



**ÁREA TEMÁTICA: Gestão Ambiental**

## **CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS DURANTE O PROCESSO DE RECICLAGEM DA SUCATA FERROSA, EM SIDERÚRGICAS DO BRASIL**

*Letícia Simões Ribeiro<sup>1</sup> (leticia.simoess26@hotmail.com), Geane Cristina Fayer<sup>2</sup>  
(geane.fayer@engenharia.ufjf.com.br).*

1 Rede de Ensino Doctum

2 Universidade Federal de Juiz de Fora

### **RESUMO**

A sucata ferrosa requer processamento para adequação de dimensões, densidade e retirada de impurezas, antes de ser inserida nos fornos e dar origem a um novo aço. As impurezas, nomeadas de Fluff e Terra, não possuem aplicações consolidadas no Brasil, sendo direcionadas à disposição final. O objetivo do presente trabalho é maior detalhamento dos dois resíduos heterogêneos, através de determinação da geração específica por tonelada de aço bruto produzida e por tonelada de sucata processada, caracterização conforme NBR 10004:04, análises granulométricas, gravimetria em cada uma das faixas granulométricas, análises químicas e de poder calorífico. Os resultados apontam que a média da geração dos resíduos em relação ao entrante de sucata foi de 22,63% e a específica por produção de aço bruto foi 46,61kg/t. Para o Fluff, conclui-se que 80,0% da massa está nas faixas granulométricas acima de 19,5mm, com predominância de plásticos. Enquanto a Terra apresenta 60,1% em faixas acima de 4,76mm, com predominância de solo, materiais em decomposição, seguido de plásticos. É possível indicar aplicações para os mesmos, a serem estudadas, a partir dos resultados obtidos. A Terra, devido seu aspecto de solo, poderia ser utilizada como cobertura de célula de Aterros, sua composição química e alta concentração de óxidos de ferro, possibilita a incorporação em materiais cerâmicos. Outra possibilidade, resultante da composição física, seria o aproveitamento em coprocessamento em cimenteiras, assim como o Fluff, que apresentou poder calorífico comparável a outros combustíveis alternativos utilizados no Brasil e concentração de cloro 0,06 mg/kg.

**Keywords:** Sucata. Resíduo. Fluff. Terra. Reuso.

## **CHARACTERIZATION OF WASTE GENERATED DURING THE FERROUS SCRAP RECYCLING PROCESS IN STEEL WORKS IN BRAZIL**

### **ABSTRACT**

Scrap metal requires processing in order to achieve the required dimensions, density and removal of impurities before being inserted into the furnaces to become brand new steel. The impurities, called Fluff and Terra don't have any consolidated applications in Brazil, and are most of the times considered waste. The objective of this study is to further analyze the two heterogeneous residues, by determining the specific amount generated per ton of crude steel produced, per ton of processed scrap, characterization according to NBR 10004:04, particle size analysis, gravimetry for each of the size ranges, chemical analysis and calorific value. The results show that the average generation of waste in relation to the incoming scrap was 22.63% and the specific production from crude steel was 46.61kg/t. For Fluff, it is possible to conclude that that 80.0% of the mass is in the granulometric ranges above 19.5mm, with a predominance of plastics in it's composition. Meanwhile Terra represents 60.1% in sizes above 4.76mm, with predominance of soil, decomposing materials, followed by plastics. It is now possible to study applications based on the results of the study. Terra, due to it's soil like composition, can be used as landfill cell cover, it's chemical composition and high concentration of iron oxides, also allow it to be incorporated in ceramic materials. Another possibility,

[www.firs.institutoventuri.org.br](http://www.firs.institutoventuri.org.br)



based in it's physical composition, could be the use in the coprocessing of cement companies, as well the Fluff, which presented calorific power comparable to the other fuel substitute alternatives used in Brazil and concentration 0.06 mg/kg of Chlorine.

**Keywords:** Scrap. Waste. Fluff. Terra. Reuse.

## **INTRODUÇÃO**

O consumo de sucata de ferro e aço no Brasil é significativo, somente no ano de 2017 cerca de 5,8 milhões de toneladas de sucatas foram recicladas (IAB, 2018). Acredita-se que cerca de 1/3 do total de sucata consumida no país é de obsolescência, que inclui fogões, geladeiras, automóveis e outros bens de consumo em desuso. A reciclagem destes materiais proporciona benefícios em âmbito social, ambiental e econômico, como a conservação de recursos naturais, mitigação de impactos com a disposição final, redução do consumo de energia na produção e geração de centenas de milhares de empregos diretos e indiretos anualmente no país (INESFA, 2012).

Para que as sucatas sejam utilizadas, é necessário que passem por um processo de beneficiamento, onde a densidade é adequada, as dimensões padronizadas e retiradas as impurezas. Um dos equipamentos utilizados é o Shredder, constituído por moinhos e grelhas, que tritura a sucata e realiza a separação magnética. Durante o processamento e a segregação das impurezas no Shredder, dois resíduos são gerados, possuindo características heterogêneas, devido à variedade de sucata utilizada. O resíduo de menor granulometria é nomeado de Terra de Shredder e possui aspecto semelhante a solo, enquanto o de maior granulometria é constituído por plásticos, espumas, borrachas, galhos, e outros, conhecido como Fluff.

Os resíduos subsecivos deste processo, atualmente não possuem aplicações consolidadas no Brasil, sendo encaminhados para disposição final. O encaminhamento para aterros sanitários, além de não ser a destinação prioritária no ponto de vista ambiental, resulta em custos significativos. Sendo assim, é necessário buscar aplicações viáveis técnico e economicamente.

## **Geração de Resíduos no Beneficiamento da Sucata**

Um dos equipamentos utilizados no processamento, o triturador de sucatas Shredder, onde os resíduos objeto desse trabalho são gerados, proporciona ganhos na trituração da sucata, se comparado com outros meios de trituração, podendo destacar a retirada de impurezas (ARAÚJO, 2005). As impurezas podem prejudicar o rendimento metálico e dificultar as operações do forno, podendo influenciar na qualidade do aço produzido (ALVES, 2016), portanto, a remoção de impurezas diminui a chance de que sejam fundidas no forno, contribuindo com a redução do consumo de energia e na geração de material particulado (ARAÚJO, 2005).

As impurezas geradas no equipamento em estudo, passam por dois deques de peneiramento, de forma a segregar as impurezas de menor granulometria das de granulometria superior. O resíduo de granulometria superior, nomeado de Fluff, é constituído de materiais heterogêneos como plásticos, borrachas, vidro, espumas, tecidos e outros materiais que não são facilmente identificados.

## **OBJETIVO**

Este trabalho visa maior detalhamento das propriedades dos resíduos remanescentes do processamento da sucata, com estudo de caso de uma Siderúrgica do Brasil, por meio de análises químicas e físicas, acreditando que conhecer as características desses resíduos tão heterogêneos, permitirá o planejamento de estratégias de gerenciamento e viabilização de estudos de aplicações e aproveitamento em outros ciclos produtivos ou tratamentos, de forma a evitar a disposição final. A quantificação e caracterização dos resíduos será alcançada por meio de:

- Determinar a geração específica por tonelada de sucata processada e por tonelada de aço

bruto produzido;

- Classificar os resíduos conforme ABNT NBR 10004;
- Realizar análise granulométrica para definição das faixas granulométricas presentes nos resíduos;
- Realizar análise gravimétrica dos resíduos, a partir de cada faixa granulométrica, para definição de sua composição por meio do percentual de ocorrência de alguns materiais;
- Realizar análise elementar da “Terra de Shredder” para determinação dos principais componentes químicos presentes;
- Realizar química de poder calorífico superior e inferior do “Fluff” e de parâmetros que influenciem em seu possível aproveitamento como combustível alternativo.

Através dos resultados dos objetivos específicos, espera-se indicar possíveis aplicações ou tratamentos para os resíduos.

## METODOLOGIA

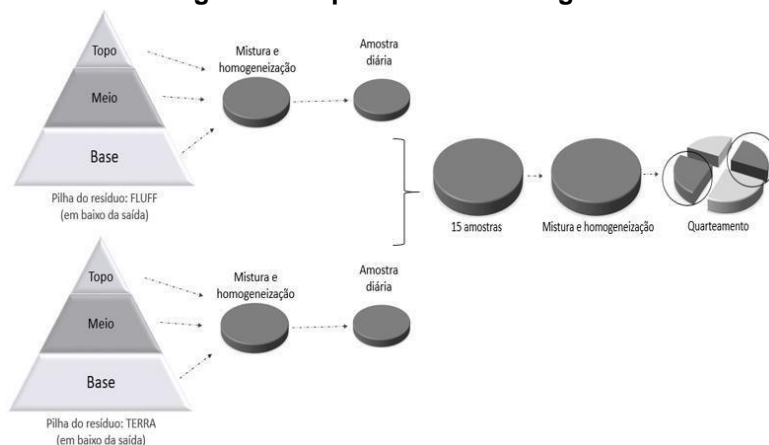
### Quantificação da Geração

A quantificação do total de geração mensal de resíduos por tonelada de sucata beneficiada e por tonelada de aço bruto produzidos, foi dada a partir da média de um período referente a seis meses de processamento de sucata e produção de aço.

### Coleta de Amostras

O método de amostragem foi definido a partir da NBR 10007:04, considerando as particularidades do resíduo, como sua heterogeneidade resultante da variedade de sucata processada. Portanto, estipulou-se um cronograma de coleta, de forma a garantir que a amostra seja mais representativa possível, englobando quinze dias de processamento e abrangendo diferentes sucatas. Além disso, cada amostra diária foi coletada em três pontos da pilha, formando uma única amostra (Figura 1).

**Figura 1: Esquema de amostragem utilizado.**



**Fonte: A autora, 2020.**

O conjunto das 15 amostras diárias de cada um dos resíduos, passou por homogeneização e quarteamento, formando uma única amostra composta de Terra e outra de Fluff, conforme representado na Figura 2.



**Figura 2: Homogeneização e quarteamento do Fluff e Terra**



Fonte: A autora, 2020.

### **Classificação dos Resíduos**

A classificação dos resíduos faz-se necessária para nortear possíveis aplicações para os mesmos. A classificação de ambos foi realizada em laboratório externo, devidamente certificado em atendimento aos requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025, seguindo ABNT NBR 10.004, onde a preparação dos extratos e análises de lixiviação utilizou as recomendações da NBR 10.005 e NBR 10.006 na preparação e na análise de solubilidade. Após as análises, os resíduos receberam classificação como classe I – perigosos ou classe II – não perigosos, subdivididos em II A - não inerte ou II B - inerte.

### **Análise Granulométrica e Gravimétrica**

Os resíduos foram separados em diferentes faixas granulométricas. Após esse processo, iniciou-se a gravimetria para determinação de sua composição. A gravimetria foi empregada como indicador na determinação do percentual de cada material contido no Fluff e na Terra. Trata-se de um método analítico quantitativo, envolvendo a separação e pesagem de cada componente, a partir de cada faixa granulométrica, para determinação da composição percentual em relação ao peso total da amostra. Os componentes contidos no Fluff resíduo foram segregados em plásticos, espumas e isopores, metais, borrachas e outros (que consistiu principalmente galhos, folhas, matéria orgânica, plástico em decomposição e outros de não possível identificação), enquanto os componentes da Terra foram divididos em plásticos, espumas e isopores, metais, borrachas e Terra e outros (que engloba solo e matéria orgânica), conforme Figura 3.

**Figura 3: Metodologia empregada na gravimetria.**



Fonte: A autora, 2020.



## RESULTADOS

### Quantificação da Geração dos Resíduos

Analisando um período referente a 6 meses de produção de aço e processamento de sucata, observa-se que a média da geração de resíduos em relação ao entrante de sucata, foi 22,63%. Enquanto a geração específica média, em relação ao aço bruto produzido foi 46,61 kg/t.

### Caracterização Conforme NBR 10.004:04

Ambos não apresentaram condições de inflamabilidade, corrosividade e/ou reatividade. Para os testes de lixiviação, após análises quantitativas, o resíduo não apresentou em seu extrato quaisquer dos parâmetros listados em teores acima dos previstos no anexo F da NBR 10.004:2004. Já em análises feitas no extrato solubilizado, o resíduo Fluff apresentou teores de Manganês Total e Surfactantes acima dos limites estabelecidos no anexo G da NBR 10.004:2004. A Terra de Sherrder apresentou teores de Fluoreto, Manganês Total e Surfactantes acima dos limites do anexo em questão. Sendo classificados como Não Perigoso Classe II A - Não Inerte.

### Análise Granulométrica

A granulometria da Terra foi distribuída em 7 malhas granulométricas e do Fluff em 12 malhas, os resultados estão contidos nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1: Distribuição Granulométrica para o Fluff.**

| Malhas Granulométricas | Percentual Retido |
|------------------------|-------------------|
| 75mm                   | 10,5%             |
| 50mm                   | 30,7%             |
| 31,5mm                 | 19,3%             |
| 25,4mm                 | 13,6%             |
| 19,5mm                 | 5,9%              |
| 13,87mm                | 3,7%              |
| 12,7mm                 | 2,7%              |
| 9,32mm                 | 2,3%              |
| 7,94mm                 | 8,4%              |
| 6,35mm                 | 0,9%              |
| 4,76mm                 | 1,0%              |
| <4,76mm                | 0,9%              |

Fonte: A autora, 2020.

**Tabela 2: Distribuição granulométrica para a Terra.**

| Malhas Granulométricas | Percentual Retido |
|------------------------|-------------------|
| 7,94mm                 | 35,8%             |
| 6,35mm                 | 7,6%              |
| 4,76mm                 | 16,7%             |
| 2,0mm                  | 21,1%             |
| 0,84mm                 | 14,9%             |
| 0,30mm                 | 3,6%              |
| 0,075mm                | 0,3%              |

Fonte: A autora, 2020.

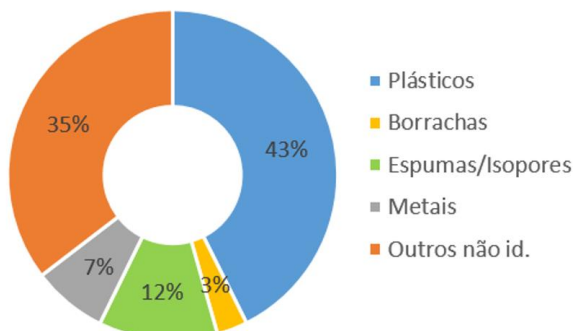
### Análise Gravimétrica

A partir dessa etapa, foi possível identificar a composição dos resíduos, determinando o percentual de cada material contido em cada uma das faixas granulométricas. Abaixo tem-se os resultados obtidos.



**Figura 4: Composição gravimétrica do Fluff.**

Gravimetria Fluff: Visão Geral

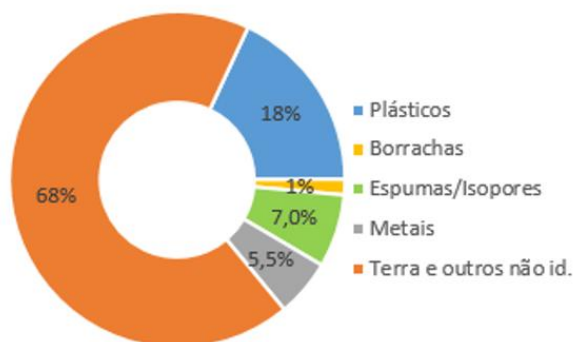


Fonte: A autora, 2020.

Para a Terra, foi possível realizar a gravimetria nas duas faixas granulométricas superiores, considerando que abaixo de 6,35mm, fica inviável realizar separação manual. Abaixo tem-se os resultados obtidos.

**Figura 5: Composição gravimétrica da Terra.**

Gravimetria Terra: Visão Geral



Fonte: A autora, 2020.

### Análise química

Para a Terra, entende-se a necessidade de conhecer a composição química, para estudo de qualquer viabilidade de aproveitamento. Portanto, foram realizadas 15 diferentes análises químicas e a média dos valores encontrados para cada parâmetro analisado está contida na Tabela 5. Observa-se maiores concentrações para os parâmetros Óxidos de Alumínio (42,78%), Ferro (33,27%), Sílica (27,0%), seguido de Óxidos de Cálcio em menores proporções (8,70%) e ainda pequenas concentrações de Óxidos de Magnésio (2,86%), Manganês (0,69%) e Fósforo (0,23%).

**Tabela 3: Análise Química da Terra**

| Componentes (%) |                  |                                |      |      |      |      |
|-----------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| Fe              | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P    | Mn   | CaO  | MgO  |
| 33,27           | 27,00            | 42,78                          | 0,23 | 0,69 | 8,70 | 2,86 |

Fonte: A autora, 2020.



No caso do Fluff, por meio de análises realizadas para parâmetros que influenciem em sua utilização como combustível alternativo, tem-se valor de 2.800Kcal/kg para poder calorífico superior e 2.590Kcal/kg para poder calorífico inferior. Quanto ao parâmetro cloro, os resultados apresentam a concentração de 0,06mg/kg, conforme apresentado na Tabela 6.

**Tabela 4: Análise Química do Fluff**

| Componentes  |              |           |
|--------------|--------------|-----------|
| PCI          | PCS          | Cl Total  |
| 2.590Kcal/kg | 2.800Kcal/kg | 0,06mg/kg |

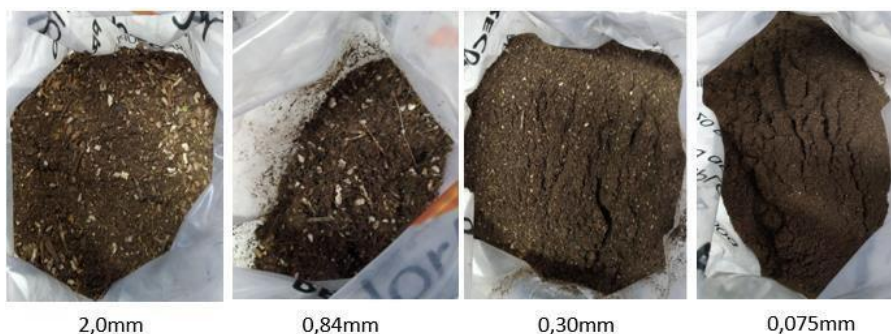
Fonte: A autora, 2020.

## CONCLUSÃO

Em resultado das análises dos resíduos, observa-se o grande percentual de plásticos, espumas e isopores na Terra de *Shredder* nas malhas granulométricas superiores a 6,35mm, o que confere que a separação dos resíduos no equipamento *Shredder* poderia sofrer adequações, possibilitando uma Terra de maior qualidade, mostrando na Figura 6, com menos fragmentos e granulometria inferior, o que facilitaria seu aproveitamento em outro processo que utilize solo/argila como matéria-prima. Além disso, a adequação na separação dos resíduos geraria maior quantidade de Fluff, resíduo com potencial energético.

É possível identificar a partir dos resultados apresentados pela gravimetria, o elevado percentual de metais não ferrosos, cerca de 5,5% na Terra e 7,0% no Fluff (conforme Figura 21). A separação dos materiais por meio de catação, pode ser intensificada permitindo a geração de receita com a venda desses materiais com grande potencial de reciclagem.

**Figura 6: Terra de *Shredder* peneirada, frações retidas nas peneiras de 2,0mm a 0,075mm.**



Fonte: A autora, 2020.

**Figura 7: Terra de *Shredder* peneirada, frações retidas nas peneiras de 2,0mm a 0,075mm.**



Fonte: A autora, 2020.



Baseado nos resultados obtidos e com os objetivos do presente trabalho, algumas aplicações para os resíduos em estudo podem ser indicadas, de acordo com as particularidades dos resíduos, sua composição química e física.

O Fluff apresenta potencial de utilização em coprocessamento, uma vez que seu poder calorífico se assemelha a outros combustíveis, como exemplo o carvão mineral produzido no Brasil, variando entre 2.750 a 4.850 Kcal/Kg (Batista, 2014). Além disso, a capacidade das cimenteiras do Brasil em coprocessar resíduos é ser cerca de 2,5 ton/ano (BAGATTIN e CARDOSO, 2018). tecnologia possibilita a substituição de combustíveis fósseis, no setor caracterizado pelo alto consumo, como o cimenteiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTOS PORTLAND, 2019). Uma preocupação da utilização de resíduos em fornos clínquer é a presença de cloro, que em altas concentrações pode produzir compostos nocivos como dioxinas e furanos e ocasionar problema de corrosão nos fornos rotativos (MATSUDA et al., 2005). O limite de utilização de resíduos contendo cloro é estabelecido de acordo com a licença de operação de cada cimenteira. As análises químicas apontam concentrações de 0,06 mg/kg de cloro, indicando que o Fluff tem potencial para esta aplicação, em fornos devidamente licenciados.

De acordo com os resultados apresentados nos ensaios granulométricos e gravimétricos, conclui-se que o resíduo Terra de *Shredder* apresenta grande percentual de fragmentos como plásticos, espumas, isopores e outros. Indicando que o resíduo apresenta características semelhantes ao Fluff, na granulometria superior a 4,75mm. Caso passe por peneiramento, de forma a segregar a parte de menor granulometria, constituída por solo, a parte de granulometria superior poderia ser utilizada junto ao Fluff, em coprocessamento.

Entre as possibilidades de aplicação para a Terra de *Shredder*, tem-se a substituição de parte da argila utilizada na confecção de cerâmicas vermelhas. Figueiredo (2016) utilizou a fração menor que 2,0mm da Terra de *Shredder*, para incorporação em massa cerâmica em fabricação de blocos cerâmicos estruturais, concluindo a viabilidade da aplicação, sem comprometer parâmetros de resistência, absorção, aspectos visuais (como quebras e trincas). Analisando os resultados obtidos, entende-se a utilização da Terra de *Shredder* em estudo seria viável, em decorrência da elevada concentração de óxidos de ferro, responsáveis pela coloração avermelhada característica dos blocos cerâmicos e podendo crescer em resistência. Ressalta-se a necessidade de processamento do resíduo para esta utilização, de forma a adequar sua granulometria, uma vez que, o fator que influencia diretamente na produção de artefatos cerâmicos é a presença de contaminantes na massa e partículas com granulometria superior ao desejado, que prejudicam a secagem e queima, além de acarretarem em desgastes aos extrusores.

Outra possibilidade seria a substituição da argila utilizada em cobertura diária de células de Aterro Sanitário pela Terra de *Shredder*. Uma vez que, a atividade demanda grande quantidade de argila e não há recomendações ou requisitos geotécnicos para este tipo de cobertura previstas em normas (ABNT, 1997, p. 9). Além de prover aproveitamento ao resíduo, proporcionaria redução de custo com a operação, extração de argilas e com as jazidas, que demandam custos elevados com licenciamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, P.C. **Análise do Rendimento Metálico do Fea devido do uso do Sistema de Despoeiramento do Shredder**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia; Departamento de Metalurgia. 58p. Porto Alegre. 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/156011/001013783.pdf?sequence=1>>. Acesso em





- 09 mar. 2020.
2. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR METALÚRGICO 2019**. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral. Disponível em: <<https://www.worldcat.org/title/anuario-estatistico-setor-metalurgicostatistical-yearbook-brazilian-metallurgical-industry/oclc/17374660>>. Acesso em 03 mar. 2020.
  3. ARAUJO, J.A. **Resíduos Sólidos Na Indústria Siderúrgica: Usina Semi-integrada - Um Estudo De Caso**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Santa Barbara D'oeste. 2005. 150p. Disponível em: <<file:///C:/Users/letic/OneDrive/Área%20de%20Trabalho/tcc/residuos%20siderurgica%20semi%20integra.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2020.
  4. Associação Brasileira de Cimentos Portland - ABCP. Panorama do Coprocessamento. Brasil 2019. p. 20, 2019.
  5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004 – Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
  6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10005 –**
  7. **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
  8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
  9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
  10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6215 - Terminologia - Produtos Siderúrgicos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
  11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13869 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
  12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001 – Sistema de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
  13. BATISTA, D.C. **Classificação e caracterização dos resíduos do beneficiamento da sucata de ferro e aço utilizada no processo siderúrgico para identificação de viabilidade de aplicações**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo. 132p. São Carlos. 2014. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-18122014-100431/pt-br.php>>. Acesso em 25 mar. 2020.
  14. BATTAGIN, A. F.; CARDOSO, F. D. **Panorama do Coprocessamento de Resíduos em Fornos de Cimento no Brasil**. In: 60º Congresso Brasileiro do Concreto, 2018, Foz do Iguaçu, Paraná. Anais do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, 2018. Disponível em: <[https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/PANORAMA\\_COPROCESSAMENTO\\_IBRACON\\_20.7.2018\\_.pdf](https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/PANORAMA_COPROCESSAMENTO_IBRACON_20.7.2018_.pdf)>. Acesso em 26 mar. 2020.
  15. BLOG ARCELORMITTAL. **Aço e a economia circular**, 2016. Disponível em: <<http://blog.arcelormittal.com.br/aco-material-reciclavel-por-excelencia/>>. Acesso em 24 mar. 2020.
  16. CAETANO, J.A. **Reaproveitamento do resíduo Terra da Shredder através da técnica de solidificação/estabilização em matrizes de cimento Portland para aplicação na construção civil**. 2017. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento da Universidade de São Paulo. 102p. São Carlos. 2016. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24032017-104055/pt-br.php>>. Acesso: 22 mai. 2020.
  17. CARDOSO, C.G. **Desenvolvimento e Caracterização de Sínter a Partir de Resíduos Sólidos Siderúrgicos para Aplicação em Aciaria**. Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Materiais da Fundação Oswaldo Aranha Centro Universitário de Volta Redonda. 87p. Volta Redonda. 2016. Disponível em: <[http://sites.unifoa.edu.br/portal\\_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/claudine-cardoso.pdf](http://sites.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/claudine-cardoso.pdf)>. Acesso em 15 mar. 2020.
  18. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias**. Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível. Capítulo 7. 36p. Siderurgia e Metalurgia. São Paulo. 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2016/06/Cap%C3%ADtulo-7-MTPD-siderurgia-e-metalurgia.pdf>>. Acesso em 31 mai. 2020.



19. **DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Relatório de pesquisa. 74p. 2012. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120927\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_industriais.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120927_relatorio_residuos_solidos_industriais.pdf)>. Acesso em 13 abr. 2020.
20. FIGUEIREDO, J. D. C. **Aplicação de uma fração do resíduo do shredder na fabricação de blocos cerâmicos estruturais.** Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Materiais da Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. 82p. Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/163457>>. Acesso em: 14 de novembro de 2020.
21. GOUDSMIT MAGNETIC SYSTEM. **Eddy Current Separators.** Disponível em: <[https://www.goudsmitmagnets.com/data/repository/documents/Brochure\\_Eddy\\_current\\_non\\_ferrous\\_separator\\_EN.pdf](https://www.goudsmitmagnets.com/data/repository/documents/Brochure_Eddy_current_non_ferrous_separator_EN.pdf)>. Acesso em 17 abr. 2020.
22. INSTITUTO AÇO BRASIL - **Estatística Preliminar.** Número 157. Janeiro 2020. Disponível em: <[https://institutoacobrasil.net.br/site/wpcontent/uploads/2020/01/Preliminar\\_Dezembro\\_2019\\_994662164.pdf](https://institutoacobrasil.net.br/site/wpcontent/uploads/2020/01/Preliminar_Dezembro_2019_994662164.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2020.
23. INSTITUTO AÇO BRASIL – **Relatório Anual de Sustentabilidade 2016.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/downloads/sustentabilidade2016/>>. Acesso em 06 mar. 2020.
24. INSTITUTO AÇO BRASIL – **Relatório Anual de Sustentabilidade 2016.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/downloads/sustentabilidade2016/>>. Acesso em 06 mar. 2020.
25. INSTITUTO AÇO BRASIL – **Relatório Anual de Sustentabilidade 2018.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/assets/pdfs/A%C3%A7o%20Brasil%20C2%BB%20Se%C3%A7%C3%A3o%202.pdf>>. Acesso em 18 abr. 2020.
26. INSTITUTO NACIONAL DAS EMPRESAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO. **Estudo Setorial de Sucatas Ferrosas do Brasil. 2012.** Disponível em: <<http://almeidalaw.com.br/download/Estudo%20Setorial%20Sucata%20Ferros%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2020.