



valor metal²

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Mapa de Resíduos

Guia de caracterização
para o setor metalúrgico
e eletromecânico



aneme

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS
METALÚRGICAS E ELECTROMECÂNICAS

FICHA TÉCNICA

Título

Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o Setor Metalúrgico e Eletromecânico

Promotor

ANEME – Associação Nacional de Empresas Metalúrgicas e Eletromecânicas

Coordenação

CH Academy – Lurdes Morais

Autoria

António Lorena (3drivers)

Ana Braga (3drivers)

Catarina Silva (3drivers)

Inês Ferreira (3drivers)

Sofia Santos (Systemic Sphere)

Data

Fevereiro de 2022

Projeto

Financiado pelo COMPETE – Portugal 2020 no âmbito do projeto Valor Metal 2 – Inovação e Sustentabilidade (projeto nº POCI-02-0853-FEDER-046449 – SIAC Qualificação)

Créditos das imagens e figuras no relatório são da equipa de trabalho, exceto se identificado.

(Fonte da imagem de capa: <https://pixabay.com/pt/images/search/metal/>)

Disclaimer: O conteúdo deste documento é da responsabilidade dos seus autores, sendo que as conclusões expressas podem não coincidir necessariamente com a posição oficial das entidades que contrataram o estudo.

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução | 7 |
| 2. Âmbito | 9 |
| 3. Enquadramento | 11 |
| 4. Classificação de resíduos | 15 |
| 5. Metodologia | 17 |
| 5.1 Caracterização da situação de referência | 17 |
| 5.2 Consolidação e identificação de boas práticas | 19 |
| 6. Caracterização do Setor | 21 |
| 6.1 Atividades Económicas | 21 |
| 6.2 Caracterização de Resíduos | 25 |
| 7. Oportunidades de melhoria | 33 |
| Anexo I - Inquérito às Empresas do Sector | 37 |
| Anexo II - Consulta à APA sobre produção de resíduos | 43 |
| Anexo III - Fichas Técnicas de Resíduos | 53 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Produção de Resíduos considerando a Divisão de Atividade Económica | 21 |
| Tabela 2. Capítulos da LER considerados na classificação dos resíduos produzidos pelas empresas do setor | 26 |
| Tabela 3. Tipologia de resíduos perigosos | 29 |
| Tabela 4. Tipologia de resíduos não perigosos | 30 |
| Tabela 5. Resíduos com análise de oportunidades de melhoria | 34 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Metodologia | 17 |
| Figura 2 – Produção de Resíduos Perigosos e Não Perigosos | 22 |
| Figura 3 – Produção de Resíduos nas Indústrias metalúrgicas de base | 23 |
| Figura 4 – Produção de Resíduos na Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis | 24 |
| Figura 5 – Produção de Resíduos na Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos | 24 |
| Figura 6 – Produção de Resíduos de acordo com os capítulos da LER | 27 |
| Figura 7 – Operações de destino dos resíduos perigosos e não perigosos | 27 |
| Figura 8 – Operações de valorização (R) e eliminação (D) realizadas | 28 |



1. Introdução

A gestão dos resíduos tem como princípio a hierarquia dos resíduos: prevenção, reutilização, reciclagem, valorização e eliminação, que desde cedo refletem a necessidade de alteração do paradigma para uma economia mais circular. Como tal, as atividades inerentes à gestão de resíduos devem ter como objetivo subjacente, uma gestão sustentável dos materiais, que permita assegurar uma utilização racional dos recursos naturais com vista a preservação e melhoria da qualidade dos ecossistemas e acima de tudo a proteção da saúde humana.

Uma vez que legalmente a responsabilidade pela gestão dos resíduos, incluindo os respetivos custos, recai sobre produtor inicial dos mesmos, importa sensibilizar as atividades geradoras de resíduos para a necessidade de maximizar a sua posterior valorização não apenas em termos económicos, mas também no sentido da redução do desperdício, que permita a redução de dependência de matérias-primas virgens e contribuir deste modo para a competitividade a longo prazo.

A Economia Circular pretende assumir-se como uma forma de reequacionar a abordagem aos recursos, substituindo o atual modelo económico dominante baseado na crescente extração de recursos, para a criação de produtos novos e que após a sua utilização são encaminhados para eliminação.

De uma forma geral, os modelos circulares visam fechar os ciclos de recursos (por exemplo através da reciclagem ou reintrodução na fabricação) e simultaneamente reduzir as quantidades consumidas (ecoeficiência) ou maximizar a escala temporal desses ciclos (aumento do tempo de vida).

A adoção de medidas de prevenção pretende reduzir a quantidade de resíduos produzidos, nomeadamente através da sua reutilização enquanto produtos ou subprodutos, ou do prolongamento do seu tempo de vida, procurando necessariamente dissociar o crescimento económico dos impactes adversos no ambiente e na saúde humana relacionados com o excessivo consumo de recursos e com a produção de resíduos e substâncias potencialmente perigosas.

O prolongamento do ciclo de vida dos materiais reduz a dependência da extração de materiais não renováveis e constitui uma oportunidade para desenvolver soluções tipicamente mais eficientes do que a reciclagem tradicional e que contribuam de forma transversal para a sustentabilidade e para a adoção de boas práticas no sentido da economia circular.

O setor metalúrgico e eletromecânico representa a indústria nacional mais exportadora, o que demonstra que a alta qualidade, a versatilidade e diversidade de bens produzidos são cada vez mais reconhecidas nos mercados externos.

O desenvolvimento de um mapa de resíduos para o setor pretende sistematizar as tipologias de resíduos produzidos em atividades tão diversas como a produção de moldes ou a montagem de produtos, identificando ainda as respetivas perigosidades e destinos para os quais são encaminhados. Pretende ainda constituir uma base para obter de forma sistemática informação estatística com relevância para definição de políticas para a melhoria do setor, ao nível da economia circular.

Caracterizado por ser um setor composto maioritariamente por PME de dimensão reduzida e com sistemas produtivos muito especializados, o desafio poderá passar por encontrar sinergias entre as empresas associadas da ANEME, através da identificação de oportunidades de reutilização e valorização dos resíduos produzidos setor metalúrgico e eletromecânico.



2. Âmbito

A ANEME, enquanto associação que representa as empresas do setor metalúrgico e eletromecânico, propôs a elaboração de um guia “Mapa de Resíduos” que pretende identificar os resíduos e subprodutos produzidos pelo setor.

O projeto da ANEME previa o desenvolvimento de fichas com as características dos principais materiais produzidos pelo setor e a identificação de potenciais destinos, que permitam promover a sustentabilidade e adoção de práticas de economia circular na indústria metalúrgica e eletromecânica, nomeadamente o referencial de auditorias no âmbito da economia circular.

Nas organizações, o mapeamento de resíduos, enquanto atividade de gestão visa listar as tipologias de resíduos produzidos, mas também identificar os locais de produção excessiva. A identificação das etapas do processo produtivo em que existe desperdício permite implementar medidas de redução que contribuam para a diminuição de custos de matérias-primas, mas também dos custos inerente à gestão de resíduos. Num setor em que grande parte dos resíduos produzidos tende a apresentar valor económico positivo, importa assegurar que estes são progressiva e efetivamente valorizados através de uma gestão adequada e de acordo com a hierarquia dos resíduos.

Num âmbito mais alargado, o mapeamento de resíduos que se apresenta, reflete os materiais produzidos nas principais atividades do setor metalúrgico e eletromecânico, nomeadamente:

- » Indústrias metalúrgicas de base;
- » Fabricação de produtos metálicos;
- » Fabricação de máquinas e equipamentos;
- » Fabricação de material de transporte;
- » Reparação, manutenção e reparação de máquinas e equipamentos;
- » Outras indústrias eletromecânicas.

Além da caracterização dos resíduos produzidos, este guia pretende identificar soluções de destino que visem a maximização da valorização dos materiais, nomeadamente através da utilização de resíduos como fontes de matéria-prima e insumos para outras cadeias produtivas.



3. Enquadramento

A estratégia Europa 2020 apresenta como principais prioridades:

- » **Crescimento inteligente** assente no desenvolvimento de uma economia baseada no conhecimento e na inovação;
- » **Crescimento sustentável** através da promoção de uma economia mais eficaz, mais ecológica e mais competitiva;
- » **Crescimento inclusivo** que permita simultaneamente estimular uma economia com taxas de emprego elevadas e assegurar coesão social e territorial.

No quadro do crescimento sustentável foi estabelecida a criação do “Roteiro para uma Europa Eficiente em termos de Recursos”, iniciativa que pretende responder aos desafios criados por uma economia fortemente dependente de recursos naturais face à necessidade de assegurar a transição para uma economia hipocarbónica e eficiente em termos de recursos.

Entre as prioridades da União Europeia, no quadro das políticas de resíduos, estão:

- » A **redução** da quantidade de resíduos gerados;
- » A **maximização** dos processos de reutilização e reciclagem;
- » A **incineração** apenas para materiais **não recicláveis**;
- » A eliminação gradual da **deposição em aterro** de resíduos **recicláveis e valorizáveis**;
- » A implementação efetiva das **políticas de gestão** de resíduos em todos os Estados-Membros.

Um dos grandes designios da UE, no sentido de desenvolver uma economia sustentável, hipocarbónica, eficiente em termos de recursos e competitiva é precisamente a transição para uma economia mais circular, em que o valor dos produtos, materiais e recursos se mantêm na economia o máximo de tempo possível e a produção de resíduos se reduz ao mínimo.

A Comissão Europeia propôs, em 2015, um pacote legislativo ambicioso na área dos materiais e resíduos visando estimular a transição da Europa para um modelo económico tendencialmente circular que pretende aumentar a competitividade, promover o crescimento económico e criar postos de trabalho. Este Pacote incluía a comunicação da Comissão Europeia “Fechar o ciclo – plano de ação da UE para a economia circular”¹, um documento base estratégico que estabelecia a visão e as linhas de implementação da agenda para a economia circular. A comunicação contém um conjunto de ações que têm como objetivo “fechar o ciclo” e que deverão ser aplicadas a todo o ciclo de vida dos produtos: produção (ecodesign e clean production), consumo, gestão dos resíduos e mercado das matérias-primas secundárias.

Em linha com os princípios e estratégias europeias, o Ministério do Ambiente publicou no final de 2017 o Plano de Ação para a Economia Circular (PAEC)². O PAEC é um modelo estratégico de crescimento e de investimento assente na eficiência e valorização dos recursos e na minimização dos impactes ambientais. Este é um documento que surge à luz dos compromissos internacionais de Portugal, como o Acordo de Paris, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e a União Europeia.

¹ Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Fechar o ciclo – plano de ação da UE para a economia circular, COM (2015) 614 final. Bruxelas, 2 de dezembro de 2015.

² Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, de 11 de dezembro de 2017. Diário da República n.º 236/2017, Série I (2º Suplemento). Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa.

Apesar de já ser um termo comum no discurso dos decisores e na comunidade empresarial, a “economia circular” é ainda difícil de definir. A própria natureza e abrangência da economia circular faz com que seja facilmente reduzida a um aspeto singular (*p.ex.: economia circular é reciclagem*), ou alargada de forma a ser equivalente a desenvolvimento sustentável.

Para efeitos práticos, considera-se que a definição estabelecida pelo Plano de Ação para a Economia Circular é que melhor estabelece os objetivos do projeto Valor Metal da ANEME.

“Uma economia circular é entendida como uma economia que promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos por ela dinamizados, através de produtos, processos e modelos de negócio assentes na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais. Desta forma, procura-se extrair valor económico e utilidade dos materiais, equipamentos e bens pelo maior tempo possível, em ciclos energizados por fontes renováveis. Os materiais são preservados, restaurados ou reintroduzidos no sistema de modo cíclico, com vantagens económicas para fornecedores e utilizadores, e vantagens ambientais decorrentes de menor extração e importação de matérias-primas, redução na produção de resíduos e redução de emissões associadas.”

In Plano de Ação para a Economia Circular

Esta definição estabelece dois elementos críticos para o desenvolvimento e implementação da Agenda para a Economia Circular do setor Metalúrgico e Eletromecânico:

- » *promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos: este elemento permite integrar as empresas existentes na transição para uma economia circular, já que engloba a componente ambiental e económica de forma clara e objetiva;*
- » *os materiais são preservados, restaurados ou reintroduzidos no sistema de modo cíclico: este elemento da economia circular é menos evidente para a comunidade empresarial, já que contradiz o modelo económico vigente, mas claramente alinhado com a prioridade de proteção ambiental.*

O projeto **Valor Metal – Circularidade, Ecoeficiência, Digitalização e Informação na Metalurgia e Eletromecânica** inscreve-se na estratégia de qualificação das empresas do setor para a transição para a economia circular e digitalização industrial e inovação, na convicção do contributo que estes modelos de desenvolvimento económico aportam à competitividade do setor. O projeto pretende ainda apoiar as PME's na transição para a Economia Circular, como modelo de desenvolvimento sustentável e de preservação dos recursos naturais, promovendo a redução do consumo de matérias-primas e projetando novos conceitos de rentabilidade que permitem extrair mais valor dos produtos, aproveitando-os, em cascata ou noutras aplicações.

Os princípios da circularidade estão igualmente vertidos no Plano Estratégico para os Resíduos Não Urbanos (PERNU) 2030³, que sendo o mais recente instrumento de referência da política de resíduos não urbanos em Portugal apresenta como principal objetivo “promover a prevenção e gestão de resíduos integrados no ciclo de vida dos produtos, centradas numa economia tendencialmente circular e que garantam uma maior eficiência na utilização de recursos naturais”.

Para este efeito, o documento define os quatro objetivos operacionais (OP), que concorrem para a redução da produção de resíduos não urbanos, bem como dos impactes ambientais decorrentes da sua gestão.

OP1: Prevenir a produção de resíduos ao nível da quantidade e da perigosidade.

Promover o crescimento económico ao mesmo tempo que se assegura uma elevada proteção da saúde e do ambiente é um dos maiores desafios da sociedade atual e o que mais tem contribuído para a prevenção da produção de resíduos enquanto opção estratégica, quer na perspetiva ambiental, quer na redução de custos e racionalização de recursos. Esta abordagem pretende promover a adoção de medidas antes de uma substância, material ou produto se transformar em resíduo, por forma a reduzir os impactes negativos no ambiente e na saúde humana decorrentes da quantidade ou perigosidade dos resíduos produzidos.

OP2: Reduzir os impactes ambientais decorrentes da gestão de resíduos

Uma adequada gestão de resíduos deve ter por base não apenas a redução da quantidade de resíduos a submeter a tratamento e da sua perigosidade, mas também na redução do consumo de materiais e energia aplicados ao longo da cadeia de gestão (desde a recolha ao tratamento), através da aposta no desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento ou do aumento da eficiência das existentes. Para tal, é fundamental apostar na qualificação dos OGR bem como no aumento da fração de resíduos sujeitos a operações de valorização, em detrimento da eliminação, diminuindo a pressão sobre a procura de matérias-primas primárias, e consequente redução das emissões de gases com efeito de estufa resultantes das operações de extração e de transformação.

OP3: Sensibilizar e disseminar, em matéria de boas práticas de prevenção e gestão de resíduos

Uma gestão eficiente dos resíduos depende do conhecimento de todos os intervenientes na cadeia de valor, relativamente aos riscos inerentes à sua gestão. Desde os produtores de resíduos, até aos operadores de gestão de resíduos, importa clarificar conceitos e disseminar informação que potencie a adoção das melhores práticas de prevenção e gestão de resíduos.

OP4: Aumentar a capacidade de investimento e a despesa em I&D+I direcionados para a prevenção e gestão de resíduos

O desempenho nacional em matéria de prevenção e gestão de resíduos está fortemente relacionado com a capacidade de investir em novas soluções tecnológicas e em inovações de processo e produto. Neste âmbito, importa que os investimentos em I&D+I ambiental passem a estar mais orientados para a implementação de soluções que permitam gerar valor e não apenas para dar resposta ao cumprimento de requisitos e conformidades legais.

O Plano Estratégico para os Resíduos Não Urbanos 2030 (PERNU) tem como desígnio global servir de novo instrumento de referência da política de resíduos não urbanos em Portugal, substituindo o Plano Estratégico dos Resíduos Industriais (PESGRI 2001), aprovado por Decreto-Lei n.º 89/2002, de 9 de abril e contemplando os restantes sectores não abrangidos inicialmente, como é o caso do setor metalúrgico e da eletromecânica.

Em termos gerais, a política nacional de resíduos procura assegurar a gestão sustentável dos resíduos que não podem ser prevenidos, garantindo uma utilização eficiente dos recursos naturais e promovendo os princípios da economia circular.

³ Plano Estratégico para os Resíduos Não Urbanos 2030 (PERNU 2030) disponível em: PERNU2030_Simplificado_Limpa_11092020.pdf (participa.pt)



4. Classificação de resíduos

Os resíduos podem ser provenientes do processo produtivo, corresponder a excedentes ou até mesmo a subprodutos, pelo facto de não serem o principal objetivo do processo produtivo.

Com vista a maximização da eficiência do tratamento posterior, os resíduos produzidos devem ser mantidos separados na origem de acordo com a sua tipologia e acondicionados em contentores ou espaços reservados para o efeito até que possam ser encaminhados para tratamento.

Legalmente, os produtores de resíduos estão obrigados a classificar os resíduos que produzem, de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER) publicada pela Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de dezembro, que altera a decisão 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de maio e tendo em conta a perigosidade que os resíduos apresentam.

A LER é constituída por 20 capítulos, que se encontram numerados de 01 a 20, os quais agrupam resíduos que dizem respeito a uma área específica de atividade geradora de resíduos, nomeadamente industrial, urbana, agrícola e hospitalar, ou simplesmente a processos. Cada capítulo encontra-se dividido em um ou mais subcapítulos, dentro dos quais existem entradas que contam com uma descrição mais ou menos detalhada dos resíduos associados e que são identificados por códigos de 6 dígitos.

O processo de classificação de resíduos assenta na categorização dos diferentes capítulos da LER em três grupos distintos, e que deverão ser consultados pela ordem estabelecida de seguida.

- a. **Capítulos 01 a 12 e 17 a 20:** capítulos relacionados com a fonte geradora dos resíduos, como seja por exemplo uma atividade industrial, uma atividade de prestação de cuidados de saúde ou ainda de origem urbana;
- b. **Capítulos 13 a 15:** capítulos relacionados com a natureza dos resíduos, como seja por exemplo os resíduos de óleos, solventes e embalagens;
- c. **Capítulo 16:** capítulo para resíduos não especificados noutra lugar da lista que dizem respeito a um conjunto variado de fluxos de resíduos que não estão especificamente relacionados com um processo ou setor, como por exemplo, os resíduos de equipamentos elétricos ou eletrónicos (REEEs) ou veículos em fim de vida (VFVs).

Importa destacar que em certas situações, o produtor poderá ter a necessidade de classificar os resíduos resultantes da sua atividade em diversos capítulos, pelo facto de desenvolver diferentes processos, como é o caso das empresas do setor da metalurgia e eletromecânica. Salienta-se ainda que formalmente a classificação atribuída pelo produtor/detentor a um determinado resíduo não poderá ser alterada sem que os resíduos sejam sujeitos a uma operação de eliminação ou de valorização.

A avaliação da perigosidade dos resíduos também é necessária para a atribuição do código LER mais adequado, e deverá ser feita com base na perigosidade individual das substâncias presentes no mesmo, e na forma como essa perigosidade se traduz no resíduo. Neste pressuposto, torna-se fundamental proceder à caracterização da composição química do resíduo, identificando todas as substâncias perigosas presentes. No caso de não ser possível recolher informação suficiente e com qualidade, sobre os diferentes constituintes do resíduo em questão, o princípio da precaução determina que este deverá ser considerado um resíduo perigoso.

Os resíduos produzidos devem ser encaminhados para destinos de tratamento adequados e que são definidos normalmente em função da sua tipologia e características intrínsecas. Em termos gerais, as operações podem ser de eliminação (ex. incineração ou de deposição em aterro) ou de valorização (ex. reciclagem, recuperação, regeneração e valorização energética).

Em Portugal, o processo de gestão de resíduos encontra-se totalmente monitorizado, desde o transporte de resíduos às unidades de destino, através de um sistema de informação, o Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER), suportado na plataforma SILiAmb (Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente).

Resumidamente, este sistema integra os seguintes módulos de gestão:

- » eGAR: Desmaterialização das Guias de Acompanhamento de Resíduos utilizadas no transporte de resíduos;
- » MIRR (Mapa Integrado de Registo de Resíduos): Reporte anual a preencher por produtores, transportadores, comerciantes/corretores e operadores de tratamento de resíduos;
- » MRRU (Mapa de Registo de Resíduos Urbanos): Reporte anual a preencher pelos Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU);
- » MTR-LV: Desmaterialização dos Anexos VII de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos (MTR) (“lista verde”), apenas para saídas de Portugal;
- » MTR-LL: Desmaterialização dos movimentos das notificações MTR (“lista laranja”);
- » SILOGR (Sistema de Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos): Diretório dos operadores de tratamento de resíduos licenciados;

Os dados registados neste sistema, sob a responsabilidade da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), permitem obter uma visão global sobre a gestão de resíduos em território nacional.

5. Metodologia

Para atingir o objetivo estratégico de sistematizar a informação sobre os resíduos produzidos no setor metalúrgico e eletromecânico e identificar oportunidades de reutilização e valorização dos mesmos definiu-se a metodologia representada na Figura 1.

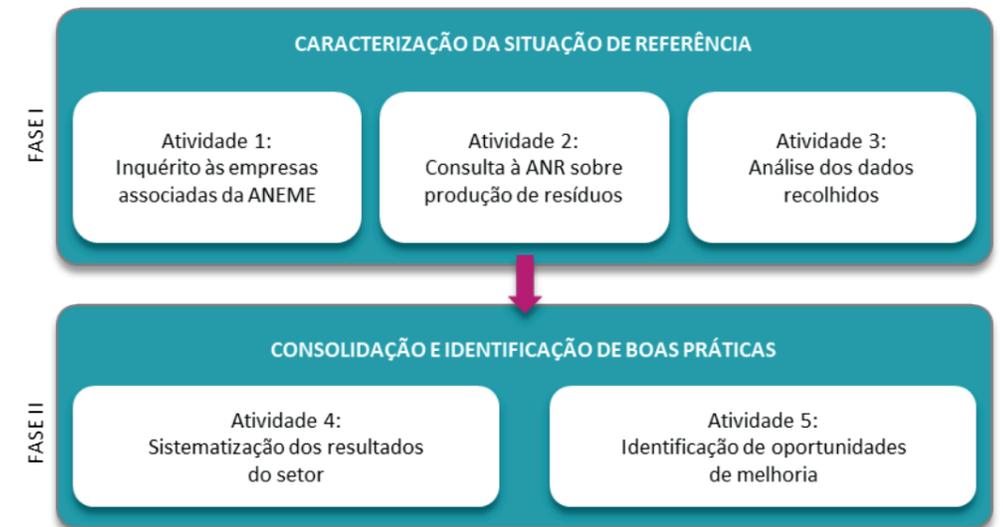


Figura 1 – Metodologia

As atividades desenvolvidas e que se descrevem de seguida, dividem-se em duas fases principais. Na primeira procedeu-se à identificação dos resíduos produzidos nas empresas metalúrgicas e eletromecânicas, quer em termos de tipologia, quantidade, perigosidade, mas também o respetivo destino de tratamento de modo a permitir uma caracterização global do setor.

Numa segunda fase, a informação recolhida foi consolidada de forma a contribuir para a identificação de oportunidades de melhoria e sempre que possível a definição de medidas que permitam atingir os objetivos de circularidade deste setor de atividade.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

Esta fase incluiu a recolha de informação relativa à quantidade e características dos materiais rejeitados, bem como, das soluções de tratamento adotadas pelas empresas metalúrgicas e eletromecânicas.

Inquérito às empresas associadas da ANEME

Foi desenvolvido um formulário online para recolha de informação relativa aos resíduos produzidos nas empresas do setor da metalurgia e eletromecânica. A estrutura do formulário divide-se essencialmente numa parte dedicada aos dados de identificação e enquadramento da empresa no setor e outra dedicada à produção e encaminhamento de resíduos industriais, de acordo com o apresentado no Anexo I - Inquérito às Empresas do Sector.

Apesar de incluir informação mais abrangente, para potenciar uma avaliação técnica, económica e ambiental da gestão de resíduos no setor, a estrutura do formulário foi definida de forma semelhante ao reporte anual das empresas à Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (MIRR), de modo a facilitar o processo de recolha de informação e resposta por parte dos produtores.

Este inquérito foi divulgado pela ANEME e enviado a uma amostra das suas empresas associadas para recolha de informação correspondente a um ano completo de atividade produtiva.

Consulta à ANR sobre produção de resíduos

A Agência Portuguesa do Ambiente enquanto Autoridade Nacional de Resíduos (ANR) dispõe de um sistema de informação, o Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER) que assegura a monitorização do processo de gestão de resíduos desde o produtor, às unidades de destino e que inclui o transporte de resíduos.

Sob o objetivo de recolher informação relativa a um maior número de entidades e conseqüentemente obter uma caracterização mais abrangente do setor, foram solicitados à APA dados relativos aos resíduos produzidos pelas empresas do setor metalúrgico e eletromecânico. Para o efeito, foi solicitada informação do Formulário B do Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR) com resíduos de todos os códigos LER produzidos ao longo do ano de 2020 pelas empresas com CAE principal indicado no Anexo II - Consulta à APA sobre produção de resíduos.

A informação disponibilizada conta necessariamente com um elevado grau de agregação para efeitos de proteção da confidencialidade dos dados reportados, no estrito cumprimento da legislação em vigor.

Importa destacar que os dados disponibilizados não abrangem o universo total de resíduos produzidos a nível nacional na medida em que no que se refere à produção de resíduos, declarados no formulário B do MIRR, no ano de 2020 encontravam-se abrangidos pela obrigação de reporte de dados, enquanto produtores de resíduos, apenas as seguintes entidades:

- i. As pessoas singulares ou coletivas responsáveis por estabelecimentos que empreguem mais de 10 trabalhadores e que produzam resíduos não urbanos; e
- ii. As pessoas singulares ou coletivas responsáveis por estabelecimentos que produzam resíduos perigosos.

Ainda de acordo com informação disponibilizada pela APA, nos casos em que, para um determinado CAE e código da Lista Europeia de Resíduos (LER), tenham sido identificados menos de três estabelecimentos produtores de determinada tipologia de resíduos, os dados em apreço não podem ser disponibilizados, visto tratar-se de informação abrangida por segredo estatístico.

Análise dos dados recolhidos

A informação disponibilizada pela APA, em conjunto com a recolhida junto das associadas da ANEME permitiu a identificação e quantificação dos principais resíduos produzidos no setor bem como das operações de tratamento a que estes são sujeitos, com vista a identificação de potenciais oportunidades de melhoria.

5.2 CONSOLIDAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS

A caracterização da situação de referência, permitiu obter uma visão holística do comportamento do setor no que diz respeito aos resíduos produzidos. Os resultados apresentados permitem ainda identificar os principais pontos fracos e fortes da eficiência e sustentabilidade da gestão de resíduos no setor metalúrgico e eletromecânico e apresentar potenciais oportunidades de melhoria.

Sistematização dos resultados do setor

Terminada a recolha e análise de dados, a informação disponível foi sujeita a um tratamento estatístico que possibilitou a apresentação de resultados estabelecidos em função das tipologias de resíduos produzidos, perigosidade, destino de tratamento e outros.

Identificação de oportunidades de melhoria

Foram desenvolvidos exercícios de benchmarking, com recurso a literatura, com vista a análise das soluções adotadas por empresas do setor, mas também por outras atividades que produzem resíduos equivalentes.

Esta análise permitiu a identificação de oportunidades de melhoria no que diz respeito às melhores práticas a adotar na gestão de resíduos. As alternativas que se apresentam, visam promover a adequada aplicação das orientações estabelecidas pela hierarquia de resíduos e apoiar as empresas na sua competitividade.



6. Caracterização do setor

6.1 ATIVIDADES ECONÓMICAS

Foram solicitados à Agência Portuguesa do Ambiente (APA) enquanto Autoridade Nacional de Resíduos (ANR), dados relativos à produção de resíduos pelas empresas que integram o setor metalúrgico e eletromecânico. De modo a assegurar o âmbito adequado no que diz respeito à informação recolhida, foram identificados os códigos CAE aplicáveis e que de acordo com o sistema de classificação e agrupamento das atividades económicas (CAE-Rev.3⁴) incluem as atividades e as empresas abrangidas.

A informação disponibilizada diz respeito ao reporte anual de produção de resíduos realizado pelas empresas registadas no SILiAmb e cuja atividade principal (CAE principal) fazia parte da lista apresentada no Anexo II - Consulta à APA sobre produção de resíduos.

Tendo em conta os resultados obtidos para as nove divisões⁵ consideradas e apresentadas na Tabela 1, as empresas do setor produziram ao longo do ano de 2020 cerca de 911.227 toneladas de resíduos, em que apenas 11% dizem respeito a resíduos perigosos.

Tabela 1. Produção de Resíduos considerando a Divisão de Atividade Económica

| Classificação Portuguesa de Atividades Nível 2 - Divisão | Quantidade (ton) |
|---|------------------|
| 24 - Indústrias metalúrgicas de base | 270 092 |
| 29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis | 254 283 |
| 25 - Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos | 246 202 |
| 33 - Reparação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos | 47 903 |
| 28 - Fabricação de máquinas e de equipamentos, n.e. | 44 467 |
| 27 - Fabricação de equipamento elétrico | 28 058 |
| 30 - Fabricação de outro equipamento de transporte | 13 278 |
| 26 - Fabricação de equipamentos informáticos, equipamento para comunicações e produtos eletrónicos e óticos | 6 077 |
| 31 - Fabrico de mobiliário e de colchões | 867 |

A produção de resíduos, nomeadamente a de resíduos perigosos, varia significativamente entre as diferentes atividades desenvolvidas. Os dados disponíveis permitem, no entanto, destacar algumas situações em que a percentagem de resíduos perigosos declarada é de aproximadamente 15% do total produzido na divisão, como é o

⁴ Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3 (CAE-Rev.3), aprovada pelo Decreto-Lei nº 381/2007, de 14 de novembro

⁵ O nível *Divisão* corresponde aos dois dígitos (entre 01 e 99) que dão início à codificação numérica do CAE

caso da Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos (14,4%), das Indústrias metalúrgicas de base (15,2%) e a Fabricação de outro equipamento de transporte (15,0%). O detalhe relativamente à tipologia de resíduos produzidos será apresentado no Capítulo 6.2.

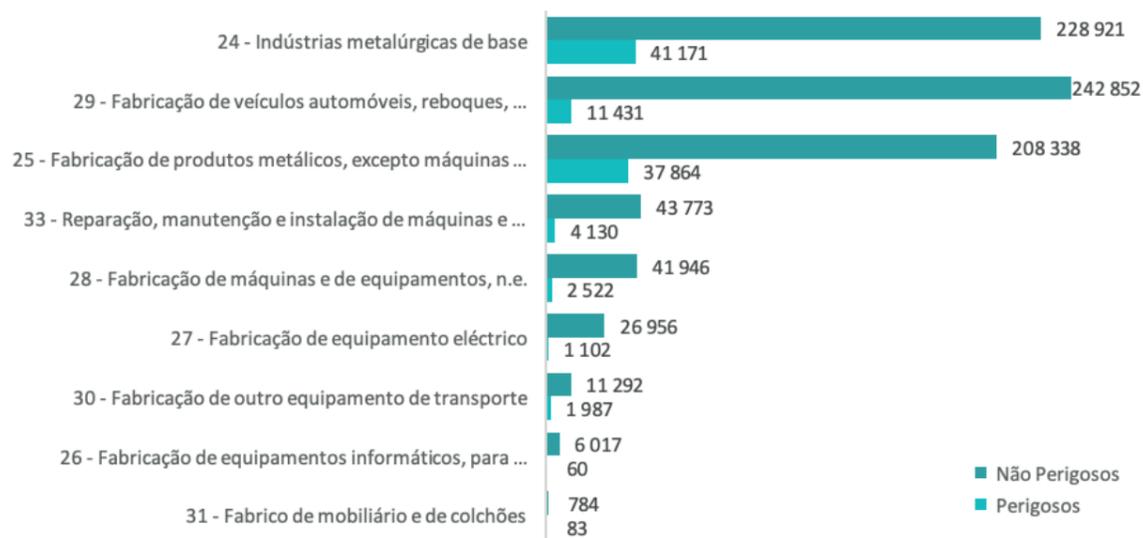


Figura 2 – Produção de Resíduos Perigosos e Não Perigosos

As empresas registadas sob as divisões 24 - *Indústrias metalúrgicas de base*, 29 - *Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis* e 25 - *Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos* produzem cerca de 85% da totalidade dos resíduos declarados pelas empresas do setor metalúrgico e eletromecânico.

A divisão 24 - *Indústrias metalúrgicas de base* contribuiu com 29,6% do total de resíduos produzidos pelas empresas do setor. De acordo com informação disponibilizada pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2019 as *Indústrias metalúrgicas de base* representavam apenas 1,3% do número de empresas registadas de acordo com as nove divisões consideradas da secção relativa à indústria transformadora, sendo que 13% correspondiam a empresas individuais e 87% a sociedades.

A produção de resíduos nas empresas das divisões 29 - *Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis* e 25 - *Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos* correspondem a 27,9% e 27% da totalidade de resíduos produzidos pelo setor no ano de referência (2020). No que diz respeito ao número de empresas registadas⁶ em 2019 estas divisões representavam 2,8% e 48,8% respetivamente. Quanto à forma jurídica, as empresas responsáveis pela fabricação de veículos automóveis apresentam-se maioritariamente na forma de sociedades (67%), assim como as empresas de fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos (60%).

Considerando as três divisões mais representativas em termos da gestão de resíduos, importa detalhar as tipologias de atividades que, ao longo do ano, mais contribuem para a sua produção.

⁶ Secção Indústrias transformadoras

24 - Indústrias metalúrgicas de base

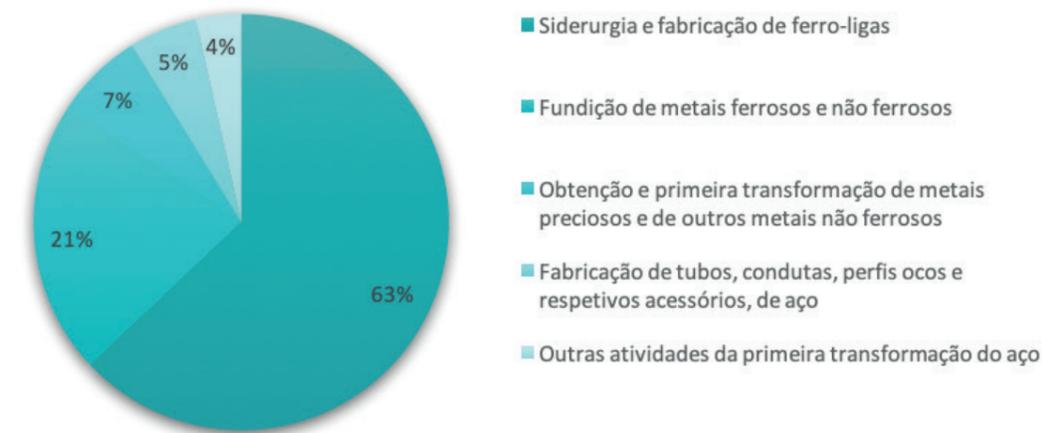


Figura 3 – Produção de Resíduos nas Indústrias metalúrgicas de base

Ao longo do ano de 2020, a atividade de *Siderurgia e fabricação de ferro-ligas* foi a atividade que gerou maior quantidade de resíduos no âmbito das indústrias metalúrgicas de base, com cerca de 170 093 toneladas declaradas no reporte anual.

A *Fundição de metais ferrosos e não ferrosos* inclui os resíduos produzidos nas atividades de fundição de ferro fundido (33 747 toneladas), a fundição de outros metais não ferrosos (13 972 toneladas), a fundição de aço (7 559 toneladas) e a fundição de metais leves (1 936 toneladas).

Os resíduos produzidos na atividade de *Obtenção e primeira transformação de metais preciosos e de outros metais não ferrosos* consideram os processos de transformação de alumínio (18 805 toneladas), de outros metais não ferrosos (132 toneladas) e transformação de chumbo, zinco e estanho (3 toneladas)⁷.

Menos representativa em termos de produção de resíduos, a *Fabricação de tubos, condutas, perfis ocós e respetivos acessórios, de aço*, que representou a produção de apenas 14 320 toneladas (5%) e as *Outras atividades da primeira transformação do aço*, que incluem atividades como a laminagem a frio de arco ou banda (5 427 toneladas), a perfilagem a frio (2 349 toneladas) e a trefilagem a frio (1 751 toneladas), contribuíram com apenas 4% dos resíduos produzidos nas Indústrias metalúrgicas de base⁸.

⁷ Para as atividades de obtenção e primeira transformação de metais preciosos, de cobre e tratamento de combustível nuclear não existem registos de produção de resíduos.

⁸ Para a atividade de Estiragem a frio não existem registos de produção de resíduos.

29 - Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes

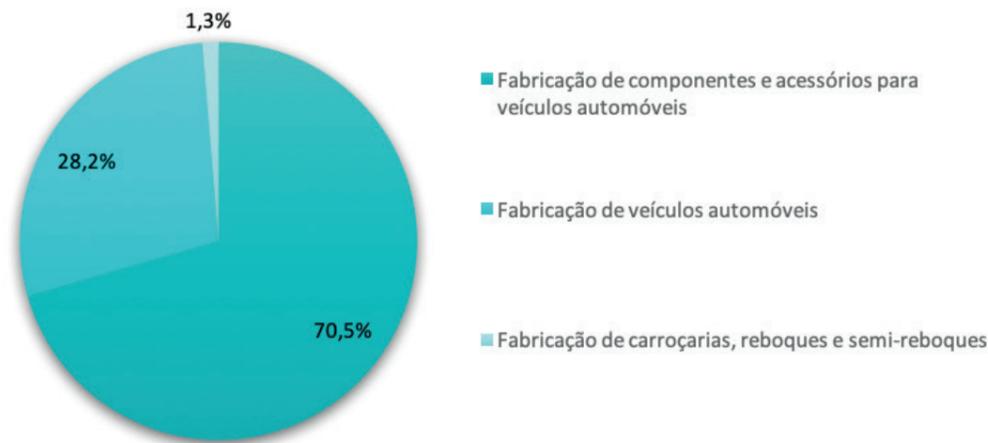


Figura 4 – Produção de Resíduos na Fabricação de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e componentes para veículos automóveis

A *Fabricação de componentes e acessórios para veículos automóveis* inclui os resíduos produzidos nas atividades de fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis (178 115 toneladas) e a fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis (1 182 toneladas).

A *Fabricação de veículos automóveis* e a *Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques* contribuíram com a produção de 71 663 toneladas e 3 323 toneladas de resíduos, respetivamente.

25 - Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos



Figura 5 – Produção de Resíduos na Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos

A *Fabricação de elementos de construção em metal* inclui os resíduos produzidos na fabricação de estruturas de construções metálicas (61 221 toneladas) e na fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal (46 572 toneladas).

Os resíduos considerados no âmbito da *Fabricação de outros produtos metálicos* (48 119 toneladas), incluem atividades como a fabricação de outros produtos metálicos diversos, n.e. (18 756 toneladas), de embalagens metálicas ligeiras (13 711 toneladas), de louça metálica e artigos de uso doméstico (6 135 toneladas), de produtos de arame (5 919 toneladas), de rebites, parafusos e porcas (2 965 toneladas), de molas (553 toneladas) e de embalagens metálicas pesadas (79 toneladas)⁹.

As atividades de tratamento e revestimento de metais (29 380 toneladas) e de mecânica geral (12 061 toneladas) contribuem com cerca de 17% do total de resíduos produzidos no âmbito da fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos.

No âmbito da *Fabricação de cutelaria, ferramentas e ferragens*, incluem-se os resíduos com origem na fabricação de moldes metálicos (21 678 toneladas), de fechaduras, dobradiças e de outras ferragens (4 058 toneladas), de ferramentas mecânicas (2 474 toneladas), de cutelaria (1 815 toneladas), de ferramentas manuais (971 toneladas) e de peças sinterizadas (159 toneladas).

Por fim, as atividades que contribuem em menor escala para a produção de resíduos no âmbito da fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos são a fabricação de outros reservatórios e recipientes metálicos (11 838 toneladas) e de caldeiras e radiadores para aquecimento central (872 toneladas) que correspondem a cerca de 5% do total. A *Fabricação de produtos forjados, estampados e laminados; metalurgia dos pós* (4 806 toneladas)¹⁰ que contribuem com 2% dos resíduos gerados e a *Fabricação de geradores de vapor, exceto caldeiras para aquecimento central* (179 toneladas) que produz apenas 0,1% do total de resíduos.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS

De acordo com a informação disponibilizada pela APA, as empresas do setor metalúrgico e eletromecânico reportaram para o ano de referência (2020), a produção de resíduos classificados de acordo com 17 dos 20 capítulos previstos na Lista Europeia de Resíduos (LER) publicada pela Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de dezembro, que altera a decisão 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de maio.

Tabela 2. Capítulos da LER considerados na classificação dos resíduos produzidos pelas empresas do setor

| Capítulo e Descrição na Lista Europeia de Resíduos | Quantidade (ton) |
|---|------------------|
| 12 - Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos | 454 207 |
| 10 - Resíduos de processos térmicos | 149 770 |

⁹ Para a atividade de Fabricação de correntes metálicas não existem registos de produção de resíduos.

¹⁰ Para a atividade de Fabricação de produtos por pulverometalurgia não existem registos de produção de resíduos.

Capítulo e Descrição na Lista Europeia de Resíduos

| Capítulo e Descrição na Lista Europeia de Resíduos | Quantidade (ton) |
|---|------------------|
| 19 - Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações ex situ de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e de água para consumo industrial | 77 467 |
| 15 - Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção sem outras especificações | 56 760 |
| 17 - Resíduos de construção e de demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados) | 47 616 |
| 20 - Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, da indústria e dos serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente | 44 989 |
| 16 - Resíduos não especificados noutros capítulos da lista | 31 821 |
| 11 - Resíduos de tratamentos químicos de superfície e de revestimentos de metais e de outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos | 21 944 |
| 13 - Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (exceto óleos alimentares, 05 e 12) | 11 694 |
| 08 - Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão | 5 396 |
| 04 - Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil | 4 779 |
| 06 - Resíduos de processos químicos inorgânicos | 2 824 |
| 07 - Resíduos de processos químicos orgânicos | 853 |
| 03 - Resíduos do processamento de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão | 669 |
| 14 - Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (exceto 07 e 08) | 381 |
| 18 - Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e/ou de investigação relacionada (exceto resíduos de cozinha e restauração não provenientes diretamente da prestação de cuidados de saúde) | 52 |
| 09 - Resíduos da indústria fotográfica | 5 |

Como se pode verificar pela Figura 6, cerca de metade dos resíduos produzidos têm origem em atividades de moldagem e tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos (capítulo 12). Seguem-se os resíduos de processos térmicos (capítulo 10), responsáveis por apenas 16% da produção de resíduos e de onde se destacam os resíduos da indústria do ferro e do aço, resíduos da fundição de peças ferrosas e resíduos da fundição de peças não ferrosas. Como é possível verificar pela sua classificação, estes dizem respeito a resíduos diretamente relacionados com a atividade produtiva, motivo pelo qual a sua produção apresenta valores significativos.

Em termos globais, os restantes materiais correspondem maioritariamente aos resíduos produzidos no âmbito das atividades auxiliares de apoio ou suporte ao processo de fabrico, paralelamente desenvolvidas pelas empresas do setor, como é o caso dos resíduos de embalagem (capítulo 15), resíduos de construção e demolição (capítulo 17) ou dos resíduos urbanos e equiparados (capítulo 20), entre outros.

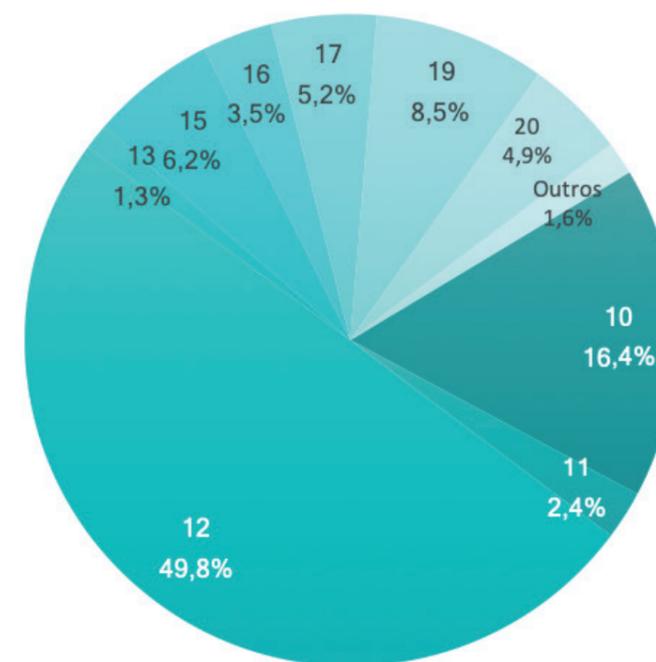


Figura 6 – Produção de Resíduos de acordo com os capítulos da LER

Os resíduos produzidos e geridos pelo setor são maioritariamente (92,7%) encaminhados para operações de valorização (R) e apenas 7,3% têm como destino operações de eliminação (D). Dos resíduos encaminhados para valorização apenas 6,8% correspondem a resíduos perigosos, valor que aumenta para 64,6% nos resíduos sujeitos a operações de eliminação.

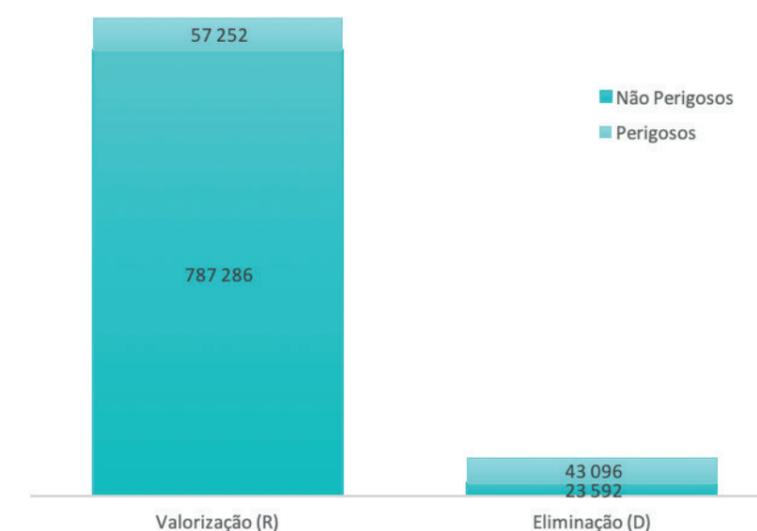


Figura 7 – Operações de destino dos resíduos perigosos e não perigosos

De acordo com as quantidades encaminhadas para tratamento é possível verificar que os materiais maioritariamente valorizados são metais ferrosos e não ferrosos, nomeadamente resíduos classificados com os códigos LER 120101 (41,5%), 120103 (5,1%), 191202 (4,4%) e 200140 (2,8%), entre outros.

Já no que diz respeito aos resíduos encaminhados para operações de eliminação, os dados disponíveis evidenciam que estes apresentam tipologias bastante diversas. Destacam-se como mais representativos os *materiais de construção contendo amianto* (22,1% de LER 170605), os resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais como *líquidos de lavagem aquosos* (9,6% de LER 110111) e *lamas e bolos de filtração* (7,3% de LER 110110), *outros revestimentos de fornos e refractários provenientes de processos metalúrgicos* (7,8% de LER 161104) e *outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos* (4,6% de LER 200301).

No que diz respeito apenas às operações de valorização registadas, podem destacar-se as operações de R12 - Troca de resíduos com vista a submetê-los a uma das operações enumeradas de R1 a R11 (39,1%), de R4 - Reciclagem/recuperação de metais e compostos metálicos (24,0%) e de R13 - Armazenamento de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12, com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos (19,4%). As operações classificadas com R12 e R13 correspondem normalmente à realização de processamentos intermédios com vista a consolidação de quantidades e armazenamento até que os sejam efetivamente encaminhados para operações de valorização.

Quanto aos resíduos sujeitos a operações de eliminação, cerca de 43,6% foram encaminhados para a operação D15 - Armazenamento antes de uma das operações enumeradas de D1 a D14, com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos, 27,2% tiveram como destino D1 - Depósito no solo, em profundidade ou à superfície (por exemplo, em aterros, etc.) e 25,0% foram sujeitos a D9 - Tratamento físico.

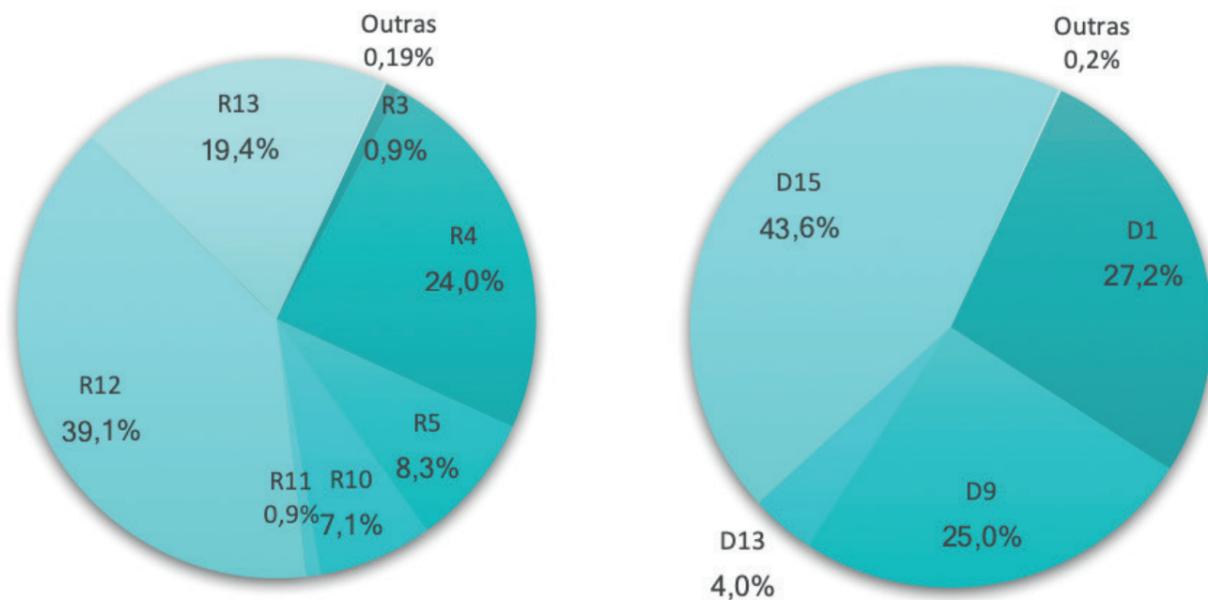


Figura 8 – Operações de valorização (R) e eliminação (D) realizadas

O tratamento de resíduos industriais fica normalmente a cargo de empresas externas licenciadas para a realização de operações de gestão de resíduos. Dependendo das características dos resíduos, a sua gestão pode representar um custo para a empresa produtora o que reforça a importância de encontrar uma alternativa para a sua valorização.

A análise detalhada da informação disponível permite identificar as características dos principais resíduos perigosos (Tabela 3) e não perigosos (Tabela 4) produzidos pelo setor.

Tabela 3. Tipologia de resíduos perigosos

| LER | Descrição do resíduo | Quantidade | |
|---------|---|------------|-------|
| | | (ton) | (%) |
| 100207* | Resíduos sólidos do tratamento de gases contendo substâncias perigosas | 36 310 | 36,2% |
| 170605* | Materiais de construção contendo amianto | 14 717 | 14,7% |
| 110111* | Líquidos de lavagem aquosos contendo substâncias perigosas | 6 442 | 6,4% |
| 120109* | Emulsões e soluções de maquinagem sem halogéneos | 3 685 | 3,7% |
| 110105* | Ácidos de decapagem | 3 676 | 3,7% |
| 130208* | Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação | 3 361 | 3,3% |
| 150202* | Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas | 3 248 | 3,2% |
| 130507* | Água com óleo proveniente dos separadores óleo/água | 3 039 | 3,0% |
| 130899* | Outros resíduos não anteriormente especificados | 2 867 | 2,9% |
| 060204* | Hidróxidos de sódio e de potássio | 2 511 | 2,5% |
| - | Outros resíduos | 20 493 | 20,4% |

À exceção dos resíduos de construção e demolição com amianto, os principais resíduos produzidos são resíduos industriais perigosos. Além dos riscos para a saúde e para o ambiente, a adequada gestão de resíduos com características perigosas, como os líquidos e emulsões oleosas ou contaminadas tendem a representar um custo para as empresas, pelo que importa minimizar a sua produção.

A produção dos resíduos identificados é, na sua maioria, transversal a todas as atividades do setor. Não obstante,

é possível identificar uma relação entre a produção de resíduos sólidos do tratamento de gases com a atividade de siderurgia e fabricação de ferro-ligas, a produção de ácidos de decapagem com o tratamento e revestimento de metais, e ainda a produção de hidróxidos de sódio e de potássio com a atividade de transformação de alumínio.

Relativamente aos resíduos industriais não perigosos, destacam-se diversos tipos de aparas e limalhas, restos de metais e materiais utilizados na fundição e granalhagem, mas também material de embalagem.

Os resíduos metálicos, isentos de substâncias perigosas, apresentam normalmente valor de mercado positivo, facto que potencia o seu adequado encaminhamento para valorização, no entanto foram identificados estes materiais para operações de eliminação. Ainda que em quantidade reduzida face ao total de resíduos produzidos, foram identificados reportes de encaminhamento para eliminação (D15) de aparas e limalhas de metais não ferrosos (LER 120103) e de metais (LER 200140).

Tabela 4. Tipologia de resíduos não perigosos

| LER | Descrição do resíduo | Quantidade | |
|--------|---|------------|-------|
| | | (ton) | (%) |
| 120101 | Aparas e limalhas de metais ferrosos | 350 845 | 43,3% |
| 100908 | Machos e moldes de fundição vazados não abrangidos em 10 09 07 | 46 380 | 5,7% |
| 120103 | Aparas e limalhas de metais não ferrosos | 42 910 | 5,3% |
| 191202 | Metais ferrosos | 37 296 | 4,6% |
| 191212 | Outros resíduos (incluindo misturas de materiais) do tratamento mecânico de resíduos não abrangidos em 19 12 11 | 33 605 | 4,1% |
| 100210 | Escamas de laminagem | 31 103 | 3,8% |
| 120117 | Resíduos de materiais de granalhagem não abrangidos em 12 01 16 | 31 056 | 3,8% |
| 170107 | Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06 | 28 658 | 3,5% |
| 200140 | Metais | 23 774 | 2,9% |
| 150101 | Embalagens de papel e cartão | 20 170 | 2,5% |
| - | Outros resíduos | 165 082 | 20,4% |

A análise da informação disponibilizada permitiu listar resíduos que, pelas suas quantidades ou características, justificam a identificação de soluções de valorização, ou até a sua desclassificação e reintrodução na atividade produtiva como subproduto.

Apesar de os resíduos metálicos serem os mais produzidos (aparas, limalhas, escamas) são já largamente valorizados pelo setor, pelo que não foram considerados na apresentação de alternativas de valorização.

As fichas desenvolvidas pretendem fomentar a valorização de outros resíduos que, apesar de representativos, dispõem de soluções de valorização menos adotadas pelo setor industrial, como é o caso de resíduos de materiais de granalhagem (LER 120117), revestimentos de fornos e refratários (LER 161104) e tintas e vernizes sem substâncias perigosas (LER 080112). Relativamente a resíduos perigosos foram considerados, os resíduos sólidos (poeiras) do tratamento de gases (LER 100207), emulsões e soluções de maquinaria (LER 120109), ácidos de decapagem (LER 110105) e absorventes contaminados (LER 150202).

As escórias de forno também apresentam uma elevada representatividade em termos de produção de resíduos, mas neste caso, as soluções apresentadas são em função das especificidades determinadas pelos processos de origem - Escórias de zinco (LER 110501), Escórias salinas da produção secundária de alumínio (LER 100308) e Escórias da produção primária e secundária do cobre (LER 100601).



7. Oportunidades de melhoria

De um modo geral, a identificação das oportunidades de melhoria no que diz respeito à produção e gestão de resíduos devem assentar numa avaliação integrada das vertentes técnica, económica e ambiental, considerando os seguintes aspetos:

- » Impacto das medidas sobre o processo, produtividade e segurança.;
- » Necessidades de sensibilização e formação dos técnicos e de outros colaboradores envolvidos;
- » Quantificação dos resíduos e efluentes reduzidos;
- » Redução de utilização de matérias-primas;
- » Avaliação dos custos operacionais e receitas das medidas propostas face ao processo existente.

Além de maximizar a valorização dos resíduos produzidos, a identificação do seu potencial deverá permitir sensibilizar os colaboradores para a adequada segregação de resíduos na medida em que este procedimento poderá contribuir para a melhoria da qualidade dos resíduos, evitando a contaminação de resíduos banais por resíduos perigosos, diminuindo assim a quantidade de resíduos perigosos a encaminhar para tratamento. Paralelamente, os trabalhadores deverão estar sensibilizados para os eventuais perigos associados a cada um dos resíduos manuseados, bem como para a correta utilização de equipamentos de proteção e adoção de procedimentos em caso de emergência.

A análise da caracterização dos resíduos produzidos pelo setor permitiu orientar as atividades de *benchmarking* no sentido de identificar soluções de gestão e adequada valorização dos resíduos produzidos, e que permitem contribuir para a hierarquia da gestão de resíduos e para o melhor aproveitamento dos recursos materiais utilizados.

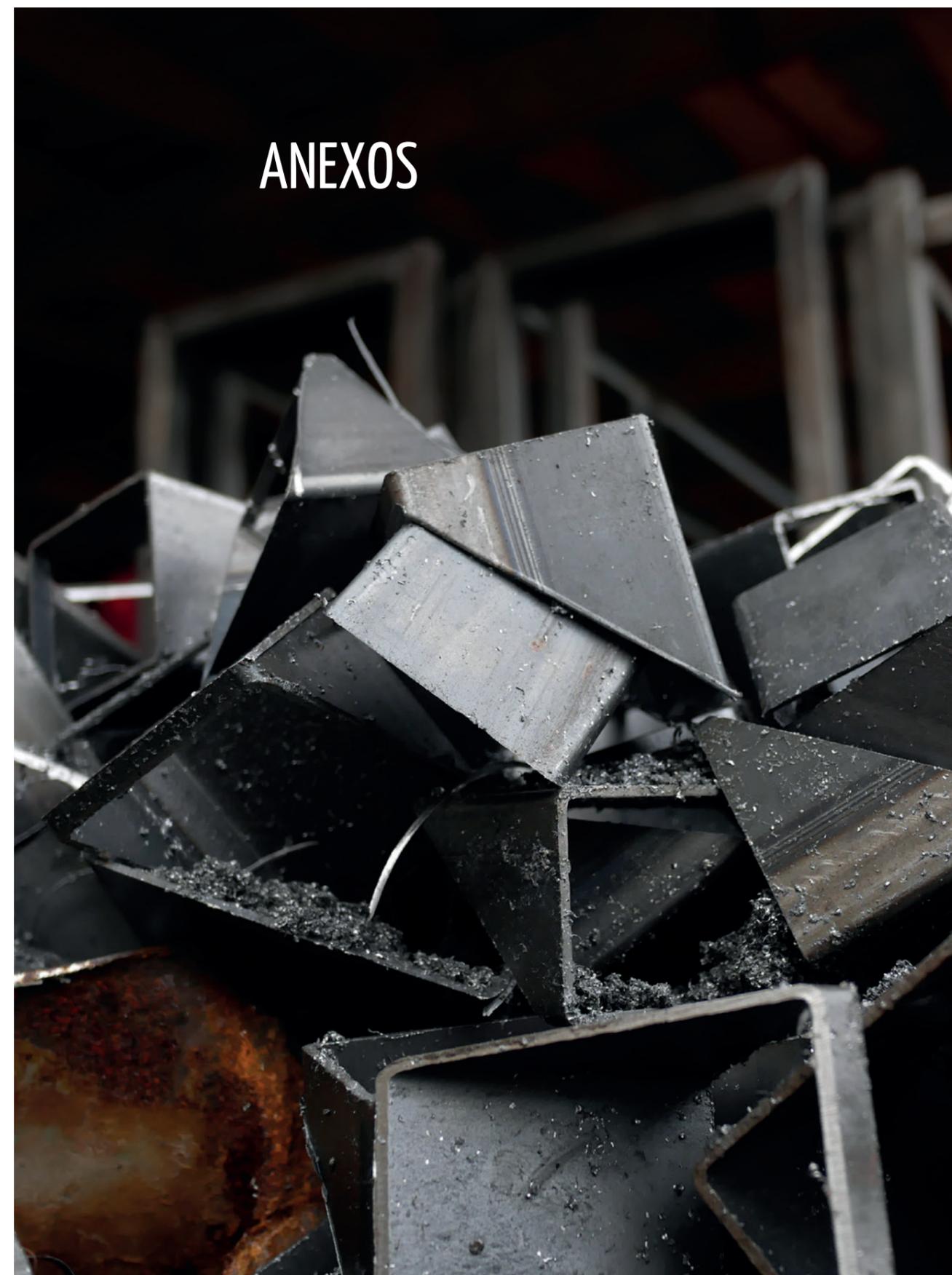
Neste âmbito, foram desenvolvidas Fichas Técnicas de Resíduos que pretendem consolidar as características dos resíduos produzidos pelo setor, nomeadamente a sua perigosidade, mas também identificar soluções de reciclagem e/ou valorização dos materiais presentes, com vista a maximização do uso de recursos. Foram objeto de análise os resíduos indicados na Tabela 5.

Tabela 5. Resíduos com análise de oportunidades de melhoria

| Designação | Código LER | Classificação |
|--|---|---------------|
| Absorventes Contaminados (Flanela e Polipropileno) | 150202* - Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas | Perigoso |
| Ácidos de Decapagem | 110105* - Ácidos de Decapagem | Perigoso |
| Emulsões e soluções de maquinagem, sem halogéneos | 120109* - Emulsões e soluções de maquinagem sem halogéneos | Perigoso |
| Escórias Salinas | 100308* - Escórias salinas da produção secundária (pirometalurgia do alumínio) | Perigoso |
| Poeira de forno de arco elétrico | 100207* - Resíduos sólidos do tratamento de gases contendo substâncias perigosas | Perigoso |
| Escórias da Fundição do Cobre | 100601 - Escórias da produção primária e secundária (pirometalurgia do cobre) | Não perigoso |
| Escórias de Zinco | 110501 - Escórias de zinco | Não Perigoso |
| Material Refratário dos fornos de arco elétrico | 161104 - Outros revestimentos de fornos e refratários, provenientes de processos metalúrgicos, não abrangidos em 161103 | Não Perigoso |
| Resíduos de Granalhagem | 120117 - Resíduos de materiais de granalhagem não abrangidos em 120116 | Não Perigoso |
| Resíduos de Tinta | 080112 - Resíduos de tintas e vernizes não abrangidos em 080111 | Não Perigoso |

As soluções de valorização que se apresentam em anexo, podem ser consideradas como alternativas, sempre que as boas práticas e medidas de prevenção de resíduos já adotadas pelas empresas do setor, não sejam suficientes.

As Fichas Técnicas que se apresentam em anexo (Anexo III - Fichas Técnicas de Resíduo) foram desenvolvidas de acordo com a informação disponível do processo de origem, no entanto, estes elementos podem ser tão detalhados quanto se considere necessário, podendo incluir a descrição das atividades que lhe dão origem, especificações do material ou parâmetros físico-químicos, os custos e/ou benefícios associados às soluções de tratamento e outros.





ANEXO I

Inquérito às empresas do sector



Projeto ANEME | Valor Metal 2 - Questionário ao Setor Metalúrgico e Eletromecânico

Atividade - Elaboração de Mapa de Resíduos

O presente questionário foi elaborado como ferramenta de apoio ao desenvolvimento da atividade respeitante à Elaboração de um Mapa de Resíduos, inserida no projeto Valor Metal 2 - Inovação e Sustentabilidade, aprovado no âmbito de candidatura ao programa Portugal2020. Esta atividade tem como objetivo promover a economia circular, através da identificação de oportunidades de reutilização e valorização dos resíduos produzidos no setor Metalúrgico e Eletromecânico.

O preenchimento do questionário por parte das empresas do setor pretende:

- Sistematizar as tipologias de resíduos produzidos nas diversas operações e áreas de atividade que constituem o setor;
- Identificar as respetivas perigosidades;
- Identificar os destinos para os quais são encaminhados;

A recolha de forma sistemática desta informação deverá possibilitar a definição de oportunidades de melhoria e desenvolvimento de modelos de negócio circulares, através da redução do consumo de matérias-primas e projetando novos conceitos de rentabilidade que permitam extrair mais valor dos recursos utilizados.

Os dados recolhidos serão utilizados para a identificação dos resíduos e processos de tratamento e valorização mais relevantes. **O tratamento e apresentação dos resultados será feita exclusivamente de forma agregada, assegurando a reserva dos dados individuais partilhados pelas empresas participantes.**

No topo da folha Questionário podem ser encontradas as instruções de preenchimento da tabela respetiva, pretendendo facilitar a compreensão sobre a informação solicitada. Para informações adicionais ou esclarecimentos, por favor, contactar a equipa de projeto através do seguinte contacto:

Ana Braga
 abraga@3drivers.pt
 913 864 112



ANEXO II

Consulta à apa sobre produção de resíduos

Pedido de dados

A ANEME gostaria de solicitar à Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. os seguintes dados:

- » Formulário B do Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR) com resíduos de todos os códigos LER produzidos no ano de 2020 pelas empresas com CAE principal indicado na Tabela 6.
- » A informação disponibilizada deve contar com as quantidades o mais desagregadas possível por código LER, por produtor, por operação de tratamento e por destinatário (de acordo com os campos indicados na Tabela 7).

Tabela 6 - Lista de códigos CAE no âmbito de análise

| Código | Designação |
|--------|--|
| 24100 | Siderurgia e fabricação de ferro-ligas |
| 24200 | Fabricação de tubos, condutas, perfis ocós e respetivos acessórios, de aço |
| 24310 | Estiragem a frio |
| 24320 | Laminagem a frio de arco ou banda |
| 24330 | Perfilagem a frio |
| 24340 | Trefilagem a frio |
| 24410 | Obtenção e primeira transformação de metais preciosos |
| 24420 | Obtenção e primeira transformação de alumínio |
| 24430 | Obtenção e primeira transformação de chumbo, zinco e estanho |
| 24440 | Obtenção e primeira transformação de cobre |
| 24450 | Obtenção e primeira transformação de outros metais não ferrosos |
| 24460 | Tratamento de combustível nuclear |
| 24510 | Fundição de ferro fundido |
| 24520 | Fundição de aço |
| 24530 | Fundição de metais leves |

| Código | Designação |
|--------|--|
| 24540 | Fundição de outros metais não ferrosos |
| 25110 | Fabricação de estruturas de construções metálicas |
| 25120 | Fabricação de portas, janelas e elementos similares em metal |
| 25210 | Fabricação de caldeiras e radiadores para aquecimento central |
| 25290 | Fabricação de outros reservatórios e recipientes metálicos |
| 25300 | Fabricação de geradores de vapor (exceto caldeiras para aquecimento central) |
| 25401 | Fabricação de armas de caça, de desporto e defesa |
| 25402 | Fabricação de armamento |
| 25501 | Fabricação de produtos forjados, estampados e laminados |
| 25502 | Fabricação de produtos por pulverometalurgia |
| 25610 | Tratamento e revestimento de metais |
| 25620 | Atividades de mecânica geral |
| 25710 | Fabricação de cutelaria |
| 25720 | Fabricação de fechaduras, dobradiças e de outras ferragens |
| 25731 | Fabricação de ferramentas manuais |
| 25732 | Fabricação de ferramentas mecânicas |
| 25733 | Fabricação de peças sintetizadas |
| 25734 | Fabricação de moldes metálicos |
| 25910 | Fabricação de embalagens metálicas pesadas |
| 25920 | Fabricação de embalagens metálicas ligeiras |
| 25931 | Fabricação de produtos de arame |

| Código | Designação |
|--------|--|
| 25932 | Fabricação de molas |
| 25933 | Fabricação de correntes metálicas |
| 25940 | Fabricação de rebites, parafusos e porcas |
| 25991 | Fabricação de louça metálica e artigos de uso doméstico |
| 25992 | Fabricação de outros produtos metálicos diversos, n.e. |
| 26400 | Fabricação de recetores de rádio e de televisão e bens de consumo similares |
| 26511 | Fabricação de contadores de eletricidade, gás, água e de outros líquidos |
| 26512 | Fabricação de instrumentos e aparelhos de medida, verificação, navegação e outros fins, n.e. |
| 26520 | Fabricação de relógios e material de relojoaria |
| 26600 | Fabricação de equipamentos de radiação, electromedicina e eletroterapêutico |
| 27110 | Fabricação de motores, geradores e transformadores elétricos |
| 27121 | Fabricação de material de distribuição e controlo para instalações elétricas de alta tensão |
| 27122 | Fabricação de material de distribuição e controlo para instalações elétricas de baixa tensão |
| 27310 | Fabricação de cabos de fibra ótica |
| 27320 | Fabricação de outros fios e cabos elétricos e eletrónicos |
| 27330 | Fabricação de dispositivos e acessórios para instalações elétricas de baixa tensão |
| 27400 | Fabricação de lâmpadas elétricas e de outro equipamento de iluminação |
| 27510 | Fabricação de eletrodomésticos |
| 27520 | Fabricação de aparelhos não elétricos para uso doméstico |
| 28110 | Fabricação de motores e turbinas, exceto motores para aeronaves, automóveis e motociclos |
| 28120 | Fabricação de equipamento hidráulico e pneumático |

| Código | Designação |
|--------|--|
| 28130 | Fabricação de outras bombas e compressores |
| 28140 | Fabricação de outras torneiras e válvulas |
| 28150 | Fabricação de rolamentos, de engrenagens e de outros órgãos de transmissão |
| 28210 | Fabricação de fornos e queimadores |
| 28221 | Fabricação de ascensores e monta cargas, escadas e passadeiras rolantes |
| 28222 | Fabricação de equipamentos de elevação e de movimentação, n.e. |
| 28230 | Fabricação de máquinas e equipamento de escritório, exceto computadores e equipamento periférico |
| 28240 | Fabricação de máquinas-ferramentas portáteis com motor |
| 28250 | Fabricação de equipamento não doméstico para refrigeração e ventilação |
| 28291 | Fabricação de máquinas de acondicionamento e de embalagem |
| 28292 | Fabricação de balanças e de outro equipamento para pesagem |
| 28293 | Fabricação de outras máquinas diversas de uso geral, n.e. |
| 28300 | Fabricação de máquinas e de tratores para a agricultura, pecuária e silvicultura |
| 28410 | Fabricação de máquinas-ferramentas para metais |
| 28490 | Fabricação de outras máquinas-ferramentas, n.e. |
| 28910 | Fabricação de máquinas para a metalurgia |
| 28920 | Fabricação de máquinas para as indústrias extrativas e para a construção |
| 28930 | Fabricação de máquinas para as indústrias alimentares, das bebidas e do tabaco |
| 28940 | Fabricação de máquinas para as indústrias têxtil, do vestuário e do couro |
| 28950 | Fabricação de máquinas para as indústrias do papel e do cartão |
| 28960 | Fabricação de máquinas para as indústrias do plástico e da borracha |

| Código | Designação |
|--------|---|
| 28991 | Fabricação de máquinas para as indústrias de materiais de construção, cerâmica e vidro |
| 28992 | Fabricação de outras máquinas diversas para uso específico, n.e. |
| 29100 | Fabricação de veículos automóveis |
| 29200 | Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques |
| 29310 | Fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis |
| 29320 | Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis |
| 30111 | Construção de embarcações metálicas e estruturas flutuantes, exceto de recreio e desporto |
| 30112 | Construção de embarcações não metálicas, exceto de recreio e desporto |
| 30120 | Construção de embarcações de recreio e de desporto |
| 30200 | Fabricação de material circulante para caminhos-de-ferro |
| 30300 | Fabricação de aeronaves, de veículos espaciais e equipamento relacionado |
| 30400 | Fabricação de veículos militares de combate |
| 30910 | Fabricação de motociclos |
| 30920 | Fabricação de bicicletas e veículos para inválidos |
| 30990 | Fabricação de outro equipamento de transporte, n.e. |
| 31010 | Fabricação de mobiliário para escritório e comércio |
| 31020 | Fabricação de mobiliário de cozinha |
| 31092 | Fabricação de mobiliário metálico para outros fins |
| 32110 | Cunhagem de moedas |
| 32121 | Fabricação de filigranas |
| 32122 | Fabricação de artigos de joalheria e de outros artigos de ourivesaria |

| Código | Designação |
|--------|--|
| 32130 | Fabricação de bijutarias |
| 32501 | Fabricação de material ótico oftálmico |
| 32502 | Fabricação de material ortopédico e próteses e de instrumentos médico-cirúrgicos |
| 33110 | Reparação e manutenção de produtos metálicos (exceto máquinas e equipamento) |
| 33120 | Reparação e manutenção de máquinas e equipamentos |
| 33130 | Reparação e manutenção de equipamento eletrónico e ótico |
| 33140 | Reparação e manutenção de equipamento elétrico |
| 33150 | Reparação e manutenção de embarcações |
| 33160 | Reparação e manutenção de aeronaves e de veículos espaciais |
| 33170 | Reparação e manutenção de outro equipamento de transporte |
| 33190 | Reparação e manutenção de outro equipamento |
| 33200 | Instalação de máquinas e de equipamentos industriais |
| 38311 | Desmantelamento de veículos automóveis, em fim de vida |
| 38312 | Desmantelamento de equipamentos elétricos e eletrónicos, em fim de vida |
| 38313 | Desmantelamento de outros equipamentos e bens, em fim de vida |
| 38321 | Valorização de resíduos metálicos |

Formulário B

| Código_cae | id_apa_estabelecimento | estabelecimento | distrito | concelho | nif_organizacao | codigo_ler | perigosidade | nif_destinatario | pais_destinatario | cod_estabelecimento_destinatario | Estabelecimento_destinatario | operacao | quant_enviada_operacao |
|------------|------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|------------|--------------|------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------------|----------|------------------------|
|------------|------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|------------|--------------|------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------------|----------|------------------------|

Formulário B - Armazenamento

| codigo_cae | id_apa_estabelecimento | estabelecimento | distrito | concelho | nif_organizacao | codigo_ler | perigosidade | quantidade_produzida | quantidade_inicio_ano | quantidade_fim_ano |
|------------|------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
|------------|------------------------|-----------------|----------|----------|-----------------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|



ANEXO III

Fichas técnicas de resíduos

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Absorventes Contaminados (Flanela e Polipropileno)

1. Identificação do Resíduo

Designação: Absorventes Contaminados (Flanela e Polipropileno)

Código LER: 150202* - *Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas*

Classificação: Perigoso

Descrição do Resíduo: Panos absorventes contaminados com substâncias como tinta, verniz, óleos, para limpeza de vestígios destas substâncias nos processos industriais.

Fileira: Fabricação de Produtos Metálicos

Área de Atividade: Fabricação de Molas, Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas, Fabricação de Ferramentas Manuais, Fabricação de outras Bombas e Compressores, Fabricação de Produtos Forjados, Estampados e Laminados.



2. Oportunidade de Melhoria / Prevenção

Em alternativa ao uso de panos de utilização única, propõe-se a substituição por panos reutilizáveis, que possam ser lavados e utilizados várias vezes, aumentando a sua vida útil e prevenindo a produção de resíduos^{1,2}. A lavagem dos panos reutilizáveis deve seguir as boas práticas recomendadas para esta operação dado que se trata de um resíduo perigoso devido à sua contaminação. A solução apresentada aplica-se tanto aos panos de limpeza e absorventes, como aos EPI necessários, tais como luvas e aventais.

¹ https://www.mewa.pt/?gclid=CjoKCOiA2ZCOBhdiARIsAMRfv9IbvNGOaU_KQW1CzmcFz8nV67TJ_oUsGB3HpwDXIFvF6Q7oFWQggEwaAkrvEALw_wcB

² URVINAPOR. Accessed September 20, 2020. <http://www.urvinapor.pt/>

3. Valorização

Para os panos absorventes de flanela, a reciclagem da flanela para obtenção de algodão em formato fibra apresenta-se como uma das melhores formas de valorização deste material, possibilitando a sua aplicação em diversos setores. A reciclagem deste resíduo implica proceder anteriormente a uma lavagem do mesmo devido à sua contaminação e perigosidade. Foram identificadas duas indústrias como possíveis destinos para a fibra de algodão reciclada. A indústria do cimento, onde a fibra de algodão pode ser utilizada como reforço dos compósitos para produção de cimento e betão³ ou a própria indústria têxtil, que pode utilizar as fibras para têxteis tecidos e não tecidos. Existem também projetos inovadores na indústria do plástico, onde as fibras naturais podem ser utilizadas na produção de plástico biodegradável, que tem vindo a ser apresentado como uma solução mais sustentável no que respeita à gestão de embalagens no final de vida⁴.

Para os panos absorventes de polipropileno, a solução encontrada consiste na sua reciclagem para reutilização noutro sector industrial. Para proceder à reciclagem deste material é necessária uma lavagem do mesmo para descontaminação, devido à sua perigosidade. Importa ter em consideração que este material não perde qualidades mecânicas até à quinta vez que é sujeito a processos de reciclagem, o que permite reduzir o consumo de matérias-primas.

Como possíveis destinos para o polipropileno reciclado foram identificados a indústria plástico, que pode reciclar os materiais diretamente para produzir produtos como compósitos reforçados com polipropileno para substituição da fibra de vidro e de carbono para a indústria automóvel, por exemplo. O polipropileno pode ainda ser processado pela indústria têxtil para produção de enchimentos e isolamentos como têxtil não tecido⁵. As fibras de propileno podem ainda ser utilizadas para reforçar propriedades de produtos como cimento⁶.

4. Valorização Energética

A valorização energética é uma possível solução para os absorventes contaminados, pelo que a solução pode passar pelo encaminhamento deste resíduo para empresas que tenham necessidades de energia térmica e cumpram os requisitos legais e técnicos para proceder à valorização energética de resíduos.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

3 Eldin MM, El-tahan E. Performance of cotton woven fabrics structures in reinforcing of cement elements. 2017;(March).

4 Mostafa NA, Farag AA, Abo-dief HM, Tayeb AM. Production of biodegradable plastic from agricultural wastes. Arab J Chem. 2018;11(4):546-553. doi:10.1016/j.arabjc.2015.04.008.

5 Tuladhar R, Yin S. Production of Recycled Polypropylene (PP) Fibers from Industrial Plastic Waste through Melt Spinning Process. Elsevier Ltd; 2019. doi:10.1016/b978-0-08-102676-2.00004-9

6 Kozderka M, Rose B, Bahlouli N, Kočí V, Caillaud E. Recycled high impact polypropylene in the automotive industry - mechanical and environmental properties. Int J Interact Des Manuf. 2017;11(3):737-750. doi:10.1007/s12008-016-0365-9

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Ácidos de Decapagem

1. Identificação do Resíduo

Designação: Ácidos de Decapagem

Código LER: 110105* - Ácidos de Decapagem

Classificação: Perigoso

Descrição do Resíduo: Resultado da decapagem química, estes resíduos são produto da reação entre reagentes ácidos e os óxidos presentes na superfície dos materiais metálicos. O ácido utilizado no processo de decapagem pode ser ácido clorídrico, ácido sulfúrico, ou uma mistura de ácidos.

Fileira: Fabricação de Produtos Metálicos

Área de Atividade: Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas, Fabricação de Ferramentas Manuais, Fabricação de outras Bombas e Compressores, Fabricação de Produtos Forjados, Estampados e Laminados.



2. Reutilização

O ácido mais utilizado na decapagem química é o ácido clorídrico (HCl), uma vez que apresenta uma capacidade de produção superior e um acabamento final de melhor qualidade, quando comparado por exemplo com o ácido sulfúrico (H₂SO₄)¹.

No final do processo de decapagem o ácido pode ser regenerado e novamente introduzido no processo, e os metais sujeitos a um processo de precipitação para que possam ser recuperados e utilizados em diversas aplicações. As soluções mais utilizadas para recuperação do ácido clorídrico são os processos de *spray roasting* ou *fluidised bed*, que garantem a total recuperação do ácido. Existe também a opção da pirohidrólise, que garante um custo-benefício elevado. Neste processo os óxidos de ferro são filtrados e o ácido é recuperado quase na sua totalidade (>99%)².

O ácido sulfúrico, pode ser regenerado parcialmente após a sua utilização na decapagem de aço, através da precipitação do ferro, sob a forma de sulfato de heptahidratado (FeSO₄ 7H₂O) por meio de um processo de arrefecimento e cristalização².

¹ Kladnig W.F. (2003). A review of steel pickling and acid regeneration an environmental contribution. International Journal of Materials and Product Technology, 19 (6), 550. Doi:10.1504/ijmpt.2003.003471

² European Comission. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC IPTS EIPPCB

3. Valorização

Através de processos de filtração é possível recuperar as partículas metálicas presentes nas misturas que resultam do processo de decapagem química com ácido clorídrico. Estas partículas podem ser reintroduzidas no processo de produção de aço.

Do processo de regeneração do ácido resultam óxidos de ferro com um teor de pureza bastante elevado (>99%) que podem ser integrados no processo de produção de cimento².

No caso da decapagem química de aço inoxidável, a solução resultante (ácido + material metálico) pode ser sujeita a um processo de separação dos resíduos, do qual resultam compostos como o sulfeto de sódio ($\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$) e o sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), que podem ser utilizados na produção de asfalto, cimento, entre outros agregados³.

No caso da decapagem química de titânio com ácido clorídrico, o processo de lixiviação origina dióxido de titânio que pode ser usado em diversas aplicações industriais, das quais se destacam a utilização como pigmento na produção de tintas, como parte integrante do fabrico de espelhos na indústria automóvel ou como semiconductor em processos de purificação do ar e da água⁴.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

2 European Commission. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC IPTS EIPPCB

3 Su, P. Zhang, J., & Li, Y (2020). Chemical fixation of toxic metals in stainless steel pickling residue by $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and phosphoric acid for beneficial uses. Journal of Environmental Sciences, 90, 364-374. Doi:10.1016/j.jes.2019.12.016

4 Adawiyah J. Haider, Zainab N. Jameel, Imad H.M. Al-Hussaini, Review on: Titanium Dioxide Applications, Energy Procedia, Volume 157, 2019, Pages 17-29, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.159>.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Escórias Salinas

1. Identificação do Resíduo

Designação: Escórias Salinas

Código LER: 100308* - Escórias salinas da produção secundária (pirometalurgia do alumínio)

Classificação: Perigoso

Descrição do Resíduo: Escórias resultantes do processo secundário de fundição do alumínio. Estas contêm alumínio, óxidos de alumínio, cloreto de sódio e cloreto de potássio.

Fileira: Indústrias Metalúrgicas de Base

Área de Atividade: Obtenção e primeira transformação de alumínio



2. Reciclagem e Valorização

A escória salina pode ser totalmente reciclada, permitindo a recuperação do alumínio, dos óxidos de alumínio e do sal (NaCl), presentes no resíduo.

No processo de reciclagem, os blocos de escória são triturados e posteriormente peneirados para recuperar o alumínio, que pode retornar ao processo de fundição. Ao material triturado é feita uma lixiviação, que devido à presença de cloretos de sódio na solução, forma uma salmoura. Desta solução, resulta uma fração insolúvel que contém óxidos metálicos (predominantemente alumina), e óxidos de alumínio na forma de pó fino ou grãos grossos. Os óxidos de alumínio podem ser recuperados através de um sistema de peneiramento seco e húmido. Por sua vez, a salmoura pode ser filtrada para remoção do sal insolúvel enquanto a fase líquida é enviada para evaporação e cristalização, onde os cloretos de sódio e potássio são recuperados. Estes cloretos podem ser reutilizados no processo de fundição do alumínio¹.

Os óxidos de alumínio representam até cerca de 75% do material presente neste resíduo e devem ser lavados e secos para que possam ser encaminhados

¹ European Commission. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC IPTS EIPPCB

para valorização na indústria através da incorporação em cimento, cerâmica, tijolos, argila ou para a produção de lâ de rocha para substituição de material virgem², indústrias com representação em Portugal. A reciclagem total da escória salina já está implementada em algumas indústrias de produção de alumínio¹.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

¹ European Commission. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC IPTS EIPPCB

² P.E. Tsakiridis, Aluminium salt slag characterization and utilization – A review, Journal of Hazardous Materials, Volumes 217–218, 2012, Pages 1-10, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.03.052>.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Escórias da Fundição do Cobre

1. Identificação do Resíduo

Designação: Escórias da Fundição do Cobre

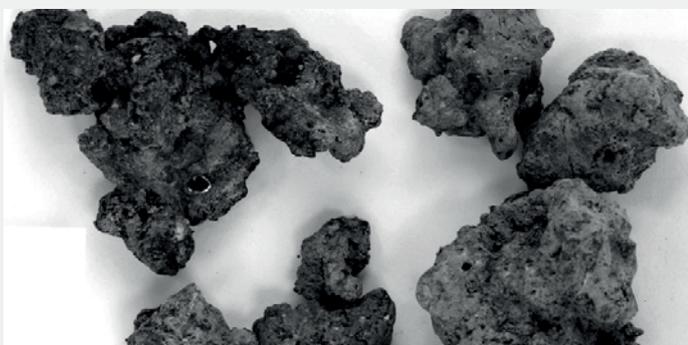
Código LER: 100601 – *Escórias da produção primária e secundária (pirometalurgia do cobre)*

Classificação: Não Perigoso

Descrição do Resíduo: Resultado do processo pirometalúrgico de cobre, durante a fase de fundição, conversão e refinação. Contém metais valiosos como cobre, ferro, zinco, cobalto e níquel, em quantidades relevantes, e metais pesados como chumbo e arsénio¹.

Fileira: Indústrias Metalúrgicas de Base

Área de Atividade: Obtenção e primeira transformação de Cobre



2. Valorização

O processo de arrefecimento da escória influencia as suas propriedades e os eventuais destinos subsequentes. Quando é sujeita a um arrefecimento lento à temperatura ambiente, a escória solidifica como uma pedra de grandes dimensões densa e cristalina, podendo ser usada como agregado na construção. Quando é arrefecida rapidamente, através de jatos de água, resulta numa escória granulada (pequenas dimensões) e amorfa, tipicamente usada como abrasivo em processos de granalhagem ou na construção².

Da escória podem ser recuperados metais pesados através de vários processos, como a pirometalurgia, hidrometalurgia, ou numa fusão dos dois métodos

¹ Hongyu Tian, Zhengqi Guo, Jian Pan, Deqing Zhu, Congcong Yang, Yuxiao Xue, Siwei Li, Dingzheng Wang, Comprehensive review on metallurgical recycling and cleaning of copper slag, Resources, Conservation and Recycling, Volume 168, 2021, 105366, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105366>.

² Ravindra K. Dhir, Jorge de Brito, Raman Mangabhai, Chao Qun Lye, 3 - Production and Properties of Copper Slag, Editor(s): Ravindra K. Dhir, Jorge de Brito, Raman Mangabhai, Chao Qun Lye, Sustainable Construction Materials: Copper Slag, Woodhead Publishing, 2017, Pages 27-86, ISBN 9780081009864, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100986-4.00003-1>.

piro e hidrometalurgia³. As escórias que contenham mais de 1% de cobre, podem ser sujeitas a processos de recuperação que incluam, a fusão da escória derretida num forno de limpeza de escória, a reintrodução da escória derretida no processo que a originou ou o processamento da escória solidificada, de forma semelhante ao processamento do minério. Quando a presença de cobre é inferior a 1% esta é encaminhada para as aplicações já referidas².

A escória de cobre pode ser integrada na indústria de construção, enquanto matéria-prima na produção de clínquer, como matéria base para argamassas, betão e pavimentos rodoviários, mas também como componente de argila, uma vez que este resíduo apresenta uma taxa de permeabilidade e de consolidação similar à areia, apresentando melhores características de compactação².

Outra das aplicações comuns para a escória de cobre é a sua utilização como abrasivo, em processos de granalhagem. Após esta utilização a escória ainda pode ser reutilizada como agregado para a indústria de construção, podendo ser necessário proceder a um pré-processamento através de peneiração e lavagem para reduzir as impurezas presentes, como ferrugem e tinta. Este material pode ainda ser utilizado na produção de ferramentas abrasivas utilizadas na maquinação de metais não ferrosos, madeira ou plásticos^{2,3}.

O elevado teor em sílica presente na escória de cobre possibilita também a sua utilização como matéria-prima para a indústria cerâmica².

O uso de escória de cobre, com partículas entre 100 e 200 µm, como enchimento de matriz polimérica permite aumentar a condutividade térmica de compósitos, alguns deles cruciais para a indústria aeroespacial, automóvel, eletromecânica e marinha. Estes materiais são tipicamente produzidos com fibras específicas para alcançar as propriedades de engenharia desejadas² e estudos demonstram que a integração de partículas de escória de cobre num compósito de epóxi reforçado com fibra de vidro melhora as suas propriedades mecânicas, como a resistência à flexão, resistência à tração, resistência ao impacto e dureza⁴.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

2 Ravindra K. Dhir, Jorge de Brito, Raman Mangabhai, Chao Qun Lye, 3 - Production and Properties of Copper Slag, Editor(s): Ravindra K. Dhir, Jorge de Brito, Raman Mangabhai, Chao Qun Lye, Sustainable Construction Materials: Copper Slag, Woodhead Publishing, 2017, Pages 27-86, ISBN 9780081009864, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100986-4.00003-1>.

3 Gorai, B., Jana, R. K., & Premchand. (2003). Characteristics and utilisation of copper slag—a review. Resources, Conservation and Recycling, 39(4), 299–313. doi:10.1016/s0921-3449(02)00171-4

4 Biswas, Sandhyarani & Satapathy, Alok. (2009). Use of copper slag in glass-epoxy composites for improved wear resistance. Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA. 28. 615-25. 10.1177/0734242X09352260.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Escórias de Zinco

1. Identificação do Resíduo

Designação: Escórias de Zinco

Código LER: 110501 – *Escórias de zinco*

Classificação: Não Perigoso

Descrição do Resíduo: Resultado do processo de galvanização de metais, estas escórias são compostas por aço e zinco.

Fileira: Fabricação de Produtos Metálicos

Área de Atividade: Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas, Fabricação de Ferramentas Manuais, Fabricação de outras Bombas e Compressores, Fabricação de Veículos Automóveis.



2. Reutilização

A escória de zinco corresponde à camada sólida acumulada à superfície do banho de zinco onde o metal é mergulhado para o processo de galvanização. Pelas suas características esta escória pode ser sujeita a processos de hidrometalurgia ou pirometalurgia de modo a obter um metal rico em zinco (>99%) que possa ser novamente utilizado no processo de galvanização^{1,2,3}.

1 Ibrahim M. Ghayad^{1*}, Aida L. El-Ansary², Zeinab Abdel Hamid¹ and Amany A. El-Akshir³; Recovery of Zinc from Zinc Dross Using Pyrometallurgical and Electrochemical Methods; Egypt.J.Chem. Vol. 62, No. 2. pp. 373 - 384 (2019)

2 Shivendra Sinha, R. Choudhari, D. Mishra, S. Shekhar, A. Agrawal, K.K. Sahu, Valorisation of waste galvanizing dross: Emphasis on recovery of zinc with zero effluent strategy, Journal of Environmental Management, Volume 256, 2020, 109985, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109985>.

3 <https://www.galvanizing.org.uk/sustainable-construction/galvanizing-is-sustainable/recycling/>

3. Valorização

Além da utilização em tratamentos de galvanização, o zinco recuperado através dos processos de hidrometalurgia ou pirometalurgia e que apresenta elevado nível de pureza pode ser utilizado como aditivo na indústria da borracha. Pelas suas elevadas propriedades na vulcanização, a sua utilização na produção de pneus melhora a resistência à abrasão e previne contra a degradação pelos raios ultravioleta⁴.

A principal utilização para o zinco recuperado é a produção de ligas utilizadas em aparelhos médicos, na produção de materiais de revestimento para o setor da construção, e ainda para aplicações marítimas nomeadamente quando exista exposição a ambientes corrosivos⁷. É ainda possível utilizar o zinco recuperado, quando este surge em concentrações elevadas, na fabricação de componentes eletrónicos, produtos cosméticos⁵ e até como aditivo na agricultura para enriquecimento de solos⁶.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

4 <https://www.uizincioxide.com/zinc-oxide-properties-applications-industrial-rubbers/>

5 <https://www.citracakralogam.com/zinc-oxide-applications/>

6 Forrest H. Nielsen, History of zinc in Agriculture, Advances in Nutrition Volume 3, Issue 6, November 2012, Pages 783-789. <https://doi.org/10.3945/an.112.002881>

7 <https://www.belmontmetals.com/popular-applications-and-uses-of-zinc-alloys/>

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Resíduos de Granalhagem

1. Identificação do Resíduo

Designação: Resíduos de Granalhagem

Código LER: 120117 – Resíduos de materiais de granalhagem não abrangidos em 120116

Classificação: Não Perigoso

Descrição do Resíduo: Resultado da projeção de abrasivo num material metálico, este resíduo é constituído pela granalha abrasiva, como areia ou granalha de aço, e, pelo material metálico retirado da superfície exterior pela pressão do jato abrasivo.

Fileira: Fabricação de Produtos Metálicos

Área de Atividade: Fabricação de Molas; Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas



2. Oportunidades de Melhoria / Prevenção

Em alternativa ao uso de areia ou granalha de aço como material abrasivo, sugere-se a utilização de um abrasivo vegetal, tal como caroço de azeitona, casca de noz¹, caroço de pêssigo, ou caroço de espiga de milho². Importa assegurar que o material utilizado apresenta a granulometria adequada e garante o acabamento de superfície desejado.

3. Reutilização

A granalha de aço utilizada pode ser recuperada com recurso a separadores magnéticos, podendo ser reutilizadas até 400 vezes em processos de granalhagem. A granalha recuperada deve ser mantida armazenada num lugar seco, para que não perca as suas propriedades abrasivas.

¹ <https://gandccoatings.com/organic-walnut-shell/>

² <https://www.quimial.pt/wp-content/uploads/2017/03/maquinas-de-granalhagem-automatico-e-manual.pdf>

A areia utilizada pode ser igualmente recuperada, no entanto não pode ser utilizada mais de duas vezes, pois tende a perder o seu efeito abrasivo com a utilização³.

4. Valorização

A granalha de aço pode ser enviada para a indústria cimenteira, para substituição de areia virgem na produção de cimento. Este resíduo pode ser utilizado na indústria cimenteira para aplicações específicas de produção de clínquer que possam estar sujeitas a radiação, tais como hospitais, reatores e centrais nucleares. Estudos indicam que a adição de granalha de aço confere ao clínquer propriedades protetoras contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes, nomeadamente através da integração de resíduos do abrasivo metálico para substituição de 20% da areia virgem na formulação da argamassa⁴.

Relativamente à granalha de areia, esta pode ser enviada para integração em pavimento rodoviário na medida em que resultados de amostragem confirmam que a areia utilizada como abrasivo apresenta características físicas e químicas semelhantes e equivalentes à areia utilizada na produção de asfalto. Nestes casos, importa assegurar que a granalha não seja um resíduo perigoso, apresente granulometria adequada, bem como, concentrações de silício e óxido de ferro que possibilitem a integração na produção de asfalto⁵.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

³ <https://www.jcms.pt/granalhagem/o-que-e-a-granalha-de-aco/>

⁴ Lermen, Richard & Prauchner, Márcio & Silva, Rodrigo & Bonsembiante, Francieli. (2020). Using Wastes from the Process of Blasting with Steel Shot to Make a Radiation Shield in Mortar. Sustainability. 12. 6674. 10.3390/su12166674.

⁵ Buruiana DL, Bordei M, Diaconescu I, Ciurea A. Recycling options for used sandblasting grit into road construction. Recent Res Energy Environ Landsc Archit. November; 2011.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Emulsões e soluções de maquinagem, sem halogéneos

1. Identificação do Resíduo

Designação: Emulsões e soluções de maquinagem, sem halogéneos

Código LER: 120109* – *Emulsões e soluções de maquinagem sem halogéneos*

Classificação: Perigoso

Descrição do Resíduo: Com origem no processo de maquinagem de metais, este resíduo resulta da utilização de um óleo lubrificante/emulsão para reduzir o atrito entre o equipamento e o material e simultaneamente diminuir a temperatura provocada pela fricção, para evitar deformações no aço.

Fileira: Fabricação de Produtos Metálicos

Área de Atividade: Fabricação de Moldes Metálicos; Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas



2. Oportunidades de Melhoria / Prevenção

Com vista a prevenção de produção de resíduos perigosos é sugerida a substituição das emulsões e soluções de maquinagem por óleos vegetais¹. Os óleos vegetais conferem as mesmas características a nível de redução de temperatura, acabamento e proteção contra corrosão, evitando desta forma o uso de óleos/lubrificantes de base mineral e sintéticos, e minimizando o risco de exposição dos trabalhadores tanto a nível respiratório como dermatológico^{2,3,4}.

1 Somashekaraiyah, Rakesh & Suvin, P S & Gnanadhas, Divya Prakash & Kailas, Satish & Chakravorty, Dipshikha. (2016). Eco-Friendly, Non-Toxic Cutting Fluid for Sustainable Manufacturing and Machining Processes. Tribology Online. 11. 556-567. 10.2474/trol.11.556.

2 Lawal, Sunday & Choudhury, Imtiaz & Yusoff, Nukman. (2011). Application of vegetable oil-based metalworking fluids in machining ferrous metals—A review. International Journal of Machine Tools & Manufacture - INT J MACH TOOL MANUF. 52. 10.1016/j.ijmactools.2011.09.003.

3 <https://www.dnctecnica.com/8/oleos-de-corte-moldes-metalomecnica/>

4 Kolawole, Sharafadeen & Odusote, Jamiu. (2013). Performance Evaluation of Vegetable Oil-Based Cutting Fluids in Mild Steel Machining.

3. Reutilização

Para minimizar o impacto do uso de óleos lubrificantes para a maquinaria de metais, existem serviços que recuperam o óleo no seu final de vida, podendo ser utilizado novamente. A empresa está encarregue de limpar e tratar o óleo de forma a recuperar as suas características e poder voltar a ser introduzido no processo^{5,6}.

4. Reciclagem

A recuperação do óleo contido nas emulsões e soluções de maquinagem pode ser assegurada por processos de eletrocoagulação. Este tratamento permite recuperar 95% do óleo sem necessidade de adição de qualquer químico o que permite diminuir a produção de lamas⁶. Depois de recuperado o óleo usado é possível fazer a sua regeneração⁷, dando origem a óleo de base que pode ser utilizado como matéria-prima na formulação de óleos lubrificantes novos, promovendo assim um ciclo fechado para estes resíduos. Através da sua regeneração, por cada 3 litros de óleo lubrificante usado é possível obter 2 litros de óleo lubrificante novo⁸.

5. Valoeização Energética

As emulsões utilizadas na maquinaria de metais podem ser enviadas para co-incineração, por exemplo em cimenteiras, como combustível alternativo. Esta solução poderá estar condicionada às características físico-químicas deste resíduo, devido às eventuais emissões associadas⁹.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

5 <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/enviroil-inaugura-primeira-unidade-de-regeneracao-de-oleos-lubrificantes-do-pais>

6 https://recondoil.com/oil-as-a-service/?utm_campaign=SKF%20Media%20Partnership%202021&utm_source=ML.com&utm_medium=article

7 <https://www.machinerylubrication.com/Read/30128/recycling-cutting-oils>

8 https://sogilub.pt/documentos/janeiro_n27.pdf

9 Giannopoulos, Dimitrios & Kolaitis, Dionysios & Toghalidou, A. & Shevis, George & Founti, Maria. (2007). Quantification of emissions from the co-incineration of cutting oil emulsions in cement plants – Part II: Trace species. Fuel. 86. 2491-2501. 10.1016/j.fuel.2007.02.034.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Poeira de forno de arco elétrico

1. Identificação do Resíduo

Designação: Poeira de forno de arco elétrico

Código LER: 100207* - Resíduos sólidos do tratamento de gases contendo substâncias perigosas

Classificação: Perigoso

Descrição do Resíduo: Resultado do processo de fundição do aço num forno de arco elétrico, esta poeira acumula-se nos filtros dos processos de tratamento dos gases de exaustão.

Fileira: Indústrias Metalúrgicas de Base

Área de Atividade: Fabricação de Aço



2. Reutilização

O processo de tratamento do pó resultante do forno de arco elétrico depende da concentração de zinco no mesmo. Uma prática adotada pelas siderurgias para aumentar as concentrações de zinco das poeiras é a integração de parte do pó gerado novamente no forno, reduzindo custos de tratamento e evitando o envio deste material para aterro¹.

3. Valorização

As características das poeiras geradas no forno de arco elétrico estão necessariamente relacionadas com o tipo de metal fundido. Na fundição do aço a poeira produzida é maioritariamente constituída por zinco. Tratando-se de aço inoxidável a poeira será maioritariamente composta por crómio e níquel².

1 C. Lanzerstorfer, Electric arc furnace (EAF) dust: Application of air classification for improved zinc enrichment in in-plant recycling, Journal of Cleaner Production, Volume 174, 2018, Pages 1-6, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.312>.

2 European Commission. (2010). Best Available Technique (BAT) Reference Document for the Iron and Steel Production. JRC IPTS EIPPCB.

As poeiras geradas na fundição do aço, podem ser tratadas num *waelz kiln*, forno dedicado ao tratamento de resíduos com altas concentrações de zinco. Através de uma redução, vaporização e oxidação o zinco é isolado dos restantes materiais e pode ser utilizado posteriormente em processos de galvanização. Outra solução para a recuperação do zinco, que apresenta elevadas taxas de recuperação, é o processo pirometalúrgico.

Depois de recuperado isoladamente, o zinco tem inúmeras possíveis aplicações², podendo ser utilizado como aditivo na indústria da borracha, para produção de pneus³, ou para produção de ligas utilizadas em aparelhos médicos, na produção de materiais de revestimento para o sector da construção, e ainda para aplicações marítimas ou expostas a ambientes corrosivos⁴.

Estas poeiras podem ser incorporadas diretamente na produção de produtos cerâmicos (tijolos) e produtos de cimento (produção de clínquer). As partículas de pequenas dimensões favorecem a homogeneização da mistura para produção de pastas de cimento e de argila. Importa ter em conta a composição química das poeiras utilizadas, na medida em que a presença de elementos como chumbo, cádmio, óxidos de zinco e cloreto, podem interferir tanto no processo produtivo como na qualidade ou certificação dos produtos, pelo que é necessário garantir um controlo de qualidade deste resíduo antes da sua integração⁵.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

2 European Commission. (2010). Best Available Technique (BAT) Reference Document for the Iron and Steel Production. JRC IPTS EIPPCB.

3 <https://www.uizincioxide.com/zinc-oxide-properties-applications-industrial-rubbers/>

4 <https://www.belmontmetals.com/popular-applications-and-uses-of-zinc-alloys/>

5 Pedro Jorge Walburga Keglevich de Buzin, Nestor Cezar Heck, Antônio Cezar Faria Vilela, EAF dust: An overview on the influences of physical, chemical and mineral features in its recycling and waste incorporation routes, Journal of Materials Research and Technology, Volume 6, Issue 2, 2017, Pages 194-202, ISSN 2238-7854, <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2016.10.002>.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Material Refratário dos fornos de arco elétrico

1. Identificação do Resíduo

Designação: Material Refratário dos fornos de arco elétrico

Código LER: 161104 - *Outros revestimentos de fornos e refratários, provenientes de processos metalúrgicos, não abrangidos em 161103*

Classificação: Não Perigoso

Descrição do Resíduo: Material refratário usado no revestimento de fornos de arco elétrico para fundição de ferro.

Fileira: Indústrias Metalúrgicas de Base

Área de Atividade: Fundição de Aço



2. Reutilização e Prevenção

Tradicionalmente, no forno de arco elétrico é adicionada cal dolomítica para aumentar as concentrações de MgO na escória, com o objetivo de aumentar o tempo de vida do material refratário. A incorporação de resíduos de material refratário nos fornos de arco elétrico para enriquecimento de escórias tem sido uma solução para aumentar as concentrações de MgO nas mesmas e aumentar o tempo de vida útil dos tijolos refratários, na medida em que acaba por funcionar como isolamento térmico. Esta prática já foi testada e é utilizada por algumas empresas, o que se considera ser uma prática a adotar¹.

Uma outra solução para reutilização dos refratários, depois de triturados, podem ser reutilizados na fundição primária e secundária do cobre como enriquecedores de escória para ajustar a sua composição².

¹ Liesbeth Horckmans, Peter Nielsen, Philippe Dierckx, Antoine Ducastel, Recycling of refractory bricks used in basic steelmaking: A review, Resources, Conservation and Recycling, Volume 140, 2019, Pages 297-304, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.025>.

² European Commission. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC IPTS EIPPCB

3. Valorização

Uma das soluções mais comuns para o resíduo de refratários de magnésia consiste na incorporação deste material na produção de agregados para construção de estradas. Esta utilização obriga a uma lixiviação do material que assegure a eliminação de metais pesados como crómio, ferro, vanádio e titânio e garanta não apenas as propriedades necessárias ao processo de valorização, mas também a minimização de riscos ambientais. É necessária uma pré hidratação ao material refratário no sentido de evitar problemas de expansão durante a sua integração. Os refratários de cal de dolomítica não são adequados porque desintegram-se com a hidratação^{1,3}.

Graças à sua composição rica em ferro, os resíduos refratários podem também ser integrados na produção de clínquer, ou ainda como substituto de argila^{2,3}.

4. Reciclagem

Os materiais refratários em fim de vida são retirados do forno e categorizados consoante a sua composição. Para que possa voltar a ser introduzido no processo de produção de refratário é necessária a eliminação das impurezas, como o ferro e as escórias, pois estas influenciam negativamente nas propriedades físico-químicas do produto final. O processo de reciclagem consiste na trituração dos resíduos do material refratário, que são posteriormente peneirados e sujeitos a uma separação magnética para separação do ferro e de outras impurezas. Este processo de separação pode ser repetido para aumentar a remoção de contaminantes e consequentemente o nível de pureza do material triturado. O material reciclado pode ser integrado no processo de produção de refratários, substituindo até cerca de 20% da matéria virgem utilizada^{2,4}.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

1 Liesbeth Horckmans, Peter Nielsen, Philippe Dierckx, Antoine Ducastel, Recycling of refractory bricks used in basic steelmaking: A review, Resources, Conservation and Recycling, Volume 140, 2019, Pages 297-304, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.025>

2 European Commission. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. JRC IPTS EIPPCB

3 Domínguez, M.I. & Romero-Sarria, Francisca & Centeno, Miguel & Odriozola, Jose. (2010). Physicochemical Characterization and Use of Wastes from Stainless Steel Mill. Environmental

4 Seiji Hanagiri, Akihiro Shimpo, Takayuki Inuzuka, Sumio Sakaki, Taijiro MATSUI, Seiji Aso, Tsuyoshi Matsuda, Hitoshi Nakagawa; Recent Improvement of Recycling Technology for Refractories, Nippon Steel Technical Report Nº 98, July 2008.

Ficha Técnica de Resíduos gerados no sector Metalúrgico e Eletromecânico

Resíduos de Tinta

1. Identificação do Resíduo

Designação: Resíduos de Tinta

Código LER: 080112 – Resíduos de tintas e vernizes não abrangidos em 080111

Classificação: Não Perigoso

Descrição do Resíduo: Resíduos de tinta sobrantes do processo de pintura

Fileira: Fabricação de Produtos Metálicos

Área de Atividade: Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas



2. Oportunidade de Melhoria / Prevenção

Sempre que possível e desde que não exista necessidade de evitar a corrosão do material, deve ser potenciada a utilização de tintas de base aquosa (latex) em vez de solvente de base oleosa, sob o objetivo de reduzir a utilização de produtos com componentes orgânicos voláteis (COV) e minimizar a toxicidade dos resíduos decorrentes da aplicação de tintas^{1,2}.

Para otimização do processo de pintura e uma melhor eficiência na aplicação da tinta, é aconselhável o recurso a pistolas eletrostáticas³ ou a substituição de tinta líquida por tinta em pó⁴, com vista à redução do desperdício e da emissão de COV⁵.

1 <https://www.solvay.com/en/article/making-switch-eco-friendly-coatings>

2 <https://www.uscoatings.com/blog/water-based-coating-vs-solvent-based-coating/>

3 <https://www.graco.com/gb/en/in-plant-manufacturing/solutions/articles/advantages-of-spraying-with-electrostatic-guns.html>

4 <https://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/powder-coating-pro-con/>

5 <https://www.epa.nsw.gov.au/licensing-and-regulation/authorised-officers-and-enforcement-officers/powers-and-notices-guideline/safety-inspecting-spray-painting-prems/spray-painting-and-surface-coating>

3. Reciclagem e Valorização

Os solventes utilizados nas tintas podem ser reciclados e reutilizados no processo de produção de novas tintas ou como agente de limpeza do equipamento do processo de produção de tintas. Existem diferentes métodos e tecnologias para recuperação deste material, que variam de acordo com o tipo de solvente, a sua viscosidade e a sua aplicação^{6,7,8}.

Estudos referem também a reciclagem do resíduo de tinta de latex, como forma de recuperar o solvente e encaminhá-lo para a indústria cimenteira para substituição de sílica, alumínio, ferro e carbonato de cálcio. A adição do latex na produção de cimento garante um produto de alta qualidade relativamente à durabilidade e evita a deposição deste resíduo em aterro⁹.

4. Valorização Energética

Estudos mostram também, que os resíduos de tinta podem integrados na produção de pellets (envolvidos com serrim e cartão¹⁰), ou na produção de combustível derivado de resíduos, que são posteriormente sujeitos a valorização energética.

Consulte o **Mapa de Resíduos - Guia de caracterização para o setor metalúrgico e eletromecânico**.

6 <https://www.maratekenvironmental.com/solutions/solvent-waste-recycling-recovery-disposal-service/>

7 <https://www.maratekenvironmental.com/solutions/solvent-waste-recycling-recovery-disposal-service/>

8 Onyeji, Lawrence & Ibe,. (2010). RECOVERY AND ANALYSIS OF SOLVENTS FROM WASTE IN PAINT INDUSTRY. Continental J. Environmental Sciences. 4. 44-50.

9 Said A, Quiroz O. Recycling of waste latex paint in concrete: a review. MOJ Poly Sci. 2018; 2 (2): 52-54.

10 Vilarinho C, Ribeiro, A, Carvalho, J, Araújo, J, Ferreira, ME, & Teixeira, J. "Development of a Methodology for paint Dust Waste Energetic Valorization Through RDF Production." Proceedings of the ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Volume 6: Energy. Tampa, Florida, USA. November 3-9, 2017. V006T08A063. <https://doi.org/10.1115/IMECE2017-71979>.

