativo diferente. Os dados da extração de lítio de rochas pegmatitas encontrados tratam de um contexto diferente do brasileiro, suscitando a necessidade de estudos comparativos sobre a disponibilidade hídrica na região antes e depois do início da atuação das mineradoras de lítio no Vale do Jequitinhonha para avaliar a conexão entre as alterações na água e solo com a atividade extrativa.

2.3 DESCARTE E RECICLAGEM

Inicialmente, essa seção apresenta estimativas da quantidade de lixo eletrônico e, conseqüentemente, de lítio considerados resíduos. Se considera que a reciclagem desses materiais é uma fonte de matéria prima a ser explorada, frente aos problemas anteriormente relatados relacionados a indústria extrativista. A reciclagem é, primariamente, uma solução para o problema do acúmulo de resíduos complexos de serem processados.

Brevemente são explanados os procedimentos de reciclagem de LIBs, pontuando vantagens e desvantagens das etapas e tipos de processamento. Se analisam, também, os benefícios da reciclagem como um todo do ponto de vista do lítio. Por fim, a discussão do próximo capítulo é introduzida quando a viabilidade da reciclagem é apresentada com seus obstáculos relacionados a dinâmica social.

Entre 2007 e 2017, o lítio consumido na produção de baterias aumentou 14.620 toneladas métricas. Apesar da maior demanda por LIBs partir dos eletrônicos (em 2015, 69%), os automóveis apresentam tendência crescente na quota de mercado. O uso de lítio em baterias automotivas varia, atualmente, de 4 kg a 63 kg; para tanto (AGUSDINATA et al, 2018, p. 1, 3),

The projection is that in the US alone, annual demand for electric vehicles might require as much as 22 000 ton of lithium (i.e. 117 000 ton of lithium carbonate) by 2030, and as much as 54 000 ton (287 000 ton of lithium carbonate) by 2050 (GAINES; NELSON, 2009 *apud* LIU; AGUDINATA, 2020, p. 3)⁴⁴.

A disseminação das baterias constituídas com lítio aumenta a demanda pelo metal. Conforme Neumann et al. (2022), a distribuição ampliada dessas implica a necessidade de reciclagem, parcialmente pelo valor dos metais que compõem as baterias. Frente ao contexto de aumento de produção e consumo de LIBs, é necessário um panorama dos resíduos gerados e perspectivas; para isso, são destacados os seguintes trechos:

[...] grandes quantidades de resíduos de EEE vêm sendo produzidas devido à obsolescência (perceptiva e programada). Segundo a GSMA (Group Managed Service Accounts) da UNU (United Nations University), aproximadamente 189 mil t de telefones celulares foram descartados em todo o mundo em 2014, dos quais cerca de 17 mil t na América Latina. O total de lixo eletrônico produzido em 2014 no mundo foi de 3.904 mil t. Isto significa que a fração correspondente a telefones celulares representa menos de 5% da massa total do lixo eletrônico produzido em todo o mundo. Apesar disso, as baterias presentes nesses aparelhos são um sério problema ambiental se descartadas de forma inadequada, pois apresentam concentrações elevadas de metais perigosos além de eletrólitos. Por outro lado, tais baterias contêm teores consideráveis de metais de alto valor agregado (lítio, cobalto e mesmo outros como cobre, níquel e manganês), frequentemente superando aqueles existentes em fontes primárias. (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018, p. 581).

Os autores vinculam o crescimento de lixo eletrônico à obsolescência perceptiva e programada. É possível compreender que a percepção de obsolescência pelo consumidor seja parte da obsolescência programada: segundo Araujo (2019),

⁴⁴ "A projeção é de que, apenas nos Estados Unidos, a demanda anual por veículos elétricos demande até 22.000 toneladas de lítio (ou seja, 117.000 toneladas de carbonato de lítio) por volta de 2030 e até 54.000 toneladas (287.000 toneladas de carbonato de lítio) por 2050" (GAINES; NELSON, 2009 *apud* LIU; AGUDINATA, 2020, p. 3, tradução nossa).

essa categoria designa a obsolescência pela qualidade, pela função e pela desejabilidade. A primeira diz respeito a atitudes do fornecedor do produto, que, quando o cria, programa sua vida útil e utiliza técnicas ou materiais de menor qualidade; já a obsolescência pela função pode ter relação muito próxima com as baterias, pois diz respeito a novos produtos lançados que, apesar de executarem as mesmas funções da geração anterior, têm eficácia superior; e a última pode ser vinculada à obsolescência perceptiva, quando o produto que se tem não mais é satisfatório em virtude de um novo modelo, com funções semelhantes mas aparência diferenciada e cuja apresentação publicitária estimula o consumo.

Dessa forma, o lixo eletrônico é sujeito a obsolescência programada em todas as suas modalidades, o que pode ser facilmente percebido nos celulares usados como exemplo de lixo eletrônico no trecho acima: do ponto de vista da qualidade, a Apple "admitiu ter introduzido, sem o conhecimento do consumidor, mudanças no sistema operacional com o intuito de tornar os produtos mais antigos mais lentos" (ARAUJO, 2019, p. 182). Quatro anos após essa admissão, em maio de 2023, a HOP, instituição contra a obsolescência programada, baseada em uma investigação desde 2018, denunciou a empresa em questão, perante o Ministério Público da França (FRANCE PRESSE, 2023). Percebe-se que a apelação publicitária e *status* vinculado à marca em decorrência não impedem o incentivo ao consumo das mais novas versões do *iPhone*, o que constitui a obsolescência por percepção/desejabilidade; e, finalmente, em relação à função, o desenvolvimento dos sistemas operacionais e da própria conexão de rede, como a 5g, tornam máquinas obsoletas em poucos anos por não comportarem tecnologias que não existiam quando foram fabricadas.

O lixo eletrônico, assim, é constantemente produzido e constitui uma classe de resíduos cuja reciclagem é complexa, levando a baixas taxas desse processo:

Segundo o relatório da chamada Coalizão das Nações Unidas sobre Lixo Eletrônico e da Plataforma para Aceleração da Economia Circular (PACE), divulgado em Davos, Suíça, durante o Fórum Econômico Mundial, no dia 24 de janeiro de 2019, o lixo eletrônico global deverá chegar a 120 milhões de toneladas ao ano de 2050. O relatório leva em conta o ritmo do consumo adotado atualmente. Para além disso, o estudo demonstra que menos de 20% do lixo

eletrônico é oficialmente reciclado, sendo os 80% restantes lançados em aterros (ou mesmo em lixões) ou reciclados de forma imprópria, o que coloca em risco as pessoas que se propõem a fazer tal manejo, em razão da exposição a substâncias perigosas. (ARAUJO, 2019, p. 135-136).

Tanto o trecho de Silva, Afonso e Mahler (2018) quanto o de Araujo (2019) chamam a atenção aos riscos que o lixo eletrônico representa quando manejados incorretamente, devido aos metais e compostos químicos perigosos que os compõem. As baixas taxas de reciclagem fazem questionar onde esses produtos estão e evidenciam consequências ambientais que o vazamento de substâncias poluentes que compreendem. Graedel et al. (2011) e Neumann et al. (2022) trazem o conceito de produtos em hibernação para designar eletrônicos que não são mais utilizados e não são descartados, sendo colocados em gavetas/armários e não chegando à reciclagem.

According to the Global E-Waste Monitor 2020, the rate of collected and recycled e-waste is 42.5% in Europe, 11.4% in Asia, 9.4% in the Americas, 8.8% in Oceania, and 0.9% in Africa. Overall, 17.4% of the e-waste generated worldwide is documented to be collected and recycled. Among the largest generators of e-waste, Asia leads with 24.9 Mt, followed by Europe with 12.0 Mt and North America with 7.7 Mt. (NEUMANN et al., 2022, p. 4)⁴⁵.

Sinteticamente, sendo que em 2014 foram gerados, no mundo 3.904 toneladas de lixo eletrônico (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018, p. 581), a perspectiva é de que em 2050 o montante atinja 120 milhões de toneladas, sendo menos de 80% desses resíduos adequadamente descartados ou reciclados (ARAUJO, 2019, p. 135-136). Dentre os 17,4% de lixo eletrônico coletado e reciclado, a Europa é responsável por 42,5%, sendo o segundo gerador mundial de lixo eletrônico (NEUMANN et al., 2022, p. 4).

⁴⁵ "Conforme o Global E-Waste Monitor 2020, a taxa de lixo eletrônico coletado e reciclado é 42,5% na Europa, 11,4% na Ásia, 9,4% nas Américas, 8,8% na oceania e 0,9% na África. Ao todo, 17,4% do lixo eletrônico gerado mundialmente é documentado como coletado e reciclado. Entre os maiores geradores de lixo eletrônico, a Ásia lidera com 24,9 Mt, seguida pela Europa com 12 Mt e a América do Norte com 7,7 Mt." (NEUMANN et al., 2022, p. 4, tradução nossa).

Enquanto o lixo eletrônico é coletado e reciclado, em diferentes medidas conforme o continente, a taxa de reciclagem de lítio no final de sua vida útil na Europa é de 0% e a de cobalto, 22% (EC, 2023, p. 117). Tendo em mente que “Estima-se que a geração de resíduos de baterias usadas chegará de 200 a 500 t/ano, com teores (em massa) de cobalto entre 5 e 20%, bem como de 2 a 7% de lítio” (BUSNARDO; PAULINO; AFONSO, 2007, p. 995), significa que entre 25 e 100 toneladas de cobalto se tornarão resíduos, sendo entre 5,5 e 22 toneladas recicladas e 19,5 e 78 toneladas do minério não recicladas e o lítio residual estará entre 10 e 35 toneladas.

Conforme Silva, Afonso e Mahler (2018), a reciclagem das LIBs eliminaria os riscos ambientais decorrentes do descarte inadequado e permitiria a recuperação dos componentes com valor agregado, sendo que o cobalto utilizados nessas baterias é de ainda maior valor estratégico do que o lítio (TOWNLEY et al., 2018 *apud* FORNILLO; GAMBA, 2019) e cerca de 25% do total extraído no mundo é destinado à manufatura de baterias (SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018, p. 581).

Recycling processes are the only option to re-introduce end-of-life (EOL) batteries and their components into the economic cycle, reducing the need for primary raw materials and promoting an improved acceptance of pure and hybrid electric vehicles. However, the complexity of an LIB with its diverse components, cell chemistries, and aging mechanisms offers certain challenges for recycling. In addition the varying lifetimes for batteries in different applications (cell phones: about 2 years, other consumer electronics 3–4 years and electric vehicles >10 years) produce a mixed upcoming stream of spent batteries. Beyond this, the development of next generation batteries leads to even more complex mixtures of battery scrap, increasing the need for universal and flexible recycling processes. Furthermore, in contrast to the lead acid battery, only high amounts of metals such as nickel or cobalt provide financial viability for LIB recycling. And last, so far no standardizations for cell designs of LIBs exists. (NEUMANN et al., 2022, p. 2)⁴⁶.

⁴⁶ “Processos de reciclagem são a única opção para reinserção de baterias no fim da vida (EOL) e seus componentes no ciclo econômico, reduzindo a necessidade de matérias primas brutas e promovendo melhoria na aceitação de veículos elétricos puros ou híbridos. No entanto, a complexidade de uma LIB e de seus diversos componentes, químicas celulares e mecanismos envelhecidos oferecem alguns desafios a reciclagem. Adicionalmente a variação na vida útil das baterias de diferentes aplicações (celulares: cerca de 2 anos, outros eletrônicos de consumo 3-4 anos e veículos elétricos >10 anos)

Assim, a reciclagem de LIBs é vantajosa dos pontos de vista ambiental e do ciclo econômico, porém apresentam desafios técnicos que podem se tornar empecilhos financeiros às empresas, como a diversidade de vidas úteis e composições, que dificultam a separação dos materiais valiosos. Ainda, os processos de reciclagem das baterias dependem de alto consumo energético, empregam reagentes tóxicos e/ou corrosivos, geram grande quantidade de resíduos finais e recuperam apenas moderadamente os metais de interesse (cobalto e lítio), sendo que a massa dessas baterias resulta em 40% dos componentes da “massa (eletro)ativa” (anodo, catodo e eletrólito) (BUSNARDO; PAULINO; AFONSO, 2007; SILVA; AFONSO; MAHLER, 2018).

É importante ressaltar as rápidas mudanças no cenário da reciclagem das LIBs que acompanham o desenvolvimento da tecnologia: em 2007, o processamento ocorria “em escala comercial em dois países: Canadá e Estados Unidos. Na Europa, ainda não se tem um processamento efetivo nessa escala.” (BUSNARDO; PAULINO; AFONSO, 2007, p. 995). Já em 2018, instalações de reciclagem estavam disponíveis nos EUA, Canadá, Bélgica, Alemanha e Japão (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018). Em 2022, Neumann et al. (2022) elencaram as empresas que participam do processo de reciclagem dessas baterias conforme as etapas que realizam, incluindo aos citados Finlândia, Suíça, China, Coreia do Sul, Suécia e França.

There are more than fifty companies worldwide, which process spent LIBs. The majority of the companies operate in China and South Korea, followed by the European Union, Japan, Canada, and the USA. It is predicted that over 700 000 tons of batteries will become obsolete by 2025. The worldwide recycling capacity is estimated to be around 400 000 tons at that time. (NEUMANN et al., 2022, p. 9)⁴⁷.

produzem uma corrente mista de baterias gastas. Além disso, o desenvolvimento de baterias da próxima geração leva a misturas ainda mais complexas de sucata de baterias, aumentando a necessidade de processos de reciclagem universais e felxíveis. Ademais, em contraste com a bateria de chumbo ácido, apenas grandes quantidades de metais como níquel ou cobalto oferecem viabilidade financeira para a reciclagem de LIB. E por último, até o momento não há padronização para o design das células de LIBs.” (NEUMANN et al., 2022, p. 2, tradução nossa).

⁴⁷ “Há mais de cinquenta empresas no mundo que processam LIBs gastas. A maioria das empresas opera na China e Coreia do Sul, seguida pela União Européia, Japão, Canada e EUA. Se prevê que mais de 700.000 toneladas de baterias se tornarão obsoletas até 2023. Se estima que a capacidade mundial

A reciclagem de baterias só é possível a partir da desmontagem do invólucro e estruturas majoritariamente feitas de alumínio, aço ou plástico, sendo essa a etapa maior e mais lucrativa da reciclagem. A desmontagem das baterias, porém, é o início do desafio para recuperação dos componentes, pois os sistemas de baterias são diferentes e os fabricantes evitam divulgar as misturas dos materiais utilizados, o que dificulta a padronização e automatização do processo de reciclagem, pois nem todos os processos são economicamente viáveis dependendo do tipo de bateria (NEUMANN et al., 2022; WREDE, 2020).

Conforme Neumann et al. (2022), a reciclagem de LIBs compreende as seguintes etapas:

- Pré-tratamento: constituído da descarga e desmantelamento dos módulos da bateria, que são mecanicamente processados e separados conforme características físicas (tamanho, densidade, condutividade, magnetismo, etc.);
 - Descarga: necessária para manipulação segura, evitando choques elétricos e ignição dos componentes que poderia causar incêndios;
 - Pré-tratamento mecânico: desintegra a bateria e separa os componentes em diferentes correntes; o objetivo principal é separar as partes metálicas (cápsula e lâminas) e concentrar a *black mass* (mistura dos materiais ativos, cátodo e ânodo): "Black mass is the most valuable battery cell component and mechanical pre-treatment is mostly designed to achieve its maximum recovery and separation." (NEUMANN et al., 2022, p. 8-9)⁴⁸;
 - Pré-tratamento térmico: aplicado para desativar com segurança os componentes combustíveis do eletrólito;
- Hidrometalurgia: por meio do uso de ácidos minerais, recupera principalmente os sais sulfato de níquel amarelo anidro (NiSO₄), sulfato de cobalto (CoSO₄) e carbonato de lítio (Li₂CO₃) ou misturas de NMC (níquel, manganês e cobalto) e NCA (níquel, cobalto e alumínio), componentes da mistura ativa. Possibilita a recuperação de grandes quantidades de componentes das baterias e

de reciclagem esteja por volta das 400.000 toneladas naquele momento." (NEUMANN et al., 2022, p. 9, tradução nossa).

⁴⁸ "A *black mass* é o componente mais valioso da célula de bateria e o pré-tratamento mecânico é projetado principalmente para atingir recuperação e separação máximas." (NEUMANN et al., 2022, p. 8-9, tradução nossa).

atingir alta pureza de sais metálicos; todavia requer o pré-tratamento mecânico e a separação de componentes;

The main advantage of hydrometallurgy is the possibility to produce new battery precursors from waste with the sufficient purity. Despite the large demand for chemical reagents, hydrometallurgy allows the re-utilization of many solvents and by-products for several years, minimizing the overall secondary waste generation. With future battery legislation and demands for higher material recovery rates, hydrometallurgy is one of the most promising approaches to meet the requirements but also to create a path to circular economy in the battery market. (NEUMANN et al., 2022, p. 11)⁴⁹.

Assim, com a pureza dos componentes que a hidrometalurgia é capaz de obter, novas baterias podem ser fabricadas sem recorrer a extração da matéria prima e os materiais necessários ao processo podem ser utilizados por longos períodos. Esse método favorece tanto a reciclagem quanto a possibilidade de estabelecimento da economia circular;

- Solventes eutéticos profundos: a solvometalurgia, compreendida na hidrometalurgia, pretende reduzir o desperdício e impactos ambientais dessa, oferecendo uma fase orgânica com reduzido consumo de água, unificando a extração metálica e do solvente no mesmo passo e com maior seletividade, sendo idealmente eficiente, barata e facilmente recuperável ou biodgradável;

- Pirometalurgia: utiliza fornos de alta temperatura para fundir os óxidos das baterias numa liga, evaporando, no processo, as partes voláteis e incinerando os plásticos e compostos orgânicos restantes. O processo, apesar de poucos riscos, tem eficiência de reciclagem reduzida devido a perda dos componentes voláteis, sais, plásticos, etc., produz gases tóxicos e necessita de processamento hidrometalúrgico em seguida.

⁴⁹ "A principal vantagem da hidrometalurgia é a possibilidade de produzir novos precursores de bateria de resíduos com a pureza suficiente. Apesar da alta demanda por reagentes químicos, a hidrometalurgia permite a reutilização de vários solventes e produtos secundários por vários anos, minimizando a geração de lixo secundária total. Com legislação futura sobre baterias e demandas por maiores taxas de recuperação de material, a hidrometalurgia é uma das abordagens mais promissoras para cumprir os requerimentos mas também para criar um caminho à economia circular no mercado de baterias." (NEUMANN et al., 2022, p. 11, tradução nossa).

Neumann et al. (2022) destacam que a maior parte dos métodos de reciclagem de LIBs propostos em publicações se baseiam em experimentos em escala laboratorial, o que pode dificultar a aplicação em processos maiores pela grande demanda de reagentes químicos, energia, tempo de processamento e demais custos operativos. Na realidade, os métodos utilizados são a pirometalurgia, hidrometalurgia e uma combinação de ambos.

A reciclagem de metais, dentre eles, das baterias, depende também do estágio em que estão sendo considerados sucata. Graedel et al. (2011) fornecem qualificações dos tipos de sucata e de reciclagem. Os tipos de sucata são discriminados como:

- Sucata doméstica: gerada na produção/fabricação do produto e pode ser reinserida diretamente no processo de produção;
- Sucata nova ou pré-consumo: também gerada na produção/fabricação, mas não é reciclada na mesma instalação e sim transferida para o mercado de sucata. "Because of its known properties, high purity, and value, its recycling is generally economically beneficial and easy to accomplish, although recycling becomes more difficult the closer one gets to finished products" (GRAEDEL et al., 2011, p. 358)⁵⁰;
- Sucata velha ou pós-consumo: metal em produtos que atingiram seu fim de vida (EOL).

E os tipos de reciclagem são, conforme Graedel et al. (2011):

- Reciclagem funcional: a reciclagem em fase EOL na qual o metal é separado do produto e desagregado de forma a retornar aos processos produtivos como matéria prima;
- Reciclagem não funcional: reciclagem na fase EOL em que o metal coletado é incorporado/fundido com outros materiais; ao mesmo tempo em que evita a dissipação no ambiente, o metal perde suas funções e é quase impossível o recuperar dessa liga. Por isso, Graedel et al. (2011) classificam que metais submetidos a esse tipo de processamento se encontram em um ciclo de vida aberto.

⁵⁰ "Devido a suas propriedades reconhecidas, alta pureza e valor, sua reciclagem é geralmente economicamente benéfica e fácil de atingir, apesar de a reciclagem se tornar mais difícil quanto mais próximo se está do produto final" (GRAEDEL et al., 2011, p. 358, tradução nossa).

The life cycle is open if EOL products neither are collected for recycling nor enter those recycling streams that are capable of recycling the particular metal efficiently. Open life cycles occur as a result of products discarded to landfills, products recycled through inappropriate technologies (e.g., the informal sector) whereby metals are not or only inefficiently recovered, and metal recycling in which the functionality (i.e., the physical and chemical properties) of the EOL metal is lost (nonfunctional or "open-loop" recycling [...]). (GRAEDEL et al., 2011, p. 357)⁵¹.

No tratamento de LIBs, a pirometalurgia, portanto, constituiria um tipo de reciclagem não funcional, por obter ligas mistas de metais. Complementarmente, se essas ligas forem submetidas à hidrometalurgia, sendo capaz de novamente separar os sais metálicos, o ciclo de vida dos metais seria fechado e a reciclagem se tornaria funcional (GRAEDEL et al., 2011).

Closed cycles are typical for many industrial goods, such as industrial machinery, tools, and process catalysts. Although the required recycling technology does not differ much from that for consumer goods, the recycling efficiencies are usually much higher due to a high awareness of the involved stakeholders, economic recycling incentives, transparent and professional handling throughout the product life cycle, and a rather limited change of ownership and location of use. (GRAEDEL et al., 2011, p. 362-363)⁵².

Evidencia-se, portanto, uma dificuldade para que os metais das LIBs terminem seu ciclo de vida retornando à cadeia produtiva: a condução dessas baterias às

⁵¹ "O ciclo de vida é aberto se os produtos em EOL não são coletados para reciclagem e não entram nos fluxos de reciclagem capazes de reciclar o metal em particular eficientemente. Ciclos de vida aberto ocorrem como resultado de produtos descartados em aterros, produtos reciclados por meio de tecnologias inapropriadas (ex. no setor informal) onde os metais ou não são ou são apenas ineficientemente recuperados e reciclagem metálica na qual a funcionalidade (ou seja, as propriedades físicas e químicas) do metal em EOL são perdidas (reciclagem não funcional ou de "ciclo aberto" [...])." (GRAEDEL et al., 2011, p. 357, tradução nossa).

⁵² "Ciclos fechados são típicos em muitos bens industriais, como maquinário industrial, ferramentas e processos catalíticos. Apesar da tecnologia de reciclagem necessária não diferir muito daquela dos bens de consumo, as eficiências de reciclagem geralmente são muito mais altas devido a alta consciência dos acionistas envolvidos, incentivos econômicos a reciclagem, manejo transparente e profissional ao longo do ciclo de vida do produto e mudanças de propriedade e localização de uso relativamente baixas." (GRAEDEL et al., 2011, p. 362-363, tradução nossa).

instalações de reciclagem. É necessária a criação de uma infraestrutura para coleta de baterias usadas para direcionamento à reciclagem. "Atualmente, as montadoras de automóveis estão recolhendo suas baterias usadas de seus próprios carros elétricos e as colocam no processo de reciclagem, que é feito por empresas especializadas." (WREDE, 2020).

The establishment of an efficient collection system for EOL batteries is a key element in a successful recycling strategy. The collection rate determines the number of spent batteries that enter the recycling stream and is therefore decisive for the extent of economic and ecological output of the overall recycling system. (NEUMANN et al., 2022, p. 4)⁵³.

Todavia, conforme os autores, a diversidade das baterias (como anteriormente explanado) dificulta o estabelecimento de uma infraestrutura de coleta, que impacta diretamente na reciclagem: "The EOL-RR⁵⁴ is strongly influenced by the least efficient link in the recycling chain, which is typically the initial collection activity." (GRAEDEL et al., 2011, p. 359)⁵⁵. Dessa forma, se entende que a reciclagem de LIBs é obstaculizada por problemas desde condições intrínsecas das baterias até relacionados aos elos da cadeia de reciclagem, todos esses desafios podendo ser relacionados a questões de viabilidade econômica.

In practice, the effectiveness of recycling is a consequence of three related factors. The first is economics, because the net intrinsic value of the discarded materials must be high enough to justify the cost and effort of recycling. When that value is not present, incentives such as deposit fees or other cost subsidies, usually based on legal requirements, may make it so, at least at the consumer level. The second factor is technology: Do the design of the discarded product and the ways materials are joined or merged enable or inhibit available recycling

⁵³ "O estabelecimento de um sistema eficiente de coleta de baterias em EOL é um elemento chave em uma estratégia de reciclagem bem sucedida. A taxa de coleta determina o número de baterias gastas que entram no fluxo de reciclagem e são assim decisivas na extensão dos resultados econômicos e ecológicos do sistema de reciclagem como um todo." (NEUMANN et al., 2022, p. 4, tradução nossa).

⁵⁴ EOL-RR: End of life recycling rate, em português, taxa de reciclagem no fim do ciclo de vida.

⁵⁵ "A EOL-RR é fortemente influenciada pelo elo menos eficiente da cadeia de reciclagem, que tipicamente é a atividade de coleta inicial." (GRAEDEL et al., 2011, p. 359, tradução nossa).

processes? The final factor is societal: Has a habit of recycling been established? Do public campaigns promote recycling targets? Can legislation, recycling fees, or other recycling policies prove effective? To the degree that these factors are addressed, improved rates of reuse and recycling are likely. (GRAEDEL et al., 2011, p. 363-364)⁵⁶.

Em relação ao primeiro fator elencado, se o valor intrínseco dos materiais compensa o custo e esforço pela reciclagem, Flexer, Baspineiro e Galli (2018) avaliaram que a mineração ainda é mais economicamente atrativa do que a reciclagem de LIBs, inclusive porque a quantidade de lítio disponível a ser obtido pela reciclagem é insignificante comparado ao possível de ser minerado.

Recycling of lithium-ion batteries as a secondary source of raw materials is certainly important in the long term. However, in a scenario of continuous growing demand, relying on sourcing from recycling only will not be enough to satisfy this demand. The amount of lithium from spent batteries in 2040 is estimated at 60 ktonnes per year, which corresponds to 5% of the total supply requirements. (VERA et al., 2023, p. 160)⁵⁷.

Ao mesmo tempo em que a demanda por lítio não pode ser suprida apenas com o obtido pela reciclagem, com os níveis de exploração do recurso nas salinas e as consequências socioambientais consequentes, como visto na seção anterior do presente trabalho, é preciso considerar que os depósitos minerais não são infinitos:

⁵⁶ "Na prática, a eficácia da reciclagem é consequência de três fatores relacionados. O primeiro é econômico, pois o valor líquido intrínseco dos materiais descartados precisa ser alto o suficiente para justificar o custo e esforço de reciclagem. Quando esse valor não está presente, incentivos como tarifas de depósito ou outros subsídios de custo, geralmente baseados em requerimentos legais, podem fazer com que se justifique, ao menos no nível do consumidor. O segundo fator é tecnologia: o design do produto descartado e os meios com que os materiais são unidos ou fundidos permite ou inibe os processos de reciclagem? O fator final é societário: há hábito de reciclagem estabelecido? Campanhas públicas promovem objetivos de reciclagem? A legislação, tarifas de reciclagem e outras políticas de reciclagem podem se provar como efetivas? À medida que esses fatores são endereçados, taxas de reutilização e reciclagem melhores são prováveis." (GRAEDEL et al., 2011, p. 363-364, tradução nossa).

⁵⁷ "Reciclagem de baterias de íon-lítio como fonte secundária de matéria prima bruta é certamente importante no longo prazo. No entanto, em um cenário de crescimento contínuo da demanda, se apoiar apenas na obtenção pela reciclagem não será suficiente para satisfazer essa demanda. A quantidade de lítio de baterias gastas em 2040 é estimada em 60 ktoneladas por ano, o que corresponde a 5% do total requerido de material." (VERA et al., 2023, p. 160, tradução nossa).

Even those who have shown evidence and argue that there is a continuous lithium recharge (Steinmetz, 2017; Eugster et al., 1978; Ide and Kunasz, 1989; Langbein, 1961), present recharge values that are several orders of magnitude lower than variations in lithium contents that are produced by full scale mining facilities upstream of the fluvial system of the basin. Therefore, in the context of mining, taking into consideration a time scale of no more than a century, lithium in brines should be considered a non-renewable resource. If a commercial scale exploitation producing 1000 tons yearly of Li_2CO_3 or more is active on a salar, the total amount of lithium will considerably decrease in the time span of the active exploitation (several decades). (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1192)⁵⁸.

Assim, a escala de extração do lítio não é sustentável para a manutenção dos depósitos minerais pois as taxas de “recarga” natural do recurso é insuficiente perante a extração demandada (CHORDIA et al., 2022; FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018) e é preciso considerar, ainda, os outros materiais que compõem a bateria, que, como o cobalto, podem ser mais raros.

O segundo fator, tecnológico, relacionado ao design do produto, já foi tratado nessa seção: não há padronização nem na composição química nem no formato das baterias, inclusive pelas diferentes aplicações em que são empregadas.

An important concept to facilitate the development of an efficient circular battery economy is called design for recycling. The concept is based on considering the eventual treatment of the battery cells during recycling already in the design phase. The design principles are mainly focused on three levels, pack and module design, cell design, and material design. (NEUMANN et al., 2022, p. 16)⁵⁹.

⁵⁸ “Mesmo aqueles que mostraram evidências e argumentam que há uma recarga constante de lítio (Steinmetz, 2017; Eugster et al., 1978; Ide and Kunasz, 1989; Langbein, 1961), apresentam valores de recarga que são, em várias magnitudes, mais baixos do que as variações no conteúdo de lítio que são produzidas pelas instalações de mineração em grande escala no topo do sistema fluvial da bacia. Assim, no contexto da mineração, considerando uma escala de tempo de não mais de um século, lítio nas salmouras deve ser considerado um recurso não renovável. Se uma escala de exploração comercial produzindo 1.000 toneladas anuais de Li_2CO_3 ou mais for ativa no salar, a quantidade total de lítio vai reduzir consideravelmente ao longo do período de exploração ativa (algumas décadas).” (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018, p. 1192, tradução nossa).

⁵⁹ “Um conceito importante para facilitar o desenvolvimento de uma economia circular eficiente das baterias é chamado design para reciclagem. O conceito é baseado na consideração do eventual tratamento das células das baterias para reciclagem desde a fase do design. Os princípios do design

Conforme Neumann et al. (2022), a reciclagem seria facilitada se essa fosse considerada desde o início da produção de LIBs, tanto pensando no desmonte das unidades, quanto em prol da possibilidade de “relitiação” das células caso fossem padronizadas, zerando o ciclo de vida das baterias e criando uma via direta de reciclagem.

O terceiro fator, societário, depende, por um lado, da cultura humana de reciclar e, de outro, da existência de políticas públicas que incentivem essa atitude. Entende-se que, para que exista o costume e a preocupação com a reciclagem entre a população, é preciso que existam meios estabelecidos de coleta e direcionamento dos materiais e, mais importante, que esses meios sejam acessíveis a todos e tenham sua importância trabalhada junto ao consumidor (GRAEDEL et al., 2011). Esse aspecto será discutido com maior profundidade na segunda seção do segundo capítulo desse trabalho.

O uso de LIBs é crescente e a previsão é que aumente ainda mais. Esses dispositivos, no entanto, apesar de terem vidas úteis variáveis, eventualmente se tornarão lixo eletrônico, em maior ou menor velocidade quando se considera a obsolescência programada dos EEE em especial. Esses produtos apenas começam a terem taxas de reciclagem significativas, sendo que, frente a crescente demanda mundial por minérios como lítio e cobalto, a reciclagem é uma fonte de matéria prima alternativa para reintroduzir esses componentes na cadeia produtiva.

A reciclagem de LIBs, no entanto, demanda processos complexos químicos, dificultados pela falta de padronização das baterias, desde a desmontagem mecânica até a composição diferenciada de cada parte química entre fabricantes. Mesmo assim, a quantidade de empresas de reciclagem de LIBs tem crescido com rapidez. Ademais, falta de unificação de composição e design das LIBs não é o único obstáculo a reciclagem: a infraestrutura de coleta ainda é pouco desenvolvida, prejudicando a chegada desses produtos a reciclagem.

No momento, a reciclagem não é uma alternativa tão atraente em termos econômicos para obtenção do lítio. A demanda pelo metal é muito maior do que o que se sabe estar disponível para ser recuperado pela reciclagem; todavia, é preciso

são principalmente focados em três níveis, design de invólucro e módulo, design de célula e design de material.” (NEUMANN et al., 2022, p. 16, tradução nossa).

ter em mente que os depósitos de lítio não são infinitos e na velocidade de extração e quantidade de demanda atuais, se prevê que esgotem em algumas décadas.

Fica evidente, portanto, a importância da reciclagem para retornar o lítio ao ciclo produtivo. Para isso, é necessário o desenvolvimento de sistemas de coleta eficientes e a incorporação da população nessa iniciativa, o que só pode ser feito com a liderança de políticas públicas que abranjam os aspectos técnicos da reciclagem e que tornem acessível aos consumidores participarem dessa cadeia.

3. ARCABOUÇO JURÍDICO-NORMATIVO SOBRE LÍTIO E RECICLAGEM DE BATERIAS: O ESTABELECIDO E PERSPECTIVAS

*Não se pode comprar o vento
Não se pode comprar o sol
Não se pode comprar a chuva
Não se pode comprar o calor*

Calle 13

O objetivo deste capítulo é identificar e apresentar as legislações que tratam do lítio e que dispõem sobre mecanismos de reciclagem que já são aplicados ou que podem ser aplicados às LIBs. Para tanto, primeiramente, são expostas as legislações existentes que tratam do lítio, sobre as baterias e sua reciclagem, partindo do Brasil; em seguida, semelhantes nos países do Triângulo do Lítio e, finalmente, destaques e marcos em relação a esse assunto nas regiões que são as principais consumidoras dessas baterias: União Europeia, China e Estados Unidos da América.

Partindo desse arcabouço e considerando o conteúdo do capítulo precedente, foi possível identificar aspectos da extração do lítio e da reciclagem de LIBs que são falhos do ponto de vista ambiental e social, a partir da análise cadeia de reciclagem à luz da responsabilidade pós-consumo e a regulação da extração e beneficiamento do lítio na perspectiva do princípio da prevenção e precaução.

Essas questões foram organizadas em núcleos problemáticos, aprofundados na terceira seção e ponderados em busca soluções, com exemplos de iniciativas com resultados positivos, sinalizando perspectivas para o Brasil.

A epígrafe utilizada na abertura deste capítulo é um verso da música *Latinoamerica*, lançada em 2010 pelo grupo Calle 13. A canção remete ao processo de exploração e expropriação da América Latina e seus recursos naturais e humanos, ao mesmo tempo em que recorda que o povo resiste, segue lutando e o território é amado e belo. No ciclo neoextrativista do lítio, dentre tantas injustiças observadas, os povos originários do Triângulo do Lítio ilustram o que a música atesta: frente a compra do direito de exploração das salinas, há resistência e historicamente “*aquí*

se respira lucha", lembrando que é sempre essencial buscar alternativas ao que estamos em desacordo.

3.1 PANORAMA JURÍDICO NACIONAL, REGIONAL E DESTAQUES INTERNACIONAIS SOBRE LÍTIUM E RECICLAGEM DE LIBS

Este subcapítulo tem o objetivo de apresentar as legislações existentes, no Brasil e nos países do Triângulo do Lítio, que tratam sobre lítio e sobre reciclagem de pilhas e baterias. Para isso, foram utilizados os buscadores de leis de cada um dos quatro países, deixando a busca aberta, apenas com a palavra *lítio/lítio*. Em relação à reciclagem, foram procuradas leis que contivessem conteúdo semelhante à Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), considerando que esse é o instrumento que, no Brasil, determina parâmetros para o gerenciamento de resíduos sólidos.

Apesar do foco desta dissertação ser o Brasil e a análise do Triângulo do Lítio ser importante por seu papel na extração do minério e na construção do contexto da exploração do lítio na América Latina, para compreender o cenário mais amplo da geração de resíduos relacionados à baterias de lítio, foram apontados marcos normativos significativos dos três atores mundiais que mais consomem esses acumuladores: Estados Unidos, União Europeia e China.

A Argentina e o Chile são os países, dentre os estudados, com maior quantidade de normativas relacionadas ao lítio. Esses países são os que têm legislação de gerenciamento de resíduos sólidos mais semelhante à PNRS brasileira. A busca no repositório boliviano resultou em quantidade menor de normativas, porém foi possível identificar a mesma preocupação recorrente nos demais países do Triângulo do Lítio: a estatização da exploração do mineral, porém com possibilidade de concessão. Em relação à China, EUA e União Europeia, a característica mais saliente é a exportação de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e a adoção do princípio da responsabilidade estendida do produtor, trazido em destaque na legislação chilena, um diferencial frente à responsabilidade compartilhada preconizada na PNRS. A exposição da pesquisa

inicia pelo Brasil, seguido pelos países do Triângulo do Lítio em ordem alfabética e, finalmente, União Europeia, China e EUA, sem ordem particular.

O site Portal da Legislação foi utilizado para buscar legislações relacionadas ao lítio no Brasil. Inicialmente, adentrando a página de legislações internacionais, nos "Tratados equivalentes a Emendas Constitucionais", nenhum dos resultados mencionou o minério. Já no instrumento Concórdia, para onde se é redirecionado ao clicar em "Atos internacionais", 14 resultados de pesquisa surgiram após a busca pela palavra-chave "lítio".

Dentre os 14 acordos, 11 tratam de questões econômicas, nos âmbitos comerciais ou industriais; ambas as convenções da OIT, nº 188 e nº 162, tratando da política do trabalho, apesar de citadas na tabela fornecida, não fazem menção ao lítio, conforme pesquisa pela palavra. A Emenda ao Anexo I e dois Novos Anexos VIII e IX à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito, adotados na IV Reunião da Conferência das Partes constitui o Decreto nº 4.581, de 27 de janeiro de 2003, elencado no quadro do Apêndice A¹, construído com base na pesquisa por "Decretos - Leis - MPVs - CF" (todas as opções disponíveis para pesquisa) no Portal da Legislação, na aba "Pesquisa de Legislação", aplicando no filtro apenas a palavra "lítio". Esse quadro apresenta os 37 resultados encontrados em junho de 2022 e 38 em janeiro de 2023.

Dentre os 37 resultados relacionados ao lítio, 15 são decretos sobre comércio exterior²; 8 são decretos tratando do uso, desenvolvimento tecnológico e comercialização interna³; há 1 instrução normativa relacionada a importação⁴; há 3

¹ Disponível na dissertação original no repositório institucional.

² Decreto nº 11.120, de 5 de julho de 2022; Decreto nº 10.493 de 23 de setembro de 2020; Decreto nº 10.343 de 08 de maio de 2020; Decreto nº 10.262, de 5 de março de 2020; Decreto nº 9.525, de 15 de outubro de 2018; Decreto nº 8.703, de 1º de abril de 2016; Decreto nº 8.655, de 28 de janeiro de 2016; Decreto nº 8.278, de 27 de junho de 2014; Decreto nº 8.200, de 27 de fevereiro de 2014; Decreto nº 7.148, de 7 de abril de 2010.; Decreto nº 6.956, de 9 de setembro de 2009; Decreto nº 5.106, de 15 de junho de 2004; Decreto nº 4.809, de 15 de agosto de 2003; Decreto nº 3.989, de 29 de outubro de 2001; Decreto nº 89.759, de 06 de junho de 1984.

³ Decreto nº 10.577 de 14 de dezembro de 2020 (Revogado pelo decreto nº 11.120, de 2022.); Decreto nº 9.557, de 8 de novembro de 2018; Decreto nº 8.194, de 12 de fevereiro de 2014 (Revogado pelo Decreto nº 11.045, de 2022); Decreto nº 5.473, de 21 de junho de 2005. (Revogado pelo Decreto nº 10.577, de 2020); Decreto nº 4.338, de 19 de agosto de 2002 (Revogado pelo Decreto nº 5.473, de 2005); Decreto nº 2.413, de 4 de dezembro de 1997. (Revogado pelo Decreto nº 11.120, de 2022); Decreto nº 29.433, de 4 de abril de 1951. (Revogado pelo Decreto nº 5.9.1991); Lei nº 1.310, de 15 de janeiro de 1951.

⁴ Instrução normativa nº 1.936, de 15 de abril de 2020.

normas sobre tributação⁵; o lítio medicinal é referido em 6 decretos⁶; há 3 decretos tratando de mineração⁷, todos anteriores à 1970; em um decreto há nome pessoal “Lítio”⁸; e há um decreto tratando sobre transporte transfronteiriço de resíduos perigosos⁹.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (PNRS), de 2 de agosto de 2010, não refere *lítio* em seu texto, mas discorre sobre baterias:

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

(...)

II - pilhas e baterias; [...]. (BRASIL, 2010).

Inicialmente o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, que foi revogado em favor do Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, regulamentava o artigo 33. Esse decreto estabelece a responsabilidade compartilhada (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos) pelo ciclo de vida dos produtos. Se houver serviço de coleta seletiva municipal, ao consumidor cabe acondicionar, diferenciar e disponibilizar adequadamente para coleta os resíduos (arts. 3º e 4º).

O decreto institui o Programa Nacional de Logística Reversa, caracterizado no art. 13 como “conjunto de ações, de procedimentos e de meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou para outra destinação final ambientalmente adequada.”.

⁵ Portaria nº 158, de 15 de abril de 2020; Decreto nº 92.295, de 14 de janeiro de 1986; Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970. (Revogado pelo Decreto n 92.295, de 1986).

⁶ Decreto nº 6.426, de 7 de abril de 2008.; Decreto nº 6.066, de 21 de março de 2007.; Decreto nº 5.447, de 20 de maio de 2005. (Revogado pelo Decreto n 6.066, de 2007); Decreto nº 4.275, de 20 de junho de 2002. (Revogado pelo Decreto n 5.447, de 2005); Decreto nº 4.266, de 11 de junho de 2002. (Revogado pelo Decreto n 4.275, de 20.6.2002); Decreto nº 3.803, de 24 de abril de 2001.

⁷ Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968. (Revogado pelo Decreto n 9.406, 2018); Decreto nº 51.726, de 19 de fevereiro de 1963.; Decreto nº 33.008 de 10/06/1953 (Norma revogada expressamente).

⁸ Decreto de 9 de julho de 1998.

⁹ Decreto nº 4.581, de 27 de janeiro de 2003.

O art. 14 do decreto, quanto ao inciso II do art. 33 da PNRS, trata de responsabilidades de integrantes da cadeia distributiva do produto. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos compreende atribuições individuais e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos em prol do objetivo geral de minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados e reduzir os impactos à saúde humana e qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. (MOREIRA, 2011).

Sintetizando o art. 14, cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes investir em produtos aptos à reutilização, reciclagem ou destinação ambientalmente adequada, cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível; disponibilizar informações sobre redução, reciclagem e eliminação dos resíduos associados; recolher e dar destinação final e participar em ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. Têm responsabilidade, adicionalmente, de implementar e estruturar sistemas de logística reversa, considerando a proporção de produtos no mercado, visando cumprir metas progressivas, intermediárias e finais: compra de produtos e embalagens usados; disponibilização de postos de entrega; e parceria com associações de catadores (BRASIL, 2010; MOREIRA, 2011).

Aos consumidores cabe devolver aos comerciantes/distribuidores os produtos e embalagens objeto da logística reversa, dispondo do item utilizado em locais oferecidos por distribuidores/comerciantes; os comerciantes/distribuidores devem retornar esses produtos aos fabricantes/importadores e esses têm a responsabilidade de dar a destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010; MOREIRA, 2011).

Os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são encarregados de estabelecer medidas de reaproveitamento; sistema de coleta seletiva; compostagem; e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos (BRASIL, 2010; MOREIRA, 2011).

A responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos preconizada na PNRS remete a responsabilidade pós-consumo: os impactos ambientais dos bens de consumo e serviços são gerados durante a fabricação, o uso (cada vez mais breve)

e após a utilização, que é a fase denominada pós-consumo, cujo impacto ambiental principal é o acúmulo de resíduos (MOREIRA, 2011).

Essa política traz o seguinte conceito de resíduos sólidos:

Art. 3º. Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Dentro dessa classificação, Moreira (2011) destaca os resíduos especiais pós-consumo, como sendo

[...] aqueles resíduos que, em razão do volume em que são produzidos e/ou de suas propriedades intrínsecas, exigem sistemas especiais de acondicionamento, coleta, transporte, destinação final, de forma a evitar danos ao meio ambiente. Trata-se dos produtos e das embalagens que, após o encerramento de sua vida útil, por suas características e/ou volume, necessitam de recolhimento e destinação específica. (MOREIRA, 2011, p. 107).

As baterias são entendidas como resíduos especiais pós-consumo pelo fato de terem qualidades que exigem cuidado específico no processo de descarte pelos danos ao meio ambiente que a destinação descuidada ocasionaria. A legislação reconhece isso por meio da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 401/08, alterada pela Resolução 424/2010.

A resolução, todavia, cita em especial baterias e pilhas compostas por chumbo, cádmio e mercúrio em sua ementa, tendo capítulos específicos para pilhas e baterias zinco-manganês e alcalino-manganês, chumbo-ácido e níquel-cádmio e óxido de mercúrio. Não há referência a LIBs, porém o capítulo 1, art. 5º, estabelece

que: "Para as pilhas e baterias não contempladas nesta Resolução, deverão ser implementados, de forma compartilhada, programas de coleta seletiva pelos respectivos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e pelo poder público." (CONAMA 401/08). Ou seja, reforça a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa.

Ainda sobre o art. 33 da Lei 12.305, por meio do Decreto 10.240 de fevereiro de 2020 é regulamentada a logística reversa dos produtos eletroeletrônicos de uso doméstico, após o Acordo Setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes ser finalmente assinado no final de 2019, aguardado por 21 anos, especialmente pela resistência do setor industrial em aceitar a responsabilidade pós-consumo (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020; DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016; SANTOS, 2020; SILVA et al., 2023; BRASIL, 2019).

Em outubro de 2019, foi assinado o Acordo Setorial para a Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos, um documento complementar à PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Ele define metas para os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes sobre a quantidade de PEVs (Pontos de Entrega Voluntária) que devem ser instalados, o número de cidades atendidas e o percentual de aparelhos eletroeletrônicos a serem coletados e destinados corretamente, como celulares, computadores, impressoras, ferramentas elétricas, chuveiros, e outros eletroportáteis sem utilidade para o consumidor. O documento foi então formalizado também pelo Decreto Federal n 10.240/2020. (GREEN ELETRON, 2021).

Vista a legislação brasileira, se prossegue a análise das legislações versando sobre lítio da Argentina, Bolívia e Chile e, após, semelhanças à Política Nacional de Logística Reversa, com especial atenção a pilhas e baterias. A exploração segue em ordem alfabética dos países selecionados.

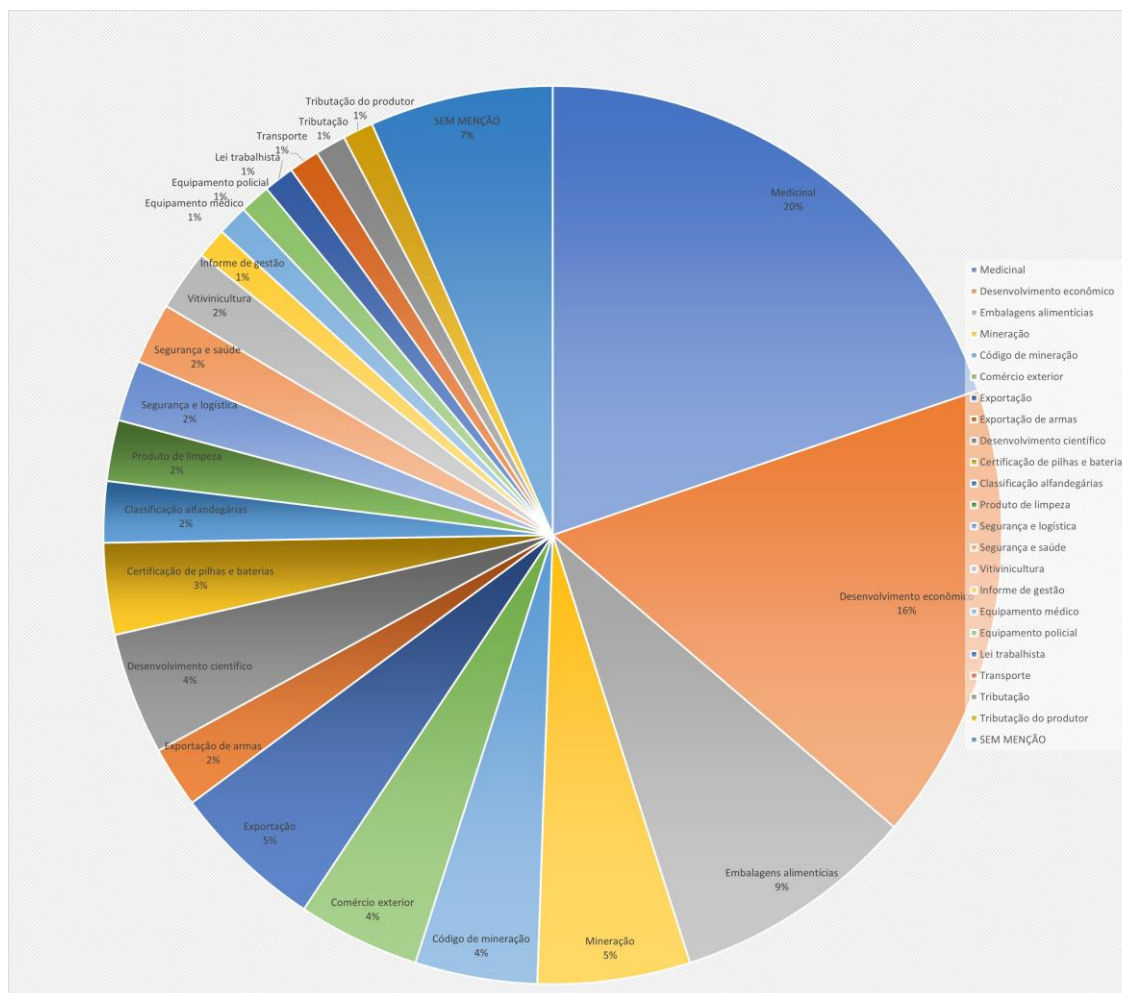
No site do governo da Argentina (argentina.gob.br), selecionando a busca por legislações contendo a palavra-chave lítio, foram obtidos 96 resultados entre

decisões, decretos, disposições, leis e resoluções. No Apêndice B¹⁰ consta um quadro com o título das normativas, o depositário, ao que o lítio citado na lei diz respeito, à data da publicação e ao trecho onde o lítio é mencionado ou um breve apontamento, por exemplo, como material estratégico. Alguns decretos e disposições têm o mesmo texto, portanto apenas o mais recente foi escrito, os demais referindo na coluna "menção" apenas acima ou citando o título da norma com texto semelhante. O lítio em matéria medicinal/medicamentosa e como produto de limpeza não tem destaque da menção do texto da norma, considerando que não é relevante ao objeto desta dissertação.

O lítio é referido nas normativas tratando de: medicinal (em 18 normas); desenvolvimento econômico (15); embalagens alimentícias (8); mineração (5) e especificamente do código de mineração (4); comércio exterior (4) e especificamente de exportação (5) e exportação de armamento (2); desenvolvimento científico (4); certificação de pilhas e baterias (3); classificação alfandegária (2); produto de limpeza (2); segurança e logística (2); segurança e saúde (2); vitivinicultura (2); informe de gestão (1); equipamento médico (1); equipamento policial (1); logística (1); material para importação (indústria naval) (1); material para importação (indústria papelreira) (1); resíduos perigosos (1); segurança de incêndio (1); transporte (1); tributação (1) e tributação (de produtores) (1). Seis (6) das normas que resultaram na pesquisa não tinham em seu texto a palavra-chave lítio.

¹⁰ Disponível na dissertação original no repositório institucional.

Figura 4 - Gráfico representando a distribuição de ocorrências de legislações com a palavra lítio conforme assunto na Argentina



Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que a maior incidência no repositório argentino é de normas tratando do lítio medicinal. Normas de mineração que envolvem o metal são as de terceira maior incidência. Dentre as menos mencionadas, com apenas uma incidência, está a vinculação à transição energética no setor de transportes. Inicia-se a análise com a segunda maior incidência: o lítio relacionado a temas de desenvolvimento econômico, cujas normas dizem respeito a:

- Classificação e agrupação das atividades econômicas na Argentina¹
- Convocatórias de empresas interessadas a aderirem a cadeias de valor dos setores estratégicos, nesses incluídos a mineração, especificamente do lítio²; normativas referentes aos programas que essas convocatórias integram³, onde se estabelece a mineração do lítio como setor estratégico; taxação especial para as empresas desses programas⁴
- Vedação do acesso de empresas que desenvolvem atividade econômica de extração de minerais para a fabricação de produtos químicos, como a mineração do lítio, do programa de acesso a crédito especial e competitividade a micro, pequenas e médias empresas⁵

As normas que tratam de mineração estabelecem:

- O Código de Mineração, Ley 1919, modificado pelas Ley 22.259 (1980) e Ley 24.224 (1993) e Decreto 456/1997 classifica as minas de lítio como integrantes da categoria de minas que pertencem exclusivamente ao Estado, podendo ser exploradas apenas por concessão legal outorgada; em relação a propriedade/concessão (pertenencia), as jazidas de lítio, quando de mineralização uniformemente distribuída e que permite exploração a grande escala, consta de 100

¹ Resolución General 485 / 1999 - Clasificación Y Codificación De Actividades

² Disposición 83/2023 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Resolución 76/2022 - Convocatoria "Emprendimiento Argentino"; Disposición 5/2022 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Disposición 9/2021 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Disposición 2/2020 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Disposición 3/2020 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Disposición 4/2020 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Disposición 5/2020 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria; Disposición 6/2020 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Convocatoria

³ Resolución 337/2021 - Resolución 112/2020 - Modificación; Resolución 112/2020 - Programa Nacional De Desarrollo De Proveedores - Bases Y Condiciones Generales Y Reglamento

⁴ Disposición 2 / 2021 - Bonificación De Tasa

⁵ Resolución 83 / 2013 - Documento Ejecutivo - Aprobación; Resolución 91/2012 - Programa De Acceso Al Crédito Y Competitividad - Documento Ejecutivo.

hectares, podendo ser multiplicado, para os descobridores das jazidas ou empresas, por cinco, nas jazidas, e por dois, nas salinas e salitres.

- O lítio e seus subprodutos são determinados como "producto de elaboración primária"⁶ e integra a lista de bens de capital para as atividades mineradoras⁷.

As normas relacionadas a comércio exterior e exportação abrangem acordos comerciais⁸; listas de produtos de exportação⁹; nomenclatura/classificação de produtos¹⁰; controle de exportações bélicas¹¹; reembolso de tarifas¹²; e valores referenciais¹³. As normas entendidas como tratando de desenvolvimento científico dizem respeito a um convênio para programa de pós graduação na área de ciência e tecnologia, com o Curso E: Energía de dispositivos de almacenamiento y Tecnología, tendo em seu conteúdo programático assuntos relacionados a baterias de lítio¹⁴ e a declaração dos seminários internacionais Litio en la Región de Sudamerica como de interesse nacional¹⁵. A classificação alfandegária institui códigos de classificação para produtos eletrônicos que transitam entre países¹⁶. Na divulgação do informe de gestão, o lítio é mencionado apenas como um setor que impulsionou o crescimento econômico das províncias de Jujuy e Salta¹⁷. A resolução que trata de tributação¹⁸

⁶ Decreto Reglamentario 2686/1993 - Reglamentacion De La Ley 24196; Decreto Reglamentario 111/2001 - Modificacion Reglamento Ley 24196.

⁷ Resolución 168/1997 - Res.Conj. 67/96 Y 69/96 Ex-Smi Y Sci-Modificacion; Resolución 338/2001 - Decreto 730/01 - Actividades; Decreto Reglamentario 1089/2003 - Reglamento De Ley Nro. 24196 - Modificacion.

⁸ Ley 18370 - Rumania-Comercio Exterior-Tratamiento De Nacion Mas Favorecida-Seguro De Transporte.

⁹ Decreto 2920/1970; Resolución 762/1993 - Elevacion Del Reintegro A Las Export.De Mercaderia.

¹⁰ Ley 24206 - Sistema Armonizado De Designacion De Mercancias Y Su Protocolo De Enmiendas; Resolución 61/2000 - Res. Ex- Ana 2059/96 - Modificacion.

¹¹ Resolución Conjunta 59/1995 - Resolución Conjunta 23/1995 - Resolución Conjunta 26/1995 - Exportaciones Nucleares - Regimen De Control; Decreto 437/2000 - Decreto N° 603/92 - Modificacion.

¹² Resolución 479/1998; Resolución 15/2023; Decreto 57/2023.

¹³ Resolución General 5197 / 2022.

¹⁴ Resolución 964/2014 - Convenio De Establecimiento De Un Programa De Becas Para Profesionales Argentinos - Aprobacion.

¹⁵ Resolución 290/2017 - Vi Seminario Internacional: Litio En La Region De Sudamerica 2017; Resolución 240/2018 - Vii Seminario Internacional: Litio En La Region De Sudamerica; Resolución 254/2022 - 11° Seminario Internacional: Litio En La Region De Sudamerica.

¹⁶ Resolución General 3392/2012 - Clasificacion Arancelaria De Mercaderias; Resolución General 3928/2016 - Nomenclatura Comun Del Mercosur (Ncm). Clasificación Arancelaria De Mercaderías En La Citada Nomenclatura, De Acuerdo Con El Procedimiento Previsto En La Resolución General N° 1.618.

¹⁷ Resolución 828/2015 - Informes De Gestion - Aprobacion Y Publicidad.

¹⁸ Resolución 365/2016 - Alicuotas Promedio - Apruebanse.

estabelece as taxas/percentuais para cálculo de impostos das atividades do Clasificador Internacional Industrial Uniforme (C.I.I.U.) e a que versa sobre de tributação de produtores¹⁹ estabelece o “Régimen de operadores de combustibles exentos y/o con tratamiento diferencial por destino geográfico”, sendo o lítio citado no contexto de atividades econômicas das quais os envolvidos devem se inscrever no regime.

A certificação de pilhas e baterias compreende resoluções que elencam determinações sobre o processo produtivo para baterias na Argentina, a partir de 2015, passando a incluir as células de lítio²⁰ e parâmetros para a certificação²¹. A classificação de normas como de segurança e logística compreende a determinação de parâmetros de qualidade e de segurança para as pilhas ou baterias, de forma a prevenir curto-circuitos e rompimentos, incluindo determinações sobre embalagem para segurança no transporte; elencam os requerimentos para o controle, qualidade e registro dos processos produtivos; referem, também, veículos propelidos a baterias de lítio²².

Em relação a resíduos perigosos²³, o lítio é citado apenas na sua presença adequada na água para consumo humano. O decreto, no entanto, traz algumas definições que podem ser vinculadas às baterias de ion-lítio:

Art. 2° - Son residuos peligrosos los definidos en el artículo 2° de la ley.

En lo que respecta a las categorías, las características y las operaciones de los residuos peligrosos enunciados en los Anexos I y II de la Ley N° 24.051, y de acuerdo con las atribuciones conferidas en el artículo 64 de la misma, la Autoridad de Aplicación emitirá las enmiendas o incorporaciones que considere necesarias, y se expedirá sobre el particular anualmente, excepto cuando en

¹⁹ Resolución General 4772/2020 - Regimen De Operadores De Combustibles Exentos Y/O Con Tratamiento Diferencial Por Destino Geografico.

²⁰ Resolución 1219/2015 - Proceso Productivo Para La Fabricacion De Equipos De Radiocomunicaciones Moviles Celulares; .

²¹ Resolución 21/2019 - Ley N° 26.184 Y Resolucion 14/2007 - Modificacion; Resolución 77/2019 - Resolucion Sgayds N° 21/2019 - Modificacion.

²² Decisión 15/2019 - Acuerdo Para La Facilitacion Del Transporte De Mercancias Peligrosas En El Mercosur; Resolución 64/2022 - Decision 15/2019 (Mercosur) - Incorporase Al Ordenamiento Juridico Nacional

²³ Decreto Reglamentario 831/1993 - Residuos Peligrosos -Reglamentan Ley 24051.

casos extraordinarios y por razones fundadas deba hacerlo en lapsos más breves.

La Ley 24.051 y el presente reglamento se aplicará también a aquellos residuos peligrosos que pudieren considerarse insumos (Anexo I, Glosario) para otros procesos industriales.

En el Anexo IV del presente decreto, se determina la forma de identificar a un residuo como peligroso, acorde a lo establecido en los Anexos I y II de la Ley 24.051. (ARGENTINA, 1993)²⁴.

Os anexos da Ley 24.051 não elencam lítio e seus compostos explicitamente como categorias submetidas a controle. No quadro que conforma a lista de características peligrosas, pode ser entendido que as baterias de lítio têm compostos que enquadram o rol de substância tóxica (venenosa) aguda, por causar morte ou grave dano a saúde humana se ingerida ou em contato com a pele; substância tóxica (com efeito retardado ou crônico) e/ou ecotóxico, pelos efeitos ao meio ambiente, considerando a presença de cobalto que, como anteriormente atestado, é um dos metais com maior potencial de risco ambiental (SANTANA, 2016).

A lei apresenta, ainda, um glossário com termos do texto, dentre os quais:

9 - DISPOSICION FINAL: Se entiende por disposición final toda operación de eliminación de residuos peligrosos que implique la incorporación de los mismos a cuerpos receptores, previo tratamiento.

Constituyen disposiciones finales las siguientes operaciones de eliminación (Anexo III- A de la Ley):

- Depósito permanente dentro o sobre la tierra (D1).
- Inyección profunda (D3).
- Embalse superficial (D4).

²⁴ Art. 2º - São resíduos perigosos os definidos no artigo 2º da lei. / No que diz respeito às categorias, as características e as operações dos resíduos perigosos enunciados nos Anexos I e II da lei n. 24.051 e de acordo com as atribuições conferidas no artigo 64 da mesma, a Autoridade de Aplicação emitirá as emendas ou incorporações que considere necessárias e se expedirá sobre o particular anualmente, exceto quando em casos extraordinários e por razões fundamentadas deva ser feito em lapsos mais breves. / A lei 24.051 e o presente regulamento se aplicará também a aqueles resíduos perigosos que puderem ser considerados insumos (Anexo I, Glossário) para outros processos industriais. / No Anexo IV do presente decreto, se determina a forma de identificar a um resíduo como perigoso, conforme o estabelecido nos Anexos I e II da lei 24.051. (ARGENTINA, 1993, tradução nossa).

- Rellenos especialmente diseñados (D5).
- Vertido en extensión de agua dulce (D6).
- Depósito permanente (D12). [...]. (ARGENTINA, 1992)²⁵.

Comparativamente, na PNRS (BRASIL, 2010), o local e modo de disposição final dos resíduos é um conceito em aberto, contanto que seja ambientalmente adequada; todavia, no Capítulo VI, são elencadas proibições de determinadas formas de destinação e áreas para disposição final.

22 - NIVEL GUIA DE CALIDAD AMBIENTAL: Valor numérico o enunciado narrativo establecido para los cuerpos receptores como guía general para la protección, mantenimiento y mejora de usos específicos del agua, aire y suelo.

23 - OBJETIVO DE CALIDAD AMBIENTAL: Valor numérico o enunciado narrativo, que se ha establecido como límite en forma específica para un cuerpo receptor en un lugar determinado, con el fin de proteger y mantener los usos seleccionados del aire, agua y/o suelo en dicho lugar, en base a niveles guía de calidad ambiental y considerando las condiciones particulares del referido cuerpo receptor [...] (ARGENTINA, 1992)²⁶.

Interessante constatar que a normativa argentina estabelece formas de mensuração de qualidade ambiental por meio de dados quantitativos, o que facilita a aplicação de princípios como o do poluidor-pagador, que será discutido na próxima seção.

²⁵ 9 – DISPOSICIÓN FINAL: Se entiende por disposición final toda operación de eliminación de residuos peligrosos que implique a incorporación dos mesmos a corpos receptores, prévio tratamento. / Constituem disposições finais as seguintes operações de eliminação (Anexo III – A da lei): / Depósito permanente dentro ou sobre a terra (D1). / Injeção profunda (D3); (Embalse superficial (D4) / Relevos especialmente desenhados (D5) / Vertido em extensão de água doce (D6) / Depósito permanente (D12). (ARGENTINA, 1992, tradução nossa).

²⁶ 22 – NÍVEL GUIA DE CALIDADE AMBIENTAL: Valor numérico ou enunciado narrativo establecido para os corpos receptores como guia geral para a proteção, manutenção e melhoria de usos específicos de água, ar e solo.

23 – OBJETIVO DE CALIDADE AMBIENTAL: Valor numérico ou enunciado narrativo, que se estabeleceu como limite em forma específica para um corpo receptor em um lugar determinado, com o fim de proteger e manter os usos selecionados de ar, água e/ou solo em dito lugar, a base de níveis guia de qualidade ambiental e considerando as condições particulares do referido corpo receptor (ARGENTINA, 1992, tradução nossa).

27 - RESIDUO PELIGROSO: A los fines de lo dispuesto en el Art. 2° de la Ley, se denomina residuo peligroso a todo material que resulte objeto de desecho o abandono y pueda perjudicar en forma directa o indirecta, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general; y cualquiera de los indicados expresamente en el Anexo I de la Ley N° 24.051 o que posea alguna de las características enumeradas en el Anexo II de la misma Ley. [...] (ARGENTINA, 1992)²⁷.

Como visto, esse conceito recebe tratamento especial no Decreto Reglamentario 831/1993, instituído um ano após a Convenção da Basiléia, que trata do transporte transfronteiriço de resíduos perigosos, da qual Argentina, Brasil e Chile se tornaram signatários um ano após sua ratificação e a Bolívia em 1996.

As resoluções com a classificação de transporte²⁸ referem ao *Plan Nacional de Transporte Sostenible*, que evidencia o projeto, de longo prazo, de transição de modos de transporte baseados em carbono para meios de transporte sustentáveis, citando as baterias ion-lítio como uma alternativa de energia e tecnologia limpa. Esclarece que como o programa está em fase exploratória-experimental, almeja promover o estudo e investigação na área.

Entende-se que o conteúdo das normas que referem o lítio usado como medicamento e segurança em saúde, como componente de produtos de limpeza, de embalagens poliméricas para alimentos e de uso agrícola (vitivinícola), como parte de sistema eletrônico para equipamentos médico e policial e das indústrias naval e papelreira e referente à segurança de incêndios não demanda maior aprofundamento considerando o tema desta pesquisa.

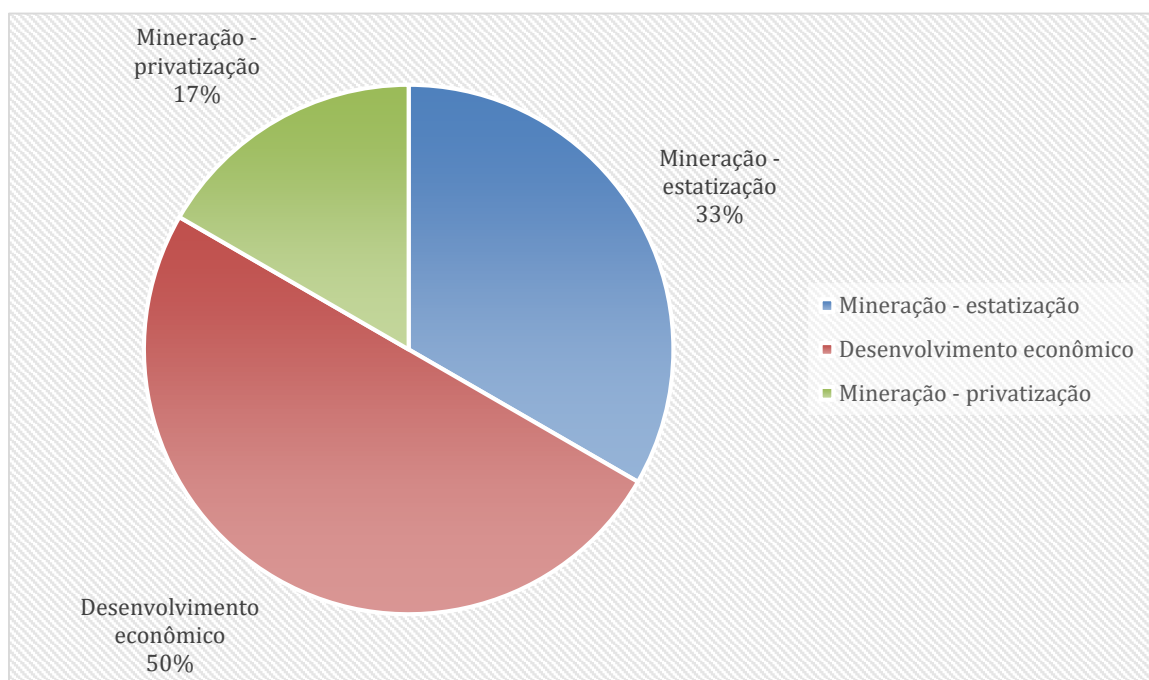
Em relação à Bolívia, no site do *Sistema de Información Legal del Estado Plurinacional* (SILEP), utilizando o *buscador de leyes*, com os filtros abertos e busca pelo conteúdo *litio*, resultaram seis leis nacionais. O lítio era mencionado dentro das leis em relação a: estatização dos direitos de mineração (em 2 normas);

²⁷ 27 – RESÍDUO PERIGOSO: Aos fins do disposto no art. 2º da lei, se denomina resíduo perigoso todo material que resulte objeto de descarte ou abandono e possa prejudicar em forma direta ou indireta a seres vivos ou contaminar o solo, a água, a atmosfera ou o ambiente em geral e qualquer dos indicados expressamente no Anexo I da lei n. 24.051 ou que possua alguma das características enumeradas no Anexo II da mesma lei (ARGENTINA, 1992, tradução nossa).

²⁸ Resolución 668/2022 - Resolución 635/2022 - Modificación.

desenvolvimento econômico (3); e concessão de direitos de mineração a empresa privada (1) (Apêndice C)²⁹.

Figura 5 - Gráfico representando a distribuição de ocorrências de legislações com a palavra lítio conforme assunto na Bolívia



Fonte: elaborado pela autora

A estatização dos direitos de mineração do lítio³⁰ é efetivada pela criação da Empresa Pública Nacional Estratégica de Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB), responsável por todas as atividades do processo produtivo relacionado ao lítio, até a comercialização de seus subprodutos. As leis relacionadas a desenvolvimento econômico tratam de autorização de crédito do banco nacional à Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) para que invista em pesquisa e projetos pilotos de produção e industrialização de, no âmbito do lítio, seus subprodutos químicos e componentes de baterias³¹. A empresa privada FMC encontra caminho à exploração do lítio na

²⁹ Disponível na dissertação original no repositório institucional.

³⁰ Ley n° 535 de 28 de Mayo de 2014 - Ley de Minería y Metalurgia; Ley n° 928 de 27 de Abril de 2017 - Ley de la Empresa Pública Nacional Estratégica de Yacimientos de Litio Bolivianos - YLB.

³¹ Ley n° 062 de 28 de Noviembre de 2010 - Ley del Presupuesto General del Estado - Gestión 2011; Ley n° 211 de 23 de Diciembre de 2011 - Ley del Presupuesto General del Estado - Gestión 2012; Ley

Bolívia por meio de um Contrato de Risco Compartido, com participação estatal nos resultados econômicos e limite em 400.000 toneladas métricas de lítio metálico equivalente extraídas.

Finalmente, no site da *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile* (BCN), na busca por todas as legislações com a palavra *litio*, resultaram 107 leis. Excluindo duas repetições, restaram 105 normas entre decretos, decretos-lei, decretos com força de lei (dfl), instruções, leis, resoluções e uma mensagem (Apêndice D)³². Dentro das normas, o lítio é citado em referência a: exportação (em 35 normas); medicinal (8); criação de órgão (5); segurança/logística/aeronáutica (4); tarifa aduaneira (arancel aduanero) (4); desenvolvimento científico (3). Cada um dos seguintes tópicos têm duas normas referentes: código de mineração; educação; indenização à empresa; mineração; estatização dos direitos de mineração; e nome próprio (de uma fonte de água e de uma empresa de energia). Os demais assuntos aparecem em apenas uma norma: águas; autorização após Estudo de Impacto Ambiental (EIA); Comércio exterior; desenvolvimento econômico; farmacêutico; fim de órgão; importação; mineração/águas; mineração e beneficiamento - licitação; mineração e beneficiamento - regulação; nomeação de integrantes de órgão; nuclear; participação popular em EIA; Planificación Energética de Largo Plazo; povos originários/mineração/licitação; resíduos perigosos; segurança de incêndio; e urbanismo. A pesquisa apresentou, ainda, nove (9) legislações que estavam anuladas e sete (7) que não mencionavam lítio em seu texto.

nº 396 de 26 de Agosto de 2013 - Ley de Modificaciones al Presupuesto General Del Estado (Pge - 2013).

³² Disponível na dissertação original no repositório institucional.

Percebe-se que o lítio relacionado à conteúdos de exportação tem predominância nas incidências, seguido pelo seu uso medicinal. Há quantidade significativa de legislações que apareceram nos resultados porém não mencionavam *litio* no texto e que foram anuladas. Iniciando a análise pela terceira maior incidência, foram criados cinco órgãos com responsabilidades relacionadas ao lítio:

- Comisión Chilena De Energia Nuclear¹ (1965): classifica o lítio como material de interesse nuclear;
- Comisión Chilena Del Cobre² (1987): ao atribuir à Comisión o dever de assessorar e informar ao governo sobre assuntos relacionados à produção e comercialização cita diretamente o lítio. Apesar de não explicitar o lítio, as atribuições elencadas no artigo 1 e 2, referindo assessorar tecnicamente o governo em matérias relacionadas às substâncias minerais metálicas e não metálicas e desempenhar funções fiscalizadoras;
- Comisión Nacional del Litio³ (2014): parte da constatação do aumento da demanda mundial de lítio, permitindo uma posição estratégica do Chile no mercado, assim convocando uma comissão de alto nível técnico para propor o modo de aproveitamento do lítio pelo país. A Comisión tem o objetivo de assessorar a elaboração da política nacional do lítio, incorporando o desenvolvimento sustentável da indústria, nos eixos social, econômico e ambiental. Suas atribuições compreendem a elaboração de um diagnóstico da atual situação da indústria do lítio, nacional e internacional, em aspectos econômico, social, ambiental e legal; elaborar propostas para sanar as deficiências identificadas pelo diagnóstico; e desenvolver o trabalho com ênfase no pagamento pelo direito a extrair e explorar o lítio. Há um decreto que nomeia integrantes da Comisión Nacional del Litio⁴;
- Comité de Supervisión de Contratos sobre Concesiones Mineras Ubicadas en el Salar de Atacama⁵: seu objetivo é participar da supervisão e controle da

¹ Ley-16319 - Crea La Comisión Chilena De Energia Nuclear.

² Dfl-1 - Fija Texto Refundido, Coordinado Y Sistematizado Del Decreto Ley N° 1.349, De 1976, Que Crea La Comisión Chilena Del Cobre.

³ Decreto-60 - Crea Comisión Asesora Ministerial Denominada "Comisión Nacional Del Litio".

⁴ Decreto-88 - Modifica Decreto N° 60, De 2014, Y Nombra Invitados Permanentes En La Comisión Nacional Del Litio.

⁵ Resolución-22 - Ejecuta Acuerdo De Consejo N° 3.065, De 2019, Que Modifica Acuerdo De Consejo N° 3.001, De 2018, Que Creó El "Comité De Supervisión De Contratos Sobre Concesiones Mineras

observância das obrigações dos contratos de exploração das mineradoras OMA (Albemarle Limitada, Albemarle Lithium Inc., Foote Minera e Inversiones Limitada, SQM Salar S.A., SQM Potasio S.A. e SQM S.A.), no salar do atacama. Algumas das obrigações a serem fiscalizadas incluídas nos contratos são: de construir ou habilitar, investir e operar expansão da capacidade produtiva para cumprimento da cota; de produzir e comercializar produtos de lítio dentro da cota máxima; de pagar as comissões; de pagamento mínimo; de entregar relatórios sobre proteção das possessões; demarcar e restaurar marcos de propriedade das possessões;

- Comité del Litio y Salares⁶ (2023): Suas atribuições incluem acompanhar e apoiar a implementação da Estrategia Nacional del Litio; assessorar a criação e instalação do "Instituto Tecnológico y de Investigación Público de Litio y Salares" e da Empresa Nacional del Litio; apoiar os órgãos administrativos estatal na revisão normativa e institucional associada à mineração do lítio, à implementação da Estrategia Nacional del Litio e coordenação/geração dos cadastros de recursos, investigações e estudos ao desenvolvimento sustentável da indústria; apoio técnico às autoridades e instituições para a implementação da Estrategia Nacional del Litio; ações de coordenação e trabalho para a implementação da Estrategia, apresentando semestralmente seus avanços; identificar oportunidades de valorização da cadeia produtiva e políticas nesse sentido; monitorar o avanço dos projetos; gerenciar as consultas de agentes públicos, privados, nacionais e regionais relacionados com a indústria do lítio e "Velar por el cumplimiento del derecho de participación de los pueblos indígenas, cuando corresponda, conforme a la normativa vigente, en coordinación con el Ministerio de Desarrollo Social y Familia." (Resolución-62/2023).

Há uma resolução⁷ que extingue o Comité de Minería No Metálica, que atuava na região das salinas sob jurisdição da Corfo. Em relação às normativas classificadas como referentes ao Código de Mineração:

Ubicadas En El Salar De Atacama" Aprueba Texto Refundido Del Reglamento Por El Que Deberá Regirse, Y Deja Sin Efecto Resolución (A) N° 106, De 2018, De Corfo.

⁶ Resolución-62 - Ejecuta Acuerdo De Consejo N° 3.135, De 2023, Que "Crea "Comité Del Litio Y Salares" Y Fija Normas Que Regularán Su Funcionamiento" Y Aprueba Su Reglamento.

⁷ Resolución-1512 Exenta - Ejecuta acuerdo de consejo n° 3.020, de 2018, que "deja sin efecto acuerdos de consejo n° 2.892, de 2015; n° 2.906 y n° 2.935, ambos de 2016; y n° 2.989, de 2018; y pone término al 'comité de minería no metálica'".

- A primeira menção de documento não extinto que foi classificada como "mineração (código)" é uma mensagem de Augusto Pinochet Ugarte⁸, presidente do Chile na época da ditadura, datada de 30 de dezembro de 1982, em que o general sugere um novo Código de Minería que libera os direitos de mineração à iniciativa privada, estabelecendo mecanismos de proteção a essas empresas. Abre exceção às substâncias que não podem ser concedidas, dentre elas o lítio.

- O Código de Minería de 1983⁹ estipula algumas substâncias não passíveis de concessão, incluindo o lítio, por sua importância à segurança nacional, assinalando que se estabelece sem prejuízo das concessões prévias.

O decreto versando sobre a estatização dos direitos de mineração¹⁰ edita o Código de Minería para evidenciar a estatização dos depósitos de lítio, quando não estiverem em prévia posse particular e estabelece salvaguardas para que, quando em matéria nuclear, esteja sob jurisdição da Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Tratando de mineração e beneficiamento - licitação¹¹, por outro lado, é evidenciado que o lítio é passível de concessão segundo a Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras (Ley 18.097). Considerando que o aumento da demanda mundial pelo minério se ampliou, o decreto considera necessário que a indústria chilena se desenvolva para manter participação estratégica no mercado internacional, abrindo processo de licitação para exploração e beneficiamento de uma cota de até cem mil toneladas de lítio metálico, por no máximo 20 anos, contando com transferências estatais mensais de valores equivalentes à uma porcentagem das vendas brutas, não superior a 93% e transferindo ao Estado, anualmente, uma porcentagem das vendas brutas de lítio que efetuar. Nesse sentido, sob a classificação mineração e beneficiamento -

⁸ Mensaje-Código De Minería - Mensaje.

⁹ Ley-18248 - Código De Minería.

¹⁰ DI-2886 - Deja Sujeta A Las Normas Generales Del Código De Minería La Constitución De Pertenencia Minera Sobre Carbonato De Calcio, Fosfato Y Sales Potásicas, Reserva El Litio En Favor Del Estado E Interpreta Y Modifica Las Leyes Que Se Señalan.

¹¹ Decreto-16 - Establece Requisitos Y Condiciones Del Contrato Especial De Operación Para La Exploración, Explotación Y Beneficio De Yacimientos De Litio, Que El Estado De Chile Suscribirá Conforme A Las Bases De Licitación Pública Nacional E Internacional Que Se Aprobarán Para Estos Efectos.

regulação¹², se aprova o contrato especial de regulação de exploração e beneficiamento do lítio a ser firmado entre o Estado do Chile e um contratado.

Tratando do assunto mineração/águas¹³, se estabelece um quadro de aproveitamento de água em atividades mineradoras, sendo 20 m³ de água por tonelada de carbonato de lítio produzido, conforme média habitual. Levando em consideração a possibilidade de contrato de exploração por licitação e a preocupação hídrica, uma resolução¹⁴ autoriza, após Estudo de Impacto Ambiental (EIA), a empresa Rockwood Litio Limitada a dar prosseguimento a um projeto apresentado para modificações no sistema das piscinas de evaporação no Salar de Atacama. Não foi possível determinar a seguinte resolução diz respeito ao mesmo projeto, porém foi proibida¹⁵ a ampliação da exploração dos aquíferos subterrâneos no Salar de Atacama, na região de Antofagasta, solicitada pela empresa Rockwood Litio Ltda.

Possivelmente no mesmo âmbito, classificado como povos originários/mineração/licitação¹⁶, após a abertura do processo de licitação para exploração e beneficiamento de 400.000 toneladas de lítio metálico em outubro de 2021, em novembro do mesmo ano, a Comunidad Indígena Atacameña de Camar, interpôs recurso de proteção devido a não ter ocorrido consulta prévia aos povos indígenas. A suprema corte admitiu o recurso, porém rechaçou a ação cautelar interposta pela comunidade que recorreu à Suprema Corte e em junho de 2022 obteve sentença revogando a decisão da Corte de Apelação inicialmente acionada e se acolheu o recurso de proteção da comunidade. A Suprema Corte proferiu que a falta de delimitação geográfica das regiões onde a extração poderia ocorrer foi

¹² Decreto-64 - Establece Requisitos Y Condiciones Del Contrato Especial De Operación Para La Exploración, Explotación Y Beneficio De Yacimientos De Litio En El Salar De Maricunga Y Sus Alrededores, Ubicado En La Región De Atacama, Que El Estado De Chile Suscribirá Con Salar De Maricunga S.P.A.

¹³ Dto-743 - Fija Tabla De Equivalencias Entre Caudales De Agua Y Usos, Que Refleja Las Practicas Habituales En El Pais En Materia De Aprovechamiento De Aguas.

¹⁴ Resolución-21 Exenta - Notifica Resolución De Calificación Ambiental Estudio De Impacto Ambiental "Eia Modificaciones Y Mejoramiento Del Sistema De Pozas De Evaporación Solar En El Salar De Atacama".

¹⁵ Resolución-13 - Declara Como Zona De Prohibición Para Nuevas Explotaciones De Aguas Subterráneas En El Sector Hidrogeológico De Aprovechamiento Común Denominado C2 De La Cuenca Del Salar De Atacama, Región De Antofagasta.

¹⁶ Decreto-11 Exento - Da Cumplimiento A Sentencia Rol 99, De 2022, De La Excelentísima Corte Suprema, Y Deja Sin Efecto Decreto Supremo N° 23, De 2021, Del Ministerio De Minería.

deliberada, impossibilitando determinar quais comunidades e pessoas poderiam ser afetadas pela atividade. Assim, o processo de licitação foi declarado sem efeito.

Também evidenciando o respeito aos povos originários, tratando de urbanismo¹⁷, na Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) há o objetivo de extinguir a proliferação inorgânica de núcleos urbanos. Na região de Antofagasta, estava em vigência o Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) e há terras indígenas, declaradas como Áreas de Desarrollo Indígena (ADIs), para cumprir com os objetivos da Ley Indígena de "respetar, proteger y promover el desarrollo de los indígenas, sus culturas, familias y comunidades, adoptando las medidas adecuadas para tales fines y proteger las tierras indígenas, velar por su adecuada explotación, por su equilibrio ecológico y propender a su ampliación". A principal atividade econômica na localidade é a mineração, representando 54% da produção nacional, liderando na produção de carbonato e cloreto de lítio, setor fortalecido em conformidade com o Desarrollo Económico Territorial e Estrategia Regional de Innovación de Antofagasta 2022-2028. A Resolução em questão constitui como critérios regionais, dentre outros, a compatibilização dos projetos com as características do entorno, de modo a evitar alterações morfológicas; a compatibilidade às áreas ambientais sensíveis, naturais e/ou culturais; e a anuência das comunidades indígenas em terras correspondentes a projetos nas áreas.

No assunto mineração, a aprovação da Política Nacional Minera 2050¹⁸, em 2023, cita o lítio em relação com o desenvolvimento das energias limpas, empregado em acumuladores e mobilidade elétrica, estimando que a importância da exportação em 2025 atinja os patamares da indústria vitivinícola, destacando o papel do Chile como detentor das maiores reservas de lítio planetárias, bem como possuidor de outros materiais úteis à indústria da energia limpa. O decreto estabelece como metas o aumento da produção de carbonato de lítio para 380 ktoneladas até 2030 e a gestão de um modelo de governança da indústria do lítio para preservar os componentes sociais, ambientais e econômicos das salinas, como estratégia para a produção.

¹⁷ Resolución-195 Exenta - Define Criterios Regionales Para Cautelar La No Conformación De Nuevos Núcleos Urbanos Al Margen De La Planificación, En Los Términos Establecidos En El Inciso Segundo Artículo N° 55 Del Decreto Con Fuerza De Ley N° 458 De 1975, Ley General De Urbanismo Y Construcciones, Para La Región De Antofagasta.

¹⁸ Decreto-2 - Aprueba Política Nacional Minera 2050.

O decreto que aprova o projeto de *Planificación Energética de Largo Plazo* (PELP) 2018-2022¹⁹ apresenta um quadro com diferentes cenários energéticos conforme seis fatores considerados:

1. Disposición social para proyectos: Nivel de disposición social para llevar a cabo proyectos de generación eléctrica en ciertas zonas del país, en particular para las tecnologías de generación térmica en todo el país, e hidroeléctrica y eólica en el sur.
2. Demanda energética: Consideración del comportamiento, desarrollo y crecimiento de la climatización eléctrica, la electro-movilidad, la eficiencia energética y crecimiento económico.
3. Cambio tecnológico en almacenamiento en baterías: Desarrollo y costo de tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica en baterías de litio.
4. Costos de externalidades ambientales: Externalidades ambientales y el costo internalizado de ello que el sector energético. En este punto se consideran tanto externalidades locales como globales.
5. Costos de inversión en tecnologías renovables: El costo de inversión de las tecnologías renovables.
6. Precio de combustibles fósiles: Trayectoria futura que seguirán los precios de los combustibles fósiles utilizados para generación eléctrica (CHILE, 2018)²⁰.

Cada um dos cinco cenários é construído considerando os valores baixo/alto/médio/atual de cada fator e é discutido, conforme o informe final do Proceso do PELP (2018). O processo é quinquenal e no site do Ministerio de Energia está disponível o informe preliminar do PELP 2023-2027.

¹⁹ Decreto-92 Exento - Aprueba Planificación Energética De Largo Plazo, Periodo 2018 - 2022.

²⁰ 1. Disposição social para projetos: Nível de disposição social para levar a cabo projetos de geração elétrica em certas zonas do país, em particular para as tecnologias de geração térmica em todo o país e hidrelétrica e eólica no sul. / 2. Demanda energética: Consideração do comportamento, desenvolvimento e crescimento da climatização elétrica, a eletromobilidade, a eficiência energética e crescimento econômico. / 3. Mudança tecnológica no armazenamento em baterias: Desenvolvimento e custo de tecnologias de armazenamento de energia elétrica em baterias de lítio / 4. Custos de externalidades ambientais: Externalidades ambientais e o custo internalizado pelo setor energético. Nesse ponto se consideram tanto externalidades locais quanto globais. / 5. Custos de inversão em tecnologias renováveis: O custo de inversão das tecnologias renováveis. / 6. Preço dos combustíveis fósseis: Trajetória futura que seguirão os preços dos combustíveis fósseis utilizados para geração elétrica. (CHILE, 2018, tradução nossa).

A participação popular em EIA²¹ abre à qualquer pessoa, natural ou jurídica, o direito de opinar sobre um projeto de construção e operação de uma central fotovoltaica, com armazenadores energéticos de lítio, pois, enquanto geraria benefícios sociais, também produziria externalidades ambientais negativas próximas às localidades onde seria implantada.

Sobre resíduos perigosos ²², conforme o Convênio de Basileia, são considerados resíduos perigosos os resíduos metálicos ou que contém metais, incluindo cinzas resultantes da incineração de circuitos; acumuladores sem terem seus componentes selecionados; estruturas elétricas e eletrônicas que contenham acumuladores ou outras baterias; e resíduos de catalisadores. Todos esses materiais podem conter componentes a base de lítio, apesar de a palavra lítio só constar expressamente como componente de vidros na listagem do Convênio.

O lítio está previsto como componente curricular do 4º ano, no objetivo de compreender processos químicos industriais (dentre eles, o de obtenção do lítio) e valorizar a metalurgia na economia nacional²³ e na contextualização da importância do ensino técnico em química industrial, com o carbonato de lítio integrando o setor exportador químico, de relevante importância ao PIB do país²⁴.

As normas classificadas como referentes a desenvolvimento científico elencam as tarefas a serem desempenhadas e o orçamento dos Subsecretários de Minería em viagem para estudos relacionados à indústria do lítio ²⁵; a de desenvolvimento econômico ²⁶ altera a lista de bens de capital de importação, eliminando das baterias de lítio a qualificação de apenas como as de uso na indústria

²¹ Resolución-202205001126 Exenta - Notifica Resolución De Inicio De Proceso De Participación Ciudadana En La Declaración De Impacto Ambiental: "Planta Fotovoltaica Rivazzurra Solar".

²² Decreto-264 - Promulga Enmienda Al Convenio De Basilea Sobre El Control De Los Movimientos Transfronterizos De Los Desechos Peligrosos Y Su Eliminación.

²³ Dto-246 - Modifica Decreto Nº 220, De 1998, Que Aprueba Objetivos Fundamentales Y Contenidos Mínimos Obligatorios Para La Enseñanza Media.

²⁴ Decreto-452 - Establece Bases Curriculares Para La Educación Media Formación Diferenciada Técnico-Profesional.

²⁵ Decreto-10 - Autoriza Comisión De Servicio A La Persona Que Se Indica; Decreto-33 - Autoriza Comisión De Servicio A La Persona Que Se Indica; Decreto-75 - Autoriza Comisión De Servicio A La Persona Que Se Indica.

²⁶ Decreto-196 Exento - Modifica La Lista De Bienes De Capital Contendida En El Decreto Nº637 Exento, De 27 De Diciembre De 2021, Del Ministerio De Hacienda, En El Sentido Que Indica.

audiovisual; sobre comércio exterior²⁷, elenca na lista de produtos preferidos pelo Chile para importação com a Bolívia compostos de lítio e o próprio minério.

As normas que versam sobre tarifa aduaneira (*arancel aduanero*) estabelecem as tarifas aduaneiras para produtos químicos²⁸ e o sistema de designação de mercadorias em códigos, abrangendo os produtos químicos e os materiais eletrônicos²⁹. As normas classificadas como de exportação estabelecem: que a partir de 1991, o carbonato de lítio passou a integrar a lista de mercadorias excluídas do reembolso de taxa aos exportadores e que superaram o montante de US\$ 5.000.000 exportados em 1990³⁰; que a partir de 2008, óxido e hidróxido de lítio também

²⁷ Dto-815 - Dispone La Aplicacion Del Acuerdo De Alcance Parcial Suscrito Por Chile Con Bolivia Y De Los Protocolos Modificatorios De Los Acuerdos De Alcance Parcial Suscritos Por Chile Con Colombia, Peru Y Venezuela.

²⁸ Ley-3066 - Arancel Aduanero.

²⁹ Res-S/N - Señala Equivalencias Entre Posiciones Arancelarias Del Listado Vigente De Mercancias Excluidas Del Beneficio De Reintegro Ley 18.480 (Decreto No. 82, De 1989) Y El Arancel Aduanero Basado En El Sistema Armonizado; Dto-1019 - Modifica Arancel Aduanero Nacional; Dto-997 - Modifica Arancel Aduanero Nacional; Decreto-1148 - Modifica Arancel Aduanero Nacional De La República De Chile.

³⁰ Dto-102 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportadores De La Ley 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1990; Dto-166 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1991; Dto-131 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1992; Dto-97 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1993; Dto-130 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1994; Dto-109 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1995; Dto-123 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1996; Dto-114 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1997; Dto-100 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1998; Dto-125 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N°18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 1999; Dto-100 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2000; Ins-S/N - Instructivo; Dto-100 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2001; Dto-56 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2002; Dto-87 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N°18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2003; Dto-94 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N°18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2004; Dto-74 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2005; Ins-S/N; Dto-85 - Fija Lista De Mercancias Excluidas Del Re-Integro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Maximos Exportados Para El Año 2006.

passaram a compor a lista³¹; a modificação da nomenclatura/número do carbonato de lítio³²; e regras para aprovação de exportação³³. Sobre importação³⁴, fixa taxa para importação de óxido de lítio e seus sais.

A palavra chave lítio é encontrada, ainda, em referência a nome próprio, da fonte de água Pozo de Litio³⁵ e da empresa de energia elétrica El Litio³⁶; no assunto nuclear³⁷, determinando o lítio como material de interesse nuclear; no direito a indenização³⁸ da empresa Rockwood Litio Ltda., pela expropriação de território para realização de obra de infraestrutura viária. Diferenciou-se as normas que tratam do lítio medicinal do farmacêutico³⁹, pois esse não é utilizado como medicamento, mas como reagente em tubos de coleta.

As resoluções tratando de segurança/logística/aeronáutica⁴⁰ instituem a responsabilidade de o operador do avião ou helicóptero informar aos passageiros

³¹ Dto-13 - Fija Lista De Mercancías Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Máximos Exportados Para El Año 2007; Decreto-54 - Fija Lista De Mercancías Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Máximos Exportados Para El Año 2008; Decreto-69 - Fija Lista De Mercancías Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Máximos Exportados Para El Año 2009; Decreto-43 - Fija Lista De Mercancías Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Máximos Exportados Para El Año 2010; Instrucción-S/N - Instructivo; Decreto-40 - Fija Lista De Mercancías Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Máximos Exportados Para El Año 2011; Decreto-46 - Fija Lista De Mercancías Excluidas Del Reintegro A Exportaciones De La Ley N° 18.480 Y Señala Valores De Los Montos Máximos Exportados Para El Año 2013.

³² Resolución-7258 Exenta - Deja Sin Efecto El Oficio Circular N° 923, De 1999; Resolución-3421 Exenta - Modifica El Capítulo Iv Y El Apéndice I Del Capítulo Iii, Del Compendio De Normas Aduaneras, En El Sentido De Agregar Nuevos Códigos Arancelarios Para El Control De Las Exportaciones De Productos Mineros Relacionados Con El Litio.

³³ Resolución-1525 Exenta - Modifica Compendio De Normas Aduaneras; Resolución-4317 Exenta - Modifica Compendio De Normas Aduaneras; Decreto-514 Exento - Modifica Arancel Aduanero Nacional De La República De Chile; Resolución-1415 Exenta - Modifica Compendio De Normas Aduaneras; Decreto-458 Exento - Modifica Arancel Aduanero Nacional De La República De Chile; Resolución-723 Exenta - Modifica Compendio De Normas Aduaneras; Decreto-473 Exento - Modifica Arancel Aduanero Nacional De La República De Chile.

³⁴ Ley-3066 - Arancel Aduanero

³⁵ Dto-1959 Exento - Declara Fuente Curativa El Agua Mineral De Las Fuentes Denominadas Pozo De Litio Y Pozo De Azufre, Ubicadas En Palguin Alto, Comuna De Pucon, Ix Region.

³⁶ Res-761 Exenta - Establece La Proporción Y El Monto Que Debera Recaudarse De Cada Participante Por Concepto Del Costo Total Del Estudio De Transmisión Troncal, De Acuerdo A La Ley 19.940 De 2004.

³⁷ Decreto-450 - Dicta Reglamento De Terminos Nucleares.

³⁸ Dto-417 Exento - Extracto; Dto-547 Exento - Extracto.

³⁹ Resolución-5763 Exenta - Aprueba Instructivo Técnico Para El Diagnóstico Tuberculosis Bovina Y Deroga Resolución N° 639 Exenta, De 2015, De La Dirección Nacional Del Sag..

⁴⁰ Resolución-8|Resolución-08/0/1/027/067 Exenta - Aprueba Enmienda N° 7 A La Dan 121 "Requisitos De Operación: Operaciones Nacionales, Internacionales Regulares Y No Regulares"; Resolución-744 - Aprueba 2ª Edición De La Dan 135 Vol I "Requisitos De Operación: Regulares Y No

que equipamentos que possuem baterias de lítio devem ser transportados na cabine e não despachados, por perigo de incêndio, classificando, assim, esses objetos como mercadorias perigosas. Referente à segurança de incêndio⁴¹, inclui incêndio em metais combustíveis, dentre esses, o lítio, na classe D.

Buscando similares à Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira, foi encontrado que:

En Argentina, el manejo de los RSU⁴² está regulado por la Ley de Presupuestos Mínimos 25916 [...] que establece los presupuestos mínimos para un manejo adecuado de los residuos domiciliarios, a partir de propender a una gestión integral de los mismos, propiciar su valorización y promover su minimización en la generación y disposición final [...] (ARGENTINA, s/a)⁴³.

Com objetivos semelhantes, no Chile, a Ley 20.920/2016 "establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje". Dentre essas legislações, a chilena é mais detalhada e com maiores semelhanças com a PNRS brasileira, sendo, ainda, mais específica em relação a definições conceituais e de etapas; a argentina também elenca objetivos, definições e diretrizes, porém em sentidos mais amplos do que a brasileira.

Já na Bolívia, definições sobre o tratamento de resíduos sólidos podem ser encontrados na *Ley Marco de La Madre Tierra Y Desarrollo Integral Para Vivir Bien*, 2013. A palavra residuos aparece pela primeira vez na normativa no *Capítulo IV - Alcances De Los Objetivos del Vivir Bien a Través del Desarrollo Integral*:

Regulares Para Aviones De Hasta 19 Asientos De Pasajeros"; Resolución-745 Exenta|Resolución-08/0/1/518/0745 Exenta - Aprueba 2ª Edición De La Dan 135 Vol Ii "Requisitos De Operación: Operaciones Comerciales Con Helicópteros"; Resolución-285|Resolución-04/3/0025/0285 Exenta - Aprueba Segunda Enmienda A La Segunda Edición 2 De La Dan 135 Vol Ii "Requisitos De Operación: Operaciones Comerciales Con Helicópteros".

⁴¹ Decreto-44 - Aprueba Reglamento Que Establece Requisitos De Seguridad Y Rotulación De Extintores Portátiles.

⁴² Residuos Solidos Urbanos.

⁴³ Na Argentina, o gerenciamento dos RSU está regulado pela Ley de Presupuestos Mínimos 25.916 (/normativa/nacional/ley-25916-98327) que establece os pressupostos mínimos para um gerenciamento adequado dos resíduos domiciliares, a partir da proposição de uma gestão integral dos mesmos, propiciar sua valorização e promover sua redução na geração e disposição final (ARGENTINA, s/a, tradução nossa).

Artículo 14. (PROMOVER HÁBITOS DE CONSUMO SUSTENTABLES). El Estado Plurinacional de Bolivia impulsará un cambio gradual hacia el establecimiento de hábitos de consumo sustentables del pueblo boliviano, mediante los siguientes aspectos principales:

[...]

3. Promoción y fortalecimiento de conductas individuales y colectivas que valoren el consumo de los alimentos ecológicos nacionales, el uso racional de energía, la conservación del agua, la reducción del consumismo, el tratamiento de los residuos sólidos y el reciclaje. (BOLÍVIA, 2013).⁴⁴

Também presente na PNRS (BRASIL, 2010), no art. 7º, inciso III, está o objetivo de “estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços”, definindo padrões sustentáveis de produção e consumo desde o art 3º, inciso XIII, como “produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras”. Ambas as normas trazem esses conceitos como ideais a atingir; a boliviana não elenca instrumentais para sua efetivação, enquanto a brasileira nomeia os instrumentos da Política no art. 8º, não definindo as atribuições específicas de cada um.

Especificamente sobre a gestão de resíduos, o *Título III - Bases y Orientaciones del Vivir Bien a Través del Desarrollo Integral En Armonía y Equilibrio con La Madre Tierra, Capítulo I - Bases y Orientaciones*, estabelece:

Artículo 31. (GESTIÓN DE RESIDUOS). Las bases y orientaciones del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en gestión de residuos son:

1. Promover la transformación de los patrones de producción y hábitos de consumo en el país y la recuperación y reutilización de los materiales y energías contenidos en los residuos, bajo un enfoque de gestión cíclica de los mismos.

⁴⁴ Artigo 14. (PROMOVER HÁBITOS DE CONSUMO SUSTENTÁVEIS). O Estado Plurinacional da Bolívia impulsará uma mudança gradual pelo estabelecimento de hábitos de consumo sustentáveis do povo boliviano, mediante os seguintes aspectos principais: [...] 3. Promoção e fortalecimento de condutas individuais e coletivas que valorizem o consumo dos alimentos ecológicos nacionais, o uso racional de energia, a conservação da água, a redução do consumismo, o tratamento dos resíduos sólidos e a reciclagem. (BOLÍVIA, 2013, tradução nossa).

2. Desarrollar mecanismos institucionales, técnicos y legales de prevención, disminución y reducción de la generación de los residuos, su utilización, reciclaje tratamiento, disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco del Artículo 299 parágrafo II numerales 8 y 9 de la Constitución Política del Estado.
3. Garantizar el manejo y tratamiento de residuos de acuerdo a Ley específica.
4. Desarrollar acciones educativas sobre la gestión de residuos en sus diferentes actividades para la concienciación de la población boliviana. (BOLÍVIA, 2013)⁴⁵.

Não há, no documento, parâmetros para tipos específicos de resíduos, incluindo pilhas e baterias, e a normativa tem um caráter de plano ideal, sem instituir mecanismos de efetivação. A essa requisição de "materialidade", aplica-se a mesma crítica de Acosta sobre a constituição boliviana de 2009:

O Bem Viver apresenta-se como uma oportunidade para construir coletivamente novas formas de vida. Não se trata simplesmente de um receituário materializado em alguns artigos constitucionais, como no caso do Equador e da Bolívia. Tampouco é a simples soma de algumas práticas isoladas e, menos ainda, de alguns bons desejos de quem trata de interpretar o Bem Viver à sua maneira.

O Bem Viver deve ser considerado parte de uma longa busca de alternativas de vida forjadas no calor das lutas populares, particularmente dos povos e nacionalidades indígenas. São ideias surgidas de grupos tradicionalmente marginalizados, excluídos, explorados e até mesmo dizimados. São propostas invisibilizadas por muito tempo, que agora convidam a romper radicalmente com conceitos assumidos como indiscutíveis. Estas visões pós-desenvolvimentistas superam as correntes heterodoxas, que na realidade miravam a "desenvolvimentos alternativos", quando é cada vez mais necessário criar

⁴⁵ Artigo 31. (GESTÃO DE RESÍDUOS). As bases e orientações do Vivir Bien, através do desenvolvimento integral em gestão de resíduos são: / 1. Promover a transformação dos padrões de produção e hábitos de consumo no país e a recuperação e reutilização dos materiais e energias contidos nos resíduos, sob um enfoque de gestão cíclica dos mesmos. / 2. Desenvolver mecanismos institucionais, técnicos e legais de prevenção, diminuição e redução da geração dos resíduos, sua utilização, reciclagem, tratamento, disposição final sanitária e ambientalmente segura, no marco do Artigo 299 parágrafo II números 8 e 9 da Constituição Política do Estado. / 3. Garantir o manejo e tratamento de resíduos de acordo com a lei específica. / 4. Desenvolver ações educativas sobre a gestão de resíduos em suas diferentes atividades para a conscientização da população boliviana. (BOLÍVIA, 2013, tradução nossa).

"alternativas de desenvolvimento". É disso que se trata o Bem Viver. (ACOSTA, 2016, p. 69-70).

Foi realizada, então, busca por instrumentos normativos de materialidade semelhante à PNRS, sendo possível identificar semelhanças entre as leis argentina e chilena encontradas, no que trata das responsabilidades dos integrantes da cadeia de logística reversa, inicia-se pela definição de "gerador" que cada lei estabelece:

ARTICULO 9º - Denomínase generador, a los efectos de la presente ley, a toda persona física o jurídica que produzca residuos en los términos del artículo 2º. El generador tiene la obligación de realizar el acopio inicial y la disposición inicial de los residuos de acuerdo a las normas complementarias que cada jurisdicción establezca. (ARGENTINA, 2004)⁴⁶.

Pela lei chilena, o *generador de un residuo* é definido no art. 3º: "9) Generador: Poseedor de un producto, sustancia u objeto que lo desecha o tiene la obligación de desecharlo de acuerdo a la normativa vigente"; semelhantemente, na brasileira, no art. 3º: "IX - geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo".

Conforme a lei argentina, ao gerador de resíduos cabe a diposição inicial dos mesmos, efetuada, segundo o art. 10, conforme métodos adequados que previnam e minimizem possíveis impactos negativos sobre o ambiente e qualidade de vida populacional. No Chile, art. 2º, alínea i, a responsabilidade do gerador é ampliada para "desde su generación hasta su valorización o eliminación, en conformidad a la ley."

Evidencia-se que, na PNRS, art. 6º, inciso VII, a responsabilidade é sempre compartilhada, reforçada no Capítulo III - das responsabilidades dos geradores e do poder público, onde sempre são elencadas as diferentes responsabilidades dos

⁴⁶ Artigo 9º - Denomina-se gerador, para os efeitos da presente lei, toda pessoa física ou jurídica que produza resíduos nos termos do artigo 2º. O gerador tem a obrigação de realizar o armazenamento inicial e a diposição inicial dos resíduos de acordo com as normas complementares que cada jurisdição estabeleça. (ARGENTINA, 2004, tradução nossa).

diversos atores envolvidos. Essa diferenciação pode ser encontrada na lei chilena nº 20.920/2016 a partir do art. 5º.

O art. 5º estabelece como obrigação dos geradores de resíduos entregá-los a um gestor autorizado para tratamento; o art. 6º trata das obrigações dos gestores de resíduos, compreendendo manejar os resíduos de maneira ambientalmente racional, com as melhores técnicas disponíveis, dentro das normativas vigentes e com autorização e declarando ao Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes detalhes sobre suas atividades. O art. 7º especifica que os gestores de resíduos perigosos devem ter seguro por danos a terceiros e ao meio ambiente. O art. 8º versa sobre as obrigações dos importadores e exportadores de resíduos, os vinculando à Convenção da Basileia.

A responsabilidade dos produtores está em título separado e os coloca como principais agentes na organização e financiamento da gestão de resíduos dos produtos prioritários, dentre eles, as pilhas e baterias:

TÍTULO III - DE LA RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR

Párrafo 1º

Disposiciones generales

Artículo 9º.- Responsabilidad extendida del productor. La responsabilidad extendida del productor corresponde a un régimen especial de gestión de residuos, conforme al cual los productores de productos prioritarios son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país.

Los productores de productos prioritarios deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

- a) Inscribirse en el registro establecido en el artículo 37.
- b) Organizar y financiar la recolección de los residuos de los productos prioritarios en todo el territorio nacional, así como su almacenamiento, transporte y tratamiento en conformidad a la ley, a través de alguno de los sistemas de gestión a que se refiere el párrafo 3º de este título. La presente obligación será exigible con la entrada en vigencia de los respectivos decretos supremos que establezcan metas y otras obligaciones asociadas.

- c) Cumplir con las metas y otras obligaciones asociadas, en los plazos, proporción y condiciones establecidos en el respectivo decreto supremo.
- d) Asegurar que la gestión de los residuos de los productos prioritarios se realice por gestores autorizados y registrados.
- e) Las demás que establezca esta ley.

Artículo 10.- Productos Prioritarios. La responsabilidad extendida del productor aplicará a las categorías o subcategorías definidas en los respectivos decretos supremos que establezcan metas y otras obligaciones asociadas, para los siguientes productos prioritarios:

- a) Aceites lubricantes.
- b) Aparatos eléctricos y electrónicos.
- c) Baterías.
- d) Envases y embalajes.
- e) Neumáticos.
- f) Pilas. (CHILE, 2016)⁴⁷.

Enquanto não há, na Argentina, Bolívia e Chile, termo semelhante a *logística reversa*, há disposições que permitem compreender que esse objetivo faz parte da gestão de resíduos sólidos na Argentina e Chile. Evidencia-se que, enquanto no Brasil a responsabilidade pela logística reversa é compartilhada entre todos os agentes envolvidos na produção, comercialização, consumo e destinação pós-consumo dos bens, no Chile os produtores são os principais responsáveis pelo estabelecimento da

⁴⁷ TÍTULO III – DA RESPONSABILIDADE ESTENDIDA DO PRODUTOR / Parágrafo 1º / Disposições gerais / Artigo 9º - Responsabilidade estendida do produtor. A responsabilidade estendida do produtor corresponde a um regime especial de gestão de resíduos, conforme o qual os produtores de produtos prioritários são responsáveis pela organização e financiamento da gestão dos resíduos dos produtos prioritários que comercializem no país. / Os produtores de produtos prioritários deverão cumprir com as seguintes obrigações: / a) Inscrever-se no registro estabelecido no artigo 37. / b) Organizar e financiar a coleta dos resíduos dos produtos prioritários em todo o território nacional, assim como seu armazenamento, transporte e tratamento em conformidade com a lei, através de algum dos sistemas de gestão a que se refere o parágrafo 3º deste título. A presente obrigação será exigível com a entrada em vigência dos respectivos decretos supremos que estabeleçam metas e outras obrigações associadas. / c) Cumprir com as metas e outras obrigações associadas, nos prazos, proporção e condições estabelecidos no respectivo decreto supremo. / d) Assegurar que a gestão dos resíduos dos produtos prioritários se realize por gestores autorizados e registrados. / e) As demais que estabelece essa lei. / Artigo 10 – Produtos Prioritários. A responsabilidade estendida do produtor aplicará às categorias ou subcategorias definidas nos respectivos decretos supremos que estabeleçam metas e outras obrigações associadas, para os seguintes produtos prioritários: / a) Óleos lubrificantes. / b) Aparatos elétricos e eletrônicos. / c) Baterias. / d) Envases e embalagens. / e) Pneumáticos. / f) Pilhas. (CHILE, 2016, tradução nossa).

gestão dos resíduos que elaboram. Tanto no Chile quanto na Argentina e no Brasil, os consumidores finais têm o papel de adequadamente alocarem os resíduos aos distribuidores/vendedores ou ao sistema de coleta.

Em destaque, como os maiores consumidores mundiais de lítio, estão os EUA (com projeção de consumo de até 287.000 toneladas de carbonato de lítio até 2050), a China (onde mais de 500.000 veículos elétricos foram vendidos em 2016) (AGUSDINATA et al., 2018) e a União Europeia (que até 2030 pretende reduzir em no mínimo 55% suas emissões carbônicas, com o auxílio do projeto "Battery 2030+" de pesquisa em baterias elétricas) (AMICI et al., 2022). Correlatamente, essas regiões são as maiores geradoras de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). Nesse sentido, é importante trazer alguns marcos regulatórios desses atores.

A União Europeia iniciou a instituição de legislações tratando de ecodesign, sistemas de produção mais limpos, reutilização e reciclagem nos anos 2000, os estados membros construindo suas próprias legislações com base nas diretivas sobre REEE e planos de transição à economia circular. A partir de 2012, com o rápido aumento do fluxo de descarte de REEE, foram estabelecida, por meio de uma diretiva da UE, metas de reciclagem. O sistema se baseia na responsabilidade estendida do produtor (FRANZ; SILVA, 2022; MIHAI et al., 2019).

Apesar de ser considerada como a região com mais avançadas legislações em relação ao gerenciamento de REEE, com a meta de reciclar 65% dos EEE no mercado, há grande disparidade nos níveis de efetivação entre os países membros. Ademais, se mantém práticas de reciclagem no setor informal e de exportação de REEE para países "em desenvolvimento" (FRANZ; SILVA, 2022; MIHAI et al., 2019).

Some recent reports (Huisman et al., 2015; Illés et al., 2016) estimate that in Europe, only 35% (3.3 million tons) of all the e-waste⁴⁸ discarded in 2012, ended up in the officially reported amounts of collection and recycling systems. The other 65% (6.15 million tons) was either exported (1.5 million tons), recycled under non-compliant conditions in Europe (3.15 million tons), scavenged for

⁴⁸ *E-waste*: modo como popularmente os EEE não mais em uso são chamados (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020); equivalente à WEEE/REEE (FRANZ. SILVA, 2022). Em tradução literal, *E* equivalendo à eletrônico e *waste* à lixo, pode ser entendido como "lixo eletrônico".

valuable parts (750,000 tons) or simply thrown in waste bins (750,000 tons). (MIHAI et al., 2019, p. 11)⁴⁹.

Os EUA não têm lei nacional sobre gerenciamento de REEE, mas há regulações estatais específicas sobre o manejo de cada categoria determinada de EEE. Vinte e seis estados possuem alguma regulamentação nesse sentido, abrangendo de 75% a 80% da população e cada estado decide sobre métodos de coleta, reciclagem e disposição (FORTI et al., 2020 *apud* FRANZ. SILVA, 2022; MIHAI et al., 2019).

Conforme Mihai et al. (2019), em 2014, apenas 32% do e-waste dos EUA era reciclado e o país é o maior exportador desses resíduos. Enquanto Franz e Silva (2022) afirmam que o país se guia pela Responsabilidade Estendida do Produtor, Mihai et al. (2019) argumentam que o princípio foi adotado por algumas empresas, sem determinação legal.

Em 2008, a China instituiu a Lei de Promoção da Economia Circular; em 2011, a Regulação do Gerenciamento da Reciclagem de REEE e em 2012 adotou a estratégia de Responsabilidade Estendida do Produtor, determinando o uso de materiais secundários em produtos novos. A implementação de redes auto suficientes de reciclagem é subsidiada e implementada pelo governo e produtores a nível das províncias (FRANZ; SILVA, 2022).

The amount of e-waste generation in China is contributed also by WEEE exported from overseas through various illegal routes with the amount of 1.5–3.3 Mt and the value increases 70% each year [...]. The recycling rate of WEEE is 34%, 43% and 62% in 2012, 2013, and 2014 respectively and most of the e-waste is recycled informally (WANG et al., 2013 *apud* MIHAI et al., 2019, p. 20)⁵⁰.

⁴⁹ Alguns relatórios recentes (Huisman et al., 2015; Illés et al., 2016) estimam que na Europa apenas 35% (3.3 milhões de toneladas) de todo o e-waste descartado em 2012 acabou nas quantias oficialmente relatadas de sistemas de coleta e reciclagem. Os outros 65% (6.15 milhões de toneladas) foi ou exportado (1.5 milhões de toneladas), reciclado sob condições inadequadas na Europa (3.15 milhões de toneladas), desmontada por partes valiosas (750,000 toneladas) ou simplesmente jogada em latas de lixo (750,000 toneladas). (MIHAI et al., 2019, p. 11, tradução nossa).

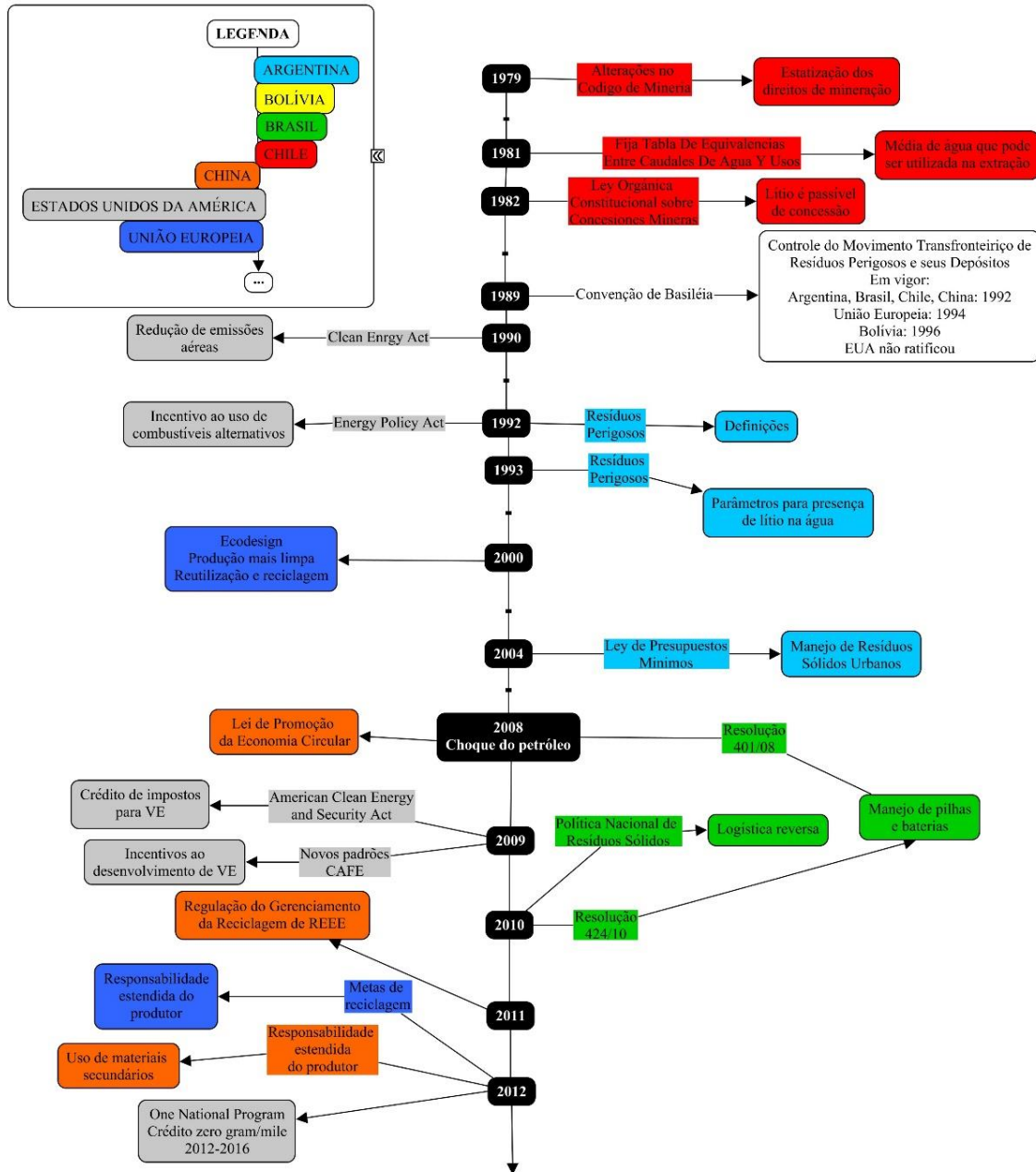
⁵⁰ A quantidade de e-waste gerado na China é contribuída também pelos REEE exportados pelo mar por várias rotas ilegais com a quantia de 1.5-3.3 Mt e o valor aumenta em 70% a cada ano [...]. A taxa de reciclagem de REEE é de 34%, 43% e 62% em 2012, 2013 e 2014 respectivamente e a maioria do e-waste é reciclado informalmente (WANG et al., 2013 *apud* MIHAI et al., 2019, p. 20, tradução nossa).

Franz e Silva (2022) afirmam que o montante de REEE gerado por país é relacionado, além de à densidade demográfica, também aos índices de urbanização, ao PIB e PIB per capita. Dessa forma, apesar de o Brasil ter mais baixo PIB e demografia do que a Índia e a China (que compõe, junto com os EUA, os três países mais geradores de REEE), por ter maiores índices de urbanização e PIB per capita, a geração de REEE per capita é maior do que nesses dois países, tornando o Brasil o quinto país que mais gera REEE.

Para retomar os que a autora considera como os principais marcos legislativos dos países estudados, foi organizada a linha do tempo a seguir:

Figura 7 - Linha do tempo com dos marcos legislativos significativos para a reciclagem de LIBs no Brasil, Triângulo do Lítio, China, EUA e UE

110



Fonte: elaborada pela autora



Fonte: elaborada pela autora

Conforme a pesquisa realizada, o Brasil possui legislação referente ao lítio (38 resultados) principalmente em matérias comerciais, seja de importação ou interna. Sobre a reciclagem de baterias, apesar de não especificar LIBs, a PNRS cita pilhas e baterias, sendo essas posteriormente objeto de regulamentação pela Resolução CONAMA 401/08, sem, também, tratar expressamente de LIBs. A PNRS institui a Política Nacional de Logística Reversa, que determina a responsabilidade compartilhada pelos resíduos pós-consumo, atribuindo papéis ao consumidor, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e serviços urbanos de limpeza e manejo de resíduos sólidos.

A Argentina possui um arcabouço normativo relacionado ao lítio mais extenso do que o brasileiro (96 resultados), com maior incidência em matéria medicinal, seguida pelo desenvolvimento econômico. Destacam-se a determinação de exclusividade da exploração ao Estado argentino, com a possibilidade de concessão; as resoluções tratando de parâmetros de segurança de produção e transporte para LIBs; o estabelecimento de limites para a presença de lítio na água, visto que é considerado um resíduo perigoso. A Argentina se encaminha para o projeto de transição energética com o *Plan Nacional de Transporte Sostenible*, em fase de desenvolvimento.

Além dessas, a Ley 24.051/93 traz diversos conceitos e determinações, destacando-se, dentre outros, os conceitos de *nível guía de calidad ambiental* e *objetivo de calidad ambiental*, que estabelecem possibilidade de mensuração quantitativa da qualidade ambiental, facilitando a aplicação do princípio do poluidor-pagador.

A busca por normativas na Bolívia obteve menos quantidade de normas nacionais (6 resultados), possibilitando perceber a preocupação do país com a estatização da mineração do lítio, apesar de existir uma concessão de parceria com a empresa privada norte-americana FMC.

O Chile foi o país estudado com mais normativas tratando de lítio (105 resultados). As maiores incidências são relacionadas à exportação, com mais de quatro vezes mais normas relacionadas do que a segunda maior quantidade, medicinal. Há a criação de cinco órgãos com responsabilidades relacionadas ao lítio, dentre eles a Comisión Nacional del Lítio, para a elaboração da política nacional

sobre o metal; o Comité de Supervisión de Contratos sobre Concesiones Mineras Ubicadas em el Salar de Atacama, que se relaciona a possibilidade de concessões, pela Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, apesar de o lítio ser considerado minério de exploração exclusiva do país pelo Código de Minería; e o Comité del Litio y Salares, criado em 2023, responsável pela Estrategia Nacional del Litio.

Alguns destaques interessantes são: o Decreto 743, que fixa a quantidade de água que pode ser utilizada na mineração de vários minérios, inclusive o lítio; o recurso interposto pela Comunidad Indígena Atacameña de Camar à licitação aberta para exploração de lítio em seu território, inicialmente rechaçado e depois acatado pela Suprema Corte, julgando o processo de licitação sem efeito; a legislação da região de Antofagasta, quando trata da urbanização, expressando respeito ao território indígena; e a inclusão do estudo da indústria lítio como componente curricular no ensino fundamental e técnico.

O Chile, bem como a Argentina, tem um projeto de transição energética, a *Planificación Energética de Largo Plazo*, que está em seu segundo período quadrienal e apresenta a análise de cenários conforme os planos possíveis, levando em consideração aspectos energéticos, políticos, ambientais e sociais.

Quanto à semelhantes à PNRS, na Argentina há a Ley de Presupuestos Mínimos, n. 25.916, tratando do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos; na Bolívia, alguns objetivos da lei brasileira aparecem na *Ley Marco de La Madre Tierra Y Desarrollo Integral Para Vivir Bien*; e, no Chile, a gestão de resíduos é regulada pela Ley 20.920, cujo conteúdo, dentre os outros países do Triângulo do Lítio, é o que mais se assemelha à PNRS.

Ambas as leis argentina e chilena estipulam mecanismos semelhantes ao da logística reversa, porém, não utilizam esse conceito. A responsabilidade do gerador/consumidor é semelhante nos três países, todavia o Chile dá especial destaque à responsabilidade do produtor, que é ampliada, conforme o princípio da *responsabilidade estendida do produtor*, que aparece, também, nos marcos chinês, estadunidense e europeu.

Apesar de a União Europeia instituir normativas aos seus países membros, a forma e a extensão com que cada país as adota difere muito e, apesar da adoção da

responsabilidade estendida do produtor, o destino final de mais da metade dos REEE não segue de reciclagem formal.

Os EUA não possuem normativas a nível nacional tratando do gerenciamento de REEE, ficando a cargo dos estados regular sobre coleta, reciclagem e disposição. Apesar de entre 75% e 80% da população estarem abrangidas nos estados que possuem normas nesse sentido, apenas 32% do e-waste do país é reciclado e os EUA não são signatários da Convenção da Basileia, corroborando à sua posição como o maior exportador mundial de REEE (FRANZ. SILVA, 2022; MIHAI et al., 2019).

A China possui legislações tratando da economia circular e responsabilidade estendida do produtor; desde essa última estratégia, a porcentagem de reciclagem de REEE tem aumentado a cada ano, todavia, a maior parte dos REEE ser reciclado informalmente (MIHAI et al., 2019).

3.2 LIBS: PROBLEMAS NÃO RESOLVIDOS PELA LEGISLAÇÃO OU POR LACUNAS LEGISLATIVAS NO BRASIL

O objetivo desta seção é apontar problemas relacionados as LIBs que carecem de regulamentação ou sobre os quais as leis existentes não se efetivam satisfatoriamente, analisando a cadeia de reciclagem à luz da responsabilidade pós-consumo e a regulação da extração e beneficiamento do lítio na perspectiva dos princípios da prevenção e precaução.

Inicia-se apresentando as rotas que os REEE seguem e o que os impele nas direções que tomam quando deixam as mãos dos consumidores. Assim, se analisa o papel dos consumidores e dos produtores na logística reversa e os princípios que orientam a responsabilidade do produtor, inicialmente o poluidor-pagador, que necessariamente traz o conceito de externalidades negativas e se vincula a prevenção e precaução.

Tendo em vista esses conceitos, sua aplicação aos processos de extração do lítio é explorada, ambos nas salinas do Triângulo do Lítio e no projeto de ampliação da produção no Brasil. Passando dos impactos da extração aos do pós-consumo, são identificados problemas que incidem também na América Latina, apesar do maior consumo de EEE estar localizado em outras partes do mundo.

Conforme o *Global E-waste Monitor 2020* (FORTI et al., 2020), o destino dos REEE descartados pode seguir quatro rotas: a primeira, se recolhido formalmente, quando há legislação tratando sobre REEE, sendo a coleta realizada por organizações, produtores e/ou pelo governo, por meio de pontos de coleta ou recolhimento e os resíduos conduzidos à centros de tratamento especializado; a segunda, quando é colocado no lixo comum pelos geradores, conseqüentemente os REEE são submetidos ao mesmo tratamento dos resíduos mistos: incineração ou aterramento, ambos rumos inadequados à disposição de REEE, tanto pelos danos ambientais possíveis, quanto pela perda de recursos.

A terceira rota é o recolhimento fora do sistema formal, em locais onde há infraestrutura de gerenciamento de REEE. Essa rota referencia países onde há legislação sobre REEE desenvolvida e onde empresas ou atores privados tratam dos resíduos, todavia, o tratamento dado aos materiais não alcança níveis especializados, oportunizando a exportação dos REEE; finalmente, a quarta possibilidade é o recolhimento fora do sistema formal, mas sem infraestrutura de gerenciamento de REEE. Essa rota é comum em países "em desenvolvimento", onde pessoas em situação de trabalho informal atuam no recolhimento de materiais recicláveis, posteriormente os vendendo para que sejam reparados, reutilizados ou desmontados. O desmonte, nessa via, é manual e serve para separar componentes e materiais que podem ser revendidos e os recicladores queimam, derretem e lixiviam para fazer a conversão dos REEE em materiais secundários - a "reciclagem fundo de quintal", perigosa à saúde humana e ambiental (FORTI et al., 2020).

Rodrigues, Werner e Barcellos (2020) afirmam que, após utilizados, os EEE podem ser reutilizados, doados, reciclados ou descartados, sendo que o comportamento do consumidor é determinante para a correta destinação do equipamento.

The study performed by Arenhardt et al. (2016) analyzed the behavior of cellular handsets' consumers in the city of Santa Maria, RS, Brazil, through quantitative research, presenting results such as lack of knowledge of the legislation, lack of willingness to contribute financially to the correct disposal of devices and preference in storing the equipment at home, not forwarding them to reverse

logistics systems, since these consumers did not know where to discard them or donated the devices to family or friends. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020, p. 299)¹.

Em relação a não destinação aos sistemas de logística reversa por não se saber onde descartar, Giaretta et al. (2010) realizaram pesquisa sobre o tratamento que pessoas em ambiente acadêmico do ensino superior davam a seus celulares. Evidencia-se que, em mais de 10 anos decorridos da pesquisa, a tecnologia, principalmente na área telefônica, se desenvolveu aceleradamente, todavia, se considera que os resultados da pesquisa ainda são relevantes.

No estudo citado, realizado na na Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo, em 2007, 42,5% dos participantes mantinham os celulares que não mais utilizavam armazenados em casa, 5,6% devolveram à operadora/fabricante, 3,4% realizaram o descarte no lixo comum e 2,3% descartaram em local específico. Outras opções compreendiam doação, primeiro aparelho ainda em uso, roubado, vendido, não possui e perdeu. Pessoas que possuíram mais de um celular responderam que 49% armazenavam o outro aparelho no domicílio e 26% doaram para uso de outra pessoa (GIARETTA et al., 2010, p. 679-680).

Os autores concluíram que não há relação significativa entre grau de escolaridade e a destinação, adequada ou não, dos celulares e que o nível de conhecimento não está necessariamente conectado com a disposição para agir (GIARETTA et al., 2010). Ademais,

Os participantes do estudo possibilitaram identificar, que além da informação e da falta de coletores específicos, outros aspectos e critérios pessoais ou coletivos interferem no procedimento de descarte: percepção sobre risco, valor econômico disponibilizado na compra do aparelho e vínculos afetivos, entre outros. Esses fatores podem produzir diferentes respostas dos usuários sobre

¹ O estudo realizado por Arenhardt et al. (2016) analisou o comportamento de consumidores de telefones celulares na cidade de Santa Maria, RS, Brasil, por meio da pesquisa quantitativa, apresentando resultados como falta de conhecimento da legislação, falta de disposição a contribuir financeiramente para a disposição correta de aparelhos e preferência em armazenar o equipamento em casa, não o encaminhando para sistemas de logística reversa, assim esses consumidores não sabiam onde descartá-los ou doaram os aparelhos para família ou amigos. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020, p. 299, tradução nossa).

como lidar com as inovações tecnológicas de uso pessoal. (GIARETTA et al., 2010, p. 682).

No mesmo sentido, no ano de 2020, conforme estudo de Pessanha e Morales (2020), na cidade de Campos dos Goytacazes, RS, considerada uma cidade universitária, foi aplicado questionário investigando o descarte de telefones celulares, computadores e tablets. Entre os entrevistados, a escolaridade mais frequente era de ensino médio (37,6%) e ensino superior (37,3%). Em todos os tipos de REEE analisados, a tendência predominante era de armazenar por não saber o que fazer com eles, motivados por afeição ao aparelho e pelo custo da compra.

Além da falta de coletores específico, de informação, da percepção do risco, do investimento na compra e de vínculos afetivos, o comportamento dos consumidores em relação ao descarte dos aparelhos eletrônicos em geral é, também, influenciado pela falta de disposição a contribuir financeiramente para a disposição correta dos aparelhos, preferência por ou armazenar os equipamentos por não saber onde os descartar, ou por doar à amigos/família. (GIARETTA et al., 2010; RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020).

Outra condição, no caso de equipamentos como computadores, telefones e tablets, é a confiabilidade no tratamento que o sistema fornece aos dados pessoais neles gravados. Se houver dúvida a respeito da proteção à privacidade desses dados, o consumidor tenderá a postergar ou mesmo a evitar o descarte. Também é importante atentar para a necessidade da transferência de titularidade, isto é, o recebimento do equipamento com a emissão de um termo de doação, garantindo a legalidade de seu transporte (ABDI, 2012 *apud* COUTO; LANGE, 2017, p. 896).

A legislação brasileira em relação a resíduos sólidos, especificamente, eletrônicos, foi ampliada desde o trabalho de Giaretta et al. (2010), sendo esse arcabouço, conforme Franz e Silva (2022), importante para regular as responsabilidades e as ações dos atores envolvidos, contudo a efetividade das leis depende de como o cumprimento delas é reforçado.

Um obstáculo à gestão de REEE é o comprometimento e compreensão que os atores têm da legislação. Atos ilegais e informais obscurecem os dados reais sobre os fluxos dos REEE, abrindo espaço para o transporte transfronteiriço ilegal. Apesar da Convenção da Basileia (da qual Argentina, Bolívia, Brasil e Chile são signatários), que regula o transporte transfronteiriço de resíduos ambiental e socialmente perigosos, o cumprimento das restrições acordadas é prejudicado pela falta de consenso sobre o que se entende como "lixo eletrônico" e pela exportação, pelos países "desenvolvidos" de equipamentos dissimulada como destinada a reuso, mas que chegam aos países destinados como "lixo", ou pelas condições em que foram transportados, ou pela real intenção ter sido o descarte (FRANZ; SILVA, 2022; RODRIGUES; WERNER; BARCELLOS, 2020).

Outras convenções também tiveram como objetivo a redução e o controle do fluxo transfronteiriço de resíduos perigosos, tais como a Convenção de Bamako (Mali, 1991), a Convenção de Roterdã (Holanda, 1998) e a Convenção de Estocolmo (Suécia, 2001) (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2015 *apud* SANTOS, 2020, p. 5).

A Convenção de Bamako Relativa à Interdição da Importação de Lixos Perigosos para a África e ao Controle da Movimentação Transfronteiras e à Gestão desses Lixos em África diz respeito, especificamente, aos países do continente africano. Não menciona REEE ou pilhas/baterias, porém esses materiais possuem componentes químicos e metais citados dentre as listas de categorias de lixo que são perigosas (Anexo I) e lista de características de risco (Anexo II) (OUA, 1991).

A Convenção de Roterdã sobre o Procedimento de Consentimento Prévio Informado Aplicado a Certos Agrotóxicos e Substâncias Químicas Perigosas Objeto de Comércio Internacional (PIC) versa sobre substâncias químicas, especialmente agrotóxicos e produtos industriais. Destaca que não se aplica a drogas/narcóticos, materiais radioativos, resíduos, armas químicas, produtos farmacêuticos, aditivos alimentares, alimentos e substâncias químicas em quantidades que provavelmente não afetem a saúde humana e ambiente (art. 2). Portanto, pilhas/baterias e REEE não são abrangidos pela Convenção.

A Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes versa sobre substâncias químicas encontradas em pesticidas, químicos industriais e geradas como produtos secundários industriais (CETESB, s/a). Também não contempla pilhas/baterias e REEE.

Outra dificuldade elencada pelos autores é que, enquanto os EEE são produzidos por fabricantes globais, a legislação sobre REEE é a nível nacional.

Extended Producer Responsibility, which uses waste management organizations, remains focused on recycling targets, freeing manufacturers from their primary responsibility to reduce, reuse and recycle materials. Baldé et al. (2017) and Forti et al. (2020) showed that accountability in developing countries faces further implementation problems due to the lack of infrastructure for e-waste collection and treatment and failure to comply with international standards. Spheres of government can support and facilitate the necessary investments in infrastructure for collection and recycling, promote market visions in line with the circular economy and encourage the use of local collectors and recyclers. Tong et al. (2018b) stressed that regulating producer responsibility triggers the formation of new market niches for recycling WEEE, creating opportunities for income generation, formalization of the informal sector and social inclusion. (FRANZ; SILVA, 2022, p. 11-12)².

Assim, enquanto há requisições às empresas em relação ao final da vida útil dos produtos, não se exige que a produção inicial siga o que se denomina *ecodesign*. A lei chilena nº 20.920/2016 traz, em seus princípios, a conceituação desse termo: "7) Ecodiseño: Integración de aspectos ambientales en el diseño del producto,

² A Responsabilidade Estendida do Produtor, que usa organizações de gerenciamento de resíduos, continua focada em objetivos de reciclagem, liberando os fabricantes de sua responsabilidade primária de reduzir, reutilizar e reciclar materiais. Baldé et al. (2017) e Forti et al. (2020) demonstraram que prestação de contas em países em desenvolvimento encara outros problemas de implementação devido a falta de infraestrutura para coleta e tratamento de e-waste e falhas para cumprir com padrões internacionais. Esferas governamentais podem apoiar e facilitar os investimentos necessários em infraestrutura para coleta e reciclagem, promover visões de mercado alinhadas com economia circular e encorajar o uso de coletores e recicladores locais. Tong et al. (2018b) evidenciou que regular a responsabilidade do produtor impulsiona a formação de novos nichos de mercado para reciclagem de REEE, criando oportunidades de geração de renda, formalização do setor informal e inclusão social. (FRANZ; SILVA, 2022, p. 11-12, tradução nossa).

envase, embalaje, etiquetado u otros, con el fin de disminuir las externalidades ambientales a lo largo de todo su ciclo de vida³" (CHILE, 2016).

O *ecodesign* não é expressamente colocado na PNRS, porém pode ser entendido como parte da definição trazida no art. 3º:

XIII - padrões sustentáveis de produção e consumo: produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras (BRASIL, 2010).

Adicionalmente, dentre os princípios elencados no art. 6º:

V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta (BRASIL, 2010).

Finalmente, entre os objetivos, no art. 7º: "III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; [...] XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável." (BRASIL, 2010). Bem como em toda a PNRS, a cooperação para a consecução desses objetivos e princípios fica clara, especialmente com a evidência feita ao consumo. Todavia, a lei não determina como deve ser exigida a responsabilidade de cada ator e, no caso dos consumidores, seu papel é "coletar e dar destinação final ao resíduo correspondente" (LOUBET, 2011, não paginado).

Segundo Araújo e Cunha (2018), a proteção do meio ambiente sempre colocou em foco o Estado e produtores, sendo eles os detentores dos meios de produção e o consumidor foi considerado como destinatário do direito, vítima dos impactos ambientais mais do que um ator com ações exigíveis. Seria um agente passivo,

³ Ecodesign: Integração de aspectos ambientais no desenho do produto, envase, embalagem, etiqueta ou outros, com o fim de reduzir as externalidades ambientais ao longo de todo seu ciclo de vida. (CHILE, 2016, tradução nossa).

dependente de ações do governo e empresários para prevenção ou reparo de danos ambientais. Todavia, o consumo é também um vetor de degradação ambiental:

O surgimento de uma sociedade de consumo decorre diretamente do desenvolvimento industrial. A partir de certo momento, em razão dos avanços tecnológicos, passou a ser mais difícil vender produtos e serviços do que fabricá-los. Este excesso de oferta, conjugado a uma enorme profusão de bens colocados no mercado, levou ao desenvolvimento de estratégias de marketing extremamente agressivas e sedutoras e às facilidades de crédito, quer das empresas industriais e de distribuição, quer do sistema financeiro. (RIBAS; SOUZA FILHO, 2016, p. 169-170).

Assim, o consumismo não é originado por puro interesse do consumidor, é fruto de pressões externas múltiplas que vincularam consumir à ideia de felicidade e inserção social e transformam desejos em necessidades insaciáveis (ARAUJO, CUNHA, 2018; ARAUJO, 2019; CALGARO; PEREIRA, 2020):

Essa felicidade dura o tempo de vida útil do produto. Após essa vida útil, como que por um passe de mágica, o produto desaparece e deve ser imediatamente substituído por outro. O consumidor não tem razões para importunar o fornecedor com informações sobre destinação dada, pois o importante é que esse mesmo fornecedor propicie um novo momento de felicidade com a colocação de mais um produto no mercado. (ARAUJO, 2019, p. 125).

Considerar que o consumidor utiliza o produto por pouco tempo e imediatamente requer sua substituição, fazendo com que ele se preocupe menos com as informações prestadas pelo fornecedor, implica em encarar o consumidor como uma figura "condescendente" (ARAUJO, 2019, p. 192), que pouco se importa com as consequências de seu consumo. Calgaro e Pereira (2021) consideram que o conformismo é traço característico da lógica do consumo, que se apoia da desestruturação dos espaços para corromper os valores das culturas, manipular as subjetividades e sustentar a mutabilidade onipresente.

A postura do consumidor, como visto, é condicionada em múltiplas bases pela cultura de consumo, complexificando as relações de consumo. Um condicionante é o sistema produtivo, que

[...] chega a programar o "tempo de vida" dos produtos e serviços colocados no mercado de consumo. Isso para que a recolocação de um produto novo seja mais rápida. Diminui-se a utilização do produto pelo consumidor, programando-o para que quebre num curto espaço de tempo. Um efeito disso é aumentar diretamente a produção de consumo e com isso gerar mais lucro para a empresa. Porém outra consequência e, essa mais danosa e preocupante, é a quantidade de resíduos que são gerados no meio ambiente em razão dessa lógica de mercado. (ARAUJO, 2019, p. 33).

A determinação de tempos de vida reduzidos nos produtos, para que esses sejam rapidamente descartados e criem a necessidade de novas aquisições constitui a obsolescência programada, neste caso, obsolescência pela qualidade, quando o bem de consumo tem sua vida útil reduzida por ser composto de técnicas ou materiais de qualidade inferior (ARAUJO, 2019). Também pode ocorrer a obsolescência por desejabilidade:

Lipovetsky salienta que o consumidor do "novo luxo" é multifacetado, uma vez que busca vários estilos e acaba adquirindo modelos de diferentes grupos, preços e formas, pois o consumo tem caráter emocional, experimental de novas sensações, "psicologizado". (CALGARO; PEREIRA, 2021, p. 40).

A obsolescência por desejabilidade, portanto, diz respeito a um novo produto com mudanças apenas estéticas, estimulando o desejo por meio de campanhas publicitárias psicologicamente apelativas. Já a obsolescência por função ocorre quando um novo produto, com as mesmas funções do anterior, é lançado ao mercado porém com eficácia superior, podendo estar vinculado aos avanços tecnológicos, o uso de materiais menos duradouros na versão anterior ou a dificuldades de ser encaminhado à reparação (ARAUJO, 2019; RODRIGUES; WERNER; BARCELLOS, 2020).

As relações de consumo demandam, em razão de suas características, uma tutela específica que saiba reconhecer os contextos em que tais estão envolvidas. É o caso da vulnerabilidade do consumidor [...], mas também do mercado de consumo massificado, que impõe necessidades dos consumidores e que estabelece o consumo como forma de inserção social, sublimando a obrigação de consumir cada vez mais. (ARAUJO, 2019, p. 98).

Calgaro e Pereira (2021, p. 41) afirmam que “a lógica de consumo é definida como a manipulação do consumidor”, evidenciando a vulnerabilidade do consumidor, que é uma característica reconhecida pelo art. 4 do Código de Defesa do Consumidor, oriunda do desequilíbrio entre consumidor e produtor nas relações de consumo.

[...] pode-se ter a vulnerabilidade econômica (em que o consumidor não possui condições financeiras iguais a um grande fornecedor); vulnerabilidade jurídica (em que o consumidor não tem conhecimento jurídico similar às grandes empresas que possuem departamentos jurídicos organizados); a vulnerabilidade informacional (em que o consumidor não tem a condição técnica de discernir, por exemplo, se uma publicidade é abusiva, enganosa ou escorregia), dentre outras. (CALGARO; PEREIRA, 2021, p. 42).

Referente a dependência do consumidor quanto a informações prestadas pelo fabricante:

A relação de consumo não é, por sua natureza, uma relação equilibrada. Essa premissa se confirma quando se percebe que o sistema produtivo é essencialmente massificado e impessoal, sendo o consumidor afastado de todo processo de fabricação de produtos e de prestação de serviço. Esse afastamento gera uma relação de dependência do consumidor com relação ao seu fornecedor, pois precisa das informações que são fornecidas por este para utilização dos bens de consumo de forma segura. A informação está nas mãos do fornecedor que pode ou não repassá-la de forma correta ao consumidor, que se torna refém

de tal informação, sendo esta um dos principais aspectos que geram a vulnerabilidade do consumidor. (ARAUJO, 2019, p. 70).

Sendo considerado vulnerável no mercado de consumo, a responsabilização do consumidor é complexa e passa pela mudança de postura do consumidor no mercado de consumo, sendo necessária a construção de uma relação ética em que se resgatem valores que consideram como o consumo repercute no outro. Para isso, o poder público precisa estar comprometido com suas obrigações de regulamentação, planejamento e fiscalização da gestão ambiental (ARAUJO; CUNHA, 2018; ARAUJO, 2019).

Acredita-se que tanto nas situações em que a degradação ambiental decorre da produção do bem a ser comercializado como na hipótese de o consumo do produto ser o fator que desencadeia a poluição, o "poluidor-que-deve-pagar" deve ser o produtor; seja na condição de poluidor direto, seja na de poluidor indireto. Isto porque, mesmo na qualidade de poluidor indireto, é o produtor quem cria e controla as condições que estão na origem do dano (características qualitativas e/ou quantitativas dos bens de consumo produzidos) e que vão desencadear a poluição: fabricação e lançamento no mercado de produtos que geram resíduos especiais pós-consumo; trata-se de produtos cuja utilização normal acaba sendo prejudicial a toda a sociedade. (MOREIRA, 2011, p. 119).

Assim, Moreira (2011) assinala que o produtor deve ser responsável não apenas pelo dano ambiental causado na produção do bem de consumo, mas também pelo que é ocasionado no pós-consumo. Isso se justifica pela natureza do sistema produtivo atual e dos produtos em si. Se evidencia que é necessário, sim, responsabilizar o produtor: o sistema produtivo programa o tempo de vida dos produtos e serviços para poder os recolocar rapidamente, produzindo mais consumo, gerando mais lucros. O consumidor, porém, sustenta esse sistema ao ter se acostumado a ele e não denunciar (ARAUJO; CUNHA, 2018; ARAUJO, 2019).

Ressalta Loubet que não se pode confundir responsabilidade pós-consumo ou mesmo a logística reversa com a obrigatoriedade das empresas tratarem

adequadamente seus resíduos, pois a responsabilidade, neste caso, não surge da relação de consumo, mas fundamenta-se no princípio do poluidor-pagador. (RIBAS; SOUZA FILHO, 2016, p. 179).

O princípio do poluidor-pagador tem como objetivo a internalização dos custos ambientais nas práticas produtivas, evitando que sejam suportados pela sociedade, permitindo a responsabilização jurídica do gerador dos custos ambientais (SARLET; FENSTERSEIFER, 2017). Segundo Loubet (2011), a responsabilidade compartilhada preconizada pela PNRS se sustenta pelo princípio do poluidor-pagador, elencado na lei brasileira.

A lei chilena nº 20.920/2016 não apenas adota esse princípio, como traz sua definição: "Art. 2º [...] a) El que contamina paga: el generador de un residuo es responsable de éste, así como de internalizar los costos y las externalidades negativas asociados a su manejo" (CHILE, 2016). Em contrapartida à responsabilidade compartilhada brasileira, no Chile se dá especial atenção ao papel dos produtores na estruturação de sistemas de gestão dos resíduos prioritários produzidos, sendo eles responsáveis pela organização, financiamento e cumprimento das metas de recolhimento.

Loubet (2011) considera que para compreender o princípio do poluidor-pagador é preciso considerar as externalidades negativas. Quando um produto é valorado, em seu preço estão inclusos os custos e benefícios de sua produção; todavia, alguns desses não têm valor definido no mercado, não sendo incluídos no preço.

Quando um custo é desconsiderado na elaboração do preço final de um produto/serviço, está-se diante de uma externalidade negativa. De outro lado, quando um benefício gerado por produto/serviço não é incluído em seu preço, está-se diante de uma externalidade positiva (NUSDEO, 2004, p. 209 *apud* LOUBET, 2011, não paginado).

As externalidades negativas em termos ambientais podem ser exemplificadas como atitudes das empresas que poluem o ambiente ou utilizam matéria-prima não

renovável indiscriminadamente, retirando bens naturais que participam da manutenção do equilíbrio ecossistêmico. A não internalização desses custos na produção permite que o produto tenha menos custos de produção quando a empresa não investe em métodos de tratamento dos poluentes ou quando o poluidor não paga/compensa pelo dano que gera, a mercadoria adquirindo vantagem no mercado pelo preço.

Dessa forma, enquanto a empresa lucra individualmente, os danos ambientais são sentidos pela humanidade conjuntamente (LOUBET, 2011). O princípio do poluidor-pagador traz como consequência que a empresa deve internalizar os custos das externalidades negativas; todavia, Aragão (2014) questiona se os poluidores são realmente os pagadores, considerando que o custo dessa internalização passa a compor parcela do preço final do produto, repassado ao consumidor. A autora entende que, do ponto de vista da empresa, esse repasse permite que uma política de proteção ambiental muito rigorosa não a leve à falência e, ecologicamente, o aumento dos preços reduz a procura de produtos que na fabricação e/ou consumo são poluentes.

O princípio da responsabilidade pós-consumo é corolário do princípio do poluidor-pagador, uma vez que se pretende a internalização de uma externalidade ambiental: neste caso, o resíduo oriundo do consumo de um produto.

Note-se que, regra geral, quando um produto é colocado no mercado e é consumido, a responsabilidade pelo tratamento dos resíduos produzidos por este consumo fica com o Poder Público.

Ou seja, cabe à toda a sociedade custear o tratamento e a destinação adequada do resíduo oriundo de uma relação de consumo em que o fornecedor obteve o lucro e o consumidor as vantagens que pretendeu com a aquisição do mesmo.

De igual maneira, quando não há tratamento e destinação adequados ao resíduo oriundo do consumo de determinado produto, quem arca com o ônus da perda da qualidade ambiental também é a própria sociedade.

Assim, a finalidade da logística reversa é justamente combater esta distorção de forma que o custo desta externalidade ambiental passe a ser arcado pelo fornecedor do produto que obteve lucro na operação. (LOUBET, 2011).

Ao mesmo tempo em que os pagamentos impostos pelo princípio do poluidor-pagador não têm juízo ético, pois o produtor os pode considerar como custos de produção a serem adicionados ao preço, é possível pensar que se esteja permitindo uma "compra do direito de poluir", cujo preço - da mercadoria e do dano ambiental - é sempre pago pelo consumidor (ARAGÃO, 2014; FOLADORI, 2001). Essa interpretação, no entanto, é equivocada:

O princípio poluidor-pagador não pode ser enxergado como criando um "direito de poluir", desde que o poluidor se predisponha a pagar pelos recursos que utilizou ou danificou. Seu objetivo principal não é a reparação ou mesmo a repressão do dano ambiental. Estas, como se sabe, são fundamentalmente, retrospectivas.

*Sua aplicação, muito ao contrário, deve ser uma alavanca efetiva de **prevenção** do dano ambiental, fazendo com que a atividade de preservação e conservação dos recursos ambientais, seja mais barata que a de devastação. O dano ambiental não pode, em circunstância alguma, valer a pena para o poluidor. (BENJAMIN, 1999, p. 228 apud CORRÊA, 2002, p. 45. Grifos no original.).*

Assim, o objetivo do princípio poluidor-pagador não é ressarcimento do dano que ocorreu ou "compra de créditos" para poluir, mas é um condicionante preventivo, que tem a intenção de ser mais oneroso do que o dano em questão. No mesmo sentido,

[...] Hansmeyer diz que, o que o poluidor deve pagar por força do PPP⁴, é o **custo da prevenção (avoidance cost)** e não o **custo do dano (damage cost)**. O **custo da prevenção**, por sua vez, é o custo da **ação de prevenção (avoidance action)** mais adequada. (ARAGÃO, 2014, p. 118, grifos da autora).

O princípio da prevenção é considerado, pela autora, a finalidade primária do PPP, sendo aplicado em casos em que se tem certeza de que determinada atividade

⁴ Princípio do poluidor-pagador

causou o dano em questão, implicando no controle da poluição quando não há normas de qualidade do ambiente. Quando há apenas suspeita de que uma atividade pode ser ambientalmente danosa, se adota o princípios da *precaução*, levando ao emprego de cuidados excepcionais no desenvolvimento da atividade (ARAGÃO, 2014).

No caso da extração de lítio das salinas, o dano ambiental, como visto no capítulo anterior, pode ser já observado e vinculado à expansão das atividades de exploração do lítio - vide a redução nos níveis de água superficial, que reflete no decréscimo da população de flamingos (VERA et al., 2023), o aumento da temperatura superficial e redução da umidade do solo; a redução da disponibilidade de água nos lençóis freáticos, levando à morte da espécie centenária de árvores Algarrobo (LIU; AGUSDINATA; MYNT, 2019); a produção de rejeitos da mineração, acumulados ao redor das áreas de exploração ou reinjetados na água, alterando sua composição química (FLEXER; BASPINEIRO; GALLI, 2018; VERA et al., 2023); além das alterações no tecido social, que indiretamente influenciam o ambiente com novos ou removidos aglomerados populacionais devido às migrações e a prática da venda do direito de uso de água (BABIDGE; BOLADOS, 2018; LIU; AGUSDINATA, 2020).

Portanto, entende-se que, na região das salinas, o controle da extração do lítio pode ser baseado no princípio da prevenção, o dano ambiental tendo ocorrido e podendo ser vinculado à expansão das atividades mineradoras no local. No Brasil, no entanto, o Vale do Jequitinhonha é alvo de alterações ambientais desde sua ocupação para "superar a seca" (característica daquele ecossistema) e permitir a expansão da fronteira agrícola e crescimento econômico (SILVA et al., 2020).

Na mesma perspectiva desenvolvimentista, o governo do estado de Minas Gerais lançou o projeto "Vale do Lítio", na região do Vale do Jequitinhonha, o governador Romeu Zema citando o "efeito multiplicador" do crescimento econômico, considerando a responsabilidade social das empresas (já operando na região, a CBL, com licença, a Sigma e, em sondagem, Latin Resources, Atlas Lithium e Lithium Ionic) participantes do projeto, a capacidade de geração de empregos e a importância do lítio na transição energética (AGENCIA MINAS, 2023).

Não foi possível encontrar documentos relacionados ao projeto. Acredita-se que, por ter sido oficialmente lançado em maio de 2023, ainda esteja em fase de elaboração. No entanto, algumas projeções são possíveis, como a necessidade de Estudos de Impacto Ambiental na região, para que seja emitido o licenciamento ambiental das atividades previstas.

O licenciamento ambiental tem natureza preventiva, constituindo a avaliação prévia dos impactos ambientais de empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores. É vinculado, portanto, aos princípios do poluidor-pagador (MOREIRA, 2011) e da prevenção: "A obrigatoriedade do licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras decorre diretamente do princípio constitucional da prevenção, pois é neste procedimento que se verificam os impactos da atividade e a forma de evitá-los ou mitigá-los" (LOUBET, 2011, não paginado).

Questiona-se como seria possível mensurar os reais impactos ambientais da mineração do lítio em uma região historicamente tão degradada; como seria possível criar nexos de causalidade entre danos ambientais e a extração do lítio, especificamente, quando na região ocorrem diversas atividades extrativas? Assim, enquanto no Triângulo do Lítio as atividades podem ser guiadas pelo princípio da prevenção, entende-se que no Vale do Jequitinhonha o princípio da *precaução* é, por hora, mais adequado quando se passa a considerar a expansão da mineração do lítio.

Mesmo assim, algumas consequências podem ser conjecturadas com base nas falas reportadas do lançamento do projeto Vale do Lítio e as circunstâncias do Triângulo do Lítio: primeiramente, o secretário de Estado de Desenvolvimento Econômico, Fernando Passalio ressaltou que o projeto "trará diversas empresas e empregos de qualidade para a região, transformando a realidade local" (AGENCIA MINAS, 2023). No Triângulo do Lítio, apesar de inicialmente a mão de obra empregadas ser regional, com a consolidação das empresas no local, os trabalhadores passaram a migrar de outras regiões, alguns permanentemente, porém a maioria apenas para trabalho, residindo em outras regiões, não contribuindo à economia local (LIU; AGUSDINATA, 2020).

Assim, considera-se que, bem como no período de investimento dos governos militares (SILVA et al., 2020), o crescimento econômico ocorrerá e a infraestrutura da

região, principalmente a que poderá ser usada no transporte do lítio, será melhorada; porém não há garantias de que as condições econômicas da população local serão beneficiadas.

Relacionado às condições de vida da população local, o governador evidenciou a responsabilidade social das empresas que participarão do programa; como visto no Triângulo do Lítio, as empresas passaram a fazer parte da dinâmica da população local, principalmente com os investimentos em infraestrutura e ações beneficentes. A CBL e a Sigma Lithium, já presentes no Vale do Jequitinhonha, já realizam ações filantrópicas e têm iniciativas de incentivo econômico à população (AGENCIA MINAS, 2023; ALVES, 2023; CBL, 2019).

[...] a atuação empresarial, mesmo contribuindo para melhorar as condições de vida de algumas parcelas da população, não transforma os excluídos em cidadãos: apenas os assiste, tornando-os dependentes da ajuda privada que, por seu turno, depende das flutuações e dos interesses dos empresários. (BEGHIN, 2005, p.103).

Salienta-se: filantropia e ações beneficentes diferem muito de efetivação de direitos e, portanto, não são garantias de inclusão, cidadania e de permanência de longo prazo; pelo contrário, majoritariamente constituem iniciativas pontuais (IAMAMOTO; CARVALHO, 2006) que tratam do "sintoma" ao invés de incidir na origem das expressões da questão social enfrentadas pela população, que corre o risco de perder o acesso a esses empreendimentos quando não for mais lucrativo à empresa manter suas instalações no local.

Visto que os danos ambientais envolvidos na produção podem ser facilmente localizados, é preciso ainda pensar nos resíduos do consumo, cuja distribuição geográfica não coincide completamente com o local onde é gerado (FOLADORI, 2001; FORTI et al., 2020)

We note that existing studies are largely focused on impacts associated with battery technologies, rather than impacts of local mining activities. The impacts of the former issue are likely to be felt in relatively industrialized countries where electric vehicle demand is high; the latter impacts occur in geographic contexts

where regulation may be less well enforced and the populations affected less able to bring attention to their concerns. Overall, studies on social impacts are much less developed than environmental impacts in general. In particular, impacts on local communities and indigenous groups have been rarely studied. (AGUSDINATA et al, 2018, p. 10)⁵.

Apesar de Agusdinata et al. (2018) considerarem que os países onde ocorre a mineração do lítio encaram como principal ônus as consequências da degradação ambiental e localizarem os problemas relacionados às baterias nos países mais industrializados, o destino de 76% (34.1 Mt) do e-waste gerado mundialmente tem destino não sabido, seguindo pelas rotas de descarte inadequado, reciclado informalmente e exportado (MIHAI et al., 2019, p. 3). Assim, o ônus da poluição pós-consumo também é maior nos países com economias e mecanismos regulatórios menos robustos.

WEEE treatments in Japan, Europe, and the United States use technologies with a higher degree of mechanization including expensive equipment and high operating costs (Jinhui et al., 2013). This fact may favor the illegal traffic of weee stream from high-income countries towards developing ones in Africa or Asia where low-tech recycling practices using intensive manual labor prevail. (MIHAI et al., 2019, p. 3)⁶.

A reciclagem manual, do setor informal, é pouco regulada nos sentidos de segurança dos trabalhadores e do ambiente e, ao mesmo tempo, garante renda a milhares de pessoas (em 2021, o Movimento Nacional de Catadores de Materiais

⁵ Percebemos que os estudos existentes são majoritariamente focados nos impactos associados com tecnologias de baterias, ao invés de nos impactos locais das atividades mineradoras. Os impactos das primeiras são provavelmente sentidos em países relativamente industrializados onde a demanda por veículos elétricos é alta; os impactos das segundas ocorrem em contextos geográficos onde a regulamentação pode ser menos bem imposta e a população afetada menos capaz de atrair atenção a suas preocupações. No total, estudos dos impactos sociais são muito menos desenvolvidos do que dos impactos ambientais em geral. Particularmente, impactos nas comunidades locais e em grupos indígenas foram raramente estudados. (AGUSDINATA et al, 2018, p. 10, tradução nossa).

⁶ Tratamento de REEE no Japão, Europa e Estados Unidos usa tecnologias com maior grau de mecanização incluindo equipamentos caros e altos custos operativos (Jinhui et al., 2013). Esse fator pode favorecer o tráfico ilegal do fluxo de REEE de países com maior renda em direção aos em desenvolvimento na África ou Ásia, onde práticas de reciclagem de baixa tecnologia usando trabalho manual intensivo prevalecem. (MIHAI et al., 2019, p. 3, tradução nossa).

Recicláveis estimou que havia mais de 800,000 catadores ativos no Brasil) e impulsiona o mercado da reciclagem, levando ao reconhecimento institucional e a tentativas de integração ao sistema formal e de inclusão social desses agentes (FRANZ; SILVA, 2022).

Another problem is the marginalization of waste scavengers. Dejours (2006) states that work is a source of paradox: it can be alienating and emancipatory, bringing pleasure and suffering. Work is alienating when people become to tolerate, allow and participate in social injustices, violations of labor laws, and work under poor security conditions, for example, even unconsciously. In this way, the worker suffers by living with these injustices and with the idea of not meeting the organizational demands, not achieving the expected performance. However, the work is emancipatory because those who have work can generally sustain themselves, have a decent life and be recognized as a citizen, with an identity, bringing them pleasure and social fulfillment. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020, p. 300)⁷.

Há esforços no sentido de promover a inclusão dos catadores, partindo da PNRS, cujo décimo segundo objetivo é a "integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos" e, dentre as metas periódicas da União e estados, está a "eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis", sendo esses trabalhadores, ainda, incentivados a constituírem associações e a, por meio dessas, participarem da estruturação do manejo dos resíduos sólidos em todas as etapas de seus ciclos de vida (BRASIL, 2010).

⁷ Outro problema é a marginalização dos catadores de resíduos. Dejours (2006) afirma que o trabalho é uma fonte de paradoxo: pode ser alienante e emancipatório, trazendo prazer e sofrimento. Trabalho é alienante quando as pessoas começam a tolerar, permitir e participar em injustiças sociais, violação de leis trabalhistas e trabalharem sob más condições de segurança, por exemplo, mesmo que inconscientemente. Dessa forma, o trabalhador sofre por viver com essas injustiças e com a ideia de não atingir as demandas organizacionais, não alcançando a performance esperada. Todavia, o trabalho é emancipatório pois aqueles que têm um trabalho geralmente conseguem se sustentar, ter uma vida decente e serem reconhecidos como cidadãos, com identidade, trazendo-lhes prazer e realização social. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020, p. 300, tradução nossa).

No Chile, esses atores são referidos como recicladores de base, definidos na Lei nº 20.920/2016 como

Persona natural que, mediante el uso de la técnica artesanal y semi industrial, se dedica en forma directa y habitual a la recolección selectiva de residuos domiciliarios o asimilables y a la gestión de instalaciones de recepción y almacenamiento de tales residuos, incluyendo su clasificación y pretratamiento (CHILE, 2016)⁸.

Apesar disso, os catadores, no Brasil, se encontram em situação de vulnerabilidade: em 2015, 20,5% eram analfabetos, 49,8% residiam em habitações sem saneamento básico, cerca de 43% não se vinculava ao sistema de previdência social, assim não podendo acessar benefícios previdenciários (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020).

[...]. Enfrentam, diariamente, sofrimento, violência, desrespeito, baixa renda, desproteção e descrédito da sociedade, na relevância da função que vê, comumente, sua atividade como “não trabalho”; logo digno de pena ou de desprezo, com conotação visivelmente inferior. São tratados como subgente e, entendidos como tal, “merecem ter subvida”. (CAMARDELO; OLIVEIRA; STEDILE, 2021, p. 79)

Além da exclusão social, enfrentam ainda as consequências do não uso consistente de equipamentos de proteção individual, mesmo quando participam formalmente do setor da reciclagem, propiciando a exposição a diversos materiais danosos à saúde humana e ambiental.

[...] According to Silva, Martins and Oliveira (2008), the scavengers are usually excluded from the labor market, with no education and very low income. These people collect the waste interesting for them before the passage of trucks from

⁸ Pessoa natural que, por meio do uso da técnica artesanal ou semi industrial, se dedica de forma direta e habitual a coleta seletiva de resíduos domiciliares ou equiparáveis e gestão de instalações de recebimento e armazenamento de tais resíduos, incluindo sua classificação e pré-tratamento. (CHILE, 2016, tradução nossa).

the public collection or in the dumps. Such work is unhealthy because there is a risk of these people having illnesses or hurting themselves by flipping the trash, transporting some types of WEEE without safety, and especially by manipulating this waste to extract the most commercially valuable materials. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020; p. 306)⁹.

O tratamento que os catadores e recicladores informais dispensam aos REEE é de desmonte para obtenção de materiais para revenda, sendo crucial para mitigar o uso de recursos naturais (FRANZ; SILVA, 2022; MIHAI et al., 2019; RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020). No entanto, esse desmonte nem sempre é realizado adequadamente:

In an interview with a worker from a cooperative, it was reported that, in order to remove the copper from a cathode ray tube, they put the tube inside a plastic bag, wrap it with a plastic canvas, break the glass, and wait for “the dust falls down because it is bad for health”. Then, they remove the desired material and send the (contaminated) glass for recycling. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020, p. 306-307)¹⁰.

Como no exemplo do trecho acima, o desmonte informal por vezes inviabiliza que o material possa retornar à cadeia produtiva por estar contaminado e, possivelmente, tenha partes descartadas por não haver rota de revenda acessível. Com o descarte em aterros, surge ainda outra rota de recuperação de materiais: a mineração urbana, que se estende até a remoção de metais de estruturas urbanas (FRANZ; SILVA, 2022).

⁹ Conforme Silva, Martins e Oliveira (2008), os catadores são geralmente excluídos do mercado de trabalho, sem educação e com muita baixa renda. Essas pessoas coletam os resíduos que lhes é interessante antes da passagem dos caminhões de coleta pública ou em “lixões”. Tal trabalho é insalubre pois há risco dessas pessoas adoecerem ou se machucarem virando o lixo, transportando alguns tipos de REEE sem segurança e especialmente na manipulação desses resíduos para extrair os materiais mais comercialmente valiosos. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020; p. 306, tradução nossa).

¹⁰ Em uma entrevista com um trabalhador de uma cooperativa, foi relatado que, para remover o cobre de um tubo de raio catódico, eles colocam o tubo dentro de um saco plástico, envolvem em lona plástica, quebram o vidro e esperam a “poeira cair pois ela é ruim para a saúde”. Depois, eles removem o material desejado e enviam o vidro (contaminado) à reciclagem. (RODRIGUES, WERNER, BARCELLOS, 2020, p. 306-307, tradução nossa).

Urban mining in WEEE aims to recover secondary raw materials from available urban stocks and enables the re-entry of WEEE into the production chain in the form of products, components, materials and substances. The magnitude of these processes and systems will depend on the decision makers, who will influence the extent of WEEE recovery (OTTONI et al., 2020 *apud* FRANZ; SILVA, 2022; p. 5)¹¹.

Da mesma forma que a mineração urbana, a magnitude da reciclagem informal e a recuperação de materiais dos REEE também é condicionada pelos tomadores de decisão. Todavia, a ideologia que sustenta a discriminação que atinge os catadores e envia a percepção do trabalho que exercitam como uma forma de *subvida* é mantida pelo Estado, quer oficialmente, quer por negligência intencional¹².

O estigma sobre o trabalho com lixo ameaça a sustentabilidade social e econômica do trabalho de catador de materiais recicláveis, e a discriminação dos catadores continua em uma fase de progressivo aumento dos consumos no Brasil, no qual o papel dos catadores no desenvolvimento de metodologias sustentáveis para a gestão de resíduos sólidos poderia ser de grande valia. (MORBIDINI, 2016, p. 66 *apud* CAMARDELO; OLIVEIRA; STEDILE, 2021, p. 89).

Os catadores, portanto, são atores fundamentais ao meio ambiente, promovendo a seleção dos resíduos descartados e seu retorno à cadeia produtiva, porém sua atuação “às margens”, informal, impede o reconhecimento da importância do papel que desempenham e os enfraquece como elo da rede de reciclagem.

¹¹ Mineração urbana em REEE busca recuperar materiais brutos secundários de estoques urbanos disponíveis e permite a reentrada de REEE na cadeia de produção na forma de produtos, componentes, materiais e substâncias. A magnitude desses processos e sistemas dependerá dos tomadores de decisão, que influenciarão a amplitude de REEE recuperado (OTTONI et al., 2020 *apud* FRANZ; SILVA, 2022; p. 5, tradução nossa).

¹² “Segundo a ótica do Direito, compreende-se que existe negligência quando há desatenção ou falta de cuidado ao exercer certo ato, consistindo na ausência da necessária diligência. Diferentemente do dolo, que presume a ciência do dano (como objetivo ou possibilidade, em virtude do risco), a negligência, nessa perspectiva inicial, é a inobservância de normas que ordenam agir com atenção, capacidade e discernimento. Ainda na esfera do Direito, localizamos debate a respeito da intencionalidade da negligência compreendida como não apenas uma inobservância da lei, mas como uma ação incorporada por parcela de consciência e voluntarismo, em que a intenção é reconhecida e consciente (Código Civil, 2002).” (BERBERIAN, 2015, p. 53).

The biggest hurdle is to ensure the safe and sustainable recycling process [...]. The attempt can only be possible with the mutual integration or merging the informal sector into the formal unit and legalizing their role in the E-waste management (ARYA; KUMAR, 2020, p. 16 *apud* FRANZ; SILVA, 2022, p. 12)¹³.

A integração do setor informal aos mecanismos formais de reciclagem oferece uma possível resposta a um dos problemas do gerenciamento dos REEE. Essa incorporação, no entanto, depende da mudança de atitude do Estado, do foco das políticas públicas e da sociedade, que precisa estar de acordo com esse projeto de busca pela equidade e inserção social.

Para ser diferente, o Estado deveria ter políticas de capacitação, de formação de cidadania, de combate às desigualdades, de proteção social. Em outros termos, um projeto diferenciado da “malvadez neoliberal”, instalado no Brasil que projeta e executa as “injustiças a que são submetidos os esfarrapados do mundo”. (CAMARDELO; OLIVEIRA; STEDILE, 2021, p. 99).

Assim, enquanto a logística reversa é *locus* privilegiado para a ampliação da responsabilidade dos produtores, o âmbito de proteção social aos catadores e consumidores é terreno do Estado. A seção seguinte pretende apresentar caminhos para aprimorar a cadeia produtiva do lítio e do descarte das LIBs, com base nas problemáticas apresentadas até o momento.

Retomando o que foi dito na seção, os REEE podem ser recolhidos formalmente ou informalmente, nesse caso, por atores privados com infraestrutura de gerenciamento ou por indivíduos que não dispõem dessa infraestrutura ou, finalmente, apenas descartados e tratados como “lixo” comum. A destinação desses resíduos depende da atitude do consumidor, que é condicionada pelo conhecimento

¹³ O maior obstáculo é assegurar o processo de reciclagem seguro e sustentável [...]. A tentativa só é possível com integração mútua ou mescla do setor informal na unidade formal e legalização de seu papel no gerenciamento de e-waste (ARYA; KUMAR, 2020, p. 16 *apud* FRANZ; SILVA, 2022, p. 12, tradução nossa).

específico sobre a destinação, disponibilidade de coletores e vinculação aos aparelhos pelo valor monetário ou afetivo, dentre outros.

O gerenciamento adequado dos REEE é comprometido pela compreensão que os atores envolvidos na cadeia de descarte tem da legislação e pelos caminhos informais ou ilegais que os REEE percorrem: enquanto o mercado produtivo e de consumo de EEE é globalizado, os resíduos desses aparelhos são tratados a nível nacional, abrindo caminho à exportação de REEE para países com menos mecanismos regulatórios, sob a justificativa de doações ou descarte sem compromisso.

O princípio da responsabilidade estendida do produtor é adotado por diversos países, como visto anteriormente. Todavia, o maior enfoque dado é à reciclagem, quando o investimento em ecodesign poderia facilitar tanto a reciclagem quanto a economia circular. O ecodesign está presente expressamente no aparato normativo chileno e pode ser entendido como parte dos padrões sustentáveis de produção e da ecoeficiência preconizada na PNRS. Porém, como princípios, não são passíveis de serem exigidos dos produtores, especialmente no Brasil, quando a responsabilidade do produtor é recolher sua mercadoria no fim da vida útil.

Já a responsabilidade do consumidor, conforme a PNRS, se limita a recolher e descartar corretamente os resíduos, considerando sua posição vulnerável frente à obsolescência programada e a falta de informação. Todavia, o consumidor é parte do problema da degradação ambiental ao aderir à cultura do consumo, sendo convencido que consumir é uma forma de inserção social e adotando uma postura conformista ou condescendente frente às consequências de suas atitudes.

Frente a essa vulnerabilidade, especialmente no que tange ao convencimento mercadológico e a falha de informação, o poluidor deveria ser o ente mais responsabilizado não só na produção, mas também no pós-consumo, fundado no princípio do poluidor-pagador, considerando o custo das externalidades negativas que devem ser internalizadas pelo produtor, mas acaba sendo repassado ao consumidor quando compra o produto. A internalização do custo de operacionalizar a logística reversa seria uma outra face do princípio do poluidor-pagador, constituindo um pagamento para evitar que o dano ocorra, passando a integrar o princípio da prevenção.

Pensando na extração do lítio na América Latina, há diversos estudos vinculando os danos ambientais às atividades extrativistas nas salinas, sendo possível, portanto, aplicar o princípio da prevenção nas regulações às empresas implantadas. No entanto, no Brasil, até o momento, não existem estudos que mensurem os impactos da extração do lítio no Vale do Jequitinhonha, especialmente porque o projeto de expansão das atividades mineradoras na região foi anunciado neste ano.

Entende-se, portanto, que o princípio da precaução deve, por hora, guiar o projeto do Vale do Lítio, considerando os possíveis danos que podem ser previstos com base nas alterações que o Triângulo do Lítio já sofre, particularmente em relação à dinâmica socioeconômica, considerando que os métodos extrativos diferem consideravelmente no Brasil e no Triângulo do Lítio.

Outros danos ambientais decorrentes da cadeia produtiva do lítio são os REEE, que têm maior impacto também nos países “menos desenvolvidos”, devido à exportação dos resíduos a eles e à reciclagem informal preponderante. Além dos impactos ambientais do descarte irregular, aterramento e queima dos resíduos, há, ainda, consequências aos catadores que, apesar do objetivo de inclusão trazido na PNRS, ainda vivem em situação de vulnerabilidade e insegurança.

Quanto aos principais problemas apontados nessa seção e na anterior, enfocando o Brasil, inicia-se com as rotas de recolhimento. No Brasil há legislação e instrumentos que determinam a logística reversa como rota de destino das pilhas e baterias, sendo a logística reversa de responsabilidade compartilhada entre consumidores, que devem devolver as mercadorias após o uso aos distribuidores/comerciantes que, por sua vez, precisam às retornar aos produtores/importadores, com a responsabilidade de lhes dar a destinação final adequada.

O primeiro problema surge, então, pelo fato de que a legislação não garante que os resíduos sigam o canal formal, seja, dentre outros, por desconhecimento dos consumidores quanto a onde devem depositar as baterias, ou por não existirem coletores específicos nos locais que frequentam.

Disso decorre o segundo problema, que é o descarte de REEE junto ao “lixo comum”, cuja destinação não é adequada aos REEE, que possuem componentes

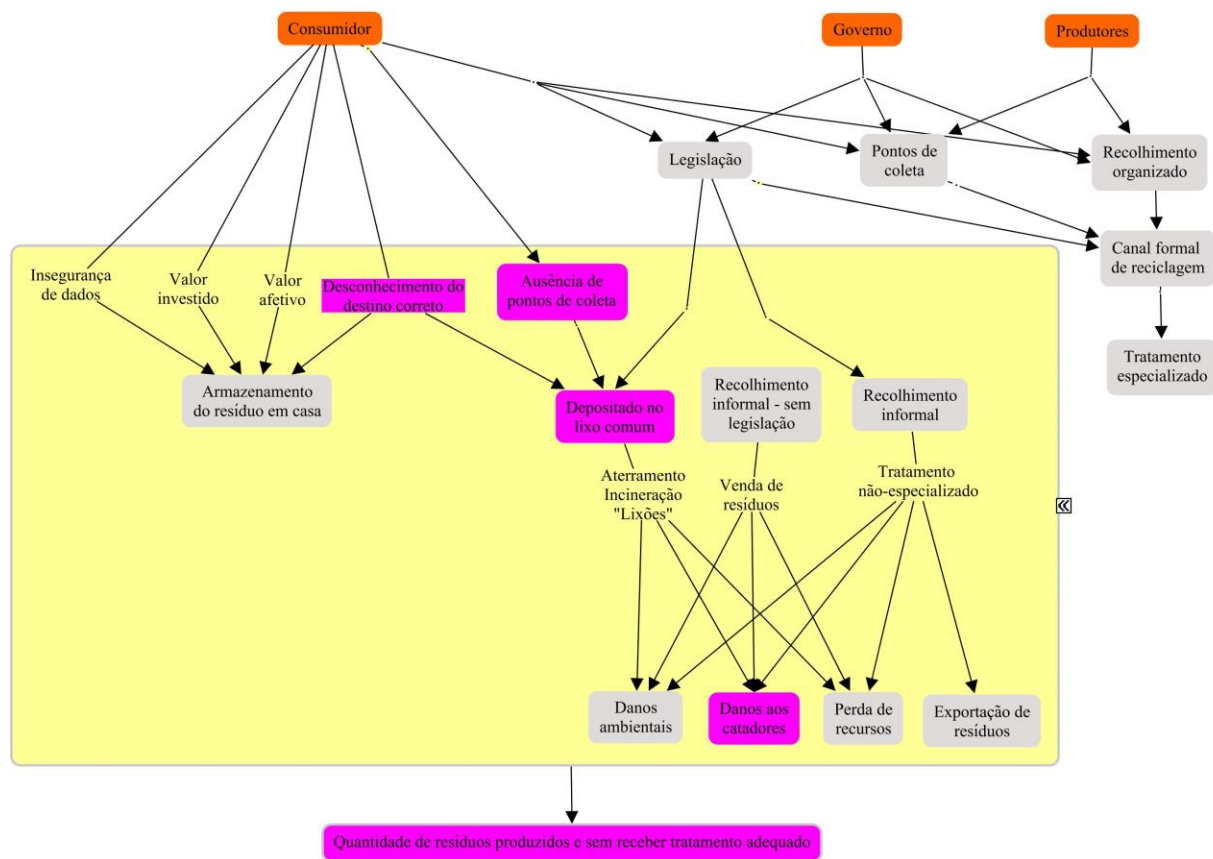
ambientalmente perigosos se aterrados ou incinerados, por exemplo. Seja nos "lixões" ou enquanto ainda nos coletores de resíduos, os REEE podem ser recuperados por meio da ação dos catadores de resíduos, cujo atuação é, dessa forma, muito importante para evitar que esses REEE cheguem à disposição final inadequada e que os materiais possam retornar à cadeia produtiva.

No entanto, as vulnerabilidades múltiplas que os catadores enfrentam cotidianamente, que englobam fatores socioeconômicos e de segurança do trabalho (dentre muitos outros), se apresentam como um terceiro problema da rota que as LIBs seguem quando descartadas informalmente, bem como a forma como os REEE são reciclados nesse meio, perdendo componentes e expondo os trabalhadores a substâncias tóxicas pelo desmonte improvisado realizado.

Isso conduz a um quarto problema, o design das LIBs. Como visto anteriormente, cada empresa compõe suas baterias com misturas químicas e invólucros diferentes, o que impossibilita a organização da reciclagem eficiente e padronizada. Ademais, pouco se responsabilizam as empresas sobre o pós-consumo das mercadorias, quando a reciclagem poderia ser facilitada se os produtos fossem pensados com esse fim desde sua origem.

Um último problema é a quantidade de resíduos sendo gerada e a localização do descarte, questões que transitam pela sociedade do consumo e pela dinâmica mundial que, além de retirar matéria-prima de países "subdesenvolvidos", ainda os utiliza como depósitos de bens considerados obsoletos ou de "lixo", direcionando grande parte das externalidades negativas, tanto da produção quanto do pós-consumo, ao "terceiro mundo".

Figura 8 - Fluxograma representando os caminhos que os REEE seguem e aspectos negativos que trajetos inadequados suscitam



Fonte: elaborada pela autora

O fluxograma acima ilustra como esses cinco núcleos problemáticos surgem, representados em rosa, partindo dos três atores considerado nesta dissertação como principais envolvidos no pós-consumo das REEE, na cor laranja: consumidores, governo e produtores. Percebe-se que para que os consumidores façam chegar seus REEE ao canal de reciclagem formal dependem da existência de pontos de coleta ou recolhimento organizado, condicionados todos pela legislação; ao governo cabe a elaboração e efetivação dessa legislação, bem como, em conjunto com os produtores (representando varejistas e intermediários em geral), a disponibilização de pontos de coleta e recolhimento.

Muito sinteticamente, para vincular aos problemas discutidos a seguir, quando não seguem o canal formal de reciclagem, é devido ao desconhecimento do destino correto por parte do consumidor ou pela ausência de pontos de coleta, que incidem no descarte dos REEE junto ao "lixo comum", prejudicando os catadores (além do ambiente e propiciando perda de matéria prima) e compondo o montante de REEE descartados que não recebem destino adequado.

A próxima seção, portanto, considera as problemáticas aqui apresentadas para ponderar algumas possibilidades de aprimoramento às cadeias produtiva e de reciclagem do lítio no Brasil, tendo como chave a responsabilidade estendida do produtor e o ecodesign e a responsabilidade do Estado em relação aos catadores/recicladores e consumidores.

3.3 DIRETRIZES PARA O APRIMORAMENTO DA LOGÍSTICA REVERSA DAS LIBs

Seguindo a proposta da seção anterior, os cinco grupos de problemas apontados em relação à logística reversa de pilhas e baterias serão tratados em sequência e complementarmente, inicialmente apresentando e discorrendo sobre o núcleo problemático em questão, apresentando a amplitude de sua gravidade para, em sequência, considerar caminhos para sua resolução. Ao final, todas as considerações realizadas são reunidas e retomadas, permitindo identificar pontos chave que unem os problemas considerados e como a conduta de determinados atores pode caminhar para a resolução das questões.

Iniciando com o primeiro conjunto, relacionado ao canal formal de logística reversa e os principais obstáculos para que ele seja seguido, apesar do sistema de logística reversa de pilhas estar em operação no Brasil, apenas 3,6% dos municípios brasileiros possuíam, em 2014, Ponto de Entrega Voluntária para pilhas (ABINEE, 2014 *apud* COUTO; LANGE, 2017). Em 2021, conforme pesquisa realizada com 2.075 pessoas de 13 estados brasileiros mais o Distrito Federal pela Green Eletron, a “maior gestora brasileira sem fins lucrativos para a logística reversa de eletroeletrônicos e pilhas de uso doméstico que não têm mais utilidade” (GREEN ELETRON, 2021, p. 3), 33% dos entrevistados nunca haviam ouvido falar em pontos ou locais de descarte correto para lixo eletrônico; mesmo dentre os que sabiam da existência dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), apenas 7% davam destino correto a esses resíduos, 20% não sabiam onde há coletor; 21% diziam que era distante e 21% afirmaram que não havia coletores onde residem. Assim, 25% dos entrevistados que ouviram falar em PEVs, nunca levaram seus REEE para descarte no local (GREEN ELETRON, 2021).

É importante evidenciar que 33% dos entrevistados relacionaram o termo “lixo eletrônico” ao meio digital (spam e outros arquivos) e 42% com aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos quebrados; desses, 20% mencionaram apenas aparelhos eletrônicos/eletrodomésticos, 9% mencionaram pilhas e baterias e 7% mencionaram celular/computador e afins (GREEN ELETRON, 2021).

Dos 75% que levaram algum resíduo ao PEV, mais da metade afirmou que os postos de coleta estavam a mais de 15 minutos de carro de sua residência (GREEN ELETRON, 2021). Como motivos para não descartar nos PEVs

[...] parcela significativa (36%) concorda que é trabalhoso fazer o descarte correto. Ainda há os que não têm tempo para se preocupar com o descarte (17%) e até que não se importam em descartar no lixo comum (13%). Ainda assim, revenda e doação estão no DNA dos brasileiros. 43% procuram doar os itens em boas condições de uso e 30% os vendem.” (GREEN ELETRON, 2021, p. 19).

Assim, o problema inicia com o desconhecimento de muitas pessoas sobre o que pode ser considerado como REEE, tendo uma visão limitada dos resíduos que se encaixam na categoria, além das dificuldades relacionadas ao descarte desses

resíduos: onde descartar e a distância dos postos de coleta. Conforme estudo de Pessanha e Morales (2020), a localização dos PEVs é o critério considerado como mais importante pelos consumidores na hora do descarte de celulares, computadores e tablets.

Também fica claro que 87% da população guarda algum tipo de eletroeletrônico sem utilidade em casa por mais de 2 meses e 25% da população nunca levou seus resíduos eletrônicos até um ponto de coleta, ou PEV (Ponto de Entrega Voluntária). A pesquisa apontou também que quanto mais próximos os PEVs estão do consumidor, maior será a frequência do descarte. (GREEN ELETRON, 2021, p. 18).

Concorrentemente, 71% dos entrevistados afirmou que “não há muita informação na mídia sobre o lixo eletrônico e seu descarte correto” (GREEN ELETRON, 2021, p. 7). Confirma-se que além do desconhecimento sobre o que fazer com os REEE e onde os depositar, não há capilaridade da coleta adequada, a despeito do Acordo Setorial. Assim, há uma grande quantidade de pessoas que armazenam seus REEE e/ou, em menor escala, mas não menos importante, os destinam ao lixo comum, ambos motivados, principalmente, pela dificuldade em realizar o descarte correto (GREEN ELETRON, 2021). Mesmo assim, apesar de não saberem o que fazer com os REEE ou onde adequadamente descartar, Pessanha e Morales (2020) afirmam que os consumidores, em sua maioria, se preocupam com o destino desses resíduos.

As pointed out, consumers are willing to deliver their EEE when there is an appropriate option for disposing of them. One of the strategies that can be adopted by the public power, in partnership with companies producing and marketing, is to collect this waste and send it to companies located in Brazil. Such collection can be done by recycling cooperatives and municipal waste pickers who appear within the reverse supply chain as suppliers of LR services to producing companies. (PESSANHA; MORALES, 2020, p. 16)¹.

¹ Como apontado, consumidores estão dispostos a entregar seus EEE quando há uma opção adequada para disporem deles. Uma estratégia que pode ser adotada pelo poder público, em parceria

Dessa forma, vislumbram-se dois caminhos complementares para que os REEE consigam iniciar sua rota de logística reversa (LR) adequada. Primeiramente, a informação:

Informação voltada aos integrantes da cadeia produtiva, especialmente aos consumidores finais, é um dos elementos fundamentais de qualquer iniciativa na área de LR. É importante destacar que o papel da informação e da comunicação nos processos logísticos permaneceu historicamente em segundo plano na gestão da cadeia de suprimentos (BOWERSOX; CLOSS, 1996 *apud* DEMAJOROVIC et al., 2012, p. 166).

Assim, é essencial que o consumidor seja informado sobre como descartar corretamente esses resíduos, incluindo a importância de sua realização e a caracterização dos REEE. O segundo caminho considerado para o prosseguimento da logística reversa é a difusão de pontos de coleta, que será tratado conjuntamente com o questionamento relacionado à responsabilidade estendida do produtor, visto que ainda existem divergências sobre as atribuições de cada ator da cadeia de logística reversa.

A respeito do primeiro caminho elencado,

A informação ambiental contribui [...] para a mudança de condutas e comportamentos, tendo papel fundamental na preservação ambiental, como subsídio para nossa ação no mundo, contribuindo para a diminuição de incertezas diante do meio ambiente, quer seja natural ou construído pelo homem, pois para além das necessidades do sistema produtivo, todos temos direito à informação que possa diminuir nossa incerteza diante do meio ambiente, uma informação que subsidie nossa ação no mundo. (CUNHA; SILVA, 2016, p. 83).

As autoras consideram que a informação é capaz de modificar a consciência do indivíduo, contanto que seja relacionada ao conhecimento; para Pellicer (1997

com companhias de produção e marketing, é coletar esses resíduos e os encaminhar para companhias localizadas no Brasil. Tal coleta pode ser feita por cooperativas recicladoras e catadores municipais que aparecem na cadeia de logística reversa como provedores de serviços de LR para companhias produtoras (PESSANHA; MORALES, 2020, p. 16. Tradução nossa).

apud COUTINHO; LISBÔA, 2011), a informação é a base do conhecimento, que necessita operações intelectuais que mobilizem as informações anteriormente armazenadas com as novas, possibilitando que essa seja decifrada com base na percepção e conhecimento de mundo do receptor (CUNHA; SILVA, 2016).

A comunicação é essencial para informar como o consumidor pode se inserir no processo e também servir como um motivador para sua participação. É o caso dos programas de baterias e aparelhos celulares: seu sucesso está diretamente ligado à integração dos consumidores no processo, disponibilizando-se a levar seus aparelhos antigos aos canais de distribuição reversa. Nesse contexto, argumenta-se que uma forma de aumentar a eficácia de programas de LR pode estar em planejar e implementar programas de comunicação orientados pelos princípios da comunicação integrada de marketing (CIM), objetivando mudanças no comportamento dos consumidores. (DEMAJOROVIC et al., 2012, p. 168).

Todavia, "informação pode aproximar as pessoas do problema, porém não levam por si só à produção de alterações significativas sobre o que e como fazer com o descarte pós-consumo." (GIARETTA et al., 2010, p. 674). Se as percepções do indivíduo forem baseadas na cultura do consumo e na cisão entre sociedade e natureza, o conhecimento construído com base naquela informação não caminhará na direção de atitudes sustentáveis. Por isso, é preciso uma mudança de paradigma para que seja construída uma racionalidade diferente, que pode ser fundada na educação, capaz de impulsionar a concatenação da informação e do conhecimento (ALVES; CUNHA; SOUSA, 2018; ARAUJO; CUNHA, 2018; GRÜN, 2002).

A construção de uma racionalidade ambiental, aliada às transformações sociais e às inovações científico-tecnológicas, possibilitam a mudança nos efeitos do processo produtivo sobre a oferta natural de recursos, o equilíbrio ecológico e a poluição ambiental [...]. Um conjunto de processos sociais são necessários para a resolução dos problemas ambientais e para a incorporação das condições ecológicas e bases de sustentabilidade aos processos econômicos, isto com vistas a criação da racionalidade ambiental e um desenvolvimento alternativo, são eles: a incorporação de valores do ambiente na ética individual, nos direitos

humanos e nas normas jurídicas sobre os atores sociais e econômicos; a democratização dos processos produtivos e do poder político, a socialização do acesso e apropriação sobre a natureza, reformas no aparelho do Estado para a mediação de conflitos em torno da utilização dos recursos e que potencializem a gestão participativa e descentralizada dos recursos naturais; a implementação de uma legislação ambiental que normatize os agentes econômicos, o governo e a sociedade civil, dentre outros (LEFF, 2002 *apud* ALVES; CUNHA; SOUSA, 2018, p. 503-504).

Destaca-se, não é suficiente a educação nos moldes cartesianos, embasada na ética antropocêntrica, pois essa, ao utilizar das linguagens e sistemas antropocêntricos apenas reforça a maneira de encarar a relação com a natureza como algo separado da sociedade e tutelado aos desejos do homem. É necessário que seja uma educação ambiental, crítica desse modelo de sociedade e, portanto, construída sobre e que construa a racionalidade ambiental (ARAUJO, 2019; GRÜN, 2002; GUIMARÃES 2000).

Conforme a Lei n. 9.795/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, a incumbência da educação ambiental é do poder público, instituições educativas, órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente, meios de comunicação de massa, da sociedade como um todo e das empresas (BRASIL, 1999). Aos municípios, especificamente, cabe

conduzir, nos limites do seu território, os objetivos do plano nacional de educação, de duração plurianual, visando articular e desenvolver o ensino de modo que os seus resultados conduzam a ajudar a promoção humanística, científica e tecnológica do País, onde se inclui a constante preocupação com o meio ambiente (art. 214, caput, e inc. V, CF) [...] (DELGADO, 1992 *apud* FREITAS, 2002, p. 65-66).

Considerando que as empresas também são incumbidas, pelo art. 3º da Política Nacional de Educação Ambiental, de assumirem parte da responsabilidade pelo cumprimento dessa política, têm oportunidades privilegiadas no que se refere

ao provimento de informação, inclusive como estratégia competitiva, segundo o conceito de cidadania corporativa, que

Refere-se aos valores e princípios da empresa em relação ao meio ambiente. A empresa ensina aos clientes a maneira certa de utilizar os produtos, sem degradarem o meio ambiente (Akdogan & Coskun, 2012). Outra visão da cidadania corporativa está relacionada à competitividade, uma vez que a companhia precisa satisfazer os interesses de diferentes stakeholders (RAVI et al., 2005 *apud* FERNANDES et al., 2018, p. 177).

Entende-se, portanto, que ambos o poder público e as empresas são os atores que dispõem de posições com mais proximidade ao consumidor para efetivar a Política em questão. A educação ambiental, informação ambiental e a capilaridade do recolhimento dos REEE também auxiliam no endereçamento do segundo núcleo de problemas, desencadeado pelo descarte de REEE no lixo comum, impactando na vida dos catadores e no ambiente.

Na separação doméstica dos resíduos, muitas pessoas reúnem resíduo orgânico com seletivo por não terem consciência ou por não se "importarem" com o meio ambiente e com o trabalho de quem desempenha a triagem. Todavia, inferimos que, em grande número, existe aqueles/as que, por falta de informação adequada e permanente (educação ambiental), misturam ao seletivo o que consideram reciclável. (CAMARDELO; OLIVEIRA; STEDILE, 2022, p. 244).

Sobre o descarte doméstico de REEE, "50% dos respondentes descartam com alguma frequência os eletrônicos e pilhas usados junto com o lixo comum (lixo do banheiro/cozinha)" e 49% "descarta às vezes, frequentemente ou sempre os eletrônicos e pilhas usados junto com o lixo reciclável" (GREEN ELETRON, 2021, p. 14); mesmo assim, pilhas/baterias e celulares/smartphones são os itens mais descartados corretamente, conforme a pesquisa. É reforçado, portanto, o papel dos catadores na separação dos resíduos e, também, a fragilidade da posição desses trabalhadores,

espremidos entre as empresas de coleta de materiais recicláveis e as empresas que realizam a reciclagem, ditam o preço dos produtos e por vezes atuam como atravessadores, os catadores/as perdem o protagonismo que deveriam ter, já que são eles/as os/as responsáveis por devolver à cadeia produtiva o material que outrora foi descartado. (MARTINS et al., 2016, p. 88 *apud* CAMARDELO; OLIVEIRA; STEDILE, 2022, p. 220).

Enquanto os catadores, a despeito do esforço de formalização preconizado pela PNRS, fazem parte do universo informal do ciclo dos REEE, que compreende a coleta e reciclagem informal desses resíduos, com eventual disposição dos rejeitos em lixões, a cadeia formal de reciclagem engloba a coleta, tanto formal quanto informal, que direciona os resíduos às empresas recicladoras (SANTOS, 2020). Os resíduos coletados pelos catadores, ao invés de irem diretamente às empresas recicladoras

[...] são comercializados para intermediários (conhecidos popularmente, no Brasil, como sucateiros e atravessadores) que fazem o elo entre as cooperativas populares (ou mesmo os catadores individuais), pequenas e médias empresas e as indústrias de reciclagem. Assim, cabe às grandes empresas [de reciclagem] a determinação dos preços dos materiais sucitados. (GIGANTE, 2016, p. 52 *apud* SANTOS, 2020, p. 11-12).

A venda a intermediários prejudica os catadores, que obtém baixos preços por seu trabalho, além de estarem expostos a condições de trabalho e saúde precárias. Se instituem relações de dependência entre os catadores e os sucateiros, pois os primeiros não são capazes de atender a demanda para a venda devido ao volume requerido (CAMARDELO; OLIVEIRA; STEDILE, 2022; COUTO; LANGE, 2017; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012).

Segundo Medina (1997), a própria indústria estimula a ação dos intermediários, de modo a garantir a disponibilidade de quantidade e qualidade do material para reciclagem. Não obstante, os catadores conseguem aumentar seus ganhos quando estão organizados e não são explorados pelos intermediários (MEDINA,

2000; PAIVA, 2004; WIEGO, 2009). Uma das maneiras de evitar a exploração dos catadores pelos intermediários é a organização desses profissionais em cooperativas que melhoram não só sua renda como também suas condições de trabalho. (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012, p. 251).

Assim, uma forma de reduzir as vulnerabilidades laborais e de renda dos catadores é sua organização comunitária. Conforme Camardelo, Oliveira e Stedile (2022), as cooperativas constituem uma forma de sociedade com fins econômicos, assim gerando a divisão, entre os sócios-cooperados, dos resultados econômicos da instituição, enquanto as associações, outra forma comum de organização de catadores, não têm fins econômicos, investindo os resultados econômico-financeiros diretamente na instituição (não partilhando entre os associados).

Há também estudos que mostram a dificuldade das cooperativas, uma vez que os catadores têm baixa escolaridade, histórico de exclusão social e dificuldades em estabelecer vínculos e compromissos com a cooperativa, pois, trabalhando como autônomos, não têm de se submeter a regulamentos e conseguem obter ingressos financeiros, ainda que muito baixos, diária ou semanalmente, ao vender o material coletado para o atravessador (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012, p. 251).

Adicionalmente, as empresas recicladoras podem ser seletivas em relação ao material que adquirem: se receberem material sujo, terão de desprender mais trabalho para seleção manual, consumirão mais água e gerarão mais detritos, reduzindo a eficiência do processo e aumentando riscos de diminuir a qualidade (GIOVANNINI; KRUGLIANSKAS, 2008). Portanto, se os catadores recolhem REEE em aterros ou misturados ao lixo comum, a “qualidade” do que entregam às empresas não é a mesma de um material que veio de PEVs específicos ou empresas especializadas no recolhimento dos REEE.

Giovannini e Kruglianskas (2008) afirmam, no exemplo de uma empresa que lida com plásticos, que essa seletividade tem consequências positivas no âmbito social, por incentivar que os catadores se organizem em associações para o fornecimento e incentivando que a população local se engaje, ao selecionar e

entregar diretamente os materiais à associação – no caso, uma iniciativa de um padre católico que teve a ideia ao observar os catadores independentes em diversas situações de vulnerabilidade.

[...] as empresas podem impactar positivamente o trabalho das cooperativas. Como se tratam de grandes geradores e compradores de resíduos, podem, ao estabelecer acordos com as cooperativas, contribuir significativamente para o aumento da receita dessas organizações. Mas para que isso se torne realidade, as empresas precisam estar dispostas a desenvolver parcerias com as organizações. Carvalho e Barbieri (2010) enfatizam a integração como elemento essencial para o adequado funcionamento da cadeia de suprimentos. Considerando que a maior parte dos resíduos pós-consumo inicia seu fluxo reverso pelas mãos dos catadores, a integração entre esses atores e empresas torna-se fundamental para aumentar a qualidade e a quantidade deste processo. No entanto, como afirma Motta (2005), essas parcerias só podem ser viabilizadas na medida em que os catadores se encontrem organizados na forma de cooperativas ou associações. (DEMAJOROVIC et al. 2014, p. 518).

Nesse sentido, apesar de os catadores serem um elo crucial ao princípio da logística reversa, para que possam suplantar as dificuldades de seu trabalho, relacionadas à precariedade laboral e à venda de seus materiais, precisam estar organizados para se tornarem "atrativos" às parcerias com empresas. No caso estudado por Giovannini e Kruglianskas (2008), pode ser feita a crítica de que a organização em as associações não gera receita distribuída entre os associados e que, por ser uma organização de iniciativa vinculada à igreja católica (apesar da afirmação de que o "objetivo é uma ação sustentável e não assistencialista" (GIOVANNINI; KRUGLIANSKAS, 2008, p. 945), são exigidas contrapartidas dos associados ("não usassem mais as carroças, não fossem a lixões catar lixo, fossem morar em albergues ou repúblicas mantidos pela associação, e participassem das atividades voltadas à reestruturação social e familiar" (GIOVANNINI; KRUGLIANSKAS, 2008, p. 945)), que são limitantes à autonomia individual. Mesmo assim, a formalização da organização e a colaboração entre os envolvidos possibilitou a vinculação com uma empresa que compra o material recolhido.

Ao ampliar a coleta por meio da disponibilização de postos de entrega voluntária de material reciclável e seu encaminhamento para as cooperativas, somado ao investimento em equipamentos nessas organizações, os tradicionais desafios enfrentados pelas cooperativas de catadores podem ser reduzidos. Eliminação da venda aos intermediários da cadeia, conexão direta entre cooperativas e as grandes recicladoras, aumento da eficiência da separação e consolidação de grandes volumes gerariam, em contrapartida, aumento da renda, diminuição da rotatividade e melhoria das condições de trabalho (DEMAJOROVIC; MASSOTE, 2017, p. 473).

Demajorovic et al. (2014) apontam a profissionalização dos processos dentro das cooperativas como desafio e caminho à sua integração na rede formal. Os autores trazem a parceria entre empresas, cooperativas de catadores e o poder público como uma solução aos obstáculos da logística reversa: as cooperativas assumem tarefas que pouco interessam às empresas (coleta, transporte, armazenamento, comercialização); as empresas doam às cooperativas resíduos de alto valor agregado para que sejam vendidos diretamente à indústria de reciclagem, eliminando intermediários; as negociações entre cooperativas e empresas, nos casos trabalhos pelos autores, só foi possível tanto pela organização legal e regularizada na forma de cooperativas, quanto porque dispunham de infraestrutura (espaço) e equipamentos (caminhões, prensas, trituradores) obtidos com recursos providos por empresas públicas ou pelo poder público.

Vencendo as resistências das empresas em construir fluxos reversos pelos custos envolvidos ou ainda desinteresse em estruturar a atividade, as cooperativas podem garantir a coleta do material e seu beneficiamento a custos competitivos por possuírem o conhecimento necessário e, em alguns casos, contarem com a infraestrutura necessária para realizar a atividade, principalmente quando trabalham em parceria também com prefeituras e outras esferas do poder público. (DEMAJOROVIC et al., 2014, p. 529).

Fica evidente a importância do poder público em assegurar a inclusão dos catadores, posto como objetivo na PNRS, sendo possível contribuir nesse sentido de

diferentes formas, não apenas no custeio e provimento de espaços e equipamentos (BRASIL, 2010; DEMAJOROVIC et al., 2014):

The City Hall of Porto Alegre (RS, Brazil), in an agreement with waste management company, held three fairs for the disposal of technological waste in the city until 2013. In the first two editions, more than 40 tons of WEEE were collected; and in the third, there was a big increase in the collection, reaching 35 tons of waste. This waste is sent to the company responsible for the correct destination of WEEE (PORTO ALEGRE, 2013). Moreover, the City Hall provides six fixed points for the collection of WEEE and performs the Itinerant Collection of Electronic Waste, organized by the Municipal Department of Urban Cleaning (DMLU) in partnership with the waste management company and the Trade Union of Shopkeepers of Porto Alegre (Sindilojas). Since August 2014, every Saturday, a truck is parked in one of the three previously defined sites for waste collection, such as computers, CPUs, displays, keyboards, cables, stabilizers, and other obsolete appliances (PORTO ALEGRE, 2015). The idea is that the waste be separated by a cooperative of homeless people, the Paulo Freire socio-environmental cooperative. After these steps, the waste can be commercialized, generating income and social inclusion for the cooperative members (ECOPROFETAS, 2015 *apud* RODRIGUEZ; WERNER; BARCELLOS, 2020, p. 301)².

No exemplo, a prefeitura beneficia a cooperativa ao se encarregar da coleta dos REEE em locais e períodos definidos, entregando aos cooperados os materiais recolhidos para que realizem a separação e a venda. Na mesma cidade, também há

² A prefeitura municipal de Porto Alegre (RS, Brasil), em acordo com companhia de gerenciamento de lixo, realizou três feiras de disposição de lixo tecnológico na cidade até 2013. Nas duas primeiras edições, mais de 40 toneladas de REEE foram coletados; e na terceira, houve grande aumento na coleta, atingindo 35 toneladas de resíduos. Esses resíduos foram enviados à empresa responsável pela destinação correta de REEE (PORTO ALEGRE, 2013). ademais, a prefeitura disponibiliza seis pontos fixos de coleta de REEE e realiza a Coleta Itinerante de Resíduos Eletrônicos, organizada pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) em parceria com a companhia de gerenciamento de resíduos e a União Lojista de Porto Alegre (Sindilojas). Desde agosto de 2014, todo sábado, um caminhão é estacionado em um dos três locais previamente definidos para coleta de resíduos como computadores, CPUs, telas, teclados, cabos, estabilizadores e outros equipamentos obsoletos (PORTO ALEGRE, 2015). A ideia é que o resíduo seja separado por uma cooperativa de pessoas sem lar, a cooperativa socioambiental Paulo Freire. Após esses passos, o resíduo pode ser comercializado, gerando renda e inclusão social para os membros cooperados ((ECOPROFETAS, 2015 *apud* RODRIGUEZ; WERNER; BARCELLOS, 2020, p. 301. Tradução nossa).

parceria entre governo federal, municipal e um hospital para o conserto de computadores como forma de inclusão e educação, sendo jovens estudantes de baixa renda ensinados a realizar a manutenção dos equipamentos, com bolsas de estudo e alimentação (RODRIGUEZ; WERNER; BARCELLOS, 2020). Assim, além do recolhimento dos REEE, seu desmantelamento adequado e reaproveitamento é incentivado.

Com isso, o terceiro núcleo de problemas, relacionado ao desmonte e reciclagem irregular, pode também ser abordado. Percebe-se o papel crucial do poder público em duas áreas: estrutural, para que as cooperativas tenham local e meios de realizar seu trabalho (seja com equipamentos ou pela organização de PEVs), considerando que essas desempenham um serviço público no sentido de ser essencial ao conjunto da sociedade; e de oportunidades de qualificação, pois não basta que os REEE cheguem aos catadores/recicladores, é preciso que esses atores tenham capacitação para o desmantelamento correto, de modo a aproveitar os materiais adequadamente e sem perigos à saúde e ambiente. Em ambos os âmbitos, as parcerias com empresas públicas e privadas demonstraram bons resultados, incentivando a formalização das cooperativas/associações e a consolidação dos processos e do trabalho (DEMAJOROVIC et al., 2014; GIOVANNINI; KRUGLIANSKAS, 2008; RODRIGUEZ; WERNER; BARCELLOS, 2020).

As dificuldades relacionadas ao desmonte e reciclagem adequados por parte dos catadores/recicladores podem ser sanadas desde o início do processo produtivo, com o emprego do ecodesign, perspectiva que vai além dos resultados positivos no quesito ambiental, beneficiando economicamente a empresa pois traz a possibilidade de aproximação e fidelização dos consumidores (GIOVANNINI; KRUGLIANSKAS, 2008). Esse tópico diz respeito ao primeiro aspecto do quarto conjunto de problemas relacionados à reciclagem de baterias – os obstáculos impostos pela falta de padronização nas composições e invólucros das LIBs.

As escolhas que os projetistas fazem durante o desenvolvimento de um novo produto determinam o impacto ambiental para todos os estágios do ciclo de vida dessa mercadoria, desde a escolha e aquisição de materiais, passando pelos processos de manufatura, uso, reutilização e descarte final (VENZKE, 2002;

NAVEIRO et al., 2005). Idealizar um novo produto já sabendo que será necessário se preocupar com seu descarte modifica os conceitos de design, produção, uso de recursos naturais e distribuição (PIOTTO, 2003 *apud* SILVA; MORAES; MACHADO, 2015, p. 32).

O ecodesign compreende desde ações de identificação e mitigação dos impactos ambientais da produção até o aprimoramento do produto em termos de tempo de vida, possibilidade de reparação e adaptações para que possa ser desmontado e reciclado (FRANZ; SILVA, 2022).

The strategic application of eco-design goes beyond the primary goal of identifying, assessing and mitigating environmental impacts to incorporate circular economy principles. These include actions to: use recycled, secondary and more ecological materials; employ the lowest feasible number of components and plastics; improve the energy efficiency of materials and products; prolong the life of products; make it possible for products to be repaired; adapt products to be dismantled and recycled; remove hazardous and polluting materials from products; and design cleaner and more sustainable production, distribution and consumption processes (Gu et al., 2017; Kapuran, 2018; Forti et al., 2020; Micheaux & Aggeri, 2021; European Commission, 2021b; Ellen MacArthur Foundation, 2021 *apud* FRANZ; SILVA, 2022, p. 9)³.

Bernardo, Souza e Demajorovic (2020) inserem essas atitudes no gerenciamento da cadeia de suprimentos verde (em inglês, Green Supply Chain Management - GSCM), cuja definição abarca desde a compra de todos os materiais usados, preferencialmente de fontes ambientalmente sustentáveis, por parte do

³ A aplicação estratégica do ecodesign vai além do objetivo primário de identificar, avaliar e mitigar impactos ambientais e incorporar princípios da economia circular. Esses incluem ações de : usar materiais reciclados, secundários e mais ecológicos; empregar o mínimo concebível de componentes e plásticos; aprimorar a eficiência energética dos materiais e produtos; prolongar a vida dos produtos; possibilitar que os produtos sejam reparados; adaptar produtos para que sejam desmontados e reciclados; remover materiais perigosos e poluentes dos produtos; e projetar a produção mais limpa e sustentável, processos de distribuição e consumo (Gu et al., 2017; Kapuran, 2018; Forti et al., 2020; Micheaux & Aggeri, 2021; European Commission, 2021b; Ellen MacArthur Foundation, 2021 *apud* FRANZ; SILVA, 2022, p. 9. Tradução nossa).

fabricante e do cliente final, até a logística reversa (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012).

O gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, Green Supply Chain Management (GSCM), inclui o design de produto (Gmelin & Seuring, 2014), a análise do ciclo de vida, as operações verdes que abarcam a LR e a gestão de resíduos sólidos. Os produtos são projetados levando em consideração a conservação dos recursos, o aproveitamento dos resíduos na remanufatura, no reúso e na reciclagem (LIU; ZHU; SEURING, 2017 *apud* BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020, p. 249).

Tanto a GSCM quanto a logística reversa podem ser melhoradas com o investimento em sistemas de informações, que possibilitariam o rastreamento dos resíduos e auxiliariam na triagem e classificação quando na fase de desmonte, reutilização e reciclagem (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020; EL-DEIR; TORRES, 2022).

Os sistemas de informação com coletores de informação de produtos também podem contribuir para o desenvolvimento e planejamento da rede de LR (Green et al., 2012a; Liu et al., 2017; Müller & Seuring, 2007). Nos centros de coleta, inspeção e destinação, o uso de sistemas de informação pode identificar materiais perigosos, quantidade e peso dos vários componentes, além de fornecer instruções para desmontagem e informações sobre a destinação correta (Nowakowski, 2018). [...] O uso da TI para o rastreamento e captura de informações, como o RFID (Nativi & Lee, 2012; Nowakowski, 2018), permite avaliar a destinação mais adequada de acordo com as características do produto e seu tempo de vida. (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020, p. 251-252).

Todavia, enquanto na logística direta os sensores e códigos de barras são utilizados no rastreamento e para controlar o nível de vendas e estoque (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020),

Na LR, o código de barras não é utilizado. Como não existe nenhum tipo de interligação com sistemas dos fabricantes, o código de barras não identifica o produto, e, conseqüentemente, não existe informação, como modelo, fabricante, peso, tipos de materiais e informação de desmontagem, que poderia ser útil para a reciclagem, como sugere a literatura (Musa et al., 2014). Além disso, muitas vezes, o código de barras do produto está danificado. (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020, p. 251-258).

Mesmo com as tecnologias de rastreamento, prevalece a visão de que essas, quando utilizadas no fluxo reverso, não contribuem para o aumento das vendas e lucratividade, pelo contrário, elevam custos, uma perspectiva que integra os diversos motivos pelos quais há resistência por parte das empresas em implementar programas de logística reversa (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020). Além disso, a informação sobre composição, reciclagem correta e disposição adequada dos produtos sendo disponibilizada em links e códigos cria uma barreira substancial ao consumidor e aos catadores/recicladores.

Por um lado, 67% dos brasileiros, mais de 120 milhões de pessoas, têm acesso à internet; por outro, "Segundo o IBGE são onze milhões de analfabetos funcionais no Brasil. Aqueles que, embora saibam assinar o nome não tem instruções básicas para ler e nem escrever." (SANTANA et al., 2023, p. 1). Assim, apesar da possibilidade de conexão à internet, as informações contidas podem não ser apreendidas e a forma de chegar até elas pode ser um obstáculo.

O analfabetismo digital acontece quando um cidadão não consegue entender as ferramentas existentes no universo da computação. Dessa maneira, a pessoa não sabe utilizar um editor de textos e muito menos a navegar na internet. No entanto, a situação vai além e faz referência também à falta de acesso à internet, o que engloba ainda insegurança na navegabilidade. (SANTANA et al., 2023, p. 2).

Dessa forma, há pessoas que não têm acesso à internet, pessoas que acessam mas não são completamente desenvoltas no meio e não se pode esquecer que há dispositivos obsoletos, cujas funcionalidades não são capazes de acessar

determinados códigos e páginas. Outro problema, quando se considera o trabalho dos catadores, é a chamada “brecha digital de gênero”, explicada por Sima Bahous, diretora executiva da ONU Mulheres:

Las mujeres tienen un 18% menos de probabilidades que los hombres de poseer un teléfono inteligente y muchas menos de acceder a Internet o utilizarlo. Solo el año pasado 259 millones más de hombres que de mujeres se conectaron a internet. (ONU, 2023)⁴.

Somando a disparidade no acesso às tecnologias em relação ao gênero com o fato de que, em 2014, 70% dentre os 800 mil catadores no Brasil eram mulheres (MNCR, 2014), a solução para facilitar a triagem e separação dos REEE não parece residir em códigos e componentes de informação digital. Evidentemente, se o apoio para o uso dessas tecnologias viesse de equipamentos fundeados por empresas públicas ou privadas em parceria com as cooperativas, mesmo os métodos de rastreio poderiam ser utilizados pelas cooperativas/associações. Todavia, como visto, essas precisam estar, antes, em condições estruturais e organizadas para que as empresas tenham interesse em firmar a colaboração. Parece um ciclo recursivo onde as cooperativas só conseguem aprimorar seus processos e estrutura com o apoio das empresas ou poder público, enquanto as empresas só apoiam organizações já bem estruturadas. A variável que sai desse círculo é o poder público; ele seria, então, o grande incentivador da formalização das cooperativas, conforme discorrido anteriormente.

Outros justificativas das empresas para não aderirem à logística reversa compreendem a existência da crença de que os custos de reciclagem são maiores do que os benefícios que geram; não têm interesse em estruturar e coordenar o processo, mesmo que considerem os fluxos reversos, pois esses são tidos como complexos e caros; é difícil medir o impacto efetivo do retorno dos produtos; desafios com transporte, relacionados, no caso brasileiro, às dimensões do país e às

⁴ As mulheres têm 18% menos de probabilidade do que os homens de posuir um smartphone e muitas menos de acessar a internet ou a utilizar. Apenas no ano passado, 259 milhões a mais de homens do que mulheres se conectaram à internet. (ONU, 2023. Tradução nossa).

condições da malha viária; dificuldades de garantia de fornecimento; dificuldades de reciclagem de alguns materiais (BERNARDO; SOUZA; DEMAJOROVIC, 2020; DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016; DEMAJOROVIC; MASSOTE, 2017; DEMAJOROVIC et al., 2014; DEMAJOROVIC et al., 2012; FERNANDES et al., 2018).

[...] A falta de interesse das empresas em LR é explicada também pela complexidade na coordenação de diferentes atores da cadeia de suprimentos, tais como distribuidores, varejistas, consumidores, organizações de coleta e reciclagem (Rogers & Tibben-Lembke, 1998, Lau & Wang, 2009). Lacunas na legislação também impactam negativamente neste processo de coordenação. A Diretiva Europeia, por exemplo, exige um modelo de responsabilidade compartilhada para implementar um sistema de coleta e tratamento de REEE. Mas, enquanto os produtores são responsáveis pelo tratamento de REEE, a coleta não está claramente definida (Rotter, Chancerel, & Schill, 2011). Dessa forma, os varejistas podem aceitar receber REEE, mas se recusam a pagar o custo de transporte para os produtores ou locais de coleta municipais. (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016, p. 120-121).

Assim, um problema significativo é a responsabilidade de cada ator, que não fica bem definida, abrindo espaço a cada elo da cadeia se imiscuir e atribuir ao ator seguinte ou anterior a atribuição que não lhes interessa exercer.

O setor privado acusa o governo por não ter estipulado papéis bem definidos na cadeia reversa e reclama da falta de políticas de incentivo para sua implantação. Por outro lado, o Governo acusa o setor privado por valorizar os desafios com o objetivo de postergar sua efetivação. A própria indústria acusa outras empresas do mesmo setor, por não quererem assumir o custo do transporte da LR. Os conflitos sobre as atribuições de papéis é singular ao Brasil, devido ao ineditismo da responsabilidade compartilhada (Yoshida, 2012).

[...]

Para os re-presentantes do governo, a Lei é clara em definir ao fabricante a responsabilidade sobre o REEE, com a prerrogativa de compartilhá-la com os distribuidores e varejo. No entanto, a pesquisa mostrou também que há visões conflitantes entre fabricantes, distribuidores e comércio, usando brechas da

legislação, para evitar a definição da distribuição efetiva dos custos relativos à operacionalização do transporte do REEE. (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016, p. 127).

A responsabilidade compartilhada preconizada na PNRS acaba abrindo espaço a essas disputas, enquanto os autores trazem dois exemplos, considerados bem-sucedidos, de países que adotam a responsabilidade estendida do produtor: primeiro, a Suíça, onde fabricantes de eletroeletrônicos voluntariamente criaram Organizações de Responsabilidade do Produtor, sem fins lucrativos, para operar soluções de recuperação em nome de fabricantes, importadores e varejistas; em parceria com o Escritório Federal da Suíça de Meio Ambiente, colaboraram na estruturação das redes de coleta e reciclagem. O sistema é apoiado na responsabilidade estendida do produtor, estabelecendo por lei papéis claros a todos os atores envolvidos (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016).

Em segundo lugar, a Suécia, onde, por meio de um acordo entre produtores de EEE e autoridades locais, estabeleceram um sistema de cooperação, em que a organização dos produtores assumia os custos de desmontagem, descontaminação, reciclagem e destinação ambientalmente adequada e os municípios são responsáveis pelo sistema de coleta de REEE. Mais tarde, as lojas membro de outra organização de produtores passaram a disponibilizar pontos de coleta onde a organização original não chegara, essa viabilizando a reciclagem com o mesmo custo (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016).

Para Seo e Fingerman (2011), o conceito de responsabilidade compartilhada estabelecido pela PNRS parte do mesmo princípio da REP⁵, incluindo mecanismos de incentivo para que os fabricantes busquem continuamente melhorias em seus produtos e processos, responsabilizando-os pelos impactos ambientais de todo o ciclo de vida do produto. (DEMAJOROVIC; MASSOTE, 2017, p. 473).

⁵ Responsabilidade Estendida do Produtor

Dessa forma, tanto a responsabilidade estendida do produtor, quanto a responsabilidade compartilhada, devem englobar desde o processo produtivo, com o ecodesign, até as iniciativas de logística reversa.

A responsabilidade pela gestão dos resíduos pós-consumo, antes atribuída aos consumidores e à administração pública, passa a incluir parcialmente ou integralmente os fabricantes desses produtos. Como resultado, espera-se que o próprio fabricante influencie o processo de evolução de design de embalagens e produtos de modo a reduzir o impacto ambiental causado por eles no final do seu ciclo de vida. (DEMAJOROVIC; MASSOTE, 2017, p. 471).

Mesmo assim, não apenas as empresas são responsabilizadas pelo fluxo reverso dos produtos: Demajorovic, Augusto e Souza (2016) assinalam a importância do sistema de taxas de reciclagem, como uma possibilidade para o Brasil:

Para financiar os custos do sistema de RL de WEEE, está sendo discutida a criação de uma taxa de reciclagem cobrada na compra do equipamento ou na sua devolução. Estudos da experiência da Suécia (SEPA, 2009; ELRETUR, [2010?]) e da Suíça (Khe-triwal et al., 2009) mostram que o sistema de taxas foi essencial para o seu sucesso. No caso brasileiro o modelo ainda não foi definido, pois a indústria quer que ela seja uma taxa visível para o consumidor e livre de impostos. Este aspecto reforça também o problema da conscientização dos consumidores observado pelas pesquisas de Jang (2010), Wath, Dutt, e Chakrabarti (2011), e Lundgren (2012). Para os entrevistados, a falta de conscientização dos consumidores brasileiros resulta no descarte incorreto de REEE, e resistência para arcar com custos adicionais de uma taxa de reciclagem. (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016, p. 129).

A taxação proposta pelos autores, portanto, recairia sobre o consumidor, criando mais uma dificuldade além das já elencadas (nominalmente, conhecimento sobre REEE e localização de PEVs). Ademais, tentando conhecer quais os critérios que os consumidores consideram mais relevante no momento da disposição dos REEE analisados por Pessanha e Morales (2020), entre localização do ponto de

coleta; receber por coletar ou desconto quando comprar novo equipamento; pagar taxa de coleta; reutilizar por meio de reparos; potencial contaminante; entregar para companhias recicladoras; e enviar/doar para cooperativas de catadores ou instituições que praticam reutilização,

The criteria Paying a collection rate obtained lower priority in the judgment of consumers, however a strategy adopted in Reverse Logistics systems is to embed in the purchase of the product a fee to finance the costs involved with the reverse flow of these products through the supply chain (PESSANHA; MORALES, 2020, p. 15)⁶.

Considerando que o consumidor é a figura mais vulnerável da cadeia de logística reversa, dependente da informação que as empresas lhe repassam que, como já visto, é insuficiente e têm de se deslocar aos PEVs, que não são convenientemente próximos, seria apenas mais um desestímulo estabelecer cobrança para o descarte dos REEE. Apesar disso, a cobrança não parece um fator decisivo, pois os consumidores a consideram como menos importante do que a localização dos postos de coleta, o potencial contaminador e a possibilidade de enviar à cooperativas de catadores ou à reutilização (PESSANHA; MORALES, 2020).

Ao contrário da oneração, se for pensada uma espécie de "premiação", López et al. (2014) consideram que o uso de incentivos de curto prazo pode ser utilizado para criar o hábito do descarte correto nos consumidores. Apesar de no estudo de Pessanha e Morales (2020), "receber por coletar ou desconto quando comprar novo equipamento" ser o penúltimo entre os critérios considerados em termos de importância aos consumidores, nas entrevistas conduzidas por Demajorovic et al., em 2012, "todos os consumidores afirmam que levariam seus aparelhos em desuso na hora de comprar um novo, caso as empresas oferecessem descontos na aquisição do novo aparelho." (DEMAJOROVIC et al., 2012, p. 175).

⁶ O critério Pagar uma taxa de coleta obteve mais baixa prioridade na avaliação dos consumidores, porém a estratégia adotada em sistemas de Logística Reversa é incorporar na compra do produto uma tarifa para financiar os custos envolvidos com o fluxo reverso desses produtos através da cadeia de suprimento (PESSANHA; MORALES, 2020, p. 15. Tradução nossa).

Assim, considera-se que receber um valor por reciclar ou entregar REEE na destinação adequada pode não ser uma prioridade ao consumidor, mas, no momento da troca de aparelho, a entrega do antigo gerar desconto na aquisição do novo é um bom estímulo para o consumidor não o deixar “na gaveta” (DEMAJOROVIC et al., 2012; LÓPEZ et al., 2014; PESSANHA; MORALES, 2020).

[...] Como afirma Santopietro (1995), indivíduos tendem a responder positivamente a um estímulo para a sua mudança de comportamento quando consideram seu custo pessoal baixo. Esse provavelmente é o caso da devolução de aparelhos celulares por parte do consumidor. Assim, uma comunicação que informe como ele pode encaminhar seus resíduos pós-consumo e valorize sua participação como corresponsável na mitigação de danos socioambientais, associado a algum incentivo econômico, potencializaria a devolução de aparelhos e baterias.

Nesse contexto, a integração de marketing e sustentabilidade pode ir além da oferta de produtos verdes ou da construção de uma imagem socialmente responsável, beneficiando a sociedade como um todo. O marketing, ao disponibilizar informações ao consumidor, como no caso da LR, ademais de ser um importante instrumento de conscientização, pode estimular ações comportamentais sustentáveis. (DEMAJOROVIC et al., 2012, p. 177).

Adicionalmente ao incentivo da “premiação”, a divulgação - dentro da esfera da informação ambiental - aos consumidores do trajeto que seus REEE fazem quando entregados ao destino correto suscitam que eles se enxerguem como parte da cadeia da logística reversa, percebendo o impacto das próprias atitudes (DEMAJOROVIC et al., 2012).

Ainda sobre taxação, no ângulo das empresas recicladoras, há a bitributação: “Hoje, é mais barato fazer um produto novo no Brasil do que reciclar.” (JARDIM; ALVARENGA, 2022). Isso decorre de uma distorção tributária, oriunda dos regimes cumulativo e não cumulativo de incidência de PIS⁷ e Cofins⁸, segundo o qual as empresas do regime não cumulativo podiam obter crédito tributário na compra de

⁷ Programa de Integração Social.

⁸ Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social.

matéria-prima virgem, mas não no caso da compra de materiais derivados da reciclagem (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016; DEMAJOROVIC; MASOTE, 2017; VIOTTO et al., 2021).

Em 2005, com a aprovação da Lei 11.195/2005 – também conhecida como Lei do Bem –, o Congresso Nacional buscou incentivar a indústria da reciclagem, concentrando a tributação do PIS/Pasep e da Cofins somente na última etapa, onde efetivamente o insumo é utilizado. (JARDIM; ALVARENGA, 2022).

Esse cenário começou a mudar em junho de 2021, com uma decisão do Supremo Tribunal Federal (STF):

Na decisão, o STF corrigiu a distorção tributária previamente existente, uma que vez que passou a possibilitar que a indústria apure créditos quando da aquisição de materiais oriundos da reciclagem, declarando inconstitucional o artigo 47. Ou seja, com a decisão, as empresas sujeitas ao regime de não-cumulatividade poderão aproveitar o crédito sobre os insumos recicláveis adquiridos pela alíquota de 9,25%. Assim, já há redução tributária da cadeia de produção que usa matéria reciclável como insumo e é possível se esperar que haja um aumento da demanda por este tipo de material. (VIOTTO et al., 2021).

No entanto, a decisão também declarou inconstitucional o art. 48 da Lei 11.196/05, que determinava que na compra de materiais reciclados por uma empresa, o vendedor poderia se isentar do pagamento do PIS e Cofins, se não fosse optante do Simples. (VIOTTO et al., 2021).

Não se pode admitir, atualmente, que uma obrigação legal de adoção de práticas necessárias de gestão de resíduos seja onerada por uma interpretação tão restritiva. A tributação não pode ser um empecilho para a efetividade das políticas climáticas e ambientais. (BARBOSA, 2022).

O ministro Dias Toffoli argumentou que o artigo deveria ser mantido, como isenção aos vendedores de produtos reciclados, promovendo um sistema tributário favorável ao meio ambiente saudável e equilibrado (VIOTTO et al., 2021).

Por isso, defendemos que a política tributária deva ser utilizada para que os preços dos bens e serviços reflitam também os seus custos ambientais e o diferencial do ambientalmente correto seja reconhecido. Precisamos onerar. Isso mesmo, onerar os modos de produção nocivos ao meio ambiente em relação àqueles que contribuem para sua preservação, como é o caso da reciclagem. (JARDIM; ALVARENGA, 2022).

Em entrevistas com gestores de associação de classe, recicladores, fabricantes de embalagem, especialista em tributação ambiental, gestores públicos, cooperativas, designers de embalagens e gestores de sustentabilidade, “Diversos entrevistados citaram a criação de incentivos econômicos como a principal medida a ser tomada pelo governo, de modo a desonerar a cadeia de reciclagem atual e incentivar o uso do material reciclado sempre que possível” (DEMAJOROVIC; MASSOTE, 2017, p. 477).

Dessa forma, o incentivo necessário às empresas para recorrerem à compra de matéria-prima reciclada é que essa seja desonerada, pois, no momento, ainda se entende como mais vantajosa a compra de matéria-prima primária. A compra de materiais reciclados em quantidade incentiva que a indústria da reciclagem se dinamize, estimulando os atores e processos necessários para que esse setor prospere: a coleta formal e a formalização dos catadores; o engajamento das lojas e pontos de coleta; investimentos no transporte dos resíduos, na profissionalização do desmonte e reciclagem.

[...] os maiores empecilhos à sua implementação [da logística reversa de REEE] são: i) a inconsistência na classificação do REEE, o que ocasiona problemas no âmbito da definição de obrigações de segurança ambiental e laboral com relação à sua reciclagem; ii) a responsabilidade compartilhada na gestão, que gera atrasos no fechamento de acordos Inter setoriais, fundamentais para o funcionamento da cadeia; iii) a não implementação de isenções fiscais ou

subsídios às empresas recicladoras (como previsto na lei); iv) a ineficiência dos canais de coleta de REEE e para as empresas recicladoras; v) o não fechamento do ciclo de reciclagem no território nacional, visto que as empresas brasileiras não detêm a tecnologia da terceira etapa do processamento de REEE, ao passo que as estrangeiras decidem executar essa etapa fora do país. (SANTOS, 2020, p. 15).

No trecho, é apontado um aspecto ainda não endereçado neste trabalho: a capacidade da indústria de reciclagem brasileira, tanto pela oferta instável de matéria-prima, devido a informalidade e a ineficiência da coleta, quanto pelo nível de operação das indústrias recicladoras brasileiras (DEMAJOROVIC; MASSOTE, 2017; SANTOS, 2020; SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012).

[...] as instalações de tratamento de REEE no Brasil são constituídas apenas pelo primeiro nível de tratamento (separação e desmantelamento manual) e, de forma restrita, pelo segundo nível de tratamento (algumas etapas de pré-processamento automatizadas), enquanto que o terceiro nível (tratamento de metais) está geograficamente localizado em outros países, na maior parte dos casos, desenvolvidos (MAZON, 2014, p. 89 *apud* SANTOS, 2020, p. 14).

Assim, o Brasil não é apenas um receptor de REEE, mas também, de certa forma, um exportador do produto já parcialmente triado, dado que a indústria nacional não é capaz de executar os níveis mais especializados de desagregação dos materiais (SANTOS, 2020).

Em decorrência da escala ainda relativamente reduzida, faltam também ao setor as condições de investir em tecnologia de ponta. Por esse motivo, o que existe no país em termos de separação e tratamento de insumos nobres de REEE tem baixa eficiência quando comparado com tecnologias existentes em outros países. Parte considerável dos REEE gerados no Brasil precisam ser exportados para o devido tratamento. Existem empresas cuja operação no país se limita à separação e moagem do material, que posteriormente será processado em plantas na Ásia. Um levantamento realizado no sistema Aliceweb apontou que

em 2011, um volume superior a 20 mil toneladas de resíduos potencialmente originados de equipamentos eletroeletrônicos, foram exportados a partir do Brasil (ABDI, 2013, p. 37 *apud* SANTOS, 2020, p. 12).

Logo, é questionável afirmar que a quantidade de REEE gerados no Brasil é insuficiente, dados os níveis de geração e o aumento de consumo (não só, mas também de EEE), em todas as camadas econômicas:

Deve-se observar que, desde o início do século XXI, até mesmo as classes sociais de menor poder aquisitivo, aquelas que habitam as periferias urbanas, passaram a comprar mais equipamentos eletroeletrônicos. Ao analisar a pobreza urbana contemporânea na cidade de São Paulo, Santos explica que esse processo de transformação do padrão de consumo na periferia paulistana decorre de uma capilarização do sistema financeiro, de modo que o surgimento de diversas modalidades de crédito e crediário – associados à obsolescência programada das mercadorias e a publicidade sobre as mesmas – estimularam o aumento da prática de consumo de bens materiais (SANTOS, 2017 *apud* SANTOS, 2020, p. 10).

O problema da consolidação de empresas de reciclagem não parece estar, portanto, na falta de insumos para reciclagem em si, mas na falta de logística reversa e de investimento em estrutura industrial para realizar as etapas mais avançadas dessa reciclagem. Como posto por Souza, Paula e Souza-Pinto, (2012, p. 247) "A principal questão da logística reversa é o equacionamento dos caminhos percorridos pelos bens ou seus materiais constituintes após o término de sua vida útil.". Retorna-se, dessa forma, ao ponto de partida dessa seção, suscitando a propositura de alguns aspectos norteadores para avançar no aprimoramento dos núcleos problemáticos identificados em relação ao descarte e reciclagem das LIBs.

O primeiro conjunto de problemas elencado na sessão diz respeito a como direcionar os REEE, especialmente pilhas e baterias a base de íon-lítio ao canal formal de reciclagem e logística reversa, passando pelos obstáculos do conhecimento dos consumidores sobre e da disponibilidade de locais para depositá-los. Foi auferido que há significativo desconhecimento dos brasileiros sobre o que

constitui "lixo eletrônico", em conjunto com poucos PEVs, também não suficientemente conhecidos pelas pessoas e não convenientemente localizados.

Para suprir essas falhas, dois caminhos foram vislumbrados: o primeiro, da informação ambiental, para que os consumidores saibam onde devem depositar seus REEE e a importância dessa atitude. No entanto, para que essa informação seja introjetada e tenha significado para os indivíduos, é preciso que a consciência sobre os impactos da disposição inadequada de REEE seja criada. A consciência está vinculada ao conhecimento orgânico, construído com a experiência cotidiana; se essas vivências forem baseadas em valores antropocêntricos, a informação será recebida mas não conseguirá ser concatenada à realidade e às atitudes do indivíduo.

Assim, para que a informação suscite as atitudes almejadas, uma relação com o ambiente que substitua a visão homem-natureza é necessária. Essa relação constitui a racionalidade ambiental e, para que seja consolidada, um lugar privilegiado é a educação, mas uma educação crítica do modelo atual de relação com a natureza. Constitucionalmente, a responsabilidade por implementar a educação ambiental é uma competência do poder público, mas as empresas se beneficiariam ao informar adequadamente os consumidores, como estratégia de fidelização e de retorno de matéria-prima, especialmente no atual momento, em que a preocupação ambiental é quase um requisito aos investidores.

O segundo caminho vislumbrado para aprimorar o recolhimento de REEE para a logística reversa é a capilaridade dos pontos de coleta desses resíduos. Bem como o primeiro, esse também é um aspecto que acompanha todos os núcleos problemáticos identificados, porém sua discussão ocorre junto à responsabilidade pós-consumo das empresas, no quarto conjunto de problemas.

A informação ao consumidor e a difusão dos pontos de coleta adequados a REEE também sanariam o segundo conjunto de problemas, relacionado ao costume de descartar pilhas e baterias (entre outros resíduos inadequados a esse tipo de disposição) no lixo comum ou reciclável/seletivo. Esse núcleo se preocupa especificamente com a segurança do trabalho dos catadores, presos na informalidade apesar de seu papel crucial à logística reversa. Foi identificado que as empresas recicladoras compram, majoritariamente, material reciclável dos "atravessadores", pois os catadores não conseguem montante suficiente para a

venda direta, prejudicando as possibilidades de obtenção de valores maiores por esses atores.

Os trabalhos recorrentemente citavam a organização dos catadores, especialmente na forma de cooperativas, como forma de evitar o recurso aos "atravessadores", possibilitando o estabelecimento de parcerias diretamente com empresas recicladoras e mesmo com empresas com seu ciclo de logística reversa próprio. No entanto, essa organização também precisa superar obstáculos, considerando a baixa escolaridade da maior parte dos possíveis integrantes e a qualidade do material irregularmente descartado.

O poder público novamente entra como ator capaz de auxiliar na organização dos catadores, pois ao promover iniciativas de capacitação, tanto para o desmonte/reciclagem adequados, quanto para fomentar a organização, além de auxiliar na infraestrutura disponível aos grupos e à coleta de REEE, torna as parcerias com empresas privadas mais factíveis. Entende-se que o trabalho que os catadores desempenham é, essencialmente, um serviço público, como agentes ambientais, mesmo que não estejam integrados formalmente à logística reversa, apesar do preconizado na PNRS.

Com a criação de oportunidades de capacitação e a ampliação da coleta de REEE, em locais públicos e com divulgação, o problema da reciclagem informal e desmonte incorreto, integrantes do terceiro núcleo problemático são, também, endereçados (DEMAJOROVIC et al., 2014; RODRIGUEZ; WERNER; BARCELLOS, 2020). O aspecto das dificuldades do desmonte correto está relacionado a um dos problemas do quarto conjunto, que diz respeito à responsabilidade pós-consumo das empresas.

A desmontagem e retorno dos materiais seria facilitado se, desde o princípio, as empresas os desenvolvessem visando a logística reversa e a reciclagem, propósito esse que integra o conceito de ecodesign. Outra forma, relacionada ao design dos produtos e que oferece um meio de assegurar que retornem aos canais adequados de descarte é a utilização de tecnologias de rastreamento e de informação, que, além de localizarem os resíduos, promoveriam um meio de identificar seus componentes, destino e métodos de desmonte/reciclagem.

No entanto, enquanto códigos (como código de barras) e chips são implementados na logística direta, as empresas têm dificuldade em vislumbrar seu papel na logística reversa, sob a concepção de que todo esse processo gera mais custos do que benefícios; os catadores também não conseguem fazer uso das informações digitais, seja pela falta de infraestrutura para realizar sua leitura, seja porque os códigos e partes chegam a eles danificados; e, mesmo que conseguissem as informações, ainda há altos níveis de analfabetismo funcional, analfabetismo digital e a barreira da brecha digital de gênero, considerando que as mulheres são maioria dentre catadores.

Ainda sobre a responsabilidade pós-consumo, a responsabilidade compartilhada estabelecida pela PNRS não especifica os papéis de cada autor com suficiente determinação, abrindo espaço a divergências entre os atores sobre de quem é a responsabilidade pela coleta e transporte dos REEE. Nesse âmbito, há exemplos fora do Brasil da implementação da responsabilidade estendida do produtor e de taxaço ao consumidor sobre produto entregue. A autora deste trabalho entende que, mais benéfico do que onerar o consumidor é, pelo contrário, criar incentivos para que realize a entrega no local adequado, por meio de descontos, além de explicitar os resultados positivos de sua atitude.

Também sobre taxaço, agora por parte das empresas, o uso de matéria-prima reciclada não é suficientemente atrativo, pois ainda há vantagens em adquirir matéria-prima primária, enquanto os custos com o estabelecimento e coordenação de logística reversa pela empresa ainda são considerados demasiados e não compensadores. Assim, além da desoneração da compra de materiais reciclados, é preciso que essa atitude seja incentivada, o que transbordará no fomento e consolidação de toda a logística reversa.

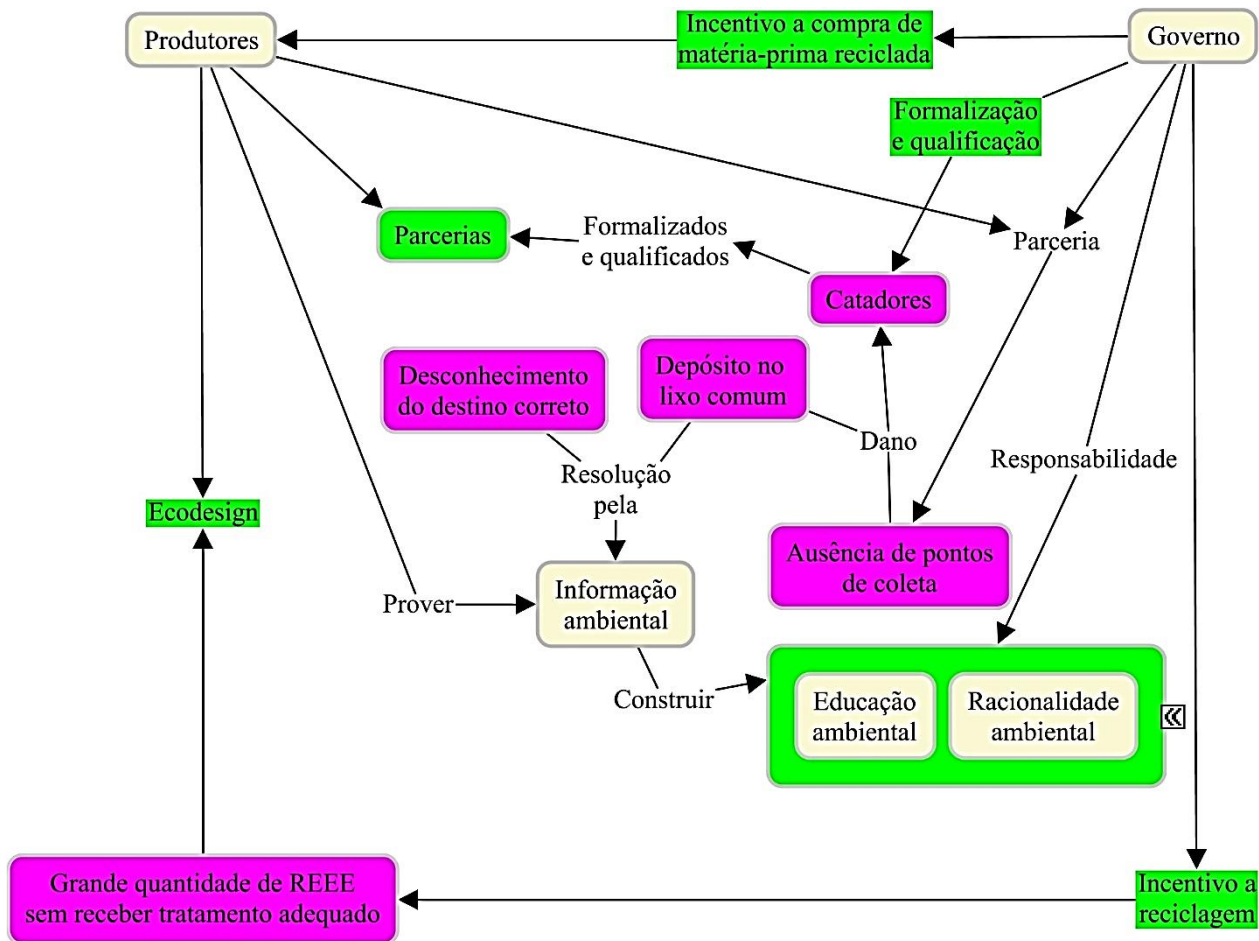
Por fim, relacionado ao quinto e último núcleo problemático identificado, a quantidade de REEE no Brasil, percebeu-se que as indústrias brasileiras de reciclagem se atêm às fases iniciais de reciclagem, enviando os materiais que requerem processos mais especializados a outros países. Há a alegação de que a quantidade de REEE coletado no país não é suficiente para que o investimento em processos de reciclagem mais complexos seja atrativo; todavia, entende-se que se

a logística reversa fosse mais eficiente, esse nicho industrial teria insumos suficientes para justificar a implantação dos processos especializados.

Abaixo, um fluxograma que sinteticamente representa os ciclo conjuntos de problemas em rosa e os caminhos que auxiliariam possíveis resoluções em verde: o desconhecimento do destino correto e o depósito no lixo comum dos REEE seriam resolvidos pela informação ambiental, que poderia ser provida pelos produtores. A informação ambiental construiria a educação e racionalidade ambientais, sendo a educação ambiental responsabilidade do governo.

O dano aos catadores causado pelo depósito no lixo comum e ausência de pontos de coleta passa pela parceria do governo e produtores na disponibilização desses pontos, sendo que o primeiro aspecto passa pela informação/educação ambiental. Também, o governo participando na formalização/qualificação dos catadores permite a formação de parcerias deles com os produtores. Por fim, o tratamento adequado dos REEE pode ser influenciada positivamente pelos produtores adotarem o ecodesign e o governo incentivar a reciclagem e a compra de materiais reciclados pelas empresas.

Figura 9 - Fluxograma representando possibilidades de auxílio a resolução dos problemas relacionados à reciclagem de LIBs



Fonte: elaborado pela autora.

Assim, em síntese, para que houvesse estrutura de reciclagem especializada, necessária para o tratamento de LIBs, é preciso que os REEE cheguem ao destino correto, possibilitado pela conscientização da população de onde depositar e da importância da destinação correta, obtido por meio da informação e educação ambientais, responsabilidade do poder público e, também, uma oportunidade às empresas; para que as pessoas depositem em locais adequados, é preciso que haja pontos de entrega, cuja responsabilidade específica é uma lacuna da PNRS. Ambos, a entrega e o recolhimento, seriam ampliados com o uso de incentivos à atitudes ambientalmente adequadas, que privilegiassem a compra de materiais reciclados, por parte das empresas e, por parte dos consumidores, a destinação adequada.

A atuação do poder público, no âmbito da promoção da entrega de REEE, têm exemplos positivos, inclusive pelo direcionamento do que foi recolhido a cooperativas de catadores. Também a profissionalização desses atores para o desmonte e reciclagem é essencial à sua inclusão na rede formal de logística reversa, permitindo a criação de parcerias com empresas, melhorando suas condições de trabalho e consolidando as organizações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro capítulo desenvolvido nessa dissertação guiou-se pelo objetivo de buscar compreender como se constituem as baterias a base de íon-lítio e seus processos produtivos. Inicialmente, foram tratados aspectos técnicos das LIBs, vinculando o desenvolvimento da tecnologia à necessidade cada vez maior de armazenamento de energia e, posteriormente, ao projeto de transição energética, que busca alterar a base de consumo dos combustíveis fósseis para o emprego de energias renováveis. As LIBs são privilegiadas nesse contexto, em comparação com as demais baterias utilizadas até o momento, pela sua capacidade ótima para alimentar desde veículos até os menores equipamentos eletroeletrônicos portáteis.

A redução de emissões carbônicas veiculares é apenas um aspecto da transição energética que pode ser beneficiado pelas LIBs; em maior escala, a produção energética a nível de território poderia passar do paradigma centralizado ao distribuído, a partir de fontes de energia renováveis constituindo micro redes, cujo problema de instabilidade de geração quando integrado ao sistema central pode ser resolvido com LIBs.

O principal obstáculo à disseminação dessa tecnologia, no entanto, é o custo dos acumuladores: quando o lítio passa a integrar os componentes de uma bateria, é valorizado sobremaneira; ademais, outra substância essencial às baterias é o cobalto, elemento raro e localizado em áreas conflituosas, portanto caro e ambientalmente crítico. Apesar do cobalto poder ser substituído por outros elementos, a eficiência da bateria é prejudicada.

Todavia, não apenas o cobalto é produzido em meio a conflitos sociais e políticos, como fica evidente na segunda sessão do capítulo, quando o processo de extração do lítio na América Latina é explicado. Em especial destaque, na região do Triângulo do Lítio, compreendida entre Argentina, Bolívia e Chile, onde os processos extrativistas são de longa data e consolidados conforme o método de evaporação da salmoura, num contexto de fragilidade ecossistêmica, principalmente devido a pouca disponibilidade hídrica característica da região.

Os problemas ambientais decorrentes desse método extrativo são múltiplos e facilmente vinculáveis a expansão da atividade mineradora: a salinização das águas

subterrâneas, das quais a população humana, animal e vegetal depende, que ocorre tanto pela difusão dos sais na água conforme a salmoura é evaporada, quanto pelo rompimento da camada argilosa que permite a formação das salinas; a dispersão de sais de lítio pelo ar, que pode representar riscos a saúde de quem o aspirar; a salinização do solo; a redução dos níveis de água nas bacias e aquíferos; alterações climáticas, representadas pela elevação da temperatura superficial do solo e redução da umidade do mesmo; e extinção de espécies animais, vegetais e microbiana.

A implantação das indústrias mineradoras, além das alterações ambientais danosas, impacta na população humana, trazendo uma gama de problemas relacionados à injustiça ambiental, como: invisibilização das populações indígenas ancestralmente vinculadas ao território das salinas; migração, tanto motivada pela escassez de água, quanto por questões de trabalho, considerando que a força de trabalho principal das indústrias não é local, o que esvazia economicamente a região; prejuízo à identidade das comunidades indígenas, que é construída com base no pertencimento ao território; masculinização dos territórios, potencializando a violência de gênero; criminalização das lutas socioambientais; e eliminação dos meios tradicionais de obtenção de renda, como pastoreio e extração artesanal do cloreto de sódio, dentre outros.

As comunidades indígenas desenvolvem sua resistência por diversos meios, conseguindo amparo jurídico-legal principalmente em instituições internacionais, que lograram alcançar uma vez organizadas e tendo sido rechaçadas pelas instituições das próprias províncias, apesar da adoção de normativas como o Convênio 169 da OIT. No âmbito cotidiano, ocorre a negociação com as empresas, trocando o direito de elas explorarem o lítio e usarem a água por benefícios financeiros, estruturais e assistenciais, ora com caráter filantrópico, ora por demanda política e internacional, ora como meio de integrar a população local nos projetos.

Existem modos alternativos de extração de lítio das salinas, porém o atualmente empregado é altamente lucrativo, o que parece fazer desconsiderar os custos ambientais e sociais do uso intensivo de água e da geração dos rejeitos pelo método evaporítico. No Brasil também ocorre exploração de lítio, em menor escala e de outra origem de depósito mineral, em rochas. Apesar de não ser em uma salina, o

lítio no Brasil também está localizado em uma região de déficit hídrico e desigualdade social, o Vale do Jequitinhonha.

Não existem, por hora, dados sobre os impactos da extração do lítio no Brasil, sejam ambientais ou sociais; apesar disso, é possível fazer analogias com o Triângulo do Lítio e a Austrália, outro dos maiores produtores de lítio do mundo e que possui a forma de depósito mineral semelhante à brasileira. Os principais impactos ambientais identificados neste último país são relacionados à emissão de gases do efeito estufa, justificável por sua matriz energética principal ser baseada em diesel, enquanto no Brasil a matriz energética é de origem hidrelétrica, o que significa que os impactos carbônicos da produção de lítio a partir de rochas é vinculado à fonte de energia que sustenta os processos de extração, beneficiamento e transporte.

Porém a emissão carbônica não é a única externalidade negativa do ciclo do lítio: os grandes projetos de crescimento econômico implantados no Vale do Jequitinhonha, desde a década de 1970, se baseiam na exploração intensa de recursos naturais e sociais; em uma região semiárida, o intenso consumo hídrico da extração de lítio das rochas propicia a injustiça ambiental e suas consequências, como rupturas na organização social e econômica.

Nesse sentido, as empresas extrativistas de lítio que se encontram na região brasileira afirmam preocupação ambiental e social. A Sigma Lithium atesta que realiza o tratamento da água utilizada em seus processos produtivos e tem programas de captura de água da chuva para a comunidade, além de iniciativas de inclusão econômica com microcrédito e fomento do emprego da população local. A CBL também promove ações voltadas à população local, que consistem em doações financeiras e materiais e construção de infraestrutura, desde escolas ao Quartel de Polícia Militar. Como percebido no Triângulo do Lítio, a incorporação das comunidades locais nos projetos mineradores é uma estratégia de legitimação das empresas frente a sociedade, porém não representa efetivação de direitos ou distribuição de riqueza, quanto menos ações sustentadas no longo prazo.

Tendo compreendido a justificativa da existência das baterias de íon-lítio e a expansão de sua utilização, a última seção do capítulo em questão trata sobre o pós-consumo das LIBs: como há maior demanda por LIBs, se amplia a extração de lítio, que incorre nos danos ambientais e sociais discutidos anteriormente e aumentam os

resíduos oriundos de baterias e equipamentos eletroeletrônicos descartados ao fim de sua vida útil ou quando se tornam obsoletos. Para que as LIBs continuassem em produção sem que houvesse aumento da exploração do lítio na natureza, a reciclagem é a grande solução, sendo também a resposta para o tratamento dos resíduos

Apesar da reciclagem das LIBs ser a única maneira dos materiais que as compõem retornarem ao ciclo produtivo, evitando a extração de matéria-prima virgem e o acúmulo de resíduos, os processos de reciclagem são complexos e dispendiosos, não podendo ser padronizados pois cada empresa utiliza composições diferentes nas misturas químicas e invólucros e demandando emprego de agentes químicos tóxicos e alto consumo energético. Mesmo assim, diferentes processos são necessários para a reciclagem, com maior ou menor nível de especialização e a quantidade de empresas que realizam as etapas mais complexas tem crescido rapidamente.

Outra dificuldade central é a estruturação do processo de direcionamento das baterias aos responsáveis por seu tratamento, discutido em maior profundidade no segundo capítulo desenvolvido desta dissertação. Adicionalmente, há o obstáculo da viabilidade econômica, sendo que, no momento, é mais economicamente vantajoso extrair o lítio (e, como visto, com o método evaporítico, desconsiderando todos os danos ambientais e sociais acarretados) do que reciclar LIBs, pois o processo de reciclagem é caro e não é possível comparar a quantidade que seria recuperada nesse valor com o que pode ser diretamente minerado, tendo em vista a crescente demanda por lítio.

Sabe-se, porém, que essa demanda e consequente taxas de extração suscitam risco de tornar o lítio indisponível, pois a capacidade de recarga dos depósitos nas salinas não é capaz de suprir a previsão do que a indústria necessita. Assim, a reciclagem é necessária e poderia ser aprimorada caso a produção das LIBs já iniciasse tendo em vista a circularidade do ciclo de vida, o que demanda a conscientização nesse sentido dos produtores e, também, das pessoas que dispõem dos produtos na etapa final, os consumidores.

Avalia-se que o objetivo de compreender como se constituem as baterias a base de íon-lítio e seus processos produtivos foi cumprido, tendo sido trazidos

breves aspectos técnicos sobre como as baterias são construídas e seu uso, dando enfoque nos processos extrativos do lítio e os problemas ambientais que acarretam, especialmente em questão de consumo de água, que repercutem nas comunidades que ocupam as áreas onde a mineração ocorre, historicamente vulnerabilizadas, seja pelo interesse econômico na região, seja por sua etnia. A solução para a redução dos danos ambientais e sociais é a diminuição da extração do lítio, incentivando a reciclagem das LIBs como uma fonte de matéria-prima, inclusive pela quantidade de resíduos de eletroeletrônicos que não concluem seu ciclo de vida retornando à indústria. Abre-se, assim, a discussão proposta no segundo capítulo do desenvolvimento.

O segundo capítulo do desenvolvimento trata da reciclagem das LIBs, especificamente no contexto brasileiro. Para isso, inicialmente são apresentadas as legislações tratando desse processo e do lítio no país e, também, no Triângulo do Lítio e nas regiões que mais o consomem no mundo – China, Estados Unidos da América e União Europeia. Tendo esse panorama, é possível enxergar os obstáculos à efetivação da reciclagem das LIBs: seus condicionantes, como se materializam no Brasil e algumas alternativas que poderiam aprimorar a construção e o funcionamento da cadeia de reciclagem de LIBs no país.

No Brasil, o centro das legislações sobre descarte e reciclagem de pilhas, baterias e equipamentos eletroeletrônicos é a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Fica claro, nessa lei, que as pilhas e baterias são obrigatoriamente direcionadas à logística reversa, ou seja, conforme o Programa Nacional de Logística Reversa, precisam ser recolhidas pelos vendedores/distribuidores/produtores após serem utilizadas pelo consumidor. Ambas as normas se apoiam no conceito de responsabilidade compartilhada dos atores envolvidos no ciclo de vida dos produtos pela sua destinação final.

Pilhas e baterias são, ainda, objeto das Resoluções da CONAMA números 401/08 e 424/2010, porém sem menção expressa às LIBs. Complementarmente, o Decreto 10.240/2020 institui o acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes, fortalecendo as requisições para efetivação da logística reversa desses materiais, após longo período de aguardo. Esses instrumentos são uma

tentativa de efetivar a logística reversa quando a responsabilidade compartilhada abre espaço a resistência dos atores de assumirem ações que não são especificadas como responsabilidades de determinado participante da cadeia de logística reversa, discussão a ser retomada mais adiante.

Todos os países latino-americanos atestam que o lítio é de interesse estratégico, sendo o Estado (seja brasileiro, argentino, boliviano ou chileno) o detentor dos direitos de exploração. Ao mesmo tempo, as concessões à exploração por empresas privadas são permitidas com relevante grau de abertura em todos os países. Quanto a logística reversa e similaridades à PNRS brasileira, a Argentina e o Chile possuem instrumentos que compartilham alguns conceitos e princípios com o Brasil, porém se destaca, no Chile, o conceito de responsabilidade estendida do produtor, que permite maior responsabilização e efetivação do papel dos produtores na logística reversa – que não é assim denominada, mas parte dos mesmos objetivos.

Em relação à Bolívia, a autora teve muitas dificuldades em encontrar legislações, sendo os documentos digitais distribuídos em endereços diferentes, não tendo datas claras de sua promulgação e até quando ficaram ou não vigentes. Foram apenas destacados instrumentos gerais com objetivos ambientais reconhecidos e aclamados pela literatura. O destaque ao país é que pode ser considerado como o mais protetivo de seus recursos de lítio, pela legislação.

Tanto na União Europeia quanto nos EUA as diretivas gerais são aplicadas de diferentes maneiras nos estados membros; a primeira também evidencia o conceito de responsabilidade estendida do produtor, bem como a China, que, ademais, possui legislações estabelecendo a economia circular e vem demonstrando bons resultados na ampliação da taxa de reciclagem de REEE.

Tendo em vista a legislação disponível, se passa a análise da realidade de como pilhas, baterias e REEE prosseguem à cadeia de reciclagem. Resulta que, no Brasil, poucos REEE seguem a cadeia formal de reciclagem. Sendo o primeiro elo dessa cadeia o consumidor, na análise de seu comportamento se identificou que não direcionam esses resíduos aos locais apropriados sob as justificativas mais recorrentes de desconhecimento de onde o realizar e preferência por armazená-los.

Passando ao nível dos produtores, a requisição geral de se responsabilizarem pela reciclagem não explicita que o investimento em estratégias de ecodesign e concepção do produto, desde sua origem, visando o fechamento do ciclo de vida facilitariam o processo da reciclagem. O Chile já incorporou o ecodiseño na lei de gestão de resíduos e responsabilidade estendida do produtor, enquanto no Brasil componentes do conceito estão presentes na PNRS, sem o conceito em si.

O foco do pós-consumo, no Brasil, acaba sendo o consumidor, porém esse é reconhecidamente vulnerável no mercado de consumo, sendo sujeito a campanhas que promovem mais consumismo, a obsolescência dos produtos e ao nível de informação que as empresas se disponibilizam a ofertar sobre como descartar o material. Por seu lado, os consumidores não costumam requerer mais informações sobre o pós-consumo justamente por estarem tão envolvidos pela lógica do consumo.

Por isso, entende-se que o principal responsável pelos danos ambientais do pós-consumo, bem como da produção, são os produtores. Essa responsabilidade é fundamentada no princípio do poluidor-pagador, que é baseado no conceito das externalidades negativas, na tentativa de incluir no preço do produto um custo de sua produção, para que esse não seja distribuído pela sociedade enquanto o lucro é apropriado pelo particular.

É importante destacar que a internalização das externalidades negativas sob o princípio do poluidor-pagador não é a compra do direito de poluir, mas uma tentativa de prevenir que o dano ambiental ocorra, ou seja, é aplicado quando se tem certeza de que a atividade produtiva causou o dano em questão. Isso fica evidente na extração do lítio nas salinas, onde os prejuízos ambientais (e consequentes sociais) podem ser diretamente vinculados à expansão da atividade extrativa. No caso brasileiro, ao invés da prevenção, como não há, por hora, estudos de impacto, seria justificável aplicar o princípio do poluidor-pagador nas empresas sob o princípio da precaução, visto que é possível projetar que as consequências negativas já observáveis no Triângulo do Lítio e na Austrália surjam também no Brasil conforme o projeto do Vale do Lítio se consolidar.

Enquanto os danos da produção das LIBs podem ser localizados nos países onde se extrai o lítio, as consequências do pós-consumo não ocorrem,

necessariamente, onde ocorre a geração do resíduo, visto que, quando os REEE seguem a rota informal de descarte e reciclagem, acabam exportados para países com economias e mecanismos regulatórios menos robustos.

Quando os REEE são descartados irregularmente são os catadores de resíduos, no meio urbano, que recuperam esses materiais. Apesar da PNRS incentivar sua formalização, esses trabalhadores se defrontam com vulnerabilidades decorrentes das condições de trabalho inadequadas e inseguras, preconceito e exclusão social. São expostos a riscos de saúde, devido a composição dos REEE, que também representam um perigo ambiental quando seu desmonte ou descarte irregular permite que os componentes se disseminem na natureza. A rota informal, além dos danos à saúde, ambiente e condições de trabalho e inclusão dos catadores, prejudica o retorno dos materiais à cadeia produtiva.

A integração dos catadores à rede formal de reciclagem é, portanto, fundamental não só para esses trabalhadores, sua inclusão social e laboral, mas para o ambiente e retorno dos materiais à cadeia produtiva. Para que essa incorporação ocorra é preciso que o Estado utilize seu protagonismo nas políticas públicas e ações de inclusão e formalização preconizadas na PNRS, bem como na efetivação da política de logística reversa.

Dessa forma, foram identificados cinco núcleos de problemas para que a reciclagem e a logística reversa no Brasil funcionem: 1) a ausência de incentivos para que os resíduos sigam o canal formal de logística reversa, o que remete ao desconhecimento dos consumidores sobre como podem dar início a essa cadeia e a disponibilidade de locais e seu reconhecimento para depositar os resíduos; 2) o descarte no “lixo comum” de pilhas, baterias e REEE em geral, sendo um problema ambiental e de segurança dos catadores; 3) as vulnerabilidades múltiplas a que os catadores, essenciais à logística reversa estão submetidos, incorrendo, também, do desmonte inadequado dos REEE; 4) o design não pensado para reciclagem, que propicia que essa seja feita informalmente por não ter fluxos padronizados para seguir; e 5) a quantidade de resíduos nos países de “terceiro mundo” e o que esse são capazes de fazer com eles.

Primeiramente, um terço da população brasileira não sabe da existência de pontos de coleta de REEE, sendo que há um desconhecimento generalizado do que

significa “lixo eletrônico”. O descarte incorreto é motivado não só pela ignorância, mas também por não haver capilaridade dos pontos de descarte correto: segundo os últimos dados encontrados nesta pesquisa, em 2014, apenas 3,6% dos municípios brasileiros possuíam Ponto de Entrega Voluntária para pilhas.

Assim, um dos obstáculos é a falta de informação sobre o que é “lixo eletrônico” e como fazer seu descarte correto. Todavia, a informação é capaz de mudar as condutas do indivíduo apenas se for vinculada com o conhecimento; se o conhecimento for desvinculado da consciência ambiental e baseado na cultura do consumo e separação entre sociedade e natureza, de nada adianta. Assim, é preciso que seja construída uma racionalidade ambiental, fundada e fundante da educação ambiental, que é responsabilidade do poder público, mas, também, um aspecto estratégico para a competitividade das empresas.

Em segundo lugar, com a informação ambiental, o problema do descarte de REEE no “lixo comum” pode ser tratado. Quando os catadores entram em contato com esses resíduos especiais, têm sua vulnerabilidade laboral ainda mais ampliada. É preciso que a formalização dessa classe, preconizada pela PNRS, seja efetivada, o que pode ser feito por meio da organização em cooperativas, evitando que sejam explorados pelos “atravessadores” e que tenham um vínculo direto com as empresas recicladoras. Se colocados em locais de descarte correto, os REEE são mais valorizados pelos compradores do que se vierem contaminados de outros tipos de resíduos.

Todavia e em terceiro lugar, os catadores têm dificuldades em constituírem as cooperativas, devido às condições de vida, educação, exclusão e outras vulnerabilidades cotidianas que concorrem para a atomização dos trabalhadores. Existem exemplos positivos da atuação do Estado no auxílio da formalização dos processos de trabalho dos catadores, permitindo que, quando organizados, se tornem instituições atrativas ao estabelecimento de parcerias com empresas privadas para reciclagem. Mais uma vez, o poder público demonstra que, se utilizar seu papel privilegiado como formulador de políticas públicas, ações sustentadas por fundos particulares se tornam possíveis.

Em quarto lugar, quanto ao desmonte incorreto, ações de qualificação dos catadores para que desempenhem o desmonte correto dos componentes dos REEE

apresentaram resultados positivos, porém se os produtos fossem concebidos com circularidade em mente, desde o princípio, esse problema teria sua resolução já bastante avançada. É uma questão que diz respeito, portanto, aos produtores de EEE e a incorporação do ecodesign como estratégia ambiental, de concorrência e de aprimoramento dos produtos, como ampliação do tempo de vida e possibilidade de reparação.

O ecodesign incorpora, dentro da circularidade dos produtos, o gerenciamento da logística reversa. Há propostas inovadoras de rastreamento dos EEE, da implantação de chips e códigos que orientam o destino correto, a forma de desmonte e os componentes do equipamento. Todavia, as empresas ainda encaram isso como custos e quem está “na ponta” do processo, os recicladores e catadores, enfrentam problemas de acesso à tecnologia, especialmente considerando que a maioria das pessoas neste último trabalho são mulheres, vítimas da brecha digital de gênero.

Um grande problema que permeia todos os obstáculos ao estabelecimento da cadeia de reciclagem de REEE é a responsabilidade de cada ator dentro da logística reversa. Sob a égide da responsabilidade compartilhada, cada ator se escusa da responsabilidade sobre etapas mais onerosas e com menos retorno financeiro, afirmando que a atividade indesejada faz parte da responsabilidade do ator seguinte. Há exemplos positivos de países que adotaram a responsabilidade estendida do produtor, porém apoiadas com taxas sobre o consumidor na hora de reciclar.

A autora desta dissertação entende que, enquanto os produtores deveriam ser, sim, mais responsabilizados pelo destino de seus produtos pós-consumo, onerar o consumidor, já submetido à falta de informação e de postos adequados de coleta de REEE, apenas prejudicaria ainda mais o retorno desses materiais. Uma forma de, ao contrário, incentivar a devolução dos REEE ao ciclo produtivo seria a premiação em curto prazo, para que o hábito seja desenvolvido, ação que também apresenta exemplos positivos.

Para estimular as empresas a investirem na logística reversa, é preciso que seja revertido o paradigma em que é mais barato comprar matéria-prima primária do que reciclada. Recentemente, em 2021, foram tomadas decisões no STF nesse sentido, porém ainda há muito espaço para privilegiar a compra de material reciclado.

Finalmente, em quinto lugar, como não há incentivos diretos e robustos para as empresas investirem em reciclagem, há o discurso de que, no Brasil, as indústrias de reciclagem não têm insumos para se desenvolverem, quando, na verdade, os resíduos destinados à reciclagem não chegam até as empresas por serem incorretamente descartados e seguirem fluxos informais. O Brasil consome quantidades significativas de EEE, o que está em falta é efetivação da estruturação da logística reversa.

Temos, assim, um panorama da realidade do descarte e reciclagem das LIBs no Brasil, com possíveis caminhos para que essa se realize no país de forma sustentável, não só ambientalmente, mas também socialmente. Julga-se que a pergunta de pesquisa originalmente proposta foi respondida satisfatoriamente, tendo cumprido os objetivos específicos de cada seção desta dissertação.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, Alberto. **O bem viver**: uma oportunidade para imaginar outros mundos. São Paulo: Autonomia Literária, Elefante, 2016. 164 p. ISBN 978-85-69536-02-4.

AGÊNCIA MINAS. **Governo de Minas realiza lançamento mundial do projeto Vale do Lítio**. Maio 2023. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-realiza-lancamento-mundial-do-projeto-vale-do-litio>. Acesso em: 25 ago. 2023.

AGUILAR, E. S.. Mujeres me'phaa, resistencia y el sentido del lugar ante los despojos del extractivismo y el narcotráfico. *Iconos*, n. 64, p. 69-88, maio/ago. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.17141/iconos.64.2019.3643>

AGUSDINATA, Dato Buyung; LIU, Wenjuan; EAKIN, Hallie; ROMERO, Hugo. Socio-environmental impacts of lithium mineral extraction: towards a research agenda. **Environmental Research Letters**, n. 13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae9b1>.

ALVES, Francisco. Sigma Lithium está transformando o Jequitinhonha no Vale do Lítio. **Brasil Mineral**, n. 428, abr. 2023.

ALVES, José Irivaldo; CUNHA, Belinda Pereira da; SOUSA, John Brehmer de. Desenvolvimento e desenvolvimento sustentável: uma revisão contemporânea para pensar políticas públicas num ambiente de complexidade. **Revista jurídica**, v. 1, n. 50, 2018. DOI: 10.6084/m9.figshare.6019862.

AMICI, Julia; et al.. A Roadmap for Transforming Research to Invent the Batteries of the Future Designed within the European Large Scale Research Initiative BATTERY 2030+. **Advanced Energy Materials**, n. 12, 2022. DOI: 10.1002/aenm.202102785.

ARAGÃO, Alexandra. **O princípio do poluidor pagador**: pedra angular da política comunitária do ambiente. São Paulo: Inst. O Direito por um Planeta Verde, 2014. ISBN 978-85-63522-17-7

ARAUJO, Karoline de Lucena. **Consumidor enquanto gerador de resíduos sólidos**: a proteção do meio ambiente e dos direitos dos consumidores a partir da interpretação recíproca entre as Políticas Nacionais das Relações de Consumo e dos Resíduos Sólidos. 2019. 214 f. Tese (Doutorado em Ciências Jurídicas) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

ARAUJO, Karoline de Lucena; CUNHA, Belinda Pereira da. Pós-consumo e resíduos sólidos: o papel do consumidor em discussão. **Revista de Direito Público Contemporâneo, Instituto de Estudios Constitucionales da Venezuela e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro do Brasil**, a. 2, v. 1, n. 1, janeiro/junho 2018.

ARELLANO-ESCUADERO, Nelson. Energía solar y litio: génesis de las relaciones técnicas del antropoceno con las salmueras de Atacama y Tarapacá (1973-1989). **Diálogo Andino**, n. 66, 2021.

ARGENTINA. **Ley n. 24.051, de 8 de janeiro de 1992**. Ambito de aplicacion y disposiciones gcales. Registro de generadores y operadores - transportistas - infracciones regimen penal - autoridad de aplicacion - disposiciones complementarias - prohibese su importacion. Buenos Aires, BA.: Congreso Argentino, [1992]. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450/texto>. Acesso em: 30 ago. 2023.

ARGENTINA. **Ley n. 25.916, de 4 de agosto de 2004**. Establécense presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones. Disposiciones complementarias. Buenos Aires, BA.: Congreso Argentino, [2004]. Disponível em: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC045973/#:~:text=La%20presente%20Ley%20establece%20los,que%20se%20encuentren%20regulados%20por>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ARGENTINA, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **Gestión de residuos sólidos urbanos**. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu#:~:text=En%20Argentina%2C%20el%20manejo%20de,minimizaci%C3%B3n%20en%20la%20generaci%C3%B3n%20y>. Acesso em: 17 ago. 2023.

ARGENTO, Melisa; ZICARI, Julian. Políticas públicas y conflictos territoriales en torno a la explotación del litio en Salta: el caso de Salinas Grandes. **Andes, Antropología e Historia**, v. 1, n. 29, 2018. ISSN N° 0327-1676.

BABIDGE, Sally; BOLADOS, Paola. Neoextractivism and Indigenous Water Ritual in Salar de Atacama , Chile. **Latin American Perspectives**, v. 45, n. 5, p. 170-185, set. 2018,. DOI: 10.1177/0094582X18782673.

BARBOSA, Ana Carolina. A tributação e os gastos com reciclagem e logística reversa. **Consultor Jurídico**. 2 mar. 2022. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2022-mar-02/barbosa-tributacao-gastos-reciclagem-logistica-reversa>. Acesso em: 01 out. 2023.

BEGHIN, Nathalie. **A filantropia empresarial: nem caridade, nem direito**. São Paulo: Cortez, 2005. ISBN: 85-249-1101-8.

BERBERIAN, Thais Peinado. Serviço Social e avaliações de negligência: debates no campo da ética profissional. **Serviço Social & Sociedade**, São Paulo, n. 121, jan./mar. 2015.

BERNARDO, Odair Oliveira; SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; DEMAJOROVIC, Jacques. Inovação na cadeia reversa de resíduos eletroeletrônicos: um estudo sobre os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento. **Revista de Administração de Empresas**, v. 60, n. 4, jul./ago. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020200402>.

BOBBIO, Norberto, MATTEUCCI, Nicola; PASQUINO, Gianfranco. **Dicionário de política**. 11. ed. Brasília: UNB, 1998. v.1. 674 p.

BOSCHETTI, Ivanete. Agudização da barbárie e desafios ao Serviço Social. *Serviço Social e Sociedade*, n. 128, jan./abr. 2017.

BOLÍVIA. Ley n. 300, de 15 de outubro de 2012. LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN. La Paz, LPZ: Presidente Constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia, [2012]. Disponível em: http://www.silep.gob.bo/norma/12733/ley_actualizada. Acesso em: 25 ago. 2023.

bp. **Statistical Review of World Energy 2022**. London: UK, 2022.

BRASIL. **Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispões sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1999]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 05 out. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 25 ago. 2023.

BRASIL. **Acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes**. Brasília, DF, [2019].

BUSNARDO, Natália Giovanini; PAULINO, Jéssica Frontino; AFONSO, Julio Carlos. Recuperação de cobalto e de lítio de baterias íon-lítio usadas. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 995-1000, 2007

CABELLO, José. Reservas, recursos y exploración de litio en salares del norte de Chile. **Andean Geology**, v. 49, n. 2, maio, 2022

CABRERA, Saúl et al. Perspectivas en el procesamiento de materiales-electrodos para baterías de ion litio en Bolivia. **Revista Boliviana de Química**, v. 29, n. 1, p. 15-38, 2012.

CALGARO, Cleide; PEREIRA, Agostinho Oli Koppe. **A sociedade consumocentrista e seus impactos socioambientais**. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2021. ISBN: 978-65-5807-100-6.

CAMARDELO, Ana Maria Paim; OLIVEIRA, Mara de; STEDILE, Nilva Lúcia Rech. **Tempos rudes**: a identidade atribuída e sentida pelos catadores e pelas catadoras de resíduos de Caxias do Sul-RS. Caxias do Sul, RS: EducS, 2021. ISBN 978-65-5807-120-4 (on-line).

CAMARDELO, Ana Maria Paim; OLIVEIRA, Mara de; STEDILE, Nilva Lúcia Rech. **Tempos rudes**: a precarização estrutural na trajetória profissional de catadores e de catadoras de resíduos em Caxias do Sul-RS. Caxias do Sul, RS: EducS, 2022. ISBN 78-65-5807-199-0 (on-line).

CARVALHO, Sandra. Minas pode levar o país a ser um dos maiores produtores de lítio. *Diário do Comércio*, Minas Gerais, 07 maio 2021. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/minas-pode-levar-o-pais-a-ser-um-dos-maiores-produtores-de-litio/>. Acesso em: 09 maio 2023.

CBL, Companhia Brasileira de Lítio. Disponível em: <https://cblitio.com.br/>. Acesso em: 09 maio 2023.

CBL, Companhia Brasileira de Lítio. **Versão do Relatório de Responsabilidade Social elaborado em julho de 2019**. 2019.

CETESB. **Convenção de Estocolmo** – A convenção. (s/a). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/>. Acesso em: 02 out. 2023.

CFESS. (2014). **Atuação de assistentes sociais no sociojurídico** - subsídios para reflexão. Brasília.

CHILE. **Ley n. 20.920, de 12 de maio de 2016**. Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Santiago, RM: Ministerio del Medio Ambiente, [2016]. Disponível em: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894&idParte=9705129&idVersion=2016-06-01>. Acesso em: 25 ago. 2023.

CHILE. **Decreto exento n. 92**. Aprueba planificación energética de largo plazo, periodo 2018 – 2022. Santiago, RM: Ministerio de Energía [2018]. Disponível em: https://servicios-leychile.bcn.cl/Consulta/Exportar?radioExportar=Normas&exportar_formato=pdf&nombearchivo=Decreto-92-EXENTO_10-ABR-2018&exportar_con_notas_bcn=False&exportar_con_notas_originales=False&exportar_con_notas_al_pie=False&hddResultadoExportar=1116938.2018-04-10.0.0%23. Acesso em: 31 ago. 2023.

CHORDIA, Mudit; WICKERTS, Sanna; NORDELÖF, Anders; ARVIDSSON, Rickard. Life cycle environmental impacts of current and future battery-grade lithium supply from brine and spodumene. **Resources, Conservation & Recycling**, n. 187, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106634>.

CO2ZERO Edição de Informações e Serviços Ltda. **Ranking de Veículos em Emissões de CO2 por km rodado**, São Paulo: 2012.

CORRÊA, Jacson. **Proteção ambiental & atividade minerária**: elementos para a formação da cidadania ecológica. Curitiba: Juruá, 2002. 252p

COUTINHO, Clara; LISBÔA, Eliana. Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI. **Revista de Educação**, v. 18, n. 1, 2011.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 22, n. 5, set./out. 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522017149403.

CUEVA, Eduardo *et al.* Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. **Enfoque UTE**, v. 9, n. 1, p. 166-176, mar. 2018

CUNHA, Belinda Pereira da; SILVA, Lucas Gonçalves da. Crise ambiental e pós-modernidade na sociedade de informação: alguns impactos para o desenvolvimento. **Conpedi Law Review**, v. 2, n. 4, jul./dez. 2016. DOI: 10.21902/clr.v2i4.361.

DADOS MUNDIAIS. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/>. Acesso em: 10 maio 2023.

DEMAJOROVIC, Jacques; HUERTAS, Melby Karina Zuniga; BOUERES, Juliana Alves; SILVA, Adilson Gonçalves da; SOTANO, Aloisio Sousa. Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares? **RAE**, v. 52, n. 2, mar./abr. 2012.

DEMAJOROVIC, Jacques; CAIRES, Elisangela Ferreira; GONÇALVES, Laudicéia Nunes da Silva; SILVA, Maria Janielly da Costa. Integrando empresas e cooperativas de catadores em fluxos reversos de resíduos sólidos pós-consumo: o caso Vira-Lata. **Cad. EBAPE.BR**, v. 12, Edição Especial, artigo 7, Rio de Janeiro, Ago. 2014.

DEMAJOROVIC, Jacques; AUGUSTO, Eryka Eugênia Fernandes; SOUZA, Maria Tereza Saraiva de. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, v. XIX, n. 2, abr./jun. 2016.

DEMAJOROVIC, Jacques; MASSOTE, Bruno. Acordo setorial de embalagem: avaliação à luz da responsabilidade estendida do produtor. **Revista de Administração de Empresas**, v. 57, n. 5, set./out. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020170505>.

EC, European Commission. **Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023.

EL-DEIR, Soraya; TORRES, Berna Maroja. Sustainable and intelligent technological route for waste electro-electronic equipment. **Academia Letters**, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.20935/AL4589>.

FERNANDES, Sheila Mendes; RODRIGUEZ, Carlos Manuel Taboada; BORNIA, Antonio Cezar; TRIERWEILLER, Andréa Cristina; SILVA, Solange Maria da; FREIRE, Patrícia de Sá. Revisão sistemática da literatura sobre as formas de mensuração do desempenho da logística reversa. **Gest. Prod.**, v. 25, n. 1, 2018.

FLEXER, Victoria; BASPINEIRO, Celso Fernando; GALLI, Claudia Inés. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. **Science of the Total Environment**, v. 639, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>

FLORA Y FAUNA DE CÓRDOBA. Salinas Grandes. Disponible: <http://www.judithdor.com.ar/proyectos/cba-fauna-flora/protegidas-3.html>. Acesso em: 07/12/2022.

FOLADORI, Guillermo. **Limites do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2001.

FORNILLO, Bruno. ¿Nueva energía Argentina? Política, ciencia e industria del litio. **Ciencia, Docencia y Tecnología**, v. 26, n. 51, p. 271-304, nov. 2015

FORNILLO, Bruno; GAMBIA, Martina. Industria, ciencia y política en el Triángulo del Litio. **Ciencia, Docencia y Tecnología**, v. 30, n. 58, p. 01-38, maio 2019

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis Peter; KUEHR, Ruediger; BEL, Garam. **The global e-waste monitor 2020**. Bonn: United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU), International Solid Waste Association (ISWA). 2020.

FRANCE PRESSE. **Apple é investigada na França por suspeita de limitar vida útil de smartphones**. 16 maio 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2023/05/16/apple-e-investigada-na-franca-por-suspeita-de-limitar-vida-util-de-smartphones.ghtml>. Acesso em 23 out. 2023.

FREITAS, Vladimir Passos de. **A Constituição Federal e a Efetividade das Normas Ambientais**. 2. Ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2002. ISBN: 85-203-2127-5.

FRANZ, Nádia Mara; SILVA, Christian Luiz da. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): global and contemporary challenge to production chains and the urban environment. **Gestão & Produção**, n. 29, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e6621>.

GARGARELLA, R.; COURTIS, C. (2009). *El nuevo constitucionalismo latinoamericano: promesas e interrogantes*. Publicación de las Naciones Unidas: Santiago de Chile. ISSN versión electrónica 1680-8983.

GIARETTA, Juliana Barbosa Zuquer; TANIGUSHI, Daniel Gouveia; SERGENT, Marcela Tashiro; VASCONCELLOS, Maria da Penha; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. Hábitos Relacionados ao Descarte Pós-Consumo de Aparelhos e Baterias de Telefones Celulares em uma Comunidade Acadêmica. **Saúde Soc.**, São Paulo, v.19, n.3, p.674-684, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.

GIOVANNINI, Fabrizio; KRUGLIANSKAS, Isak. Fatores Críticos de Sucesso para a Criação de um Processo Inovador Sustentável de Reciclagem: um Estudo de Caso. **RAC**, v. 12, n. 4, out./dez. 2008.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004. 107 p.

GÓMEZ, Victor A.; HERNÁNDEZ, Cesar; RIVAS, Edwin. Visión General, Características y Funcionalidades de la Red Eléctrica Inteligente (Smart Grid). **Información Tecnológica**, v. 29, n. 2, p. 89-102, 2018.

GÖREN, Attila; COSTA, Carlos M.; LANCEROS-MÉNDEZ, Senentxu. Baterias de iões-lítio: a revolução na mobilidade elétrica? **Gazeta de física**, v. 41, n. 1, 2018.

GRAEDEL; T. E.; ALLWOOD, Julian; BIRAT, Jean-Pierre; BUCHERT, Matthias; HAGELÚKEN, Christian; RECK, Barbara K.; SIBLEY, Scott F.; SONNEMANN, Guido. What do we know about metal recycling rates? **Journal of Industrial Ecology**, v. 15, n. 3, 2011. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00342.x.

GRANADOS, Elkin D.; DÍAZ, Nelson L.; LUNA, Adriana C.. Energy Management Electronic Device for Islanded Microgrids Based on Renewable Energy Sources and Battery-Based Energy Storage. **Ingeniería e Investigación**, v. 41, n. 1, abril 2021. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.41n1.83905>.

GREEN ELETRON. **Resíduos eletrônicos no Brasil – 2021**. 2021. Disponível em: https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf. Acesso em: 28 set. 2023.

GRÜN, Mauro. **Ética e educação ambiental**: a conexão necessária. 6 ed. Campinas, SP: Papyrus, 2002.

GUACANEME, Wilmer; RODRÍGUEZ, Andrés F.; GÓMEZ, Luis M.; SANTAMARÍA, Francisco; TRUJILLO, César. Desarrollo de un prototipo de micro-red residencial a baja escala. **TecnoLógicas**, v. 21, n. 43, p. 107-125, set./dez. 2018.

GUIMARÃES, Mauro. **Educação ambiental**: No consenso um embate?. Campinas, SP: Papyrus, 2000.

GUNDERMANN, Hans; GÖBERL, Barbara. Comunidades indígenas, empresas del litio y sus relaciones en el Salar de Atacama. **Chungara Revista de Antropología Chilena**, v. 20, n. 3, 2018.

HIDALGO, Debrayan Bravo; ALONSO, Jorge Gonzáles; PÉREZ, Yomaki Martínez. Costos de las tecnologías de almacenamiento de energía térmica. **Centro Azúcar**, v. 44, n. 4, p. 67-76, out./dez. 2017.

IAMAMOTO, Marilda Villela; CARVALHO, Raul de. **Relações sociais e serviço social no Brasil**: esboço de uma interpretação histórico-metodológica. 19 ed. São Paulo: Cortez, 2006. ISBN 85-249-0247-7.

JARDIM, Arnaldo; ALVARENGA, Clineu Nunes. Necessidade de rever a tributação na reciclagem. **Consultor Jurídico**. 30 jul. 2022. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2022-jul-30/jardime-alvarenga-rever-tributacao-reciclagem>. Acesso em: 01 out. 2023.

KAZIMIERSKI, Martín Ariel. Almacenamiento energético frente al inminente paradigma renovable: el rol de las baterías ion-litio y las perspectivas sudamericanas. **Letras Verdes**, n. 3, p. 108-132, mar. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.3055>

KELLY, Jarod C.; WANK, Michael; DAI, Qiang; WINJOBI, Olumide. Energy, greenhouse gas, and water life cycle analysis of lithium carbonate and lithium hydroxide monohydrate from brine and ore resources and their use in lithium ion battery cathodes and lithium ion batteries. **Resources, Conservation & Recycling**, n. 174, 2021.

KHAKMARDAN, Shayan; ROLINCK, Maximilian; CERDAS, Felipe; HERRMANN, Christoph; GIURCO, Damien; CRAWFORD, Robert; LI, Wen. Comparative Life Cycle Assessment of Lithium Mining, Extraction, and Refining Technologies: a Global Perspective. **Procedia CIRP**, v. 116, p. 606-611, 2023.

KOOP, Fermín. Mais de 1.700 ativistas ambientais são mortos em uma década. **Diálogo Chino**. 6 out. 2022. Disponível em: <https://dialogochino.net/pt-br/industrias-extrativistas-pt-br/58990-mais-de-1-700-ativistas-ambientais-sao-mortos-na-ultima-decada/>. Acesso em 04 out. 2023.

LEWKOWICZ, Javier. O lítio pode ser extraído com menos impacto ambiental? *Diálogo Chino*, 28 set. 2022. Disponível em: <https://dialogochino.net/pt-br/industrias-extrativistas-pt-br/58865-can-lithium-be-produced-with-lower-environmental-impact-latin-america/>. Acesso em: 31 nov. 2022.

LIU, Wenjuan; AGUSDINATA, Datu B.. Interdependencies of lithium mining and communities sustainability in Salar de Atacama, Chile. **Journal of Cleaner Production**, n. 260, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120838>

LIU, Wenjuan; AGUSDINATA, Datu B.; MYNT, Soe W.. Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n. 80, p. 145-156, 2019.

LÓPEZ, Pilar Arroyo; BRINGAS, Mariana Villanueva; INIESTRA, Juan Gaytán; VARGAS, Marco García. Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos: un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa. **Contaduría y Administración**, v. 59, n. 1, jan./mar. 2014.

LÓPEZ-GARCÍA, Dahiana; ARANGO-MANRIQUE, Adriana; CARVAJAL-QUINTERO, Sandra X.. Integration of distributed energy resources in isolated microgrids: the Colombian paradigm. **TecnoLógicas**, v. 21, n. 42, p. 13-29, 2018.

LOUBET, Luciano Furtado. Logística reversa (responsabilidade pós-consumo) frente ao Direito Ambiental brasileiro: implicações da Lei nº 12.305/2010. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 16, n. 2802, 4 mar. 2011. Disponível em: <<http://jus.uol.com.br/revista/texto/18617>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MANN, Peter. **Métodos de Investigação Sociológica**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 4ª ed., 1975.

MATEUS, A.. Recursos naturais de lítio. **Revista Ciência Elementar**, v. 8, n. 3., set. 2020.

MIHAI, Florin Constantin; GNONI, Maria-Grazie; MEIDIANA, Christia; EZEAH, Chukwunonye; ELIA, Valerio. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): Flows, Quantities, and Management-A Global Scenario. In.: PRASAD, M.N.V.; VITHANAGE, Meththika. **Electronic Waste Management and Treatment Technology**. Elsevier Science & Technology Books, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816190-6.00001-7>.

MNCR. Mulheres são maioria entre Catadores de Materiais Recicláveis. 21 mar. 2014. Disponível em: <https://www.mncr.org.br/noticias/noticias-regionais/mulheres-sao-maioria-entre-catadores-organizados-em-cooperativas>. Acesso em 02 out. 2023.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciências & Educação** v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MOREIRA, Danielle de Andrade. Responsabilidade ambiental pós-consumo. In: **Congresso Brasileiro de Direito Ambiental: 30 anos da Política Nacional de Meio Ambiente**. São Paulo, 2011.

NEUMANN, Jonas; PETRANIKOVA, Martina; MEEUS, Marcel; GAMARRA, Jorge D.; YOUNESI, Reza; WINTER, Martin; NOWAK, Sascha. Recycling of Lithium-Ion Batteries – Current State of the Art, Circular Economy, and Next Generation Recycling. **Advanced Energy Materials**, n. 12, 2022. DOI: 10/1002/aenm.202102917.

OLIVEIRA, Michel Melo. **Dimensionamento empírico de realce em sublevel stoping**. 2012. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

ONU. Convenção de Roterdã sobre o Procedimento de Consentimento Prévio Informado Para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos. Disponível em: <https://www.pic.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1048/language/en-US/Default.aspx>. Acesso em: 02 out. 2023.

ONU. Guterres: Mientras la tecnología avanza a toda velocidad, las mujeres y las niñas se quedan atrás. **Noticias ONU**. 06 mar. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519112>. Acesso em: 02 out. 2023.

OUA. Convenção de Bamako relativa à interdição de lixos perigosos para África e ao controlo da movimentação transfronteiras e à gestão desses lixos em África. Bamako, 1991. Disponível em: https://au.int/sites/default/files/treaties/7774-treaty-0015_-_bamako_convention_on_hazardous_wastes_p.pdf. Acesso em: 02 out. 2023.

PARRA, M. M. Racismo ambiental: muerte lenta y despojo de território ancestral afroecuatoriano em Esmeraldas. **Íconos**, n. 64, p. 89-109, maio/ago. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.17141/iconos.64.2019.3686>.

PELL, Robert; TIJSSELING, Laurens; GOODENOUGH, Kathryn; WALL, Frances; DEHAINE, Quentin; GRANT, Alex; DEAK, David; YAN, Xiaoyu; WHATTOFF, Phoebe. Towards sustainable extraction of technology materials through integrated approaches. **Nature reviews earth & environment**, v. 2, 665-679, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00211-6>.

PESSANHA, Luiz Phillipe Mota; MORALES, Gudelia. Consumer behavior in the disposal of Information Technology Equipment: characterization of the household flow. **Gestão & Produção**, n. 27, v. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530X4313-20>.

POSSE, E. R.; KARLIN, U. O.; BUFF, E.; KARLIN, M.; LEVRA, C. Gai; CASTRO, G.. Ambientes de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina. *Multequina*, n. 16, p. 123-137, 2017.

PRAGIER, Deborah. Comunidades indígenas frente a la explotación de litio en sus territorios: contextos similares, respuestas distintas. **Polis**, n. 52, 2019. DOI: 10.32735/S0718-6568/2019-N52-1368.

PRAGIER, Deborah; NOVAS, Mariano A.; CRISTEL, Lucas G. Comunidades indígenas y extracción de litio en Argentina: juridificación y estrategias de acción. **Íconos**, n. 72, v. XXVI, jan./abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.17141/iconos.72.2022.5030>.

REDACCIÓN @NOTISPOSITIVAS. (14 jan. 2020). Piden a la Corte Suprema que se respete el derecho a um ambiente sano. *Diario de Noticias Positivas*. Disponible: <https://noticiaspositivas.org/salinas-grandes-sistema-hidrico-litio/>. Acesso em: 07/12/2022.

REY-LÓPEZ, Juan Manuel; VERGARA-BARRIOS, Pedro Pablo; OSMA-PINTO, Germán Alfonso; ORDÓÑEZ-PLATA, Gabriel. Generalities about design and operation of microgrids. **DYNA**, v. 82, n. 192, p. 109-119, ago. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n192.48586>.

RIBAS, Giovanna Paola Primor; SOUZA FILHO, Carlos Frederico Marés de. Responsabilidade ambiental pós-consumo e logística reversa: instrumentos para um consumo sustentável. **R. Fac. Dir. UFG**, v. 40, n.1, p. 167 - 186, jan./jun. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/rfd.v40i1.28601>.

RODRIGUES, Jaqueline Terezinha Martins Corrêa; WERNER, Liane; BARCELLOS, Marcia Dutra de. Waste electrical and electronic equipment: risks and opportunities under a sustainable perspective. **Rev. Adm. UFSM**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 296-312, 2020. DOI: 10.5902/19834659 23803.OS, 2020.

SANTANA, Laiane Kalita de. **Investigação da rota biohidrometalúrgica com *Acidithiobacillus ferrooxidans/tiooxidans* para recuperação do cobalto de baterias de íons lítio descartadas**. 2016. 151 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2016.

SANTANA, Gabrielly Camili Luna de; CASTRO, Helen Lopes de; FARIAS, Manuela Maria de Albuquerque; FERREIRA, Rayan Gabriel Rodrigues; SILVA, Rayanne Manuela Paula Gomes da. Analfabetismo digital. **Discientes Faculdade ESUDA**, v. 8, n. 1, 2023. Disponível em:

<https://revistas.esuda.edu.br/index.php/Discente/article/view/887/350>. Acesso em: 02 out. 2023.

SANTOS, Boaventura de Sousa. **Descolonizar el saber, reinventar el poder**. Uruguay: Ediciones Trilce. 2010. ISBN 978-9974-32-546-3.

SANTOS, Kauê Lopes dos. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na macrometrópole paulista: normas e técnicas à serviço da logística reversa. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Princípios do direito Ambiental**. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

SECRETARIA DE MINERÍA DE LA NACIÓN, Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. (2021 out.). *Informe especial Lítio*.

SILVA, Rafael Gundim; AFONSO, Júlio Carlos; MAHLER, Claudio Fernando. Lixiviação ácida de baterias íon-lítio. **Química Nova**, v. 41, n. 5, p. 581-586, 2018. DOI: 10.21577/0100-4042.20170207

SILVA, André Luiz Emmel; MORAES, Jorge André Ribas; MACHADO, Ênio Leandro. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Eng Sanit Ambient**, v. 20, n. 1, jan./mar. 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020000087843

SILVA, Rayanne Maria Galdino; NÓBREGA, Claudia Coutinho; SÁ, Ana Cecília Novaes de; SILVA, Davi Lopes Viana; FIRMINO, Lílian de Queiroz. Indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Eng Sanit Ambient**, v. 28, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220220>

SILVA, Jeter Liano; RIBEIRO, Eduardo Magalhães; LIMA, Víco Mendes Pereira; HELLER, Leo. As secas no Jequitinhonha: demandas, técnicas e custos do abastecimento no semiárido de Minas Gerais. **Revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 22, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202013>.

SOARES, Rodrigo Herico Rodrigues de Melo. *Biodiversidade algal e análise dos serviços ecossistêmicos em uma salina do nordeste, Brasil*. 2018. 66 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; PAULA, Mabel Bastos de; SOUZA-PINTO, Helma de. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **RAE**, v. 52, n. 2, mar./abr., 2012.

STICCO, M.; SCRAVAGLIERI, P.; DAMIANI, A.. FARN – Fundación Ambiente y Recursos Naturales (Org.). (2019). *Estudio de los Recursos Hídricos y el Impacto*

por Explotación Minera de Litio, Cuencas Salinas Grandes y Laguna Guayatayoc – Provincia de Jujuy.

SUBLEVEL Stoping Mining Method. Publicado pelo canal Black Diamond Drilling Services Australia PTY LTD. [s.l.]: AtlasCopco, 2018. 1 vídeo (3 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Ruo0YrLGAWA&ab_channel=Newlab. Acesso em: 10 maio 2023.

SUESCA, Rafael Antonio Peña; LEÓN, Andrés I. Santos; RODRÍGUEZ, César Leonardo Trujillo. Analysis for Selection of Battery-Based Storage Systems for Electrical Microgrids. **Revista Ingeniería**, v. 25, n. 3, 2020.

SVAMPA. M. **Las fronteras del neoxtrativismo em América Latina: Conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependências.** Equador: Calas, 2019.

TAPIA, Claudio; OLIVER-TOLENTINO, Miguel Ángel; GONZÁLEZ, Ignacio; RAMOS-SÁNCHEZ, Guadalupe. Premio Nobel de Química 2019: baterías Ion-Li. **Educación Química**, v. 31, n. 1, p. 12-22, 2020. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2020.1.72730.

TEIXEIRA, Raquel Oliveira Santos; ZHOURI, Andréa; MOTTA, Luana Dias. Os estudos de impacto ambiental e a economia de visibilidades do desenvolvimento. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 36, n. 105, 2021.

UCS, Universidade de Caxias do Sul. **Linhas de Pesquisa.** s/a. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/pos-graduacao/formacao-stricto-sensu/direito/linhas-de-pesquisa/>. Acesso em: 21 out. 2022.

VALLIN, Moises Ferrer; FUENTEFRIA, Ariel Santos; LABORÍL, Hector Silvio Llamo. Análisis del factor de carga de un sistema eléctrico aislado con fuentes renovables de energía. **Revista de Ingeniería Energética**, v. 39, n. 1, p.13-20, jan./abr. 2018.

VALENCIA-DÍAZ, Alejandro; ISAZA, Ricardo A Hincapié; GALLEGU-RENDÓN, Ramón A. Optimal Planning of Secondary Power Distribution Systems Considering Renewable and Storage Sources: An Energy management Approach. **TecnoLógicas**, v. 25, n. 54, 2022.

VERA, María L.; TORRES, Walter R.; GALL, Claudia I.; CHAGNES, Alexandre; FLEXER, Victoria. Environmental impact of direct lithium extraction from brines. **Nature reviews earth & environment**, v. 4, p. 149-165, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00387-5>.

VERDUM, R. (org.). **Povos indígenas: Constituições e Reformas Políticas na América Latina.** Brasília: Instituto de Estudos Socioeconômicos, 2009.

VIOTTO, Aline; MANETTI, Dione; PROL, Flávio Marques; ARANTES, Laura. STF reduz distorções tributárias na reciclagem, mas podemos melhorar. **JOTA**. 29 jul. 2021. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/fronteiras->

concorrenca-regulacao/stf-reduz-distorcoes-tributarias-na-reciclagem-mas-podemos-melhorar-29072021. Acesso em: 01 out. 2023.

WREDE, Insa. O desafio de reciclar baterias de veículos elétricos. Deutsche Welle. 28 jan. 2020. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-ve%C3%ADculos-el%C3%A9tricos/a-52178600>. Acesso em: 04 abr. 2023.

ZÍCARI, Julián; FORNILLO, Bruno; GAMBA, Martina. El mercado mundial del litio y el eje asiático. Dinámicas comerciales, industriales y tecnológicas (2001-2017). **Polis**, n. 52, pp. 186-203, 2019. DOI: 10.32735/S0718-6568/2019-N52-1376.

