



ECONOMÍA CIRCULAR Y MINERÍA URBANA

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Lúcia Helena Xavier
Marianna Ottoni

ECONOMÍA CIRCULAR Y MINERÍA URBANA

Resíduos de aparatos eléctricos y electrónicos

Ana Maria Silva Vieira de Sá

CRB7 3982

Catalogación en origen

Xavier, Lúcia Helena.

Economía circular y minería urbana: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos / Lúcia H. Xavier, Marianna Ottoni. Traducción de Raíssa André de Araujo - Rio de Janeiro: CETEM / MCTIC, 2020.

2op. - il.

1.Economía circular. 2. Minería urbana. 3.Residuos eléctricos y electrónicos. I. Ottoni, Marianna de Souza Oliveira. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Título

Cómo hacer referencia a este trabajo:

XAVIER, L.H., OTTONI, M. *Economía Circular y Minería Urbana. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Traducción de Raíssa André de Araujo. 1ª Edición. Río de Janeiro: CETEM, 2020.*

Sumario

1	Presentación	5
2	Centro de Tecnología Mineral (CETEM)	6
3	R3MINARE	7
4	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	8
5	Economía Circular y Minería Urbana en la cadena de residuos eléctricos y electrónicos	9
6	Proyectos y Líneas de Investigación	13
7	Estudios de caso	15
8	Equipo técnico	17
9	Referencias Bibliográficas	19



PRESENTACIÓN

La economía circular y la minería urbana han ganado terreno en políticas públicas y líneas de investigación como conceptos que buscan agregar valor a los materiales residuales. De esta manera, contribuyen a la creación de empleo, la mitigación de los impactos ambientales, el aumento de la competitividad de la industria y el apoyo a la transición de una economía lineal a una economía circular, resultante en nuevos modelos de negocios sostenibles. El compromiso de los recursos naturales ha motivado acciones, como la sustitución de materiales o la búsqueda de fuentes alternativas. La recuperación de materias primas secundarias se ha convertido en una solución potencial, principalmente en relación con las materias primas críticas, consideradas como materiales fundamentales para el mantenimiento y la mejora de la calidad de vida, además de tener una importancia económica. Por esta razón, el acceso continuo y seguro a estos materiales es un objetivo estratégico. Este documento fue preparado con el objetivo de proporcionar al lector información general sobre la economía circular en el ámbito de la minería urbana de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y la actuación de CETEM frente a este desafiante tema del siglo XXI.

¡Buena lectura!

Centro de Tecnología Mineral (CETEM)

El CETEM realiza investigaciones para innovar y desarrollar tecnología para el sector minero-metalúrgico, que las utiliza en beneficio de la sociedad, contribuyendo al crecimiento económico y al desarrollo del país, y su investigación se centra principalmente en productos químicos, mineralógicos y procesos tecnológicos, de procesamiento de minerales, procesos metalúrgicos extractivos destinados a rocas, minerales y minerales industriales, además del desarrollo y la aplicación de tecnologías ambientales. Vale la pena mencionar que la institución desempeña un papel importante en el desarrollo de la tecnología mineral en el país y en la difusión del conocimiento, siendo el único centro público de investigación dedicado exclusivamente a la tecnología mineral.

Misión

Desarrollar tecnologías innovadoras y sostenibles, y movilizar habilidades para superar los desafíos nacionales en el sector minero^[1].

Visión

Ser el centro de excelencia en ID&I para tecnología mineral, reconocido por su contribución estratégica al país^[1].

Valores

Ética y Transparencia

Conducir una gestión comprometida con una conducta ética y transparente, valorando a los empleados y respetando la diversidad y/o los métodos de trabajo.

Crecimiento Organizacional

Desarrollar una gestión que fomente la creatividad, la innovación y el intercambio de conocimientos para aumentar la capacidad institucional.

Excelencia Tecnológica

Llevar a cabo acciones de Investigación, Desarrollo e Innovación (ID&I) en todas las áreas de su desempeño, utilizando métodos y procedimientos guiados por la calidad, consistentes con la interdisciplinariedad y una visión global de los temas.

Valorización del conocimiento

Invertir en la formación continua de sus profesionales, fomentando y valorando habilidades.

Responsabilidad Social

Actuando de acuerdo con los paradigmas de sostenibilidad, considerando las influencias y consecuencias sociales, económicas, culturales, tecnológicas y ambientales.

Breve Histórico

1978

El CETEM comenzó sus actividades, subordinado al Ministerio de Minas y Energía (MME), dentro del alcance del acuerdo operacional firmado entre la Compañía de Recursos Minerales (CPRM) y el Departamento Nacional de Producción Mineral (DNPM);

1988

El CETEM cambió su vínculo ministerial y se insertó en el sistema de gestión de MCTI por la Ley 7.677 / 88 y comenzó a administrarse como una de las unidades de investigación del Consejo Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq);

2000

Se convirtió en una institución miembro del MCTI, bajo la coordinación de la Secretaría de Coordinación de Unidades de Investigación (SCUI);

2013

El Centro modificó sus reglamentos mediante la Orden MCTI No. 292 del 28 de marzo de 2013, que incluía el Núcleo Regional en su estructura.

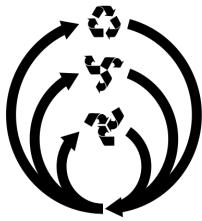
R3MINARE



El grupo de investigación del Centro de Tecnología Mineral (CETEM/MCTIC) surgió de la iniciativa de estudio aplicada a la minería urbana de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos desde mediados de 2017.

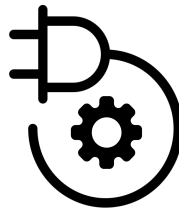
R3MINARE tiene como objetivo contribuir, dentro de las premisas de la Economía Circular, con la investigación en el campo científico-tecnológico y el desarrollo de proyectos destinados a la Minería Urbana de residuos eléctricos y electrónicos, con el fin de identificar el potencial de recuperación y re inserción de materias primas secundarias y materiales críticos en la cadena de producción.

Las investigaciones realizadas por R3MINARE abordan múltiples áreas de conocimiento y están relacionadas con los siguientes ejes temáticos:



Economía Circular

Un sistema industrial, que es restaurativo o regenerativo por intención y diseño, y tiene como objetivo 'proyectar' el desperdicio a través de ciclos optimizados de productos, componentes y materiales, manteniéndolos en su mayor utilidad y valor, distinguiendo entre el ciclo técnico y biológico^[2].



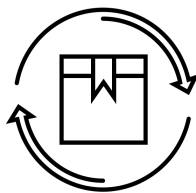
Gestión inteligente de RAEE

Una gestión que considera las particularidades de los RAEE, no solo como residuos con características que pueden ofrecer riesgos para el medio ambiente y la salud humana, sino compone de materiales con un alto valor de mercado. Los RAEE se definen como aquellos derivados de productos que necesitan corriente eléctrica o campo magnético para su funcionamiento^[3].



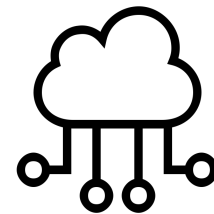
Minería Urbana de RAEE

La minería urbana comprende acciones y tecnologías dirigidas a la recuperación de materiales y energía de productos de catabolismo urbano, siendo una oportunidad para competir con la minería lineal tradicional, que es más cara, debido a la escasez de minería tradicional "fácil" y las pocas reservas minerales en muchos países^[4].



Soluciones de logística reversa de RAEE

Un instrumento de desarrollo económico y social caracterizado por un conjunto de acciones, procedimientos y medios destinados para permitir la recolección y devolución de residuos sólidos al sector empresarial, para su reutilización, en su ciclo o en otros ciclos productivos, u otra destinación final ambientalmente apropiada^[5].



Industria 4.0

La Industria 4.0 se considera una nueva etapa industrial, en la que la integración de los procesos de fabricación vertical y horizontal y la conectividad del producto pueden ayudar a las empresas a lograr un mayor rendimiento industrial^[6]. Existe un impulso tecnológico excepcional en la práctica industrial, a través de aplicaciones, sistemas de información etc^[7].

Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La gestión adecuada de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se justifica no solo por los riesgos asociados con los RAEE debido a su composición, sino, de la misma manera, a su creciente potencial de recuperación de valor, un tema de gran interés para el segmento industrial

Composición de los RAEE



Metales Pesados



Ej.: Tubos de rayos catódicos (CRT)



Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPS)



Ej.: Condensadores, Plásticos



Metales Preciosos



Ej.: Placas de Circuito Impreso (PCB)

A partir de la comprensión de la composición media de RAEE, es posible enumerar los posibles riesgos asociados con este tipo de residuo, caso mal gestionado, a saber: contaminación por metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes (POPS)^[8], ambos con características tóxicas para la vida y alta persistencia y biomagnificación en el medio ambiente^[9].

La composición de los RAEE también apunta a la posibilidad de recuperar ciertos elementos valiosos de la industria. Se estima que por cada tonelada de RAEE se pueden recuperar entre 80g y 250g de oro, cantidad significativamente superior a la encontrada en las minas de oro^[10,11]. Se calcula que el valor total de los RAEE en 2016, se estimó en alrededor de US \$ 60 mil millones, aunque sólo una fracción de esa cantidad se extrae realmente mediante prácticas de gestión de los RAEE^[12]. Por lo tanto, está justificado que la economía impulse el retorno de los RAEE a la cadena de producción, una premisa de la Economía Circular.

También cabe mencionar en esta sección la clasificación de los RAEE adoptada actualmente por la Asociación Brasileña de la Industria Eléctrica y Electrónica (ABINEE), y la sugerida por XAVIER et al. (2017)^[13], centrada en la industria del reciclaje de este tipo de residuo.

Clasificaciones para los RAEE en el Brasil

ABINEE		XAVIER et al. (2017)
Línea Blanca	1 Electrodomésticos grandes	1 Electrodomésticos
Línea Marrón	2 Equipos de Audio y Video	2 Electrónicos
Línea Azul	3 Herramientas y pequeños electrodomésticos	3 Monitores
Línea Verde	4 Equipos de TI y telecomunicaciones	4 Inform./Telecom
		5 Alambres y Cables
		6 Pilas y Baterías
		7 Iluminación

Economía Circular y Minería Urbana na Cadena de los RAEE

Economía Circular

La economía circular se designa como un modelo integrado, restaurador y regenerativo dirigido principalmente a sistemas industriales, pero puede aplicarse a otras áreas variadas de conocimiento. Este concepto cubre la idea de reducir o eliminar los desperda través de ciclos optimizados de productos, componentes, materiales y servicios, manteniéndolos en su mayor utilidad y valor, como "nutrientes" para los ciclos técnicos y biológicos^[2]. Una economía circular exitosa contribuye a las tres dimensiones del desarrollo sostenible^[15].

Minería Urbana

La Minería Urbana cubre un conjunto de operaciones, como recolección, análisis, procesamiento, reciclaje, etc., destinadas a recuperar Materias primas secundarias (SRM) de residuos municipales (MW), en las existencias de materiales incorporados a las ciudades o en los vertederos^[16]. Este concepto incluye todos los sistemas logísticos para devolver los productos desechados a la cadena de producción, o Logística Reversa, a fin de extraer su valor como recursos para otras fases secuenciales.

Economía circular en el contexto de la Minería Urbana

El concepto de la economía circular surge en un momento en que varios países están señalando el compromiso de los recursos naturales, la búsqueda del rediseño de los sistemas de producción para cumplir con modelos comerciales sostenibles. La economía circular, con la propuesta de un modelo restaurativo y regenerativo, puede hacerse viable mediante diferentes instrumentos como la logística reversa, la economía compartida ("sharing economy") y la minería urbana. Medios que se configuran como una posible solución para la gestión de los desechos, al tiempo que permite la recuperación de valor y la reinserción de las materias primas secundarias en los procesos productivos.

La economía circular ha sido incorporada por diferentes países^[17]. En China, por ejemplo, se considera una política de sostenibilidad. La norma británica BS 8001 establece que el concepto no es nuevo pero, de hecho, rescata propuestas de los años 60^[18]. Desde entonces, conceptos como el metabolismo industrial, la simbiosis industrial, la ecología industrial y otros han examinado la relación entre la disponibilidad de recursos y la demanda de producción y consumo.

Juntos, los conceptos de economía circular y gestión en circuito cerrado (closed-loop) refuerzan el concepto de minería urbana^[19]. Existen algunas alternativas para la recolección y el procesamiento de los residuos y se practican en diferentes países. Sin embargo, hay un flujo de material desde los grandes generadores hacia los países con refinerías e industrias de reciclaje bien desarrolladas^[20]. Las principales razones parecen ser la falta de una logística reversa eficiente para la recogida y el reciclaje a escala industrial, es decir, para el procesamiento de cantidades importantes de residuos eléctricos y electrónicos. En este contexto, una solución deseable puede ser el establecimiento de una solución integrada para la recolección y gestión de la materia prima secundaria basada en la identificación de los agentes de la cadena que operan en el país, la caracterización de los materiales que se encuentran en el producto post-consumo y la estructuración de modelos compatibles con la reglamentación vigente.

Economía Circular

modelo de un sistema integrado, restaurador y regenerativo para la recuperación de materiales

Logística Reversa

mecanismos que permitan la recolección y devolución de los residuos al sector empresarial, para su reintegración en los ciclos de producción

Remanufactura

reparación de piezas y productos de consumo para su futura utilización en los procesos de producción

Minería Urbana

conjunto de operaciones para la recuperación de materias primas secundarias de los residuos

Reciclaje

alteración de las propiedades físicas/químicas/biológicas de los residuos para su utilización como insumos o nuevos productos

Manufactura Inversa

transformación de los materiales en partes y piezas, sin obtener nuevos productos

La riqueza de los RAEE

La recuperación de materiales de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos representa un segmento estratégico para los sectores más diversos de la humanidad, lo que motiva diversas investigaciones centradas en las propiedades de los materiales.

Desde el último decenio, los países desarrollados han utilizado la clasificación de materias primas críticas como el conjunto de materiales considerados indispensables para el mantenimiento de importantes sectores económicos de un país y que pueden presentar un riesgo de abastecimiento externo, como, por ejemplo, la escasez de los recursos naturales y las cuestiones geopolíticas. El grado de criticidad puede cambiar con el tiempo debido a esos factores.

Por esta razón, el acceso continuo y seguro a estos materiales es un objetivo estratégico para los países. Para apoyar esta acción, se propuso una lista de materias primas críticas en la Unión Europea (UE), actualizada por última vez en 2017, con sus respectivos países productores^[21].

Materias primas	Principales Productores
Antimonio	China (87%) Vietnam (11%)
Cobalto	Rep Dem. Congo (64%) China (5%) Canadá (5%)
Indio	China (57%) Corea del Sur (15%) ... Japón (10%)
Niobio	Brasil (90%) Canadá (10%)
Fósforo	China (57%) Vietnam (19%) Kazajstán (13%) EE.UU (11%)
Elementos pesados de tierras raras	China (95%)
Elementos leves de tierras raras	China (95%)

Principales materias primas críticas^[21].

La oferta de materias primas críticas está comprometida por su baja capacidad de sustitución y la escasa disponibilidad de materias primas procedentes de la tasa de reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos, en relación con la demanda de la UE^[21].

Los elementos de las tierras raras (ETRs) se definen como los 15 elementos de lantánidos más escandio y el itrio. Estos elementos tienen una configuración electrónica similar pero propiedades químicas y físicas distintas. Así, los ETRs se aplican en muchos productos tecnológicos debido a sus características magnéticas, luminiscencia y fuerza, que las hacen originales. Los usos de los TRE incluyen la fabricación de imanes, baterías, lámparas, vidrios, aleaciones, láseres y pantallas^[22]. Las ETR se encuentran en baja concentración en los minerales, como la xenotima y la monacita, y se extraen junto con otros metales, como el hierro, el platino y el estaño. La complementación con el reciclaje puede proporcionar tierras raras pesadas^[23]. Sin embargo, el principal obstáculo para la extracción y el reciclaje de los ETRs es la dificultad de separarlas. La complejidad de los residuos y el bajo contenido de estos elementos son también problemas que deben ser resueltos por medio del reciclaje^[22].

Los desafíos de la Minería Urbana de los RAEE

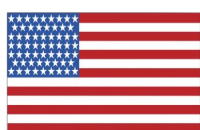
Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) son una fuente de plásticos, metales, vidrio y materias primas fundamentales. Esta es la categoría de residuos de más rápido crecimiento en generación en todo el mundo^[24,25]. Sin embargo, algunos RAEE pueden tener un potencial peligroso importante^[8,9] y, por lo tanto, hay que tener cuidado en el proceso de caracterización y manipulación de estos residuos. En 2016, la generación mundial de RAEE alcanzó casi 44,7 millones de toneladas métricas^[12], siendo EE.UU., China y Sudamérica los principales generadores^[26]. En Brasil, la generación anual estimada es de alrededor de 1,5 millones de toneladas en 2016^[12]. En los países en desarrollo, la recolección y el procesamiento informal de los RAEE se ha difundido sin que se haya una supervisión de la reglamentación adecuada de la minería urbana.

**Mundo**

44,7
millones de
toneladas

**China**

7,2
millones de
toneladas

**EE. UU.**

6,3
millones de
toneladas

**India**

1,9
millones de
toneladas

**Brasil**

1,5
millones de
toneladas

Generación de residuos eléctricos y electrónicos en el mundo^[12].

La eliminación inadecuada de residuos es un problema debido a la falta de planificación, el fuerte crecimiento urbano y la gestión ineficiente de los recursos. Durante mucho tiempo, la eliminación de los residuos en los vertederos se consideró la solución eficiente para los productos y materiales al final de su vida útil. Sin embargo, hoy en día, los residuos pueden considerarse una fuente de materiales que se pueden devolver a la cadena de suministro en una economía circular. En la economía lineal, las materias primas pueden obtenerse a partir de recursos naturales (minerales, petróleo, etc.), pero en un proceso de transición a una economía circular, la materia prima secundaria puede recuperarse a partir de fuentes residuales.

Los países en desarrollo se enfrentan a un doble desafío en relación con la gestión de los residuos. El primero es establecer y cumplir con los reglamentos ambientales sobre este tema, y el segundo está relacionado con la infraestructura y los procedimientos de gestión para el procesamiento de los residuos. Algunos países en desarrollo tienen procesos primitivos de gestión de residuos que tienen repercusiones negativas en el medio ambiente y la salud^[27,28].

Brasil es un país que ha demostrado ser un protagonista en la discusión de las causas ambientales. Sin embargo, la reglamentación de la gestión de los residuos se ha consolidado tardíamente. La Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), fue sancionada en 2010 por la Ley No. 12.305^[5], una normativa nacional que aborda la cuestión de la gestión de los residuos especificando el enfoque de los residuos eléctricos y electrónicos, lo que representa un hito importante en la regulación de las prácticas sostenibles y para la aplicación de los Sistemas de Logística Reversa (SLR). Algunos estados brasileños, como Río de Janeiro, São Paulo, Paraná y Pernambuco, presentan leyes anteriores a la PNRS, lo que evidencia la movilización dentro de los estados como una propuesta de configuración de canales eficientes ajustados a las realidades locales y a los nuevos modelos de negocio. Sin embargo, todavía hay un importante potencial para el mejoramiento de los instrumentos de reglamentación, a fin de compatibilizar los intereses de los diferentes segmentos.

Proyectos y Líneas de Investigación

1

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE MINERÍA URBANA DE LÁMPARAS FLUORESCENTES

Resumen	Parte de un proyecto de investigación sobre la gestión de lámparas post-consumo. Su propuesta es identificar técnicas viables y sostenibles en un modelo cooperativo.
Financiación	CNPq
Período	2019-2021
Equipo	Ellen Giese (Coordinación); Marisa Nascimento, Lúcia Helena Xavier, José Antônio Sena, y investigadores del CETEM.

2

Manuales para la correcta destinación de los RAEE (1ª y 2ª edición)

Resumen	1ª Edición: Orientación a los ciudadanos sobre cómo disponer adecuadamente de los RAEE en la ciudad de Río de Janeiro. Panorama actual de la gestión de los RAEE y su clasificación. Ubicación de los PEVs, orientación y contactos pertinentes. Modelo de término de destinación. 2ª Edición: Orientación a los ciudadanos sobre cómo disponer adecuadamente de los RAEE en el estado de Río de Janeiro. El escenario de la gestión en el estado y su clasificación. Estudio de las industrias de reciclaje que operan en el segmento. Modelo de término de destinación.
Financiación	CETEM
Período	2018 y 2019
Equipo	Lúcia Helena Xavier (Coordinación); Hermann Nascimento, Marianna Ottoni, colaboradores UFRJ y INEA.
Link	http://www.cetem.gov.br/livros

3

RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE EL RECICLAJE DE RAEE EN LAS INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN DEL MCTIC

Resumen	Aplicación del cuestionario y análisis de datos sobre la percepción de los investigadores acerca de la gestión de los RAEE en las instituciones. Investigaciones destinadas a orientar las acciones, la formación y la toma de decisiones en el segmento.
Financiación	CETEM
Período	2019
Equipo	Lúcia Helena Xavier (Coordinación); Renata Barreto, Letícia Motta, Marianna Ottoni

4

GEOREFERENCIACIÓN DE LAS EMPRESAS QUE OPERAN EN LA ECONOMÍA CIRCULAR DE LOS RAEE

Resumen	La falta de datos consistentes para la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos representa un importante desafío para la elaboración de políticas públicas y la toma de decisiones. Por lo tanto, proponemos la recopilación de datos y la georreferenciación de las unidades de gestión de los RAEE en el Brasil para un análisis preliminar del escenario actual.
Financiación	CNPq
Período	2019-2020
Equipo	Lúcia Helena Xavier (Coordinación); Raíssa Araujo

5

BALANCE DE MASAS Y ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE RESIDUOS TECNOLÓGICOS

Resumen	Una de las premisas de la economía circular es la valoración de los materiales de origen secundario. Así, mediante el balance de masa de los diferentes materiales que componen los RAEE, pretendemos proponer el análisis de viabilidad de los procesos de recuperación de las diferentes categorías y marcas de productos, así como contribuir a el <i>Design for Dissassembling</i>
Financiación	CETEM
Período	2019-2020
Equipo	Lúcia Helena Xavier (Coordinación); Carlos Gomes

6

MINERÍA DE DATOS PARA LA MINERÍA URBANA: ANÁLISIS DEL POTENCIAL

Resumen	Las técnicas de extracción de datos también pueden ser valiosas para la gestión de los residuos. En el segmento de los RAEE ya existe un volumen importante de comercio en plataformas digitales, así como el potencial de procesamiento de datos para apoyar la toma de decisiones.
Financiación	CETEM
Período	2019-2021
Equipo	Lúcia Helena Xavier (Coordinación); Marianna Ottoni

Estudios de Caso


 Tramppo
ESTADO SUPOSTIVO DE LAMPARAS

TRAMPPPO

Empresa que opera en el segmento de la gestión de lámparas fluorescentes, realizando la recolección, almacenamiento, descontaminación y procesamiento de material post-consumo en diferentes estados del país. Opera en asociación con la única entidad de gestión del segmento, RECICLUS, aunque tiene experiencia previa por su actuación como empresa incubada en la Universidad de São Paulo entre 2003 y 2009.

La empresa procesa alrededor de 200 mil lámparas por mes y ya ha alcanzado la marca de 20 millones de lámparas recolectadas y descontaminadas, una contribución significativa en el segmento de la economía circular.

En asociación con el CETEM, Tramppo ha estado trabajando en el proyecto de recuperación de tierras raras a partir de lámparas fluorescentes, una asociación que se propone contribuir a la minería urbana a partir de lámparas de postconsumo.

Entre los procesos operados por Tramppo se encuentran la molienda simple, la molienda con tratamiento químico y la molienda con tratamiento térmico.



<http://www.tramppo.com.br/tecnologia/>


 VERTAS
Gestão e Transformação
de Resíduos Tecnológicos

VERTAS

La empresa opera en el mercado desde 2009 con equipos considerados innovadores en América, realiza el procesamiento en seco, es decir, no consume agua ni genera efluentes para la trituración y separación de los materiales obtenidos de los residuos eléctricos y electrónicos. Al proporcionar muestras de este proceso, el CETEM está analizando la diversidad y la calidad de la materia prima secundaria recuperada.

Actuando en el segmento de la logística inversa, la manufactura inversa, la descalificación y el reciclaje de productos eléctricos y electrónicos después del consumo, la empresa ha contribuido a la minería urbana y a la economía circular.



Vídeo institucional: <https://youtu.be/wRqkOYR-IWQ>



SOLUÇÕES EM LOGÍSTICA REVERSA E RECICLAGEM

GM&CLog

Empresa que opera en la gestión de pilas y baterías, y otros equipos electro-electrónicos desde 2002, cuando comenzó, de manera innovadora, la gestión de la información en los canales de logística reversa en Brasil.

A pesar de ser una referencia en la recolección, almacenamiento y procesamiento de pilas y baterías, la empresa atiende a una diversidad de productos de post-consumo que incluye alambres y cables, teléfonos celulares y otros. También actúa como un hub que centraliza la recepción y el destino o la recepción y el procesamiento de los materiales. La empresa ha diversificado sus actividades a fin de ampliar sus operaciones en la minería urbana con la recuperación de materiales secundarios.

Así pues, el Centro de Tecnología Mineral ha procurado establecer una asociación para analizar y aportar técnicas de banco para la mejora de los procesos en colaboración con instituciones de investigación reconocidas.



<https://www.gmclog.com.br/site/index.php/servicos/separacao-de-materiais>



Proteção ao Clima

INDÚSTRIA FOX

La Indústria Fox es una de las pocas empresas nacionales que opera en el segmento de la logística reversa, la manufactura inversa, el reacondicionamiento y el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos. Ha diversificado sus operaciones invirtiendo en el reacondicionamiento para su reutilización, así como en la automatización de los procesos con la recopilación de datos sobre la recuperación de material. Otra esfera de actividad ha sido la capacitación a fin de aumentar la sensibilización, con lo que se ha incrementado la colección de materiales posteriores al consumo.

La empresa inició sus actividades en 2009 como la primera planta de manufactura inversa de refrigeradores en el Brasil, con el doble desafío de la recuperación de materias primas secundarias y la protección del clima. La recuperación de los gases de refrigeración potencialmente contaminantes fue el foco de la actividad.

Se pretende establecer una futura asociación con el propósito de conocer y ampliar la propuesta de gestión de la información en asociación.



<http://www.industriafox.com/>

Equipo Técnico



Lúcia Helena Xavier

Especialista en Logística Reversa y Gestión de RAEE
Investigadora Titular - CETEM



Marianna Ottoni

Ingeniera Ambiental - UFRJ
Gestión de Proyectos - R3MINARE/CETEM



Raíssa André de Araujo

Graduada en Ingeniería Ambiental - UFRJ
Becaria PIBIC - CETEM



Letícia Bacellar Motta

Graduada en Ingeniería Ambiental - UFRJ
Becaria PIBIC - CETEM



Carlos Francisco Moraes Teixeira Simões Gomes

Graduado en Geología - UERJ
Pasante - CETEM

Referencias Bibliográficas

- [1] CETEM, 2015. Carta de Serviços ao Cidadão. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação: Novembro, 2015. 1ª Ed. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/images/institucional/carta_servicos_cidadao.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2019.
- [2] Ellen MacArthur Foundation (EMF), 2016. Circular Economy, 2016. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>>. Acesso em: 19 de março de 2019.
- [3] DIRETIVA 2012/19/EU, 2012. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019>>. Acesso em: 19 de março de 2019.
- [4] Tilton J.E., 1999. The future of recycling. Resources Policy, vol. 25, 197-204.
- [5] Brasil. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 19 de março de 2019.
- [6] Dalenogarea, L.S.; Benitez, G.B.; Ayala, N.F.; Frank, G.F., 2018. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. International Journal of Production Economics 204 (2018) 383-394.
- [7] Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H.; Feld, T.; Hoffmann, M., 2014. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, 2014, Vol.6(4), pp.239-242
- [8] Kidee, P., Naidu, R., Wong, M.H., 2013. Electronic waste management approaches: an overview. Waste Management, vol. 33, 1237-1250.
- [9] Pascale, A., Sosa, A., Bares, C., Battocletti, A., Moll, M.J., 2016. E-Waste Informal Recycling: An Emerging Source of Lead Exposure in South America. Antonio María José Moll, MD, Annals of Globe Health. vol. 82. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aogh.2016.01.016>. Acesso em: 19 de março de 2019.
- [10] Hagelüken, C., 2006. Recycling of electronic scrap at Umicore precious metals refining. Proceedings of Waste – Secondary Raw Materials III, Acta Metall. Solvaca, Strbske Pleso, Slovakia. June 2006.
- [11] Zhang, Y., Liu, S., Xie, H., Zeng, X., Li, J., 2012. Current status on leaching precious metals from waste printed circuit boards. Procedia Environ. Sci. 16, 560–568.
- [12] Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., 2017. The global e-waste monitor – 2017. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association, Bonn/Geneva/Vienna.
- [13] Xavier, L.H., Lins, F.A.F., Nascimento, H.F.F., Bellan, I. O., Ribeiro, F., Caldas, M.B., Silva, L.O.S., Zomer, B., Araujo, R.A., Filho, O.O.D., Reinol, P. C., Fagundes, R.L., Gusmão, A.C.F., 2017. Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos na cidade do Rio de Janeiro. 1ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM.
- [14] Ellen MacArthur Foundation, 2016. Ellen MacArthur Foundation, World Economic Forum and McKinsey & Company. The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics.

Referencias Bibliográficas

- [15] Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics* 143 (2018), 37–46.
- [16] Serranti, S.; Di Maio, F.; Rem, P.; Bonifazi, G. Innovative Technologies and processing architectures in Urban Mining: Two key issues to ensure secondary raw materials supply. *Urban Mining: A global cycle approach to resource recovery from solid waste*. p. 23-47. 2012
- [17] Pauliuk, S., 2018. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation and Recycling* Volume 129, February 2018, Pages 81-92.
- [18] BSI, 2017. BS 8001:2017. Framework for Implementing the Principles of the Circular Economy in Organizations – Guide. The British Standards Institution, London.
- [19] Cossu R., Williams I.D. (2015). Editorial Waste Management, vol. 45, 1-3. Available at: <http://www.urbanmining.it/public/documents/simposio/editorial-waste-management-2015.pdf>.
- [20] Lepawsky, J., 2018. Reassembling rubbish: worlding electronic waste. MIT Press.
- [21] European Commission, 2017. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the 2017 list of Critical Raw Materials for the EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017DC0490&from=EN>
- [22] Jowitt, S. M. et al. Recycling of the rare earth elements. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. v. 13, p. 1–7, 2018.
- [23] Schulze, R. et al. Recycling and its effects on joint production systems and the environment – the case of rare earth magnet recycling – Part I — Production model. *Resources, Conservation and Recycling*. v. 134, n. December 2017, p. 336–346, 2018.
- [24] Zeng, X.; Yang, C.; Chiang, J. F.; Li, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. *Science of the Total Environment* 575 (2017) 1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.078>.
- [25] Awasthi A.K., Cucchiella F., D'Adamo I., Li J., Rosa P., Terzi S., Wei G., Zeng X., (2018). Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. *Science of the Total Environment*, 613-614, 46-53.
- [26] STEP. Brazil: Overview of e-waste related information. 2014. Disponível em: http://www.step-initiative.org/Overview_Brazil.html. Acesso em: 12 de abril de 2018.
- [27] Seigné-Itoiz E., Gasol C.M., Rieradevall J., Gabarrell X., (2014). Environmental consequences of recycling aluminium old scrap in a global market. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 89, 94 -103.
- [28] IPEN, (2015). Toxic toy or toxic waste: Recycling POPs into New Products. Press release. Available in: <http://www.ipen.org/news/toxic-toy-or-toxic-waste-recycling-pops-new-products>.

