

**RESÍDUOS SÓLIDOS DE HIDRELÉTRICAS: INVENTÁRIO E LEGISLAÇÃO
AMBIENTAL APLICÁVEL AO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Patrícia Crisóstomo Dupin (*), Liséte Celina Lange

*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: patriciacdupin@gmail.com

RESUMO

Este estudo propõe a elaboração de um banco de dados por meio da consolidação das legislações e normas técnicas aplicáveis ao gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas do estado de Minas Gerais e de um inventário estadual dos resíduos gerados pelas mesmas. O trabalho foi realizado a partir de visitas técnicas e aplicação de questionários aos operadores de 31 unidades hidrelétricas. O estudo proporcionou o levantamento da legislação ambiental aplicável ao gerenciamento de resíduos em unidades hidrelétricas em operação, bem como de um inventário estadual das tipologias de resíduos produzidos pela atividade. Os resultados revelaram aspectos positivos, na medida em que indicaram o fim da utilização de um resíduo extremamente contaminante dentre as unidades visitadas. Os resultados dão subsídios para novos estudos de comparação da pegada ecológica produzida por diferentes fontes de energias renováveis alternativas, a partir da análise dos resíduos sólidos produzidos por cada sistema.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de hidrelétricas, inventário de resíduos, legislação ambiental, pegada ecológica

ABSTRACT

This study proposes an elaboration of a database by means of the legislations consolidation and technical norms applicable to the solid waste management in hydroelectric plants of the Minas Gerais state and of a state inventory of the waste generated by them. The work was performed based on technical visits and application of questionnaires to the operators of 31 hydroelectric units. The study provided a survey of the environmental legislation applicable to waste management in hydroelectric units in operation as well as a state inventory of the typologies of waste produced by the activity. The results disclosed positive aspects according as they indicated the end of usage of an extremely contaminant waste among the visited units. The results provide subsidies for new studies of the ecological footprint comparison produced by different alternative renewable energy sources based on the analysis of the solid waste produced by each system.

KEY WORDS: waste from hydroelectric, waste inventory, environmental legislation, ecological footprint

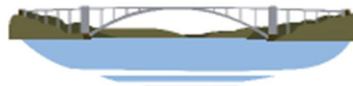
INTRODUÇÃO

A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica, diferentemente da matriz energética que representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para movimentar veículos, gerar calor e eletricidade (MME, 2017a). Por ser considerada uma fonte abundante, renovável e de baixo custo, a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil provém de usinas hidrelétricas (ANEEL, 2008a). Segundo dados do Balanço Energético Nacional, o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica, que responde por 68,1% da oferta interna. (MME, 2017b).

A potência instalada de uma usina, determina se uma unidade é de grande ou médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) adota três classificações, a saber: Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), com até 1 MW de potência instalada, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada e por fim, Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), com potência instalada de mais de 30 MW de energia (ANEEL, 2008b). Neste sentido, propõe-se avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas do estado de Minas Gerais, dentre UHEs e PCHs.

Embora os impactos ambientais gerados pela implantação de hidrelétricas sejam elevados e com frequência tratados pela literatura, pouco se menciona sobre os impactos de operação das mesmas, sobretudo os relacionados a ampla gama de resíduos sólidos industriais gerados nestas unidades e os impactos a eles associados.

Segundo a Lei Federal nº 12.305 que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e estabelece princípios e procedimentos para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, os geradores de resíduos sólidos industriais são responsáveis pelo gerenciamento desde a sua geração até a sua destinação final (BRASIL, 2010).



Dentre os resíduos sólidos classe I (perigosos), altamente contaminantes produzidos por hidrelétricas destaca-se o ascarel, nome comercial para o líquido isolante formado por bifenilas policloradas (PCBs), compostos pertencentes à classe dos poluentes orgânicos persistentes (POPs), presentes em inúmeras amostras indicadoras de contaminação ambiental.

Inicialmente detectados no meio ambiente no final dos anos 60, foram identificados como contaminantes em quase todos os componentes do ecossistema global, resultando em inúmeros efeitos tóxicos e biológicos. Estes compostos são comprovadamente causadores de problemas reprodutivos, imunológicos e de danos ao fígado (SAFE et al., 1985).

Diante deste contexto, este estudo propõe a elaboração de um banco de dados por meio da consolidação das legislações e normas técnicas aplicáveis ao gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas do estado de Minas Gerais, e do inventário estadual dos resíduos gerados pelas mesmas.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a consolidação e análise das legislações e normas existentes para o gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas, adotadas pelos órgãos federal e estadual, no âmbito do licenciamento e fiscalização ambiental no estado de Minas Gerais. Bem como, a consolidação de um inventário dos resíduos sólidos produzidos por unidades hidrelétricas do estado.

METODOLOGIA

Para cumprir o objetivo geral do estudo, a caracterização e estrutura da pesquisa compreendeu cinco etapas, a saber: Definição das unidades a serem visitadas; Elaboração de questionários; Realização de visitas técnicas; Compilação dos dados; e consolidação do Inventário e do Banco de dados.

Inicialmente foi realizada a revisão bibliográfica sobre práticas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas, no Brasil e no mundo. Em seguida, foi realizado um levantamento criterioso das legislações e normas técnicas brasileiras aplicáveis ao gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas. Após a realização da revisão bibliográfica foi proposta a escolha das unidades pesquisadas, sendo todas pertencentes ao estado de MG.

Desta forma, a pesquisa compreendeu uma análise ambiental apurada em 31 unidades hidrelétricas do estado de Minas Gerais, dentre 7 UHEs e 24 PCHs, o que correspondente a aproximadamente 26% do total de unidades do estado.

A segunda etapa compreendeu a elaboração do questionário aplicados aos operadores das hidrelétricas. Na sequência, foi realizada a etapa teste dos questionários em cinco unidades hidrelétricas, três PCHs e duas UHEs, para avaliação da aplicabilidade dos mesmos.

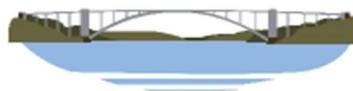
Para a elaboração dos questionários foram selecionadas perguntas de acordo com os principais tópicos de toda a legislação de resíduos sólidos analisada, contemplando quesitos relacionados a todas as tipologias e formas de manejo de resíduos, tanto para resíduos perigosos, quanto aos resíduos não perigosos gerados. Os questionários foram validados com especialistas em gestão e tratamento de resíduos sólidos e licenciamento e qualidade ambiental em usinas hidrelétricas.

A visita técnica foi dividida em dois momentos, sendo no primeiro, a visita a todas as estruturas da usina, sobretudo as relacionadas a locais de maior geração e armazenamento de resíduos e, posteriormente foi aplicado o questionário ao operador técnico local responsável pelo gerenciamento de resíduos na unidade.

A penúltima etapa foi a compilação dos dados primários e secundários adquiridos em visita técnica às usinas e a avaliação das hidrelétricas. Nesta etapa, foram elaborados os inventários de resíduos de todas as unidades visitadas.

A compilação dos dados ocorreu por meio de tabelas no programa Excel[®], e pela elaboração de diagnósticos ambientais das visitas realizadas aos empreendimentos.

A última etapa se caracterizou pela consolidação do inventário de resíduos sólidos das hidrelétricas e do banco de dados com o apurado das normas e legislações aplicáveis ao gerenciamento dos resíduos potencialmente gerados pela atividade.



RESULTADOS

Para produzir a energia hidrelétrica é necessário integrar a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período e os desníveis do relevo, sejam eles naturais, como as quedas d'água, ou criados artificialmente. A estrutura da usina é composta, basicamente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro que funcionam em conjunto e de maneira integrada. Para mover toda a engrenagem de usinas hidrelétricas, sobretudo relacionadas a atividades da casa de força, são utilizados óleos e graxas diversos, se constituindo então, no principal resíduo industrial gerado pela atividade.

Desde a inauguração da primeira hidrelétrica do mundo o princípio básico de funcionamento para produção e transmissão da energia se mantém inalterado. O que evoluiu foram as tecnologias que permitem a obtenção de maior eficiência e confiabilidade do sistema.

Segundo dados do Banco de Informações de Geração da Aneel, o estado de Minas Gerais apresentou um total de 120 hidrelétricas em operação no ano de 2018, dentre 53 UHEs e 67 PCHs, algumas delas limítrofes a outros estados da federação como São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás e Espírito Santo, no entanto, também consideradas nesta relação.

A síntese das normas e legislações aplicáveis a gestão integrada de resíduos sólidos no estado de MG permite um melhor planejamento pelos operadores de hidrelétricas quanto ao gerenciamento dos resíduos industriais produzidos, bem como a orientação quanto a necessidade de cumprimento da legislação relacionada.

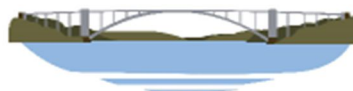
Neste sentido, foi elaborado um compilado das normas técnicas, leis, portarias e resoluções, Quadro 01, no âmbito Federal e Estadual aplicáveis a gestão de resíduos sólidos pela atividade de hidrelétricas no estado de Minas Gerais.

Quadro 01. Banco de Dados das Leis, Normas e Regulamentos da Gestão de Resíduo das hidrelétricas
Fonte: Elaborado pela autora

Normas Técnicas Brasileiras (ABNT NBR)			
Referência	Escopo	Referência	Escopo
ABNT NBR 7500:2018	A norma estabelece a identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.	ABNT NBR 9735:2006	Transporte de produtos perigosos. Conjunto de equipamentos para emergência no transporte terrestre de produtos perigosos.
ABNT NBR 13221:2017	Estabelece os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a minimizar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública.	ABNT NBR 7503:2005	Transporte de produtos perigosos. Ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos.
ABNT NBR 14725:2014	Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ).	ABNT NBR 10004:2004	Classifica os resíduos de acordo com as classes: Classe I - Perigosos, Classe IIA - não inertes e Classe II B - resíduos inertes.
ABNT NBR 16725:2014	Resíduo químico - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem.	ABNT NBR 10007:2004	Fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos.
ABNT NBR 17505-1:2013	Versão Corrigida: 2013. Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis.	ABNT NBR 13591:1996	Define os termos empregados em relação à compostagem de resíduos sólidos urbanos.
ABNT NBR 9191:2008	Requisitos para sacos plásticos destinados exclusivamente ao acondicionamento de lixo para coleta.	ABNT NBR 13463:1995	Classifica a coleta de resíduos sólidos urbanos
ABNT NBR 12980:1993	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - Terminologia	ABNT NBR 11174:1990	Define condições para o armazenamento de resíduos não perigosos (Classe IIA e IIB)



Normas Técnicas Brasileiras (ABNT NBR)			
Referência	Escopo	Referência	Escopo
ABNT NBR 12235:1992	Define condições para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos (Classe I)	NR n° 25	Dispõe sobre os efeitos provocados pela exposição a produtos químicos e biológicos presentes nos resíduos industriais e hospitalares tóxicos.
CONAMA			
Referência	Escopo	Referência	Escopo
CONAMA n° 452/2012	Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos.	CONAMA n° 258/1999	Rege sobre a obrigação de coleta e destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis.
CONAMA n° 401/2008	Dispõe sobre os critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias	CONAMA n° 237/1997	Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
CONAMA n° 316/2002	Define critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico e resíduos.	CONAMA n° 002/1991	Dispõe sobre o tratamento a ser dado e a disposição final de cargas deterioradas, contaminadas ou fora das especificações /abandonadas.
CONAMA n° 313/2002	Define a obrigação de se elaborar o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.	CONAMA n° 008/1991	Dispõe sobre a vedação da entrada no país de materiais residuais destinados à disposição final e incineração no Brasil.
CONAMA n° 275/2001	Estabelece o código de cores para identificação de coletores e transportadores.	CONAMA n° 001/1986	Critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental
CONAMA n° 011/1986	Critérios básicos e diretrizes gerais para o licenciamento ambiental	CONAMA n° 006/1988	Determina prazo para que as indústrias geradoras de resíduos de PCBs apresente ao órgão de controle ambiental as informações sobre a geração, características e destino final de seus resíduos.
Leis Federais / Resoluções / Portarias			
Referência	Escopo	Referência	Escopo
Lei Federal n° 12.305/2010 PNRS	Dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.	Lei Federal n° 11.445/07	Lei Federal de Saneamento Básico. Estabelece as diretrizes para o saneamento básico em todo o país (artigo 1º).
Lei Federal n° 6.938/1981	Política Nacional do Meio Ambiente.	Portaria MINTER n° 53/1979	Proíbe a queima de resíduos a céu aberto.
Constituição Federal de 1988	Trata-se de mecanismos para proteção e controle do meio ambiente.	Lei Federal n° 9.605/1998	Lei de Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente
Resolução ANTT. n° 5232/2016	Instruções ao Regulamento Terrestre do Transporte de Produtos Perigosos	Res. ANP n° 20 de 2009	Dispõe sobre a atividade de recolhimento de óleo lubrificante usado ou contaminado e a sua regulação.



Normas Técnicas Brasileiras (ABNT NBR)			
Referência	Escopo	Referência	Escopo
Portaria Interministerial 19, de 29 de janeiro de 1981	Proibição de equipamentos com Ascarel (PCBs) ou elemento congêneres. Estabelece que os equipamentos já instalados continuem em funcionamento até sua substituição integral ou troca por produto isento de PCBs.	Instrução normativa nº 13, de 18 de dezembro de 2012	Lista Brasileira de Resíduos Sólidos
Leis Estaduais			
Referência	Escopo	Referência	Escopo
Lei Estadual nº18031/2009	Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos	Lei Estadual nº22805/2017	Atendimento de emergência durante o transporte de produtos e resíduos perigosos.
Lei Estadual. nº13796/2000	Dispõe sobre o controle e o licenciamento dos empreendimentos e das atividades geradoras de resíduos perigosos no estado de MG.	DN COPAM nº 232/2019	Institui o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos
DN COPAM nº 124/2008 Complementa a Deliberação COPAM 87/2005	Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no estado de MG.		

O Inventário de Resíduos Industriais - IRI - é uma ferramenta essencial ao gerenciamento dos resíduos sólidos industriais e permite ao empreendedor conhecer e caracterizar os resíduos gerados, de modo a buscar formas mais adequadas e seguras de reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final. Além disso, proporciona a identificação dos estoques de resíduos existentes nas instalações industriais, contemplando, por tipologia industrial, região geográfica e/ou por município, a quantidade de resíduos gerada, os tipos de resíduos gerados, a classificação quanto à periculosidade, as formas de armazenamento e destinação final; bem como a delimitação das fontes geradoras de resíduos industriais que apresentam risco para a população e o meio ambiente (BORGES, 2016).

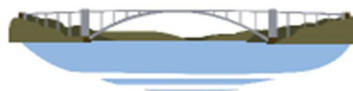
Outro importante papel do IRI é o auxílio ao empreendedor quanto ao atendimento da legislação ambiental vigente, ao conseguir relacionar todos os resíduos gerados pelo empreendimento e propor alternativas de gerenciamento e destinação final a cada resíduo gerado.

O Quadro 02, a seguir, relaciona os principais resíduos sólidos industriais gerados por hidrelétricas do estado do Paraná e inventariados a partir de um levantamento realizado pela Companhia Paranaense de Energia (Copel), no ano de 2003.

Quadro 02. Resíduos sólidos industriais hidrelétricas do Paraná - Ano 2003

Fonte: Adaptado de LACTEC e COPEL (2003)

Resíduo	Classe	Resíduo	Classe
Ascarel (PCBs)	Classe I	Thinner	Classe I
Óleo Isolante	Classe I	Produtos químicos	Classe I
Óleo Lubrificante	Classe I	Tintas	Classe I
MIX - Diesel, graxa, querosene	Classe I	Estopas contaminadas	Classe I
Sólidos contaminados (luvas de borracha, papel filtro prensa, estopa contaminada)	Classe I	Pano com ácido	Classe I
Metais contaminados	Classe I	Pano com óleo	Classe I
Óleo Isolante	Classe I	Luva de Borracha	Classe I
Óleo Lubrificante	Classe I	Papel Filtro Prensa	Classe I
Diesel	Classe I	Lâmpadas fluorescentes	Classe I
Querosene	Classe I	Resíduos Metálicos - Não contaminados	Classe II
Graxa	Classe I		

**Quadro 03. Resíduos de hidrelétricas de Minas Gerais - Ano 2018**

Fonte: Elaborado pela autora

Resíduo	Classe	Resíduo	Classe
Mantas absorventes contaminadas com óleo	Classe I	Sucata metálica	Classe IIA
Óleo lubrificante usado	Classe I	Sucata de metais não ferrosos	Classe IIA
Óleo Isolante Usado	Classe I	Resíduos de papel e papelão	Classe IIA
Toalhas Industriais contaminadas	Classe I	Resíduos de plásticos	Classe IIA
Pilhas, baterias e nobreaks	Classe I	Pneus	Classe IIA
Lâmpadas fluorescentes usadas	Classe I	Madeira	Classe IIA
Sólidos impregnados com solventes, óleos e graxas	Classe I	Fios, Cabos elétricos, componentes eletrônicos e fusíveis	Classe IIA
Cartuchos de Impressão e Tonner	Classe I	Escovas de carbono	Classe IIA
Filtro de óleo	Classe I	Orgânicos Diversos	Classe IIA
Lâmpadas infravermelho	Classe I	Resíduos domésticos não recicláveis	Classe IIA
Reatores de lâmpadas fluorescentes	Classe I	Lodo proveniente da fossa séptica	Classe IIA
Baterias automotivas e industriais	Classe I	Lâmpadas incandescentes	Classe IIA
Embalagens de agrotóxicos e biocidas	Classe I	Lâmpadas de LED	Classe IIA
Resíduos de tintas e solventes	Classe I	Reatores de lâmpadas	Classe IIA
EPI's usados	Classe I	Resíduos de Vidros em geral	Classe IIB
Querosene	Classe I	Resíduos de Construção Civil	Classe IIB

O Quadro 03 relaciona os resíduos sólidos inventariados nas hidrelétricas do estado de Minas Gerais no ano de 2018. Embora o perfil dos resíduos gerados entre os dois estados seja semelhante, sendo em sua maioria composto por resíduos classe I, com destaque para os óleos e graxas e seus contaminantes. A análise dos quadros demonstra uma significativa mudança, uma vez que o Quadro 03, não relaciona o ascarel (PCBs) dentre os resíduos inventariados nas hidrelétricas. Tal fato corrobora resultados positivos de políticas e diretrizes de eliminação do uso do Ascarel no setor elétrico brasileiro nos últimos anos, conforme instruções da Portaria Interministerial nº 19/81 e da Resolução Conama nº 06/1988, que proíbem a instalação de novos equipamentos que utilizem o Ascarel e controlam e restringem a geração destes resíduos no país.

Embora o Quadro 02 apresente apenas resíduos sólidos industriais, é importante ressaltar que as hidrelétricas também geram resíduos sólidos urbanos com características não industriais, decorrentes de atividades administrativas realizadas nos escritórios da sede das usinas e estes devem ser relacionados em seus inventários. Por vezes, estes resíduos tornam-se problemas às unidades, uma vez que as hidrelétricas, em sua maioria, encontram-se afastadas dos grandes centros urbanos e estão localizadas em áreas sem disponibilidade de coleta desses resíduos. Sendo assim, é importante também relacionar e gerenciar estes resíduos de forma a tratá-los da maneira mais adequada e dentro das possibilidades de cada unidade.

Outros resíduos decorrentes da atividade, por vezes esquecidos ou mesmo omitidos dos inventários, são os resíduos sólidos carregados pelos cursos d'água que acabam retidos na barragem ou gradeamento. Embora não sejam resíduos intrínsecos ao processo de geração de energia, devem ser gerenciados e destinados de maneira adequada, sobretudo devido ao princípio da corresponsabilidade preconizado pela PNRS.

Como exemplo da significância destes resíduos que chegam pelos rios, a Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE), controlada pelo Governo do Estado de São Paulo, e vinculada à Secretaria de Saneamento e Energia, relacionou a quantidade de resíduos sólidos retida nas Usinas Elevatórias de Traição e Pedreira, no Canal Pinheiros, município de São Paulo, entre 1993 e 2009 (Tabela 1).



Tabela 1. Quantidade de RSU retirada no Canal Pinheiros – São Paulo
Fonte: EMAE (2010) apud Armelin, 2011

Ano	Usina Elevatória de Traição (m3)	Usina Elevatória de Pedreira (m3)	Total (m3)
1993	8.885	3.211	12.096
1994	13.186	8.118	21.304
1995	20.169	9.542	29.711
1996	11.371	11.555	22.926
1997	6.171	7.458	13.629
1998	12.854	8.922	21.776
1999	7.818	8.440	16.258
2000	7.007	4.540	11.547
2001	5.533	5.202	10.735
2002	6.087	1.314	7.401
2003	7.933	1.866	9.799
2004	4.142	1.234	5.376
2005	2.114	907	3.021
2006	2.190	1.770	3.960
2007	1.860	1.095	2.955
2008	1.305	885	2.190
2009	2.355	480	2.835

Assim, dado o expressivo número de hidrelétricas pertencentes ao estado de Minas Gerais, com perspectivas de aumento das unidades, segundo informações da Aneel, somado a gama de resíduos sólidos gerados pela atividade, reforçam a necessidade de avaliação do atual gerenciamento de resíduos sólidos produzidos pelo setor, bem como da proposição de recomendações e medidas de controle ambiental mais efetivas.

CONCLUSÕES

Embora os impactos ambientais gerados pela implantação de hidrelétricas sejam elevados e com frequência tratados pela literatura, pouco se menciona sobre os impactos de operação das mesmas, sobretudo os relacionados aos resíduos sólidos industriais gerados nestas unidades e os impactos a eles associados.

Assim, o conhecimento a acerca da tipologia dos resíduos sólidos produzidos por hidrelétricas brasileiras, bem como da legislação ambiental aplicável ao setor, vem suprir uma lacuna referente aos impactos ambientais associados a operação destas unidades.

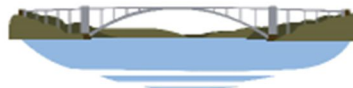
A elaboração do banco de dados com o levantamento das legislações e normas aplicáveis ao gerenciamento de resíduos sólidos em hidrelétricas do estado de MG, permite uma padronização acerca da verificação dos requisitos legais a serem considerados pela atividade, na tentativa de realização de um adequado gerenciamento dos resíduos.

A análise dos dados e a construção do inventário de resíduos sólidos das hidrelétricas do estado de MG ratifica um importante aspecto positivo, uma vez que indica a erradicação do uso e da geração de resíduos do ascarel (PCBs) nas unidades visitadas.

Além disso, os resultados apresentados fornecem subsídios para novos estudos de comparação da pegada ecológica produzida por diferentes fontes de energias renováveis alternativas, a partir da análise dos resíduos sólidos produzidos por cada sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no desenvolvimento deste trabalho, através da concessão de bolsa de pesquisa, ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (PPG-SMARH) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e aos prestadores do serviço de geração de energia hidrelétrica e a Brandt Meio Ambiente pela disponibilização dos dados.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ANEEL. “Atlas de Energia Elétrica do Brasil”. 3a. Edição, 2008a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_capa_sumario.pdf> Acesso em: 23 de ago. 2018.
2. ANEEL. “Atlas de Energia Elétrica do Brasil”. 3a. Edição, 2008b. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_capa_sumario.pdf> Acesso em: 23 de ago. 2018.
3. ARMELIN, Liliane F. Estudo do comportamento dos resíduos sólidos veiculados pelos rios urbanos junto aos vertedores de entrada de reservatórios de controle de cheias. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2011, 140 p.
4. BORGES, Thayrinne. Proposta de um protocolo de referência para o armazenamento de resíduos industriais de empreendimentos no estado de Minas Gerais. 2018. 151 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.
5. BRASIL, Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. DF, Brasília, Planalto, Casa Civil, 2010a. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 22 de ago. 2018.
6. LACTEC, Mendes, M. A.; LACTEC, Alberti, S. M.; COPEL, Ludwig, L. A. M. Alternativas para a Gestão de Resíduos nas Usinas Hidrelétricas da Copel. II Congresso de Inovação Tecnológica de Energia Elétrica. Anais do II CITINEL, 2003.
7. MME. Ministério de Minas e Energia, ano base 2017. Balanço Energético Nacional, ano base 2017a. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf> Acesso em: 26 ago. 2018.
8. MME. Ministério de Minas e Energia, ano base 2017. Balanço Energético Nacional, ano base 2017b. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf> Acesso em: 26 ago. 2018.
9. SAFE, S. et al. PCBs: structure-function relationships and mechanism of action. Environmental Health Perspectives, v.60, p.47-56, 1985. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.856047>>. Acesso em: 26 ago. 2018. doi: 10.1289/ehp.856047