

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATERIAIS PARA**  
**ENGENHARIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO E APROVEITAMENTO DE**  
**CAVACOS DOS PROCESSOS DE RETIFICAÇÃO DE**  
**ANÉIS DE PISTÃO**

**Autor: Amauri Teixeira**

**Orientado: Professor Dr. Manoel Ribeiro da Silva**

Itajubá, Novembro de 2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATERIAIS PARA**  
**ENGENHARIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO E APROVEITAMENTO DE**  
**CAVACOS DOS PROCESSOS DE RETIFICAÇÃO DE**  
**ANÉIS DE PISTÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Materiais para Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Ciências dos Materiais para Engenharia* .

Autor: **Amauri Teixeira**

Orientado: **Professor Dr. Manoel Ribeiro da Silva**

Curso: **Mestrado em Ciências dos Materiais para Engenharia**

Área de Concentração: **Metals**

Itajubá, Novembro de 2007

M.G.-Brasil

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Margareth Ribeiro- CRB\_6/1700

T266c

Teixeira, Amauri

Caracterização e aproveitamento de cavacos dos processos de retificação de anéis de pistão / Amauri Teixeira. -- Itajubá (MG) : [s.n.], 2007.

97 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Ribeiro da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Resíduo metálico. 2. Usinagem por retificação. 3. Reciclagem de material. I. Silva, Manoel Ribeiro da, orient. II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

CDU 62-242.3(043)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DOS**  
**MATERIAIS PARA ENGENHARIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO E APROVEITAMENTO DE**  
**CAVACOS DOS PROCESSOS DE RETIFICAÇÃO DE**  
**ANÉIS DE PISTÃO**

Dissertação a ser aprovada pela banca examinadora em 21 de novembro de 2007,  
conferindo ao autor, o título de *Mestre em Ciências dos Materiais para Engenharia*.

Composição da Banca Examinadora

**Professor Dr. Manoel Ribeiro da Silva (Orientador) –ICE/UNIFEI.**

**Professor Dr. Sergio Souto Maior Tavares –IEM/UFF**

**Professor Dr. João Roberto Ferreira –UNIFEI**

## **Dedicatória**

Primeiramente, dedico este trabalho a Deus, por tudo que tem feito na minha vida.

Aos meus pais, Philomena e Vicente (in memoriam), a quem devo a minha formação moral, a inspiração, o caráter e a vida.

Meu amor, carinho e gratidão à minha esposa Maria Helena e aos filhos, Fábio, Patrícia e Gabriela, que sempre me incentivaram na formação profissional e no desenvolvimento cultural.

Aos meus familiares, Cida, Antonio Carlos, Guiomar, Carlos Eduardo, Zilá, sobrinhos e amigos, que sempre me apoiaram ao longo deste caminho, tanto nas horas tristes como nas alegres.

## **Agradecimentos**

Ao meu Orientador, Professor Dr. Manoel Ribeiro da Silva, pela competência, dedicação e amizade.

Ao Professor Dr. Demétrio Artur Werner Soares, pela colaboração, paciência e amizade.

Ao Grupo Mahle, nas pessoas dos Sres. Milton Laugênio, J.Vitor, João Ricardo, Cosme e Damião, Lourdes Silva, Rubens Nunes, demais amigos e colaboradores, pelo apôio técnico e recursos disponibilizados, para a realização deste trabalho.

Aos docentes, colegas e funcionários do Instituto de Ciências Exatas da UNIFEI, e aos da PRPPG nas pessoas das Sras. Maria Auta e Margarete, pelo conhecimento compartilhado, apoio fornecido, eterna boa vontade, oportunidades proporcionadas, e amizades conquistadas.

Aos meus colegas mestres Rodrigo, Ronaldo, Alessandro e aos mestrados, Carlos Alberto, Fabiana, Alessandra, Adelaine, Fabrício, Wagner, Alexandra e Janderson, pelo permanente incentivo, colaboração, amizade, momentos de lazer e convívio profissional. Em especial, ao Marcelo Robert F. Gontijo, que muito me auxiliou na solução dos problemas, que foram aparecendo ao longo do tempo.

**só sei que nada sei**  
Sócrates (470 a. C. – 399 a. C.)

## Resumo

**Teixeira, Amauri. (2007)**, Caracterização e aproveitamento de cavacos dos processos de retificação de anéis de pistão, 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais para Engenharia, Metais) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Itajubá.

A operação de retificação de desbaste nos materiais metálicos gera um subproduto formado pelos seguintes componentes: resíduos metálicos, particulados provenientes dos rebolos resinóides, terra diatomácea (material filtrante) e óleo solúvel em água, sendo este, utilizado para a refrigeração das ferramentas de corte. Este subproduto é classificado de acordo com a NBR 10004 de 2004 da ABNT como resíduo tóxico, não inerte, agride o meio ambiente com a sua poluição, impacta os cursos das águas e contamina o solo quando destinado incorretamente para os aterros públicos sanitários. Na maioria das vezes, os destinos finais adotados para este subproduto, são as companhias cimenteiras, para a sua incineração, sendo o subproduto incorporado ao cimento, quando da sua fabricação. Este trabalho é focado no aumento da eficiência e da produtividade do subproduto, desenvolvendo uma nova proposta de reciclagem. As amostras do subproduto foram coletadas, identificadas e analisadas no Centro Tecnológico (CT), das Indústrias da Mahle. Os resultados da constituição química do subproduto foram obtidos através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), acoplado com microsonda de energia dispersiva (EDS). De posse das informações qualitativas, realizaram-se dois experimentos com as amostras do subproduto. Para o primeiro experimento, foi coletado 100g do subproduto. Este foi levado a um forno mufla e aquecido a uma temperatura de 600°C, permanecendo durante 10 minutos, nesta temperatura, seguido de um lento resfriamento. Em seguida, foi passado um ímã permanente com o intuito de separar os materiais magnéticos dos não-magnéticos. Para o segundo experimento, foi coletado 100g do subproduto e foi feito um ataque químico com uma solução de NaOH. A solução química foi filtrada e calcinada e o material sólido decantado, foi seco em uma estufa elétrica. Em seguida, foi passado um ímã permanente com o intuito de separar os materiais magnéticos dos não-magnéticos, para ambos os casos. Procedeu-se a análise química do material magnético obtendo-se os valores de 2,73% para o carbono e 2,65% para o silício, indicando tratar-se de um ferro

fundido cinzento, hipoeutético. Com estes resultados, podemos concluir que o material magnético pode ser usado pela metalurgia do pó na produção de peças ou ser pelotizado e ser novamente fundido. O material não-magnético pode ser utilizado na fabricação de tijolos de concreto e ser usado pela construção civil ou então, ser enviado aos aterros públicos sanitários, pois, agora sua classificação mudou para material tóxico e inerte.

Palavra-chave: *resíduo metálico, usinagem por retificação, reciclagem de material.*

## Abstract

**Teixeira, Amauri. (2007)**, Characterization and exploitation of piston ring chips in the rectification process, 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais para Engenharia, Metais) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Itajubá.

The rough grind machine operation in metallic material produce a sub product with the followings components such as: metallic residue, small parts come from the resin grinds, diatomaceous earth material (filter material) and soluble oil in water for tools cooling. According NBR 10.004 of 2004 from ABNT, this sub product is toxic, not inert material, aggress the environment with pollution in the water currency and contaminate the ground when incorrectly go to the municipal solid waste. In the majority of times, the final destination of this sub product, to incineration, is the cements company, being the incorporated the sub product to the cement, during your production. The present work is focused in increase the efficiency and productivity of the sub product, developing a new recycling proposal. Samples of sub product were identified and the analyses were made in (CT) Tech Center of Mahle Co. using the scanning electron microscopy (SEM), coupled to the energy dispersive spectroscopy (EDS). With this qualitative result, two experiments are made. The first one is: were collected 100g of sub product and put into the electric furnace until the temperature of 600°C, stay during 10min and the electric furnace was disconnect. After that, a permanent magnet was passed to separate the magnetic of the non-magnetic materials.

In the second experiment were collected 100g of sub-product and to submit a one chemical attack whit a solution of the NaOH. The chemical solution was filtered and calcined and the decanted solid material was dry in an electric stove. After that, a permanent magnet was passed to separate the magnetic of the non-magnetic materials, for both cases.

It was proceeded the chemical analysis from the magnetic material getting the values of 2,73% for carbon and 2.65% for silicon, indicating to be about the hypoeutectic gray iron material

With these results, we conclude that the magnetic material can be used in powder metallurgy in production of pieces, or transformed in pellets and it is possible to be melted again. A non-magnetic material goes to the production of concrete brick and used in building wall construction, or goes to the municipal solid waste, because now, it changes the classification to toxic and inert material.

**Keywords:** *metallic residue, grinding machining process, recycling material*

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.1 – Fluxograma do processo com retíficas de desbaste</b>	<b>2</b>
<b>Figura 1.2 - Vista parcial da saída da máquina de filtragem</b>	<b>3</b>
<b>Figura 1.3 - Subproduto resultante da filtragem</b>	<b>3</b>
<b>Figura 1.4 - Subproduto ensacado</b>	<b>4</b>
<b>Figura 4.1a - Retifica com rebolo vertical</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4.1b - Esquema de funcionamento da retifica</b>	<b>12</b>
<b>Figura 4.2 - Difratoograma de raios X do material diatomáceo</b>	<b>16</b>
<b>Figura 4.3 - Aspectos morfológicos do material diatomáceo</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4.4 - Detalhes morfológicos do material diatomáceo</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4.5 - Mapeamento do alumínio e silício de uma frústula íntegra por EDS</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4.6 - Fluxograma do processo da metalurgia do pó</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4.7 - Formato de pó atomizado</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4.8 - Formato de esponja</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4.9 - Melhoria das propriedades no produto</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4.10 - Densificação dos pós-metálicos</b>	<b>32</b>
<b>Figura 4.11 - Ciclo de compactação</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4.12 - Sinterização mecanismos</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4.13 - Micrografia eletrônica de varredura de uma fratura em um componente sinterizado</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4.14 - Esquema de um forno de esteira contínua</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4.15 - Esquema de um forno elétrico de esteira contínua com detalhes das câmaras de temperaturas</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.16 - Forno elétrico tipo poço</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.17 - Forno elétrico tipo poço com detalhe da tubulação para a injeção de nitrogênio</b>	<b>42</b>
<b>Figura 5.1 (A) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Al e Si.</b>	<b>49</b>

<b>Figura 5.1 (B) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: O, Fe, Na, Al, Si, K e Cr.</b>	<b>50</b>
<b>Figura 5.1 (C) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Al, Si, e Cr.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 5.1 (D) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Al, Si, Mo, e Cr.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 5.1 (E) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Al, Si, e K.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 5.1 (F) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, e Ca.</b>	<b>54</b>
<b>Figura 5.1 (G) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, e Ca.</b>	<b>55</b>
<b>Figura 5.1 (H) - Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Al, Si, Mo, Ca, Ti e Fe.</b>	<b>56</b>
<b>Figura 5.2 - Pó homogeneizado.</b>	<b>60</b>
<b>Figura 5.3 - Prensa hidráulica manual (Marconi)</b>	<b>61</b>
<b>Figura 5.4 - Amostras prensadas do material magnético</b>	<b>62</b>
<b>Figura 5.5 - Forno elétrico</b>	<b>63</b>
<b>Figura 5.6 - Corpo de prova embutido em baquelite.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 5.7 - Metalografia do corpo de prova sinterizado, sem ataque químico e, com aumento de 100X.</b>	<b>64</b>
<b>Figura 5.8 - Metalografia da peça atacada quimicamente com uma solução de Nital e com aumento de 500X.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 6.1 - Foto da matriz metálica</b>	<b>68</b>

<b>Figura 6.2 - Detalhes da matriz metálica</b>	<b>68</b>
<b>Figura 6.3 - Prensa hidráulica manual</b>	<b>69</b>
<b>Figura 6.4 - Buchas <i>a verde</i></b>	<b>70</b>
<b>Figura 6.5 - Forno elétrico tipo mufla marca Quimis.</b>	<b>71</b>
<b>Figura 6.6 - Peças sinterizadas</b>	<b>71</b>
<b>Figura 6.7 - Bucha sinterizada embutida em baquelite</b>	<b>72</b>
<b>Figura 6.8 - Micrografia da bucha sinterizada com aumento de 200X</b>	<b>72</b>
<b>Figura 6.9 - Projeto técnico de secagem e separação dos materiais magnéticos e dos não magnético</b>	<b>74</b>
<b>Figura 6.10 - Fluxo de caixa pelo método: Prazo de Recuperação do Capital</b>	<b>86</b>

**Lista de tabelas**

<b>Tabela 4.1-Alguns exemplos de grãos abrasivos</b>	<b>14</b>
<b>Tabela 4.2 -Composição química do material diatomáceo</b>	<b>15</b>
<b>Tabela 4.3 - Desenvolvimento e marcos históricos da metalurgia do pó</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 4.4 - Produtos sinterizados, aplicações e propriedades.</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 5.1 -Análise química do material magnético.</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 5.2 - Particulado magnético</b>	<b>59</b>
<b>Tabela 6.1 - Balancete Patrimonial-Ativo.</b>	<b>78</b>
<b>Tabela 6.2 - Balancete Patrimonial-Passivo</b>	<b>79</b>
<b>Tabela 6.3 - Demonstração do resultado – Sintético</b>	<b>80</b>
<b>Tabela 6.4 - Demonstrativo de resultado – Analítico.</b>	<b>81</b>
<b>Tabela 6.5 - Investimento Inicial</b>	<b>85</b>

## SUMÁRIO

<b>Dedicatória</b>	<b>VI</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>VII</b>
<b>Epígrafe</b>	<b>VIII</b>
<b>Resumo</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de tabelas</b>	<b>XVI</b>
<b>Capítulo 1 - Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1.1 - Considerações iniciais</b>	<b>1</b>
<b>1.2 - Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1.3 - Fluxograma do processo com as retíficas de desbaste</b>	<b>2</b>
<b>1.4 - Referências</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 2 - Justificativo do projeto</b>	<b>6</b>
<b>2.1 - Considerações iniciais</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1 - Resíduos Classe I - Perigosos</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 - Resíduos Classe II - Não inertes</b>	<b>7</b>
<b>2.1.3 - Resíduos Classe III - Inertes</b>	<b>7</b>
<b>2.2 - Notícias sobre o assunto</b>	<b>7</b>
<b>2.3 - Vantagens da reciclagem</b>	<b>7</b>
<b>2.4 - Referências</b>	<b>9</b>

## **Capítulos 3 - Objetivos do Projeto**

<b>3.1 - Objetivos do Projeto</b>	<b>10</b>
-----------------------------------	-----------

## **Capítulo 4 - Revisão Bibliográfica**

<b>4.1 - Operação de retificação de desbaste.</b>	<b>11</b>
---	-----------

<b>4.1.1 - Retificação de faces laterais de anéis de pistão</b>	<b>11</b>
---	-----------

<b>4.1.2 - Breve histórico da utilização dos processos abrasivos:</b>	<b>13</b>
---	-----------

<b>4.1.3 - A ferramenta abrasiva.</b>	<b>13</b>
---------------------------------------	-----------

<b>4.2 - Terra diatomácea</b>	<b>14</b>
-------------------------------	-----------

<b>4.2.1 - Material compósito diatomáceo natural</b>	<b>15</b>
--	-----------

<b>4.3 - Metalurgia do pó</b>	<b>19</b>
-------------------------------	-----------

<b>4.3.1 - Definições</b>	<b>19</b>
---------------------------	-----------

<b>4.3.2 - Breve histórico</b>	<b>21</b>
--------------------------------	-----------

<b>4.3.3 - Vantagens e desvantagens do processo</b>	<b>22</b>
---	-----------

<b>- Vantagens</b>	<b>22</b>
--------------------	-----------

<b>- Desvantagens</b>	<b>23</b>
-----------------------	-----------

<b>4.3.4 - Tipos de produtos obtidos pela metalurgia do pó</b>	<b>24</b>
--	-----------

<b>- Grupo (I)</b>	<b>24</b>
--------------------	-----------

<b>- Metais refratários - (W, Mo, Ta, Nb).</b>	<b>24</b>
--	-----------

<b>- Metais duros</b>	<b>24</b>
-----------------------	-----------

<b>- Materiais porosos</b>	<b>24</b>
----------------------------	-----------

<b>- Materiais de fricção</b>	<b>24</b>
-------------------------------	-----------

<b>- Materiais para contato elétrico</b>	<b>24</b>
--	-----------

- Grafita	24
- Materiais compostos	24
- Ligas pesadas (W-Cu, W-Ni-Cu, W-Ni-Fe);	24
- Grupo (II).	25
4.3.2 - Obtenção dos pós.	26
- Atomização.	27
- Reação química e decomposição.	28
- Deposição eletrolítica.	28
-Processos mecânicos.	28
4.3.3 - Mistura, aglomeração e compactação.	28
- Mistura	28
- Aglomeração	29
- Melhorias das propriedades	30
- Compactação / conformação	31
- Prensagem uniaxial	33
- Prensagem isostática	34
- Prensagem a quente	34
4.3.4 - Sinterização	35
- Sinterização por fase sólida	35
- Sinterização por fase líquida	37
- Equipamentos de sinterização	38
4.3.5 - Operações complementares	40

- Calibragem	40
- Tratamento a vapor	40
- Nitretação por plasma	41
- Têmpera / revenimento	42
- Acabamento	42
4.4 - Referências	44
<b>Capítulo 5 - Materiais e Métodos</b>	<b>46</b>
5.1 - Considerações iniciais	46
5.2 - Metodologia de pesquisa	48
5.3 - Caracterização do subproduto	48
5.4 - Experimentos realizados	57
5.5 - Distribuição granulométrica do material magnético	59
5.6 - Utilização do processo da metalurgia do pó	60
- Preparação do pó	60
- Compactação	61
- Sinterização	62
5.7 - Referências	66
<b>Capítulo 6 - Resultados e Discussões</b>	<b>67</b>
6.1 - Considerações iniciais	67
6.2 - Desenvolvimento do produto	67
6.3 - Preparação do pó metálico	69
6.4 - Compactação	69
6.5 - Sinterização	70

<b>6.6 - Projeto técnico de secagem e separação dos materiais magnéticos e dos não magnéticos.</b>	<b>73</b>
- Funcionamento	73
<b>6.7 - Viabilidade econômica do projeto.</b>	<b>74</b>
6.7.1 - Fase de pré-investimento	74
6.7.2 - Fase de investimento (Implementação)	75
6.7.3 - Estudo de viabilidade de um projeto	75
6.7.4 - Avaliação financeira de um projeto	76
6.7.5 - Métodos de avaliação financeira	76
- Prazo de recuperação do capital	76
<b>6.8 - Referências</b>	<b>87</b>
<b>Capítulo 7 - Conclusões</b>	<b>88</b>
<b>Capítulo 8 - Recomendações para Trabalhos Futuros</b>	<b>90</b>
8.1 - Desenvolver uma técnica para purificar o material metálico	90
8.2 - Caracterização magnética e de superfície	90
8.3 - Caracterização elétrica	90
8.4 - Novas propostas de utilização	90
<b>Apêndices</b>	<b>91</b>
Apêndice A	91
Apêndice B	92
Apêndice C	93
Apêndice D	95
Apêndice E	96
Trabalhos em Congressos	97

## Capítulo 1 - Introdução

---

### 1.1 - Considerações iniciais

Neste capítulo, serão abordados os principais aspectos deste trabalho e apresentados os motivos que levaram à escolha do tema.

### 1.2 - Introdução

A operação de retificação de desbaste das faces lateral dos anéis de pistão utilizada nos motores à combustão interna, para os materiais: ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular e ferros fundidos cinzentos martensíticos, perfazendo um total de 17 tipos de composições químicas diferentes e não havendo uma separação destas ligas, gera um subproduto, constituído pelos três seguintes componentes:

- O primeiro componente é o resíduo metálico ferroso, proveniente do sobremetal removido da peça.
- O segundo componente é o particulado do rebolo resinóide, sendo gerado em função do desgaste que o rebolo apresenta, ao remover o sobremetal da peça.
- O terceiro componente é o óleo solúvel em água, que é utilizado para refrigerar a ferramenta de corte, que neste caso é o rebolo.

Estes três componentes irão compor a “borra” ou a lama das retíficas. Esta lama, passa por um processo de filtragem, cujo objetivo é a recuperação do óleo solúvel.

No sistema de filtragem, temos o quarto componente do nosso subproduto que é a terra diatomácea. Este material, que é um mineral, apresenta um aspecto poroso, e se presta para atuar na operação de filtragem.

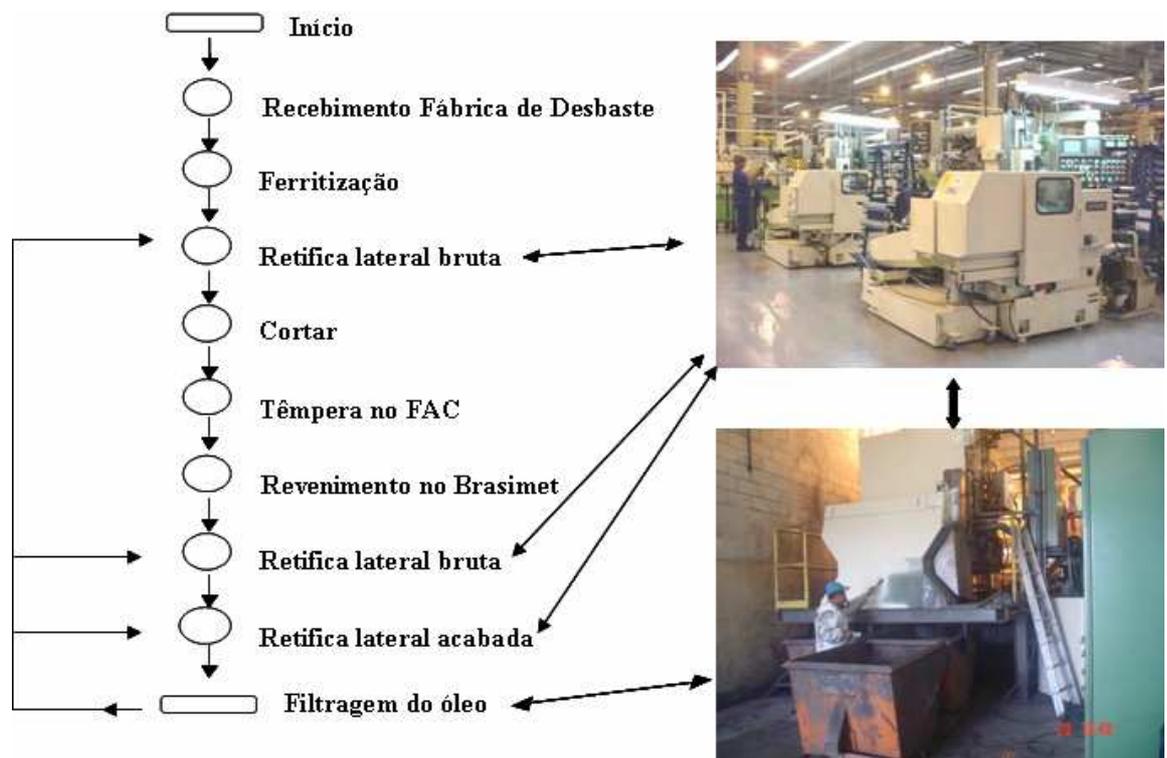
Após a filtragem, o óleo solúvel retorna às retíficas, isento de qualquer tipo de particulado sólido, garantindo assim, as tolerâncias dimensionais da peça.

Temos então que, a geração do subproduto, formada pelos seus quatro componentes, é de 200 toneladas/mês, sendo classificado conforme a norma ABNT-NBR 10.004 de 2004, como resíduos sólidos, Classe I e Classe II, sendo ele tóxico, não inerte, ou seja, ele é ativo na natureza, ele impacta nos cursos das águas, quando

derramados nos riachos ou rios e contamina o solo quando destinado incorretamente para os aterros públicos sanitários [1]. As companhias que estão comprometidas com o meio ambiente, na maioria das vezes, enviam o subproduto às companhias cimenteiras, para fazer a sua incineração, com um custo de descarte de R\$ 210,00/tonelada, sendo o subproduto incorporado ao cimento, quando da sua fabricação [2,3 e 4].

### 1.3 - Fluxograma do processo com as retíficas de desbaste

Na figura 1.1, apresentamos o fluxograma produtivo, com as operações das retíficas, para um fofo. cinzento, alta liga.



**Figura 1.1** - Fluxograma do processo com retíficas de desbaste [2]  
 Fonte: Grupo Mahle

Na figura 1.2 apresentamos o subproduto proveniente da filtragem do óleo solúvel, em uma caçamba metálica, na saída da máquina de filtragem.



**Figura 1.2** – Vista parcial da saída da máquina de filtragem [2]  
Fonte: Grupo Mahle

A figura 1.3 apresenta o resíduo em detalhe, dentro da caçamba metálica e é este subproduto, o foco do nosso trabalho, que tem uma geração de 200 toneladas/mês. A figura 1.4 mostra o subproduto já ensacado, pronto a ser enviado às companhias cimenteiras, com um custo de R\$ 210,00/tonelada.



**Figura 1.3** – Subproduto resultante da filtragem [2]  
Fonte: Grupo Mahle



**Figura 1.4** – Subproduto ensacado [2]  
Fonte: Grupo Mahle

#### **1.4 – Referências**

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *Normas NBR, NB e Projetos de normas*.
- [2] ELECTO EDUARDO SILVA LORA, *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. 2ºed. (2002). p.402-405
- [3] International Ash Working Group (AWG). *Municipal solid waste incinerator residues*. Studies environmental science, vol. 67. Amsterdam: Elsevier Science BV; (1997).
- [4] LIN KL, WANG KS, TZENG BY, LIN CY. *The reuse of municipal solid waste incinerator .y ash slag as a cement substitute*. Res Conserv Rec 39(4) (2003); p 315–324.

## Capítulo 2 – Justificativas do Projeto

---

### 2.1 - Considerações iniciais

Considerando a crescente preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e o desenvolvimento sustentável, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através da NBR 10.004 de 2004, que trata dos *resíduos sólidos – classificação*, fornece subsídios quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos [1].

A classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, onde a descrição de matérias-primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado, devem ser explicitados.

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem.

Os resíduos de acordo com a norma da ABNT-NBR 10.004[1], são classificados em:

- a) Resíduos Classe I – Perigosos
- b) Resíduos Classe II – Não inertes
- c) Resíduos Classe III - Inertes

#### 2.1.1 - Resíduos Classe I – Perigosos

Resíduos perigosos são os resíduos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e que apresentam riscos ao meio ambiente quando manejados ou dispostos de forma inadequada.

### **2.1.2 - Resíduos Classe II- Não inertes**

Resíduos não inertes são os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I-Perigosos, ou na Classe III-Inertes poderão estar incluídos na Classe II os resíduos combustíveis, biodegradáveis e solúveis em água.

### **2.1.3 - Resíduos Classe III – Inertes**

Resíduos inertes são os resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos que, submetidos ao ensaio de solubilização (NBR 10.006: “Solubilização de Resíduos”), não apresentarem quaisquer de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme a Listagem nº 8 da NBR 10.004, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

O Ministério da Saúde publicou, em 19/01/1990, a Portaria nº 36, com os novos padrões de potabilidade para as águas.[2]

## **2.2 - Notícias sobre o assunto**

As companhias que não estão compromissadas com o meio ambiente passam a ser notícias de jornais, conforme Apêndices A, B, C e D.

## **2.3 - Vantagens da reciclagem**

A reciclagem de resíduos, próprios ou gerados pelas indústrias tem que passar por um controle bastante rígido, para observar – se uma tendência há diminuição do impacto ambiental.

Desenvolvimento sustentável pode ser definido como uma forma de desenvolvimento econômico que "emprega os recursos naturais e o meio ambiente, não apenas em benefício do presente, mas também, das gerações futuras" (SJÖSTROM, 1996) [3].

Tornar as formas de desenvolvimento econômico sustentável deixou de ser uma bandeira de ecologistas sonhadores para ser um conceito importante na comunidade de nações. A certificação ambiental retratada na série das normas ISO 14.000, já está implantada no Brasil é a parte mais visível destas mudanças.

As atividades de pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e componentes são complexas e exigem um trabalho multidisciplinar, envolvendo pesquisadores nas áreas de engenharia, ciências dos materiais e da saúde.

## 2.4 – Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: Resíduos sólidos - Classificação. Segunda edição 31.05.2004
- [2] ELECTO EDUARDO SILVA LORA. *Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industriais e de transporte*. 2ºed. (2002). p.404
- [3]CH. SJÖSTRÖM, *Durability and sustainable use of building materials*. In: Sustainable use of materials. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. London BRE/RILEM, 1992.

## Capítulos 3 – Objetivos do Projeto

---

### 3.1 – Objetivos do Projeto

O objetivo deste projeto é mudar a classificação do resíduo sólido gerado pelo sistema de filtragem na operação de retíficas de desbaste/acabamento, que hoje é classificado conforme a norma ABNT-NBR 10.004 de 2004, como resíduo sólido Classe I e Classe II, ou seja, tóxico e não inerte, para resíduo sólido Classe I e Classe III, ou seja, tóxico e inerte, fazendo as devidas separações dos componentes do subproduto, promovendo a sua reciclagem e agregando valor aos produtos finais.

## Capítulo 4 – Revisão Bibliográfica

---

### 4.1 – Operação de retificação de desbaste.

#### 4.1.1 - Retificação de faces laterais de anéis de pistão

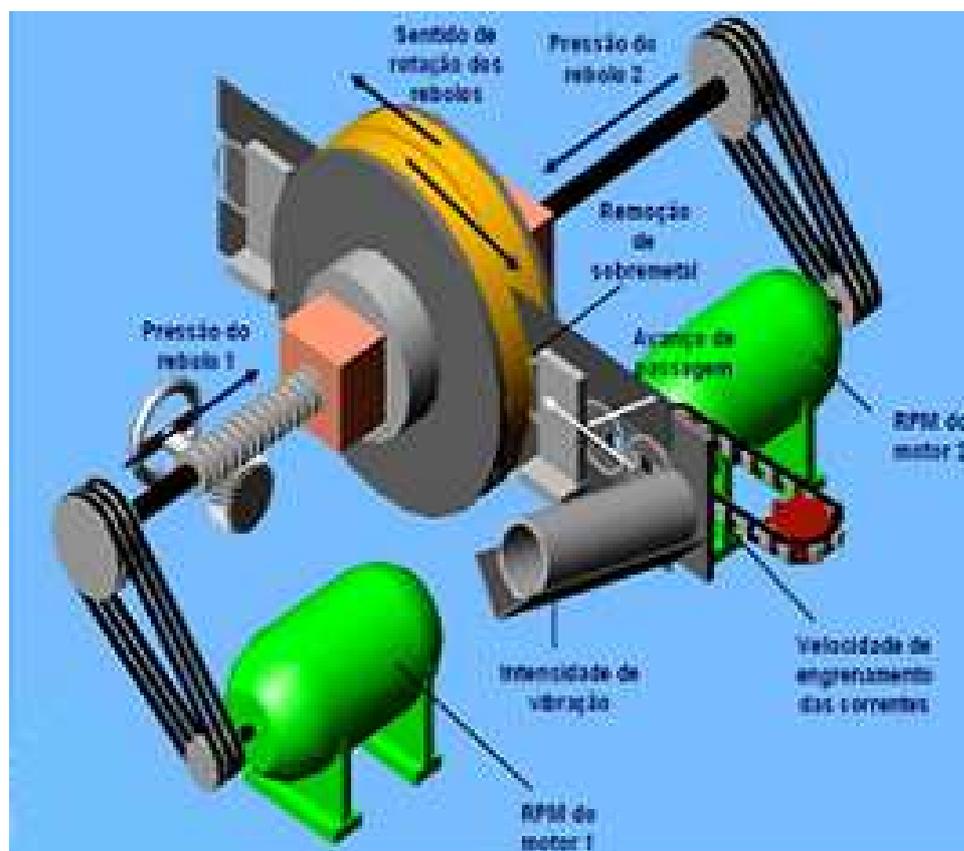
Trata-se da operação da remoção mecânica, do material metálico ferroso das faces laterais do anel de segmento, de ferro fundido cinzento, utilizando-se a ferramenta de corte abrasivo, o rebolo, conforme figuras 4.1.a e 4.1.b.

Na figura 4.1.a, temos a fotografia de uma retífica que trabalha com rebolos verticais. O operador faz alimentação das peças e controla através das botoeiras, os movimentos da máquina, para realizar a operação de retificação.



**Figura 4.1 a** – Retifica com rebolo vertical  
Fonte: Grupo Mahle [3]

Na figura 4.1.b, temos a representação esquemática de uma retífica. Ela tem dois motores elétricos de 50CV cada um, que por meio de correias, acionam os eixos, cujas extremidades, estão fixados os rebolos, que estão girando em sentidos de rotação contrários, a 800 rpm cada um. Os anéis são colocados em uma calha vibratória e estes são arrastados por uma corrente metálica de encontro aos rebolos, através de duas guias metálicas, efetuando a operação de retificação.



**Figura 4.1 b** – Esquema de funcionamento da retífica.  
Fonte: Grupo Mahle [3]

Ao final da operação de retificação, os seguintes três componentes, estão formando a “borra” ou a lama das retíficas, que farão parte do subproduto, a saber: resíduo metálico ferroso, particulado do rebolo resinóide e óleo solúvel em água.

#### 4.1.2 - Breve histórico da utilização dos processos abrasivos:

1. Os homens das cavernas foram os primeiros a usarem processos abrasivo para fabricação de machados – era da pedra polida.
2. Os egípcios cortavam blocos de pedra utilizando cordas com abrasivos impregnados em 4000 a.C.
3. Ainda os egípcios, em 2000 a. C. trabalhavam o bronze com uma máquina rudimentar similar a um torno. Provavelmente esta foi a primeira retífica.
4. 800 a. C. já se usava pó de diamante para polimento (lapidação), na Índia.
5. Em 1500, Leonardo da Vinci construiu uma máquina de afiar, usando um rebolo de pedra talhada a mão.
6. Em 1860 foi construída a primeira retificadora cilíndrica (Brown Sharp).
7. Em 1890 foi construída a primeira retificadora de disco, por Frederrick N. Gardner que na época, era funcionário da Charles H. Besly Company.
8. Em 1912, a Gardner Machine Company constrói a primeira retificadora de duplo disco. A patente havia sido registrada em 1909.
9. Em 1950, um grupo de engenheiros da General Electric Company desenvolveu o processo de obtenção de diamante por meio industrial.
10. No final da década de 1960, foi desenvolvido o CBN (nitreto cúbico de boro), que foi uma evolução do carbetto de boro, que havia sido desenvolvido na década de 1930 [3].

#### 4.1.3 - A ferramenta abrasiva

O rebolo é uma ferramenta de corte de múltiplas arestas, constituído de um elemento abrasivo, um elemento ligante e porosidades. O elemento abrasivo é formado por materiais que apresentam elevada dureza, com a função de cortar o material, ou seja, formar e remover o cavaco na peça em que se está trabalhando.

A principal característica do grão abrasivo é a dureza, que é em função dela que é melhorada a resistência da aresta de corte ao desgaste. Além da dureza, o grão deverá ser “tenaz” para suportar os choques mecânicos durante a operação e “friável” para que, na

medida em que o desgaste arredondar as arestas cortantes, os grãos se fraturarão, apresentando novas arestas.

Os abrasivos são classificados em duas categorias: abrasivos regulares e os superabrasivos.

Dentro da categoria “regular” podemos destacar o óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) e o carbeto de silício (SiC). Quanto aos superabrasivos, temos o nitreto cúbico de boro (BN) mais conhecido como CBN ou através dos nomes comerciais de “Borazon” ou “Bornitrite”, e o diamante (C) natural ou sintético.

Na tabela 4.1 identificamos alguns exemplos de grãos abrasivos [3].

**Tabela 4.1-**Alguns exemplos de grãos abrasivos:

AA, 38 A, EK 1	Óxido de alumínio branco
A , 19 A	Óxido de alumínio marrom
GC, 39 C	Carbeto de silício verde
SC, C	Carbeto de silício preto
D	Diamante natural
SD	Diamante sintético
SDC	Diamante sintético com cobertura
CB, CBN, BN	Nitreto cúbico de boro
CBC	Nitreto cúbico de boro com cobertura

## 4.2 – Terra diatomácea

A terra diatomácea é o quarto componente do subproduto e é utilizada no processo da filtração do óleo solúvel em água. Ela atua internamente aos tubos metálicos do sistema de filtração, por onde a lama das retíficas passa, fazendo a filtração do material, deixando passar somente o óleo solúvel em água, retendo todo e qualquer tipo de particulado sólido.

#### 4.2.1 - Material compósito diatomáceo natural

A terra diatomácea é um sedimento amorfo, originado a partir de frústulas ou carapaças de organismos unicelulares vegetais tais como algas microscópicas aquáticas, marinhas e lacustres, normalmente denominada diatomita. Por apresentarem natureza silicosa, as frústulas desenvolvem-se indefinidamente nas camadas geológicas da crosta terrestre [4,5].

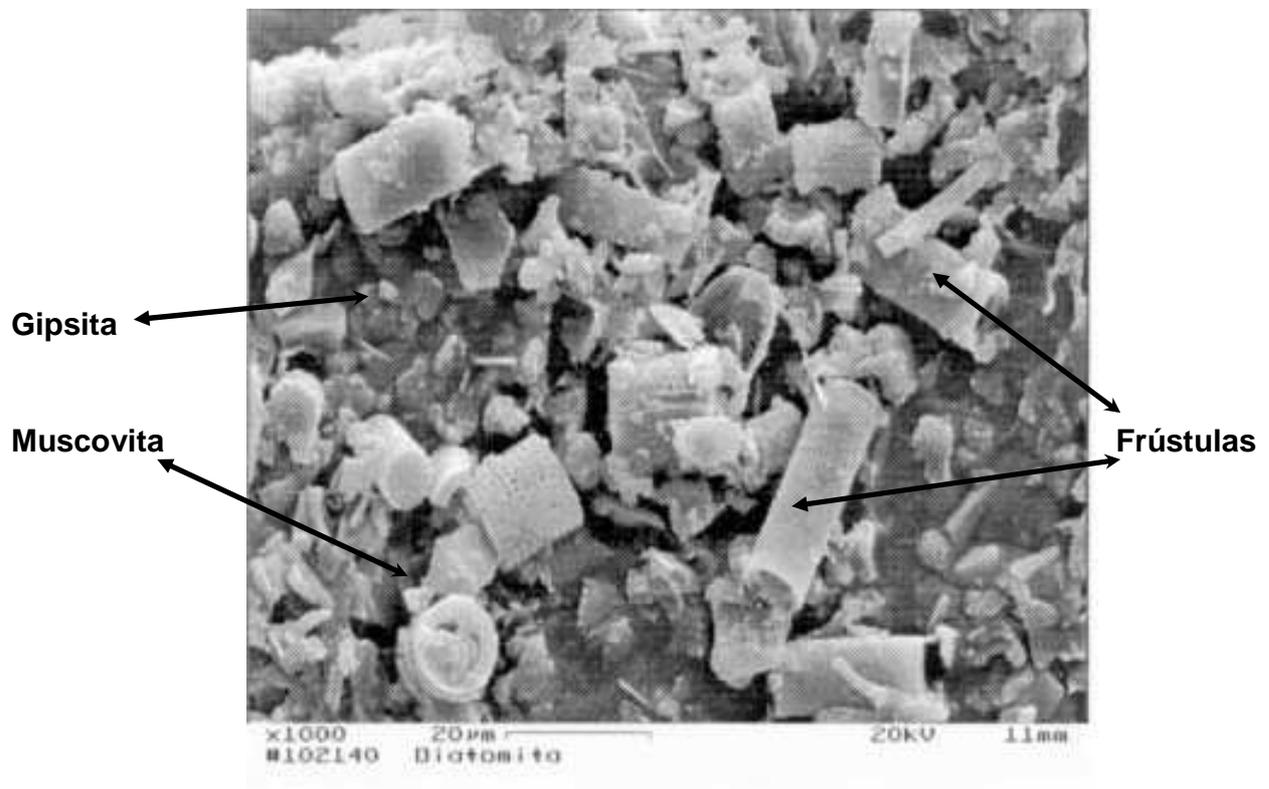
A terra diatomácea é um material leve e de baixa massa específica aparente, cuja coloração varia do branco ao cinza escuro [6]. Além disso, este material é constituído principalmente por sílica opalina (58 até 91%) e impurezas tais como argilominerais, matéria orgânica, hidróxidos, areia quartzosa e carbonatos de cálcio e de magnésio. A maioria das diatomáceas apresenta tamanho entre 4 e 500  $\mu\text{m}$ , bem como existem em mais de 12.000 espécies diferentes. Os resultados da composição química da amostra de material diatomáceo são apresentados na tabela 4.2[7]. Verifica-se que do ponto de vista químico o material é constituído basicamente pelos óxidos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que correspondem à cerca de 85%.

**Tabela 4.2** - Composição química do material diatomáceo [7]

Composição	(% em peso)
$\text{SiO}_2$	65,78
$\text{Al}_2\text{O}_3$	17,42
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,19
CaO	0,12
MgO	0,60
$\text{Na}_2\text{O}$	0,30
$\text{K}_2\text{O}$	0,88
$\text{TiO}_2$	0,96
Perda ao fogo	11,76



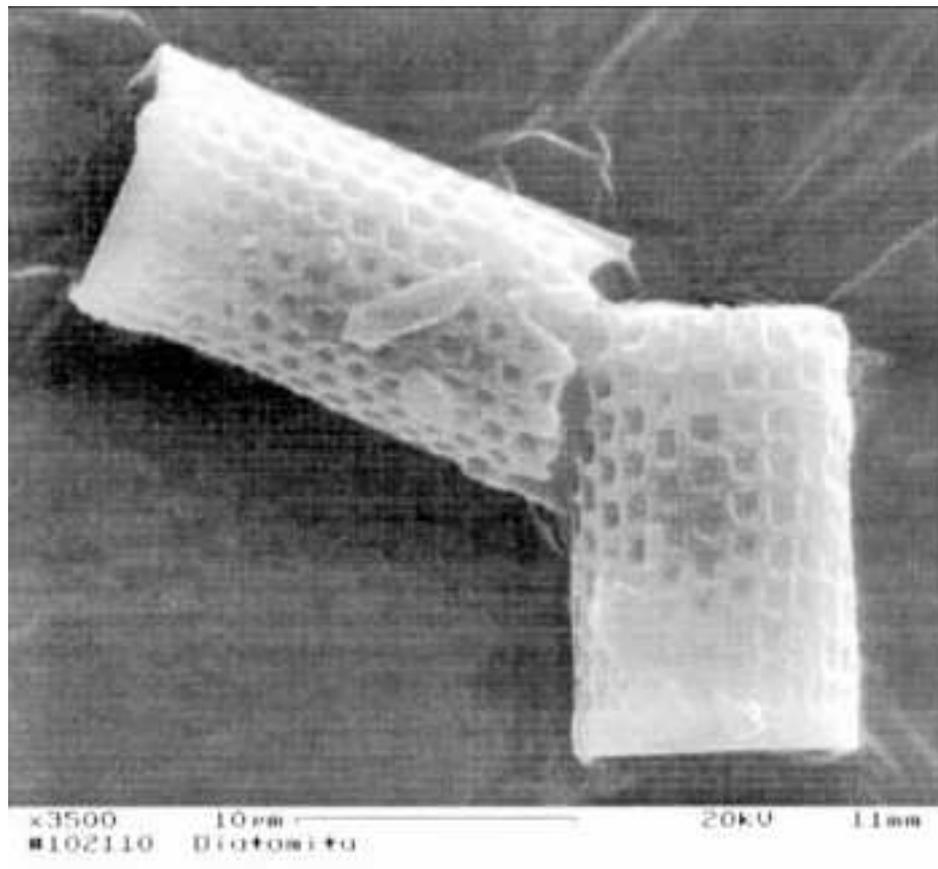
A figura 4.3 mostra aspectos morfológicos do material diatomáceo, com destaque para as frústulas diatomáceas, a gipsita e a muscovita.



**Figura 4.3** - Aspectos morfológicos do material diatomáceo [7]

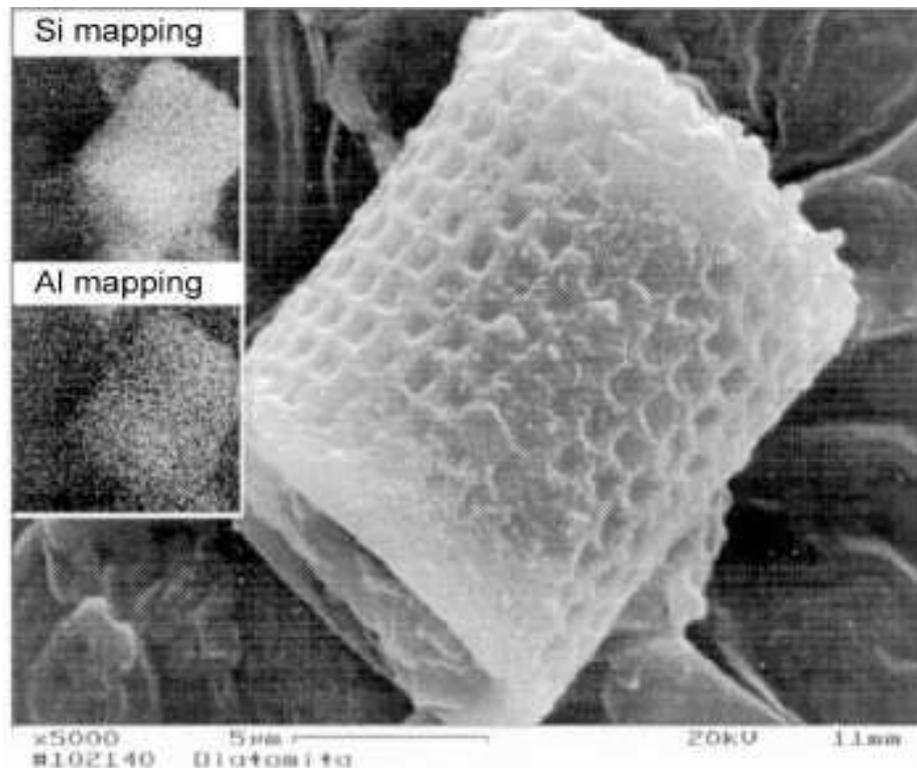
As frústulas diatomáceas intactas possuem um formato tubular e apresentam tamanhos longitudinais acima de 15 µm. Além disso, esta amostra contém outras impurezas tais como caulinita e gipsita. Pode ser observada uma grande quantidade de fragmentos de material diatomáceo. Detalhe do material diatomáceo é mostrado na figura 4.4.

Nota-se que a superfície da partícula diatomácea (frústula) é escamosa com orifícios retangulares visíveis formando uma espécie de arranjo tipo colméia, os quais designam a elevada propriedade filtrante deste material. Os cristais de caulinita estão normalmente alojados nos orifícios da frústula. Assim, o material diatomáceo estudado, por sua própria natureza, pode ser considerado como sendo um material compósito natural.



**Figura 4.4** - Detalhes morfológicos do material diatomáceo [7]

A figura 4.5 mostra o mapeamento por elementos através de EDS, no qual silício e alumínio foram detectados. O silício está principalmente relacionado ao material diatomáceo, enquanto que o alumínio está provavelmente relacionado à presença dos cristais de caulinita.



**Figura 4.5** – Mapeamento do Al e Si de uma frústula inteira por EDS [7]

### 4.3 - Metalurgia do pó

#### 4.3.1 – Definições

O processo de metalurgia do pó consiste na obtenção de pós-metálicos e na sua transformação através de etapas importantes como a compactação e o tratamento de sinterização, em temperaturas abaixo do ponto de fusão do metal base (material base), resultando em produtos de alta precisão e propriedades desejadas. Um fluxograma do processo da metalurgia do pó é apresentado na figura 4.6.

A metalurgia do pó permite a produção seriada de peças simples ou complexas, com a mesma facilidade.

Normalmente, a produção de peças sinterizadas está associada a altos volumes de produção, quando então o custo do ferramental é diluído a valores que o tornem

economicamente viável. À medida que a geometria da peça se torna mais complexa, pode-se trabalhar economicamente em lotes de baixas quantidades, sendo os custos de usinagem eliminados ou bastante reduzidos [8,9].

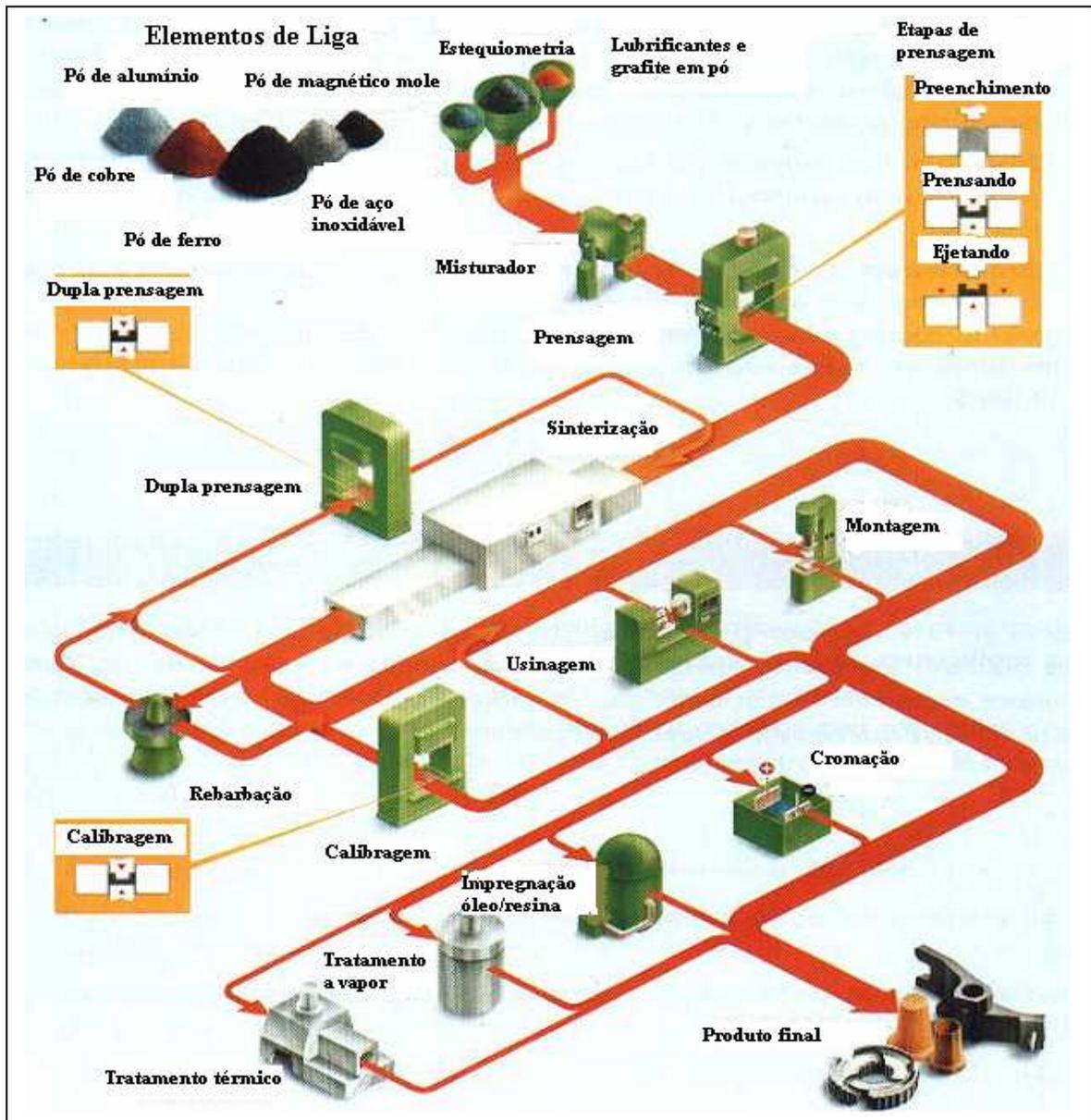


Figura 4.6 – Fluxograma do processo da metalurgia do pó [10]  
 Fonte: Cortesia Mahle MIBA

### 4.3.2 – Breve histórico.

A técnica de metalurgia do pó vem sendo utilizada pelo homem há milênios. O desenvolvimento e marcos históricos da metalurgia do pó estão relatados na tabela 4.3 [11], porém, sob o ponto de vista industrial, a obtenção de peças sinterizadas é recente, se comparada com outros processos metalúrgicos.

**Tabela 4.3** – Desenvolvimento e marcos históricos da metalurgia do pó [11].

ÉPOCA	DESENVOLVIMENTO E ORIGEM
3.000 A.C.	Ferro-esponja para ferramentas - Egito, África e Índia
1.200 D.C.	Grãos de platina cementados - América do Sul (Incas)
1781	Liga platina-arsênio - França, Alemanha
1790	Produção comercial de recipientes químicos de platina-arsênio - França
1822	Produção de pó de platina conformado em lingotes - França
1826	Sinterização a alta temperatura de compactados de pó de platina - Rússia
1829	Método Wollaston de fabricação de compactados de platina, a partir de platina esponjosa (base da moderna metalurgia do pó) - Grã-Bretanha
1830	Sinterização de compactados de vários pós metálicos - Europa
1870	Patente para materiais de mancais produzidos a partir de pós metálicos (precursores das buchas autolubrificantes) - EUA
Início do século 20	Coolidge desenvolve processo para produção de filamentos de lâmpadas incandescentes - EUA
Início do século 20	Metais compostos - EUA
Decênio 1920	Mancais autolubrificantes e filtros metálicos - EUA
Decênio 1920	Escovas coletoras cobre-grafita - EUA
Decênio 1920	Contatos elétricos - EUA
1920-decênio 1930	Materiais de fricção - EUA
1920-decênio 1930	Metal duro (carboneto de tungstênio sinterizado) - Alemanha
Decênio 1930	Modernos Cermets - EUA
Decênio 1940	Tecnologia do pó de ferro - EUA
1960 em diante	Materiais metálicos de alta densidade via forjamento do pó - EUA
1970 em diante	Ligas especiais, compactação isostática a quente, aços para ferramentas sinterizados, etc. - EUA
1980 em diante	Técnicas de solidificação rápida e tecnologia de moldagem por injeção - EUA

Os avanços mais significativos ocorreram no início do século XX, com o domínio dos processos de fabricação de pós por redução e eletrólise e, a busca de uma técnica que permitisse a fabricação de peças de metais refratários de alto ponto de fusão, como o tungstênio e o molibdênio, até então limitados pelos processos existentes. Assim, os primeiros produtos que marcaram o desenvolvimento da metalurgia do pó tinham o tungstênio como metal de base, tais como o metal duro, os filamentos de lâmpadas elétricas, e os contactos elétricos.

O desenvolvimento experimentado pela metalurgia de pó nos anos de 1970 permitiu um aumento no desempenho da metalurgia do pó, oferecendo um melhor controle da microestrutura, homogeneidade composicional e materiais com propriedades mecânicas em níveis iguais (ou freqüentemente melhores do que) aos produtos obtidos por fundição ou conformação mecânica.

Os materiais fundidos apresentam falhas, resultantes das diferentes capacidades dos constituintes de se solidificarem a partir da fase líquida. No caso de produtos sinterizados, a adequada mistura de pós e sinterização com transformações na fase sólida, permitem um alto grau de uniformidade do material com homogeneidade de microestrutura e, conseqüentemente, melhores propriedades mecânicas.

Alguns fatores econômicos contribuem para que atualmente a metalurgia do pó venha sendo utilizada em larga escala, tais como, o número reduzido de operações na produção da peça acabada, em relação a outros processos, e o aproveitamento quase total da matéria prima.

#### **4.3.3 – Vantagens e desvantagens do processo**

As vantagens e desvantagens do processo são citadas a seguir:

– **Vantagens:**

- As temperaturas de sinterização utilizadas são baixas em relação a outros processos, com utilização de fornos de concepção simples com menor consumo de energia.

- O produto final possui estreita tolerância dimensional, e excelente acabamento superficial não precisando na maioria dos casos de operações finais.
- É possível produzir componentes com formas complexas, muitas vezes inacessíveis a outros processos de fabricação.
- Perfeito controle da composição química do material, podendo ser produzidos componentes de alta pureza.
- Possibilidade de obtenção de materiais com propriedades físicas e/ou químicas para os quais a metalurgia do pó é a única técnica viável de fabricação. Ex: materiais porosos, metal duro, materiais refratários.
- O processo é de alta produtividade proporcionando a fabricação de grande quantidade de bens de consumo em menor tempo, além de facilitar a automação, minimizando o custo de inspeções no controle de qualidade.
- Peças para protótipos podem ser atualmente produzidas a um custo mais baixo, devido ao desenvolvimento de processo de moldagem a laser.

**- Desvantagens:**

- A forma geométrica da peça é limitada, possibilitando que a mesma seja extraída de uma matriz de compactação.
- Nos processos convencionais de compactação e sinterização, o tamanho da peça é limitado, uma vez que as potências requeridas para compactação são proporcionais às suas áreas transversais. Algumas técnicas avançadas da metalurgia do pó em desenvolvimento, já superam esse problema.
- O processo produz uma porosidade residual que deve ser eliminada, no caso de aplicações que requerem altas solicitações mecânicas.

#### 4.3.4 – Tipos de produtos obtidos pela metalurgia do pó

Os produtos obtidos pela metalurgia do pó podem ser divididos em dois grandes grupos, I e II.

##### - Grupo (I)

Aqueles que por suas características próprias ou pelas propriedades finais desejadas, só podem ser obtidos pela técnica de compactação e sinterização, a partir de pós, exemplos:

- **Metais refratários** - (W, Mo, Ta, Nb).

- **Metais duros** - Tais como carbonetos de W, Ti, Ta, e Nb associados a um metal aglomerante, do grupo do Fe, no caso o Co, apresentam elevada dureza à temperatura ambiente, mantendo a dureza às altas temperaturas.

- **Materiais porosos** - Para aplicação em filtros, buchas autolubrificantes para mancais e as placas das baterias alcalinas.

- **Materiais de fricção** - Constituídos por um metal base (Cu ou Fe), um ou mais pós-abrasivos;  $Al_2O_3$  (alumina), SiC (carbeto de silício),  $SiO_2$  (sílica), SiFe (siliceto de ferro) e, um ou mais pós lubrificantes do tipo grafita, Pb e o MoS (sulfeto de molibdênio).

- **Materiais para contato elétrico** do tipo metalgrafita e materiais compostos:

- A **grafita** se presta a contatos elétricos de baixa densidade de corrente, com baixa perda mecânica. Para aumentar a capacidade de transporte de corrente e dissipação de calor, adiciona-se liga de Cu e de Ag, que possuem alta condutibilidade, porem, possuem alto coeficiente de atrito.

- Os **materiais compostos** - procura-se combinar as propriedades do Cu e Ag com as características de alta resistência ao calor, ao desgaste e à formação de arcos de metais refratários como o tungstênio e o molibdênio.

- **Ligas pesadas** (W-Cu, W-Ni-Cu, W-Ni-Fe).

**- Grupo (II)**

O dos produtos que, embora possam ser fabricados pelos processos metalúrgicos convencionais, tem na metalurgia do pó uma produção com mais eficiência (facilidade de automação) e, econômica (extrusão de tubos sem costura).

O setor de metalurgia do pó vem experimentando desenvolvimento tecnológico significativo no sentido de otimizar as propriedades dos materiais e a sua performance em serviço, a fim de atender indústrias altamente sofisticadas como aeroespacial, eletrônica e nuclear.

A tabela 4.4 mostra alguns produtos sinterizados, com relação ao material e suas propriedades, oferecendo uma visão geral das principais aplicações desses produtos. Com exceção das peças estruturais, os demais produtos listados, só podem ser obtidos através da técnica da metalurgia do pó. [11]

**Tabela 4.4** - Produtos sinterizados, aplicações e propriedades [11]

PRODUTOS	APLICAÇÕES	MATERIAL	PROPRIEDADES
<b>Peças estruturais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veículos motorizados</li> <li>• veículos ferroviários</li> <li>• eletrodomésticos</li> <li>• máquinas agrícolas</li> <li>• mecânica fina - máquina de escrever e de calcular, fotocopiadoras e computadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de Fe puro</li> <li>• Fe-Cu-Ni ,</li> <li>• Fe-Cu-Ni-Mo e Fe-Cu-P</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• boa resistência mecânica</li> </ul>
<b>Peças porosas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• filtros metálicos</li> <li>• mancais e buchas autolubrificantes</li> <li>• condensadores</li> <li>• próteses para uso medicinal</li> <li>• eletrodomésticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de Cu e Ni</li> <li>• Ligas ferrosas inoxidáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alta tensão de capilaridade</li> </ul>
<b>Materiais refratários</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• indústrias bélicas e nuclear</li> <li>• filamentos de lâmpadas</li> <li>• resistência de fornos</li> <li>• proteções contra radiação</li> <li>• ferramentas antivibratórias</li> <li>• lâminas para turbinas à vapor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de W-Mo, Nb e Ta</li> <li>• Ligas de W com adições de Cu, Ni e Fe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alta resistência mecânica em temperaturas elevadas e à corrosão</li> <li>• alto ponto de fusão</li> <li>• capacidade de absorver radiações</li> </ul>
<b>Materiais de fricção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• freios e embreagens para veículos automotivos e aviões</li> <li>• peças para barcos, guindastes, locomotivas, máquinas industriais e motores elétricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de Cu e Fe-Cu com adições de SiC, SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alto coeficiente de fricção</li> <li>• boa resistência mecânica e ao desgaste</li> <li>• boa condutividade térmica</li> </ul>
<b>Contactos elétricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reguladores de voltagem</li> <li>• interruptores de ignição</li> <li>• relés, disjuntores e contactores elétricos</li> <li>• peças para indústria automobilística</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de Ag e W puros</li> <li>• Ligas Ag-W, Ag-WC</li> <li>• Ag-Ni, Cu-W e Cu-WC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• boa resistência mecânica</li> <li>• boa condutividade elétrica e térmica</li> </ul>
<b>Metal duro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ferramentas para mineração e perfuração</li> <li>• ferramentas para laminação, trefilação e extrusão</li> <li>• matrizes e punções para forja, estampagem, corte e compactação de pós</li> <li>• Insertos para fresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liga WC-Co</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elevada dureza e resistência ao desgaste</li> <li>• boa resistência mecânica</li> <li>• alto ponto de fusão</li> </ul>

#### 4.3.2 – Obtenção dos pós

Geralmente, os pós são adquiridos de fornecedores especializados, de modo que a produção do pó a ser utilizado para a obtenção do produto, não é responsabilidade de quem faz o produto. Entretanto, em alguns casos, o pó precisa ser fabricado também pelo metalurgista do pó. De qualquer modo, o pó a ser utilizado nas etapas posteriores, deve ter propriedades adequadas, pois, as propriedades finais da peça produzida, dependem de cada uma das etapas do processo, incluindo as características do pó.

Muitos metais e ligas metálicas são naturalmente obtidos por técnicas extrativas, na forma de pó. A técnica apenas deve ser ajustada para que produza pós com características adequadas e reprodutíveis.

Na fabricação dos pós, várias técnicas podem ser empregadas tais como [8]:

#### - Atomização

Pós de alumínio, aço, ferro, cobre, bronze, além de outros, podem ser feitos através de *atomização*, conforme mostrada na figura 4.7. Esta técnica consiste em fundir o material em um forno e transferir o metal para uma panela de vazamento com um sifão no fundo.

Um filete do líquido escorre do orifício e é bombardeado por um feixe líquido, ou de um gás. O filete é então subdividido em finíssimas gotículas que caem em um líquido e que são imediatamente resfriadas [8].

Através deste método podem-se produzir pós com partículas quase esféricas e com uma distribuição granulométrica bem definida.



**Figura 4.7** – Formato de pó atomizado [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA

Com ligeiras modificações, este método pode ser usado para produzir pós com partículas de faces irregulares e porosas, semelhantes a uma *esponja* [10] como identificada na figura 4.8.



**Figura 4.8** – Formato de esponja [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA

### **- Reação química e decomposição**

Consiste na redução de óxidos metálicos, através do emprego de um agente redutor sólido (carbono) ou gasoso. Os metais mais comumente produzidos na forma de pó, por este processo são: o tungstênio, o molibdênio, o cobre e o ferro.

### **- Deposição eletrolítica**

Este processo emprega soluções metálicas e sais fundidos, sendo o metal precipitado no catodo da célula eletrolítica, quer na forma de pó, quer na forma que possa ser desintegrada mecanicamente. Os metais que se prestam a esse processo são: o ferro, o cobre, o níquel, o cádmio, etc.

### **- Processos mecânicos**

Consiste em produzir-se um impacto entre o material a ser desintegrado e uma massa dura, sendo o método mais utilizado a moagem do material, utilizando-se um moinho de bolas. Os pós mais comuns utilizados por este processo, são o dos metais bismuto e antimônio.

## **4.3.3 – Mistura, aglomeração e compactação.**

### **- Mistura**

Em muitos casos, os pós são fornecidos prontos para uso. Em outros casos, é necessário prepará-los para uso posterior. Em todos os casos, é importante conhecer as características deste pó para que se saiba se ele é adequado para o processamento em que se quer empregar.

As características mais importantes dos pós são: a composição e o tamanho médio de partícula, mas eventualmente, outras características podem ser importantes, tais como a distribuição de tamanho de partícula, os principais contaminantes, a forma

das partículas, a área superficial específica ( $m^2/g$ ), a reatividade, a densidade aparente, o ângulo de repouso, a fluidez, a compressibilidade, a toxicidade, a piroforicidade, entre outras. Todas estas características estão direta ou indiretamente relacionadas às etapas seguintes de processamento ou as reações que podem ocorrer entre os materiais e/ou entre estes e a atmosfera de processamento.

Quando os pós recebidos não são adequados para uso direto, então eles devem sofrer um tratamento antes de se iniciar a seqüência usual da metalurgia do pó. Este tratamento é comum quando se pretende fazer uma liga e os pós dos constituintes devem ser misturados e homogeneizados.[12]

Quando se deseja misturar pós-diferentes para formar uma liga ou mesmo usar pós de mesma natureza, porém, de estoques diferentes, é necessário fazer uma mistura dos pós e garantir a homogeneização dela.

Existe uma variedade de equipamentos que garantem diferentes níveis de qualidade de mistura e homogeneização, podendo-se fazer a mistura mecânica, usando um misturador em V ou em Y. Utilizam-se igualmente, tambores cilíndricos rotativos, horizontais ou inclinados.

Na operação da mistura, quando se deseja aumentar a compressibilidade dos pós e proteger a matriz de compactação coloca-se nos pós, um agente que servirá como um atenuador do atrito entre as partículas e entre estas e as paredes da matriz de compactação, durante a conformação dos pós.

Ceras ou grafita em pó são usadas como substâncias lubrificantes. Em geral, elas formam uma fina camada sobre a superfície das partículas. É na etapa da mistura e homogeneização que as partículas são cobertas para protegê-las contra a oxidação e, quando se pretende promover a aglomeração dos pós-metálicos.

#### **– Aglomeração**

A aglomeração das partículas é também um recurso usado para aumentar a fluidez do pó, pois, pós de partículas maiores escorrem mais facilmente. Existem diversas técnicas para isso. A mais comum é a mistura do pó com alguma substância geralmente orgânica, podendo ser usado o álcool, acetona e também a cera.

Esta substância une diversas partículas, formando um aglomerado. Se estes aglomerados têm forma arredondada, maior será sua fluidez.

Outro método simples de aglomeração é a compactação do pó à baixa pressão, provocando a aglomeração de partículas por meio da pressão [13].

Recomenda-se para o pó-metálico que apresenta uma certa toxicidade ou ele é muito fino, que o mesmo seja aglomerado, recebendo a adição das substâncias orgânicas, para diminuir a concentração das partículas em suspensão, no ambiente de trabalho.

**- Melhorias das propriedades**

Também é na fase da mistura e homogeneização que pós-metálicos, de outros elementos químicos são adicionados, com o intuito de alterar as propriedades do produto final. A figura 4.9 mostra para o material ferro fundido cinzento, que a adição de pós-metálicos, tais como o C, Cu, Ni, Mo e o MnS, que eles alteram as propriedades mecânicas do produto final, conforme demonstrado na figura 4.9[10]

	<i>C</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>MnS</i>
<i>Resistência Mecânica</i>	↑	↑	↑	↑	=
<i>Dureza</i>	↑	↑	↑	↑	=
<i>Resistência ao desgaste</i>	↑	↑	↑	↑	=
<i>Resistência a fadiga</i>	↑	↑	↑	↑	↓
<i>Temperabilidade</i>	↑	↑	↑	↑	=
<i>Usinabilidade</i>	↑↓	↑↓	↓	↓	↑
<i>Compressibilidade</i>	↓	↓	↓	=	↓
<i>Controle Dimensional</i>	↓	↓	↓	=	=

**Figura 4.9** – Melhoria das propriedades no produto, para o ferro fundido cinzento [10]  
 Fonte: Cortesia Mahle MIBA

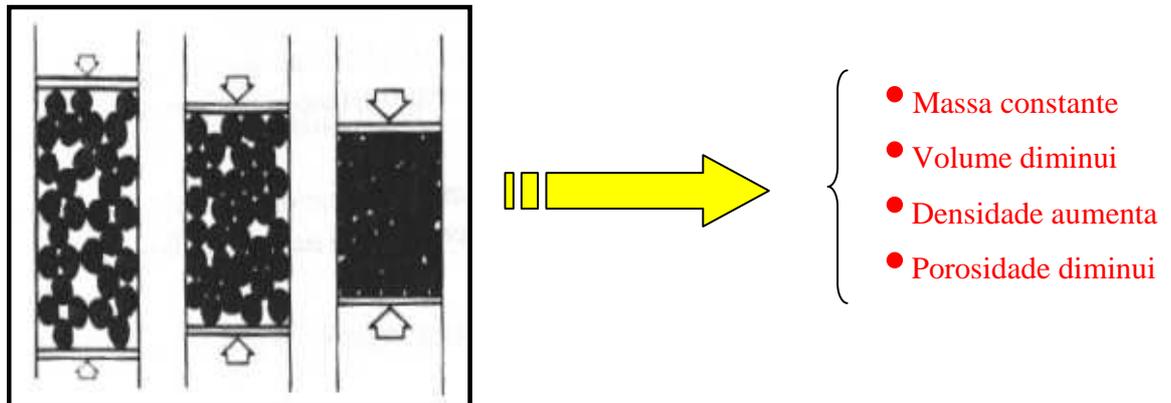
### 4.3.3 - Compactação / conformação

Uma das vantagens competitivas que tem a metalurgia do pó é sua capacidade de produzir peças em seu formato final ou próximo a este, dispensando assim, dispendiosas etapas de acabamento, ou exigindo um trabalho de acabamento muitíssimo mais reduzido que outras técnicas. Isto é possível porque a peça é tornada rígida já em sua forma final. Isto significa que se deve dar à massa de pó uma forma geométrica. A esta tarefa, dá-se o nome de conformação [13].

A compactação é a etapa nas quais as partículas de pó são comprimidas umas contra as outras em uma cavidade de uma matriz, resultando na forma do produto mais desejado.

As irregularidades superficiais das partículas intertravam-se por deformação plástica e certa quantidade de solda a frio ocorre entre suas superfícies.

O objetivo é obter um compactado *verde* com nível de densidade ou porosidade desejada, e resistência suficiente para suportar o manuseio até a sinterização, sem danos [14]. Na figura 4.10 apresenta-se a seqüência do processo de densificação dos pós-metálicos onde a massa permanece constante o volume e as porosidades diminuem e a densidade aumenta.



**Figura 4.10** - Densificação dos pós-metálicos [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA

Existem três procedimentos básicos de prensagem dos pós, a saber: uniaxial, isostático (ou hidrostático) e a prensagem a quente. [15]

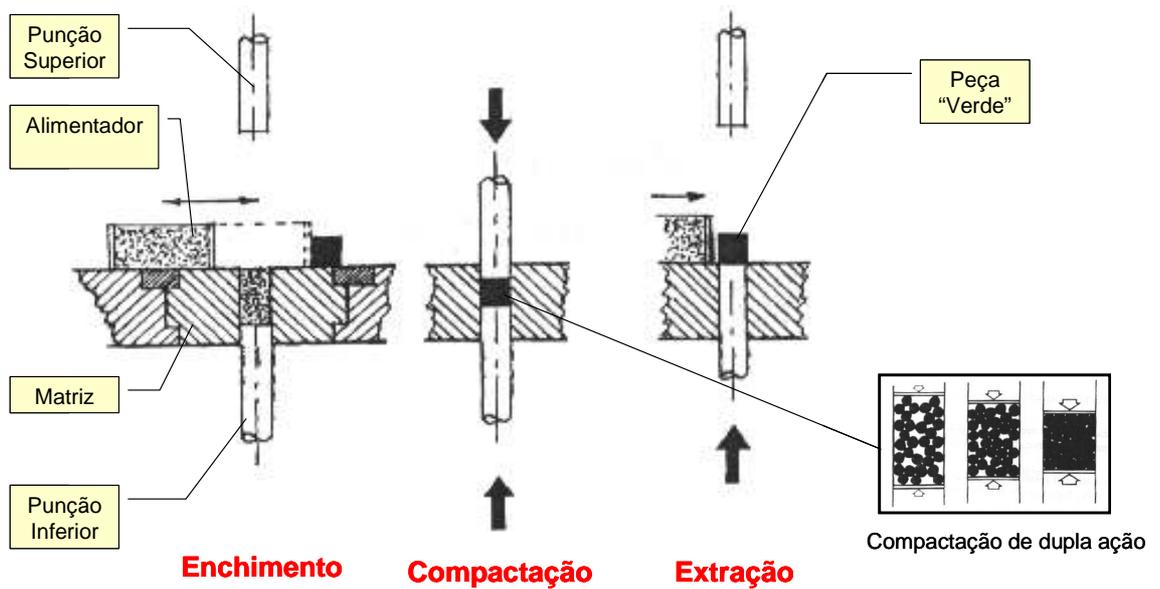
#### **- Prensagem uniaxial**

Esta é a forma mais comum de conformação usada na metalurgia do pó. Necessita de uma prensa e de um molde, denominado matriz. A matriz é composta por uma cavidade e um êmbolo. Ambos possuem formas apropriadas, relacionadas à forma da peça. O pó é colocado dentro do molde e o êmbolo é pressionado pela prensa, contra o pó. Depois que a pressão é retirada, a peça é sacada da cavidade na forma desejada. Este tipo de conformação possui muitas vantagens.

As maiores são a simplicidade e a possibilidade de automação, o que permite produção em larga escala.

As principais desvantagens são os altos custos do ferramental, principalmente devido às matrizes e a seu grande desgaste, a limitação das formas que se pode obter (peças com certa simetria, principalmente cilíndricamente simétricas) e a limitação do tamanho destas peças, impostas pela capacidade de prensa usada para a prensagem do pó.

A prensagem uniaxial possui outra limitação, ou seja, a pressão não é aplicada de modo uniforme ao longo de toda massa de pó. Isto resulta em gradientes de densidade na peça prensada, o que pode levar a defeitos nas etapas posteriores. O procedimento de compactação uniaxial está esboçado na figura 4.11 [10]



**Figura 4.11** – Ciclo de compactação [10]  
 Fonte: Cortesia Mahle MIBA

### **- Prensagem isostática**

Na prensagem isostática o material pulverizado está contido em um envelope de borracha, e a pressão é aplicada por um fluido isostaticamente (isto é, ele possui a mesma magnitude de pressão em todas as direções).

São possíveis formas mais complicadas do que em uma situação de prensagem uniaxial; entretanto, a técnica isostática consome mais tempo e é de execução de mais alto custo.

Tanto para o procedimento uniaxial como para o isostático, é exigida uma operação de tratamento térmico de sinterização, após a operação de prensagem [15].

Durante o tratamento térmico de sinterização, a peça moldada apresenta uma contração em volume e experimenta uma redução em sua porosidade, juntamente com uma melhoria de sua integridade mecânica.

Essas alterações ocorrem mediante a coalescência das partículas de pó para formar uma massa mais densa, em um processo conhecido como sinterização [15].

### **- Prensagem a quente**

Com a prensagem a quente, a prensagem do pó e o tratamento térmico são realizados simultaneamente, ou seja, o agregado pulverizado é compactado a uma temperatura elevada.

O procedimento é usado para materiais que não formam uma fase líquida, exceto quando submetidos a temperaturas mais elevadas e impraticáveis de serem aplicadas.

Está é uma técnica de fabricação de alto custo, que possuem algumas limitações.

Ela é onerosa em termos de tempo uma vez que, o molde e a matriz devem ser aquecidos e resfriados a cada ciclo, além disso, geralmente o molde é de fabricação com alto custo, além de possuir normalmente uma vida útil curta [15].

#### **4.3.4 - Sinterização**

Sinterização pode ser brevemente definida como um processo termicamente ativado, através do qual, um conjunto de partículas apenas em contato mútuo, ligam-se umas às outras, formando uma superestrutura rígida, total ou parcialmente denso.

É o processo em que, sob determinadas condições termodinâmicas (temperatura, tempo e atmosfera) ocorre à ligação metalúrgica entre partículas e difusão dos elementos de liga.

O objetivo é elevar significativamente as propriedades mecânicas do compactado.

Diferentes materiais e pós com diferentes características, sinterizam diferentemente, porém, pode-se agrupar todos estes tipos em duas classes: a sinterização por fase sólida e a sinterização por fase líquida.

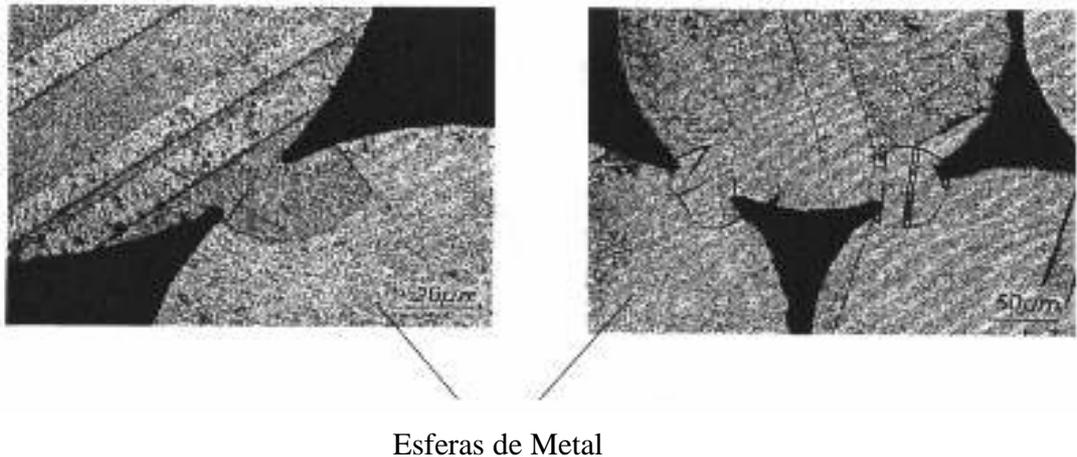
##### **- Sinterização por fase sólida**

Neste caso, durante o processo de aquecimento, nenhuma das fases do material sob sinterização está presente na forma líquida. O mecanismo de sinterização é a difusão atômica em estado sólido. Dito de forma breve, o processo de sinterização de um material monofásico, dá-se pela tendência que tem o material de minimizar sua energia, o que pode ser feito diminuindo sua área superficial (diminuição da energia do material). Deste modo, regiões das partículas que possuem altas áreas superficiais específicas (energia por unidade de massa) devem ter suas formas suavizadas, ou seja, seus perfis tornam-se mais arredondados. A área de contato entre duas partículas é uma região com esta característica. A forma de diminuir a superfície desta região é a criação de um contato entre as partículas, chamado pescoço, conforme mostrado nas figuras 4.12 e 4.13. Para isto, átomos de ambas as partículas migram delas para a região de contato. Assim, o pescoço aparece e cresce com o tempo, dependendo da temperatura, uma vez que, o transporte ocorre por difusão. São diversos as fontes de átomos e seus percursos, da fonte ao pescoço.

Como o transporte atômico ocorre por difusão de lacunas, pode-se entender que as lacunas têm origem na área do pescoço e, sumidouro nas fontes dos átomos. A criação destes pescoços nos contatos entre as partículas, torna a estrutura interconectada e mais rígida. Com o crescimento destes pescoços, a peça fica cada vez mais rígida. A tendência é que toda a porosidade interna da peça desapareça e ela se torne completamente densa. Isto de fato ocorre, se a temperatura for alta e o tempo for longo o suficiente [16].

Quando a sinterização ocorre entre materiais diferentes, o processo é mais complicado, pois envolve interdifusão de diferentes espécies atômicas e a formação de ligas e fases intermediárias, podem ocorrer. Neste caso, até mesmo a sinterização pode não acontecer, pois as variações de energia devidas à interação entre as diferentes fases podem exceder em muito a variação de energia devido à sinterização. Quando esta variação de energia permite a sinterização, esta pode ser retardada ou acelerada. No último caso, a sinterização é dita ser ativada por reação.

Pescoços de sinterização formados por difusão das partículas do metal



**Figura 4.12** - Sinterização – mecanismos [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA



**Figura 4.13** – Micrografia eletrônica de varredura de uma fratura em um componente sinterizado [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA

#### **- Sinterização por fase líquida:**

Neste tipo de sinterização, necessariamente existem no mínimo dois diferentes materiais misturados sinterizando. Uma fase líquida surge à determinada temperatura como consequência da fusão de um dos componentes ou de uma reação entre eles. É esta fase líquida a responsável pela diminuição da energia superficial do sistema e pelo fechamento da porosidade, provocando o enrijecimento da estrutura quando a temperatura é abaixada e o líquido é solidificado.

A sinterização é feita em temperaturas específicas que dependem do tipo de sinterização a ser feito e dos materiais a serem sinterizados. A atmosfera do forno de sinterização é um outro aspecto a ser observado, pois pode ser manejada para provocar ou evitar certas reações [16].

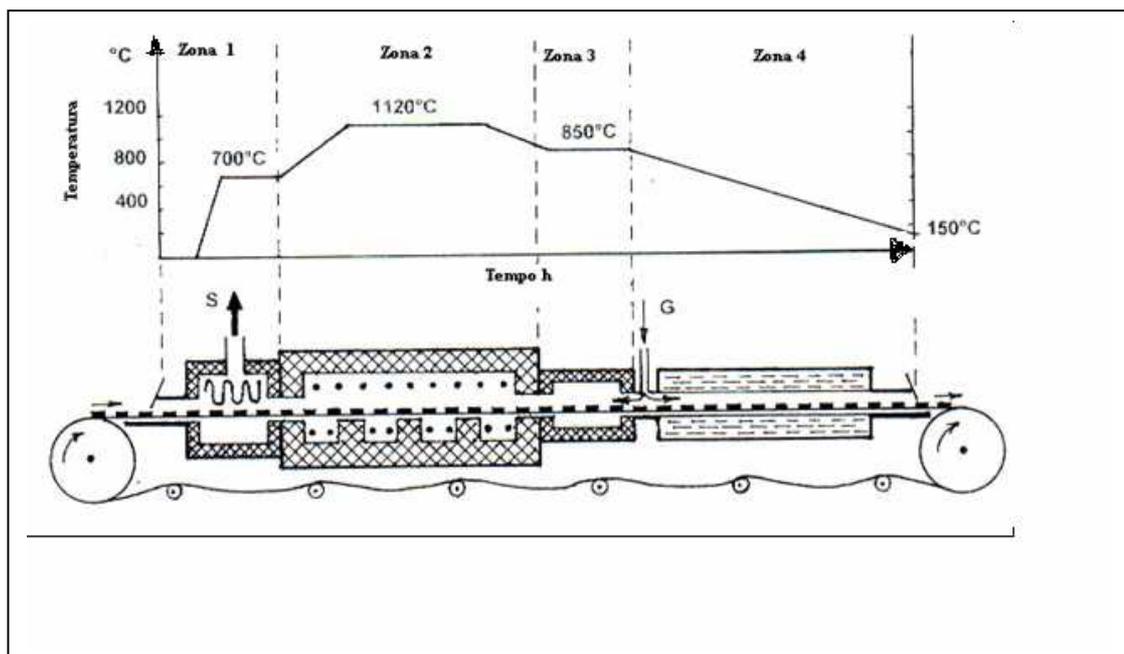
### – Equipamentos de sinterização

São inúmeros os tipos de fornos empregados na metalurgia do pó, assim como é grande a variedade de atmosferas protetoras. De uma maneira geral, as fontes de aquecimento podem ser classificadas em:

*Gás*, utilizado geralmente até temperaturas da ordem de 1180°C.

*Eletricidade*, pelo emprego de elemento de resistências. Exemplo Ni-Cr, até temperatura da ordem 1150°C, ao molibdênio até temperatura da ordem de 1800°C [8]

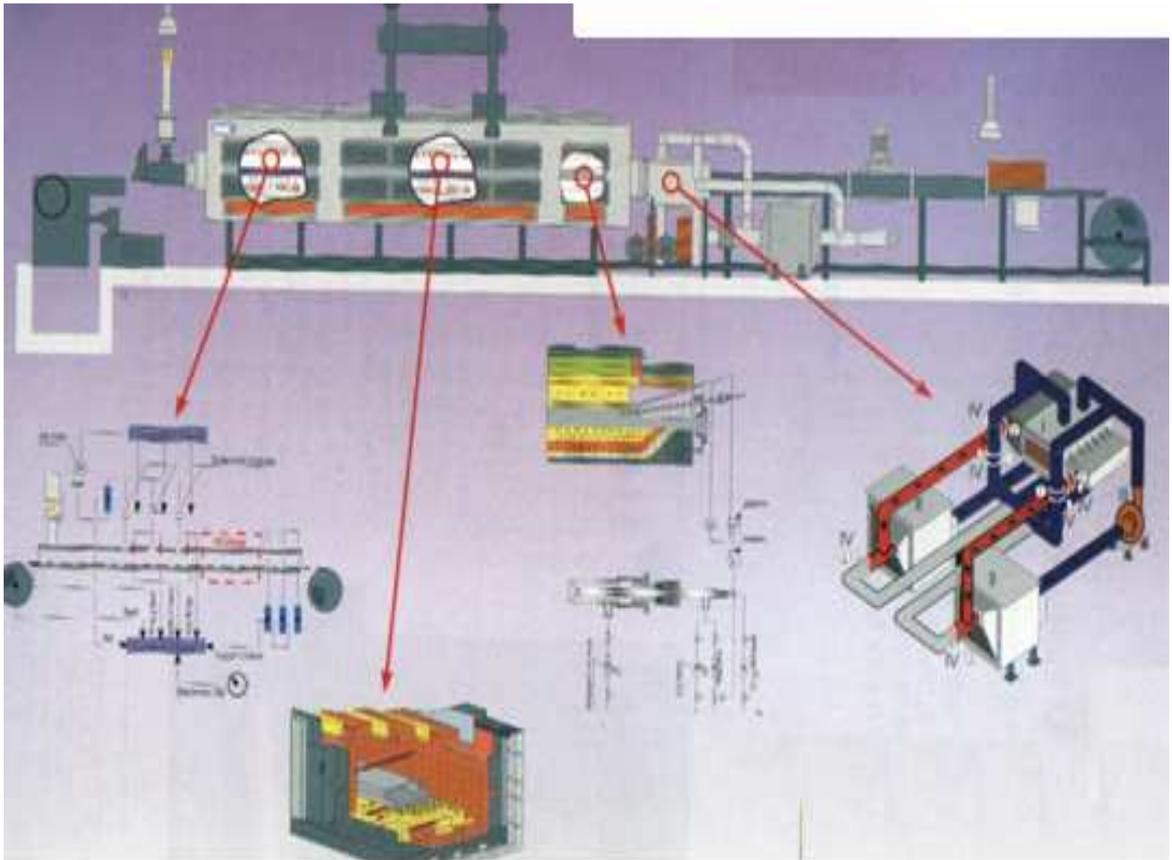
A figura 4.14 mostra esquematicamente um dos tipos de forno mais empregado o de esteira contínua.



**Figura 4.14** - Esquema de um forno de esteira contínua [10]

Fonte: Cortesia Mahle MIBA

A figura 4.15 mostra esquematicamente um forno elétrico de esteira contínua, destacando em detalhe, as varias câmaras de aquecimento em função de suas temperaturas.



**Figura 4.15** – Esquema de um forno elétrico de esteira contínua com detalhes das câmaras de temperaturas [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA

### 4.3.5 – Operações complementares

Nem sempre, a operação de peças sinterizadas termina na operação final de sinterização.

Comumente são empregadas operações complementares, com o objetivo de dar melhor acabamento ou maior precisão dimensional às peças, melhorar sua densidade, dureza e resistência mecânica, recobri-las com revestimentos protetores [8]. Abaixo, relacionamos as operações mais empregadas pelas indústrias:

#### – Calibragem

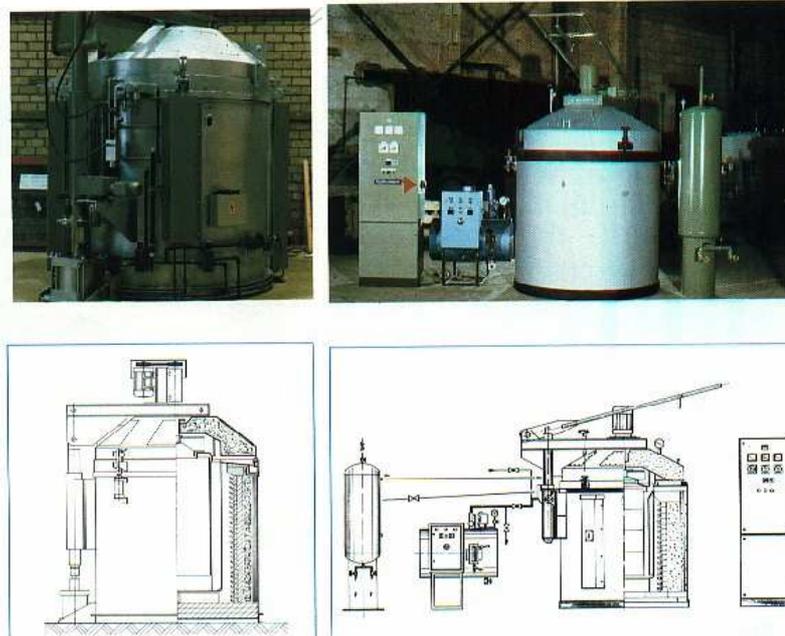
É o processo pelo qual se corrige a distorção dimensional, proveniente da etapa de sinterização, quando necessário.

Adicionalmente há melhoria do acabamento superficial e/ou aumento das propriedades mecânicas.

#### – Tratamento a vapor

É o processo pelo qual se forma uma camada de óxido de ferro estável pela reação química do ferro com vapor de água. Normalmente esse tratamento é feito em um forno tipo poço conforme mostrado na figura 4.16.

Tem como objetivos, elevar a resistência à oxidação/ corrosão, dureza, resistência ao desgaste e conferir relativa impermeabilização [10].



**Figura 4.16** – Forno elétrico tipo poço [10]  
 Fonte: Cortesia Mahle MIBA

#### – Nitretação por plasma

É o processo pelo qual se forma uma camada nitretada pela reação iônica do nitrogênio com o ferro e outros elementos de liga [10].

O objetivo é elevar a dureza superficial e a resistência ao desgaste, com baixa deformação no componente e de forma limpa.

A figura 4.17 mostra um forno elétrico tipo poço com detalhes da tubulação de gás de nitrogênio.



**Figura 4.17** - Forno elétrico tipo poço com detalhe da tubulação para a injeção de nitrogênio [10]  
Fonte: Cortesia Mahle MIBA

#### – **Têmpera / revenimento**

É o processo pelo qual se resfria rapidamente a peça ao final da sinterização, gerando microestrutura martensítica/bainítica.

A tempera é seguida de revenimento para eliminação das tensões, melhoria da tenacidade e ajuste dos valores de dureza e da resistência mecânica [8].

#### – **Acabamento**

Devido ao tamanho médio relativamente reduzido, juntamente com formatos complexos das peças, o acabamento requer um procedimento e precauções especiais, diferentes dos fundidos e usinados.

Considerando-se a propriedade inerente da peça obtida pela metalurgia do pó, demandará cuidados especiais em cerca de todas as operações secundárias, tais como na limpeza e na rebarbação.

As rebarbas são formadas nas junções das ferramentas, no diâmetro externo, furos ou superfícies paralelas à direção de compactação.

Para retirar as rebarbas indesejáveis das superfícies da peça, o jateamento com granalhas de aço é muito usado, isto é feito em máquinas especiais onde as peças ficam girando enquanto um jato de granalha é dirigido sobre elas. Além de retirar as rebarbas, há um pequeno aumento da sua resistência mecânica, ocorrendo também, a formação de tensões compressivas, nas superfícies das peças [10].

#### 4.4 – Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *Normas NBR, NB e Projetos de normas*.
- [2] ELECTO EDUARDO SILVA LORA, *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. 2ºed. (2002). p.402-405
- [3] APOSTILAS PARA TREINAMENTO DE OPERADORES DE RETIFICAS, *Cortesia Grupo Mahle*.
- [4] P. S. SANTOS, *Ciência e Tecnologia de Argilas*. Vol. 2,2a Edição, Editora Edgard Blücher Ltda., S. Paulo, Brasil (1992) p. 666-672.
- [5] M. S. ANDRADE, N. M. M. OLIVEIRA, M. A. C. GÓES, S. C. A. FRANÇA, *Anais do 56º Congresso Anual da ABM*. Belo Horizonte, M.G. (2001) p.1019-1028.
- [6] A. C. MEISINER, *Diatomite, Mineral Commodity Summaries*. USA, (1981) p.46-47.
- [7] G P. SOUZAL, M. FILGUEIRA, R. ROSENTHALL, J. N. F. HOLANDA, *Caracterização de material compósito diatomáceo natural*. Cerâmica vol.49 n° 309 São Paulo Jan. /Mar. (2003).
- VICENTE CHIAVERINI, *Metalurgia do pó. Técnicas e Produtos 4ª edição ABM* (2001)
- [9] H. G. RUTZ, F. G. HANEJKO, LUKS. *Warm compaction offers high density at low cost*. Journal, Metal Powder Report (1994) 49 (9) p 40-47
- [10] CORTESIA MAHLE - MIBA
- [11] NUNES R. A, *Conformação de Materiais – DCMM-PUC Rio Introdução –* (2003). Doc.
- [12] G.F.BOCCHINI, *Warm compaction of metal powders: why it works, why it requires a sophisticated engineering approach*. Journal Powder Metallurgy, 42 (2) (1999) p 171-180.
- [13] H. F FISCHMEISTER, E. ARZT, *Densification of powders by particle deformation*. Journal Powder Metallurgy, 26 (2) (1983) p 82-88

[14] H. G. RUTZ, F. G. HANEJKO, *High density processing of high performance ferrous materials*. The International Journal of Powder Metallurgy. 31(1) (1995) p 9-17.

[15] WILLIAN D. CALLISTER JR, *Ciência e Engenharia de Materiais 5º edição* (2002)

[16] JULIO NAVARRO SANTO. *Apontamentos em sala de aula*.

## Capítulo 5 – Materiais e Métodos

---

### 5.1 - Considerações iniciais

Como pretendemos reciclar um resíduo industrial, precisamos de mais informações a respeito do resíduo, dos seus constituintes, das suas composições químicas, etc.

Sabemos que os anéis de pistão são fabricados com vários materiais diferentes do tipo: ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular e ferros fundidos cinzentos martensíticos, perfazendo um total de 17 tipos de composições químicas diferentes e não havendo a separação das ligas metálicas, durante a operação de retificação de desbaste das faces laterais dos anéis, gerando um subproduto constituído pelos três seguintes componentes: o resíduo metálico ferroso, proveniente do sobremetal removido das peças; o particulado do rebolo resinóide, sendo gerado em função do desgaste que o rebolo apresenta, ao remover o sobremetal das peças e o óleo solúvel em água, utilizado para refrigerar a ferramenta de corte, que neste caso é o rebolo.

Estes três componentes irão compor a “borra” ou a lama das retíficas. Esta lama, passa por um processo de filtração, cujo objetivo é a recuperação do óleo solúvel.

No sistema de filtração, temos o quarto componente do nosso subproduto que é a terra diatomácea. Este material, que é um mineral, apresenta um aspecto poroso, e se presta para atuar na operação de filtração.

Temos também que a reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente. Variáveis como o tipo do resíduo, a tecnologia empregada e a utilização proposta para o material reciclado, podem tornar o processo de reciclagem ainda mais importante do que o próprio resíduo o era, antes de ser reciclado. Desta forma, o processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados.

A quantidade de materiais e a energia, necessários ao processo de reciclagem podem representar um grande impacto para o meio ambiente. Todo o processo de reciclagem necessita de energia para transformar o produto ou, tratá-lo de forma a torná-lo apropriado a ingressar novamente na cadeia produtiva.

Tal energia dependerá da utilização proposta para o resíduo, e estará diretamente relacionada aos processos de transformações utilizados. Além disso, muitas vezes, apenas a energia não é suficiente para a transformação do resíduo. São necessárias também matérias-primas para modificá-lo, física e/ou quimicamente.

Como qualquer outra atividade, a reciclagem também pode gerar resíduos, cuja quantidade e características também vão depender do tipo da reciclagem escolhida. Esses novos resíduos nem sempre são tão ou mais simples, que aqueles que foram reciclados. É possível que eles se tornem ainda mais agressivo ao homem e ao meio ambiente, do que o resíduo que está sendo reciclado.

Dependendo da sua periculosidade e complexidade, estes rejeitos podem causar novos problemas, como a impossibilidade de serem reciclados, a falta de tecnologia para o seu tratamento, a falta de locais para dispô-lo e todo custo que isto ocasionará.(Apêndice E).

É preciso também considerar os resíduos gerados pelos materiais reciclados no final de sua vida útil e na possibilidade de serem novamente reciclados, fechando assim o ciclo [1].

## 5.2 - Metodologia de pesquisa

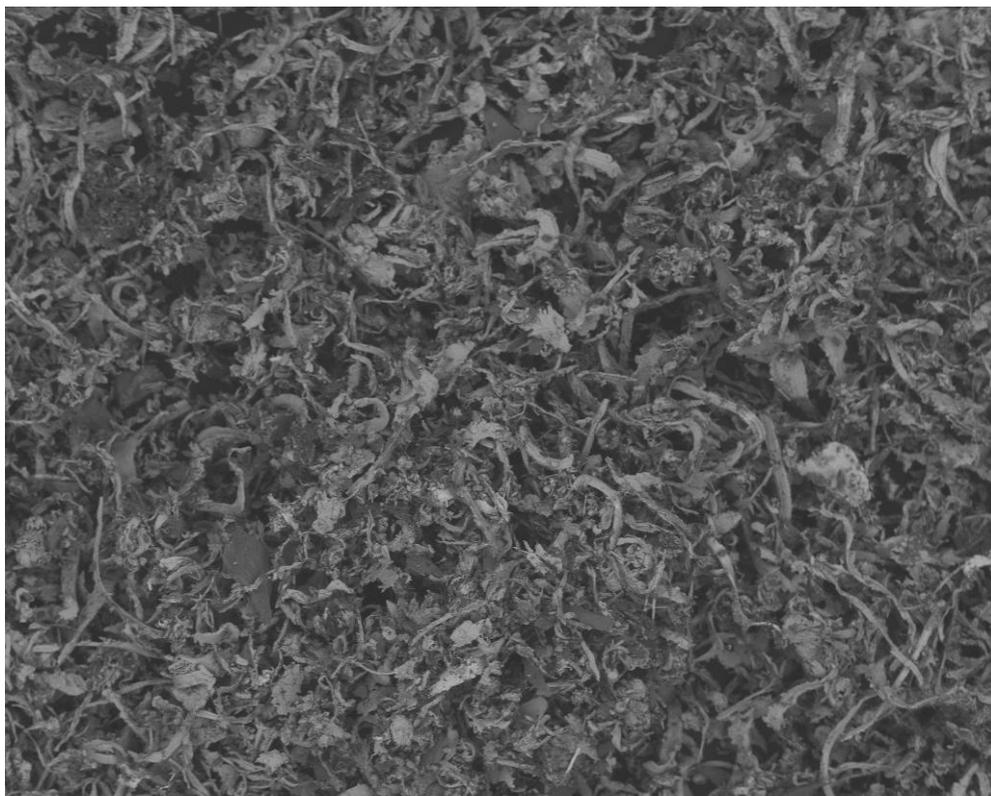
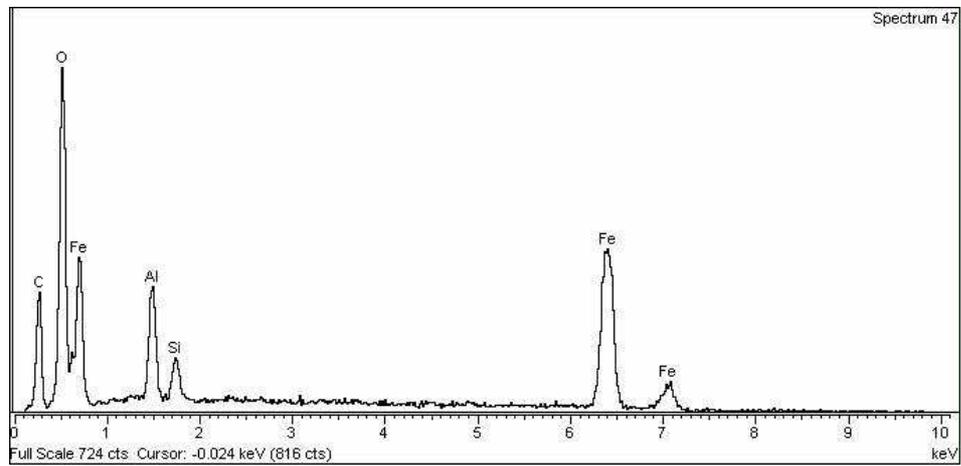
Um processo de pesquisa no desenvolvimento de um novo material ou produto, a partir de um resíduo que venha a se estabelecer como uma alternativa de mercado ambientalmente segura, é uma tarefa complexa, envolvendo conhecimentos multidisciplinares.

É fundamental um estudo das características físico-químicas e das propriedades dos resíduos, através de ensaios e métodos apropriados. Tais informações darão subsídios para a seleção das possíveis aplicações dos resíduos. A compreensão do processo que leva a geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado [1].

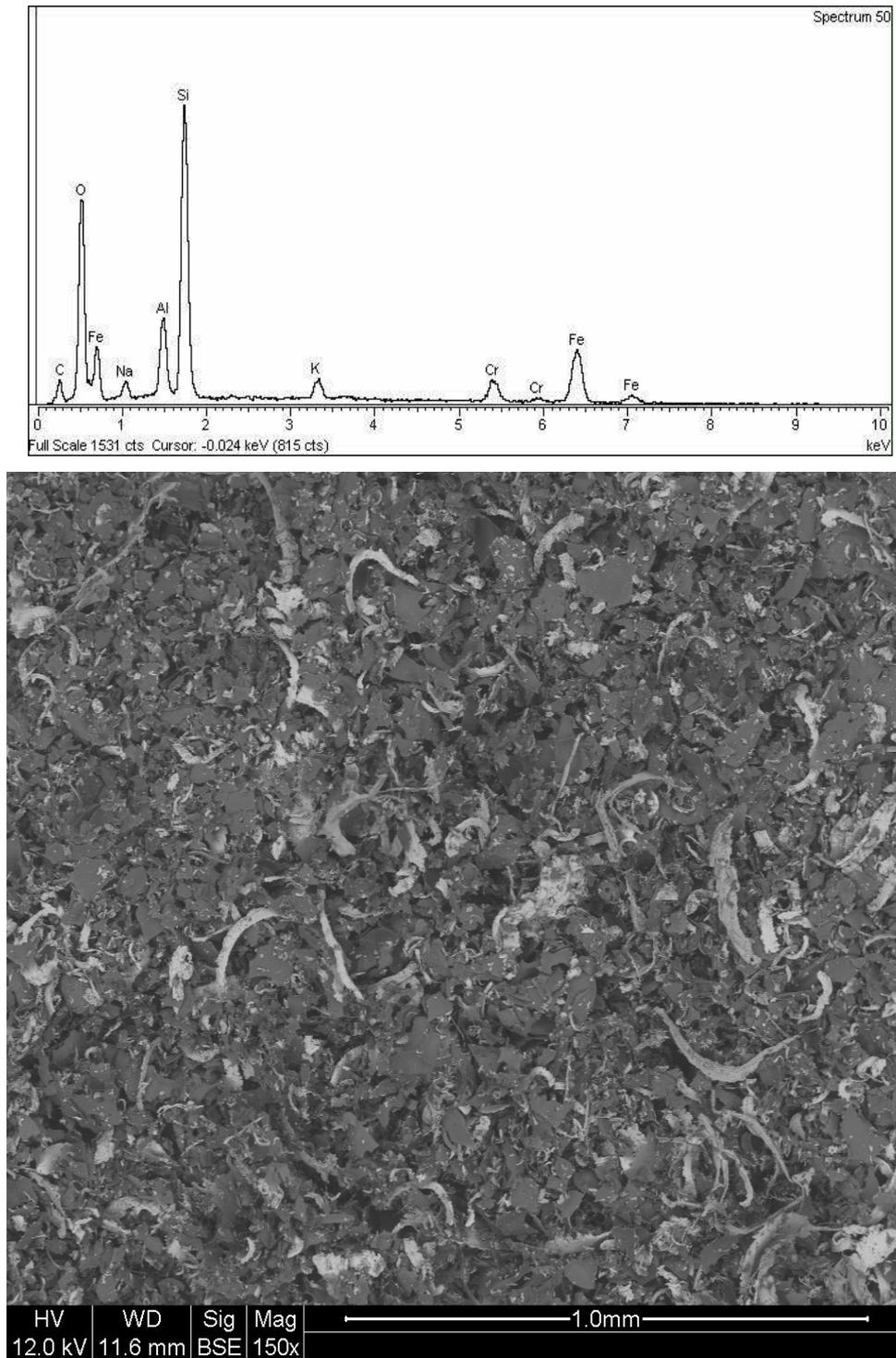
## 5.3 - Caracterização do subproduto

Diante das considerações apresentadas, foram coletadas oito amostras do subproduto, optando-se pela coleta das amostras para dias alternados, visando ter uma maior abrangência na amostragem, quanto aos diferentes materiais metálicos, pois, trata-se de 17 tipos de diferentes composições químicas que são produzidos mensalmente. As amostras foram identificadas e posteriormente analisadas no Centro Tecnológico (CT) das Indústrias da Mahle.

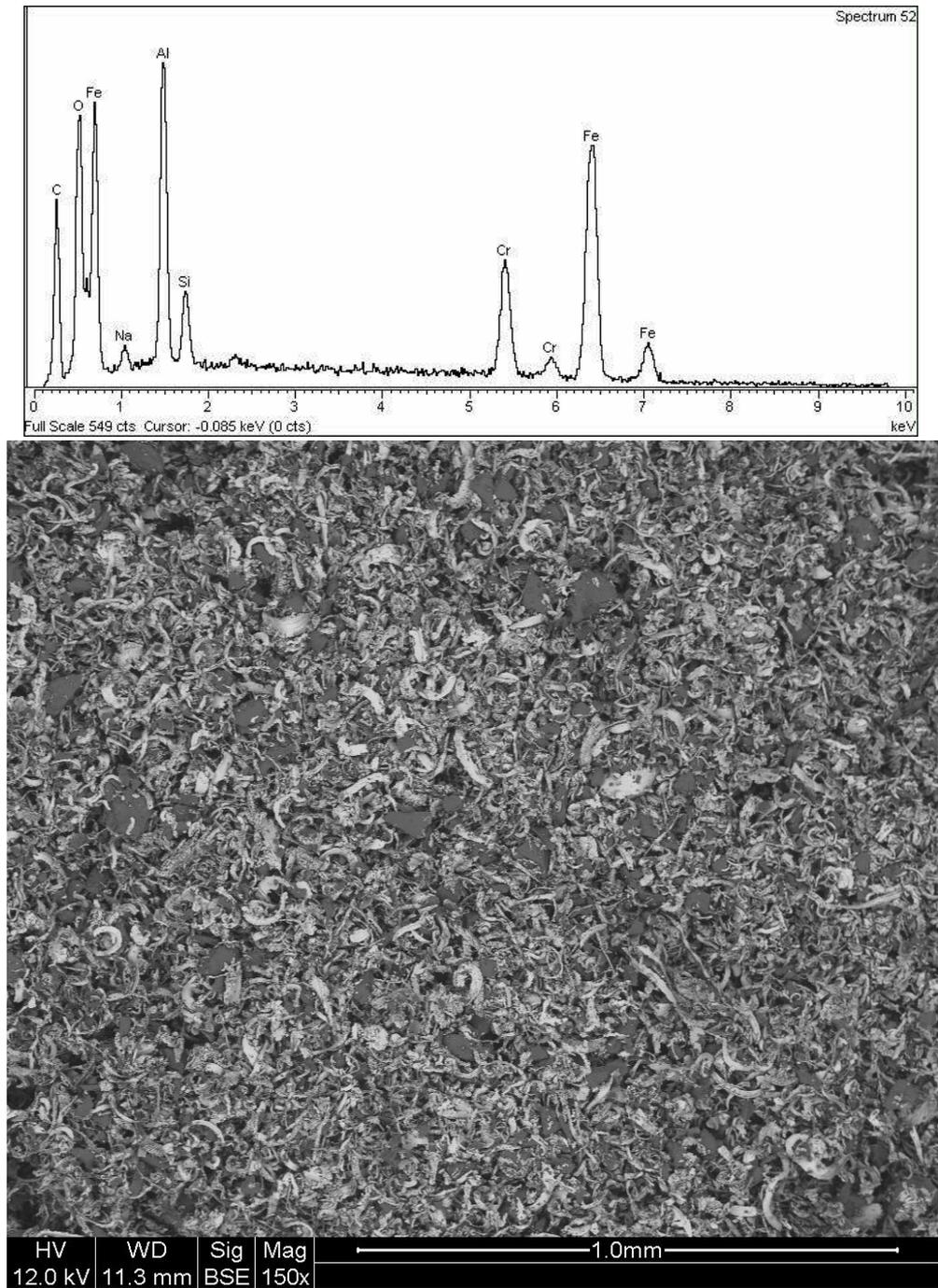
Os resultados da constituição química do material foram obtidos através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS), utilizando a radiação de tungstênio, em uma análise qualitativa, para os seguintes elementos químicos: carbono, oxigênio, ferro, cromo, molibdênio, potássio, silício, sódio, magnésio, cálcio, alumínio, titânio e manganês. Conforme resultado das 08 amostras coletadas que correspondentes à figura 5.1 (A, B, C, D, E, F, G e H).



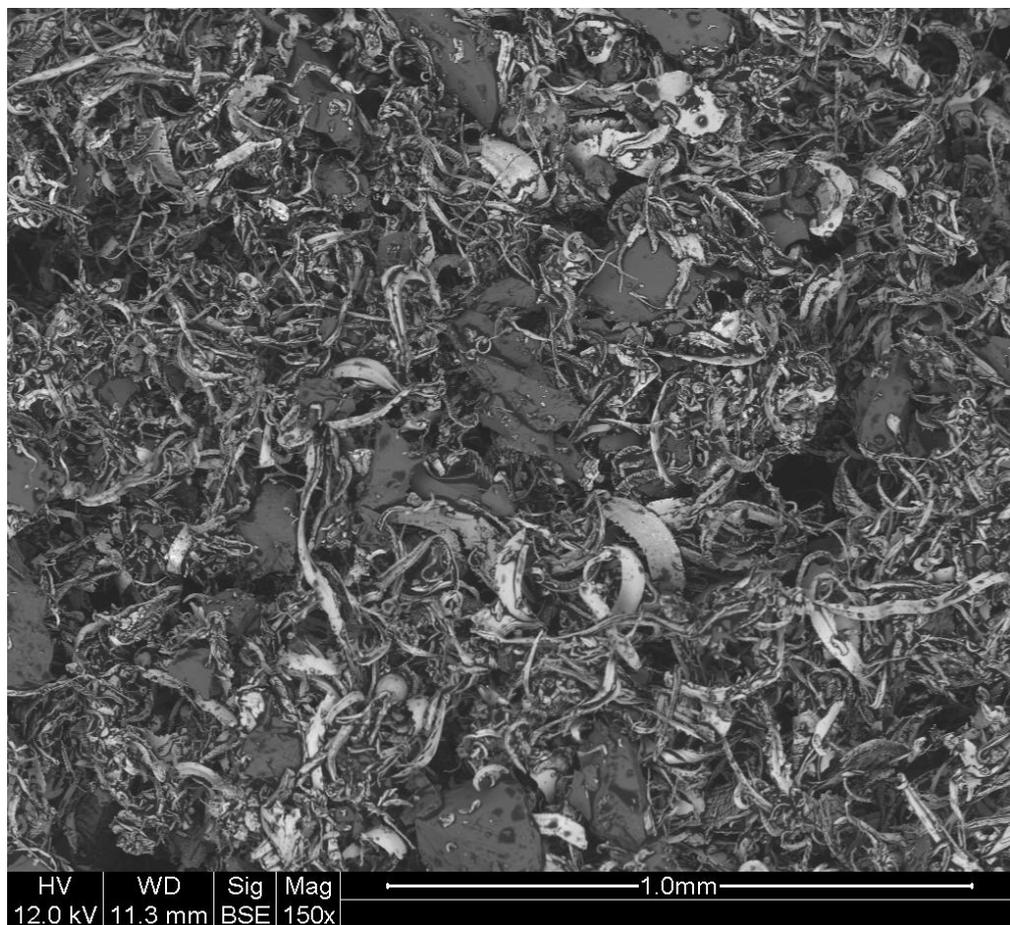
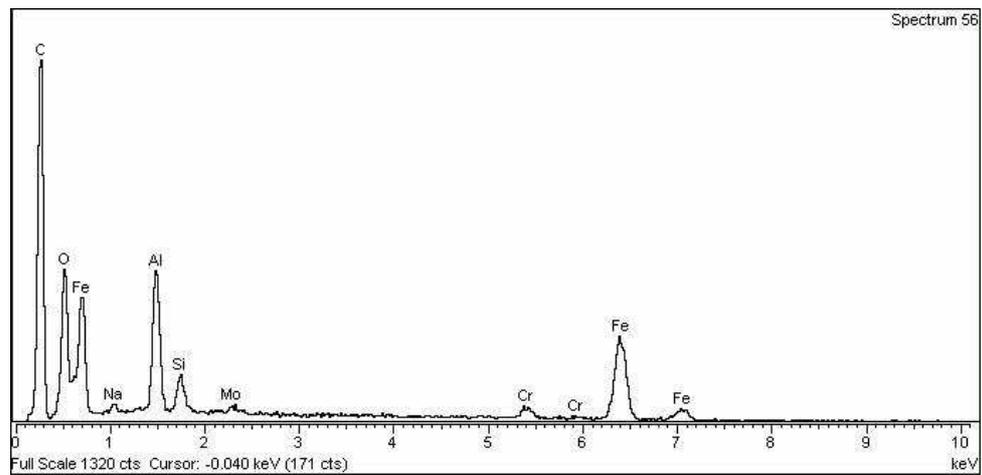
**Figura 5.1 (A)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Al e Si.  
Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



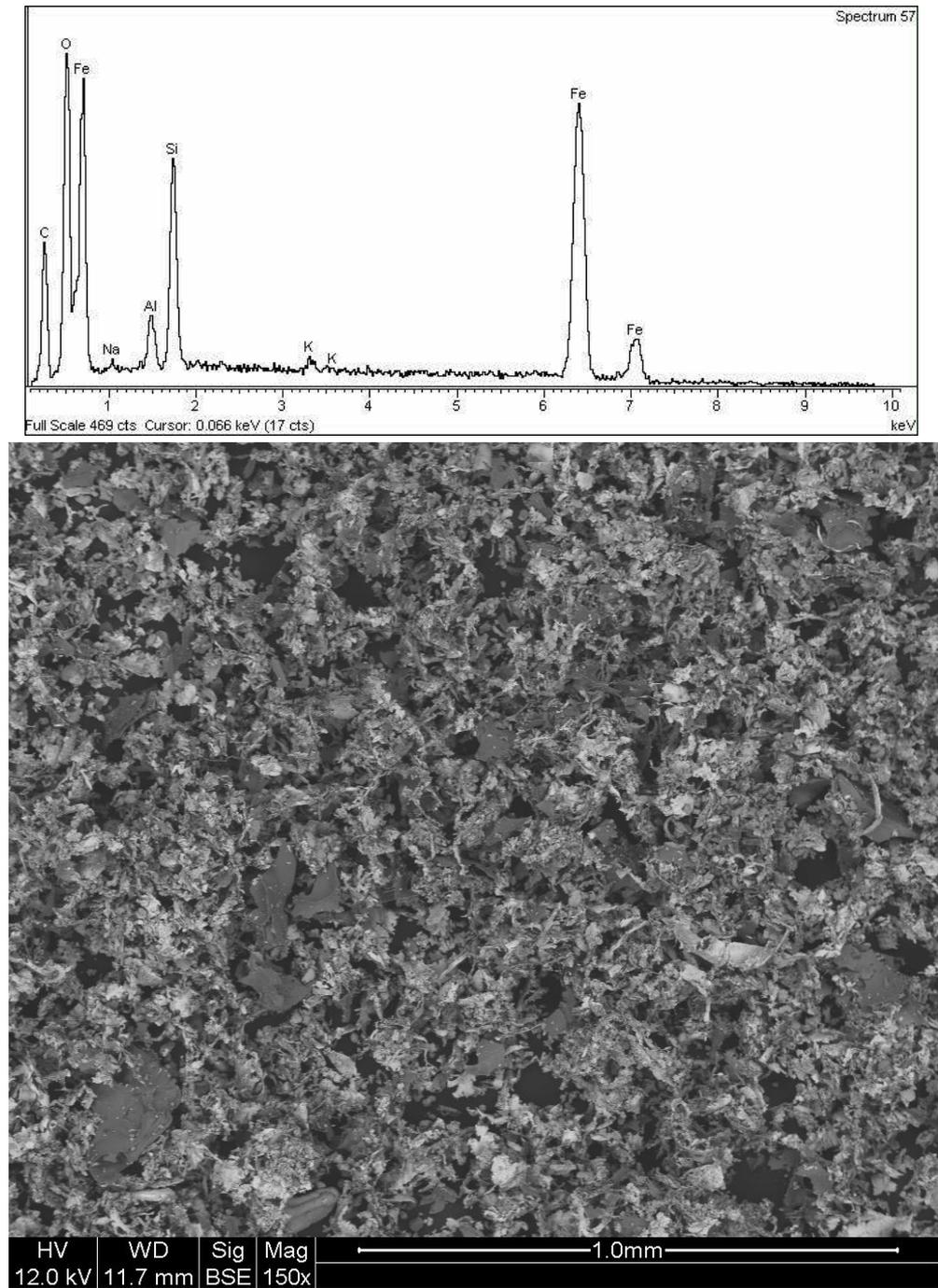
**Figura 5.1 (B)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: O, Fe, Na, Al, Si, K e Cr.  
Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



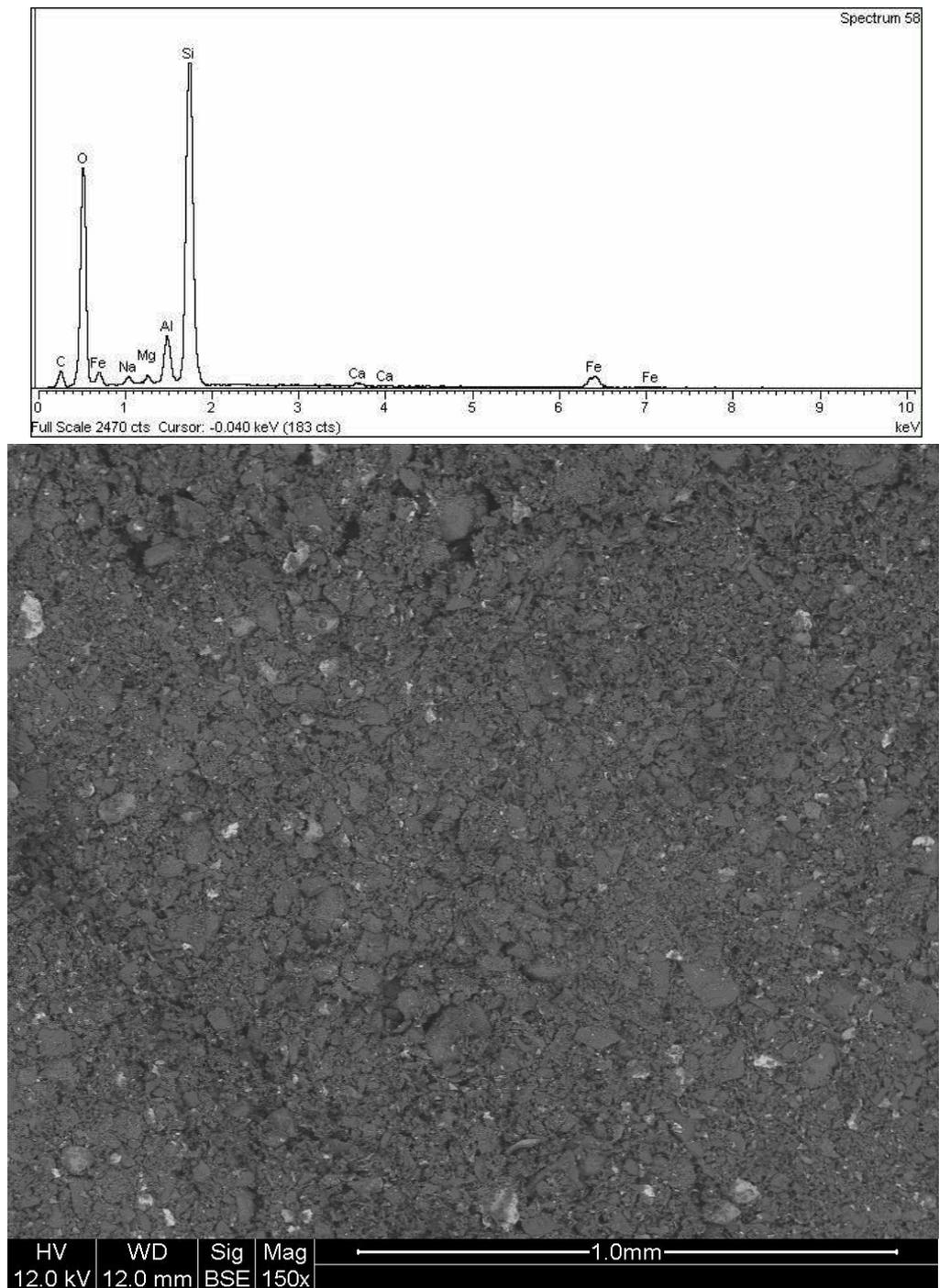
**Figura 5.1 (C)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Al, Si, e Cr.  
 Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



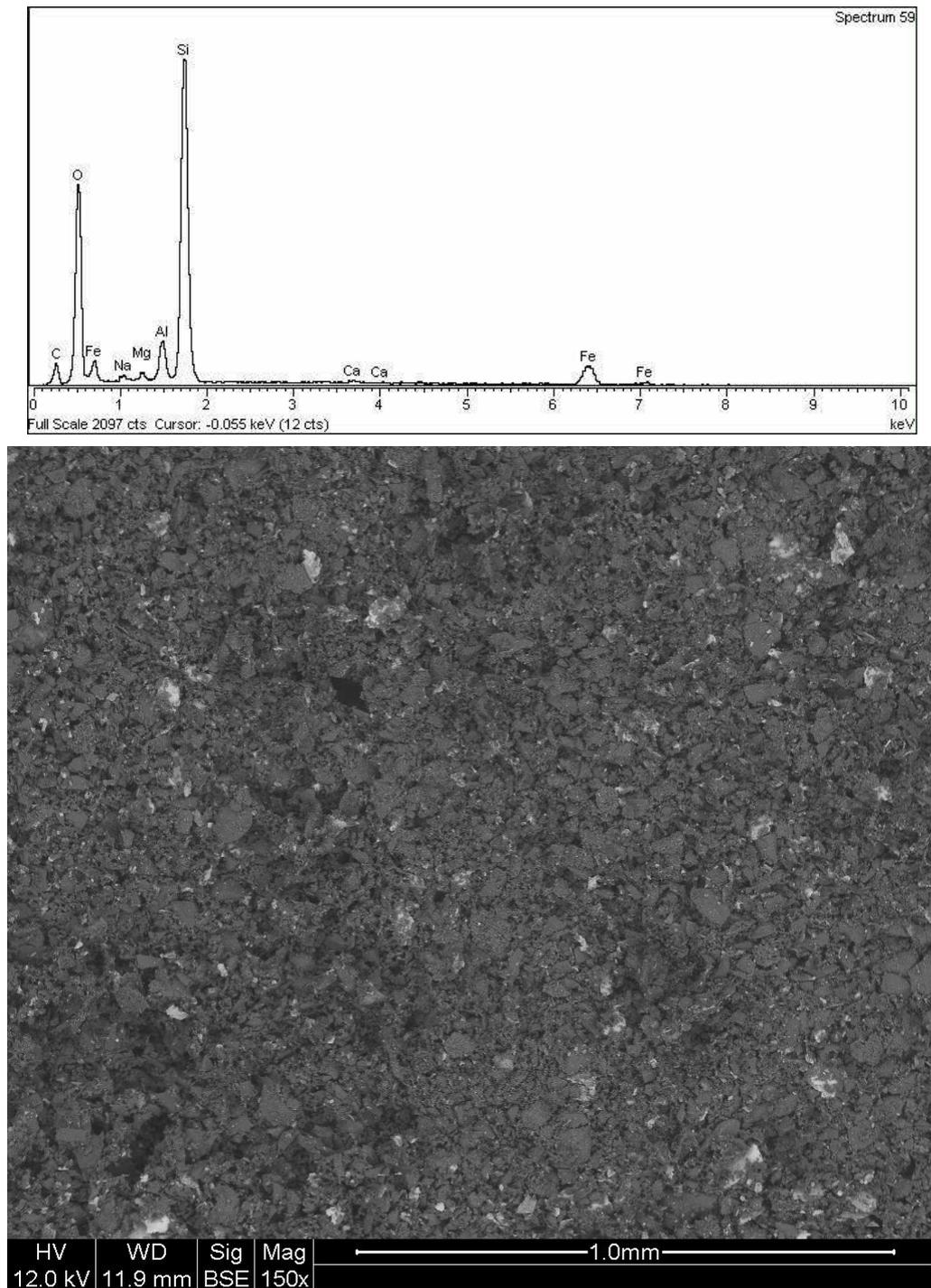
**Figura 5.1 (D)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Al, Si, Mo, e Cr. Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



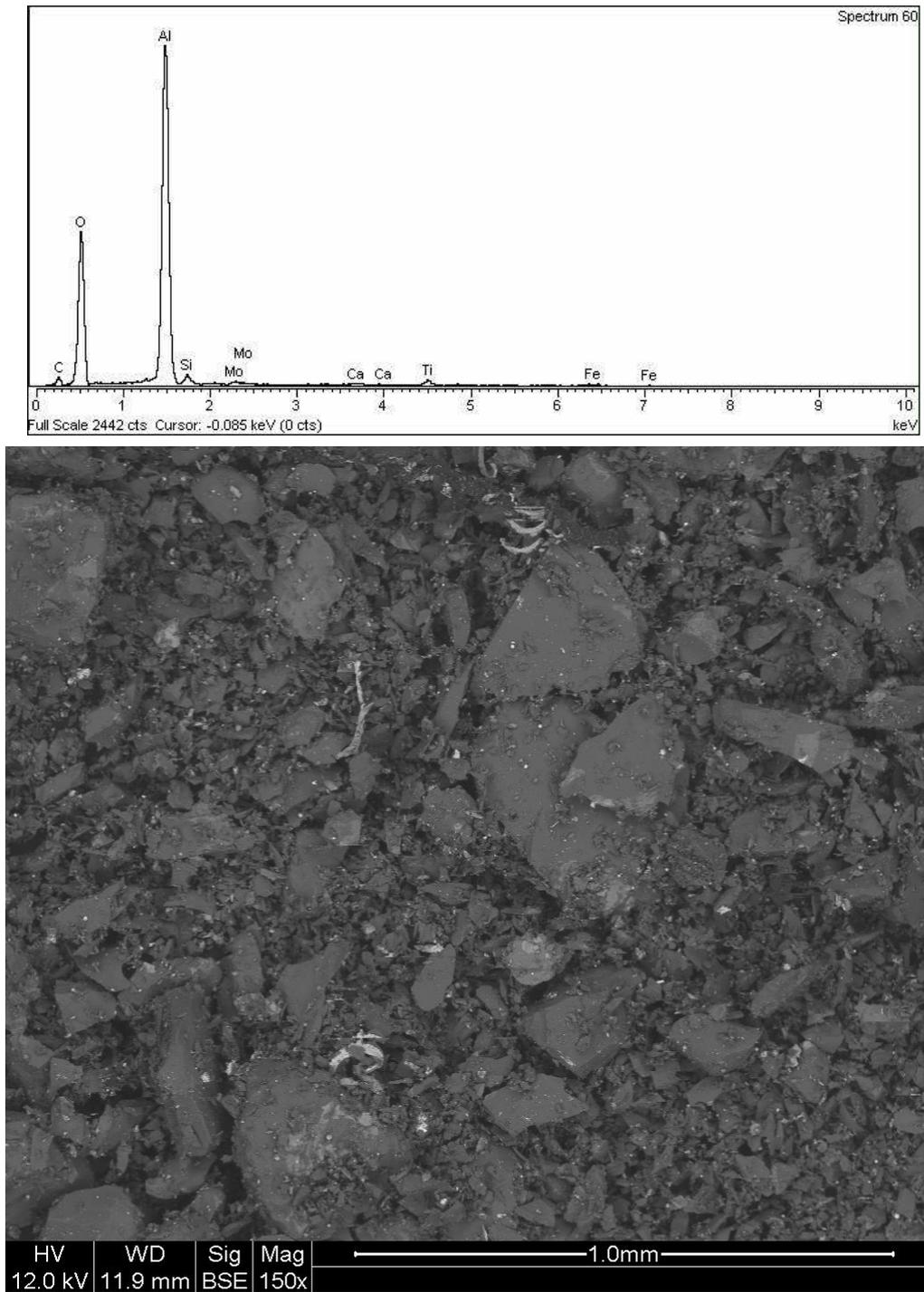
**Figura 5.1 (E)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Al, Si, e K.  
 Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



**Figura 5.1 (F)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, e Ca. Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



**Figura 5.1 (G)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, e Ca. Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]



**Figura 5.1 (H)** – Foto por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS) dos elementos químicos: C, O, Al, Si, Mo, Ca, Ti e Fe.  
 Centro Tecnológico Grupo Mahle [2]

Nota-se a presença de picos para os elementos químicos tais como:

- Oxigênio, proveniente da oxidação do material, através do óleo solúvel em água.
- Alumínio, vindos dos rebolos de óxidos de alumínio.
- Sódio, dos óleos lubrificantes.
- Silício, cromo, carbono, molibdênio, magnésio e ferro, através das diferentes composições químicas das ligas metálicas.

#### **5.4 - Experimentos realizados**

De posse das informações qualitativas, do subproduto, realizaram-se dois experimentos, independente do número da amostra e da data da sua coleta, pelo fato de em um mesmo dia, a operação das retíficas conta com um total de 20 máquinas, processando vários diferentes materiais metálicos, ao mesmo tempo.

O primeiro experimento, que consiste na evaporação da água e na queima do óleo, foi coletado 100g do subproduto. Este foi levado a um forno mufla e aquecido a uma temperatura de 600°C. Permanecendo durante 10 minutos, nesta temperatura, seguido de um lento resfriamento.

Em seguida, foi passado um ímã permanente com o intuito de separar os materiais que aderiram ao ímã e os que não aderiram ao ímã permanente.

Tivemos como resultado que 92,8g de material aderiu ao ímã permanente e 7,2g que não aderiu ao ímã permanente. Para o segundo experimento, como temos a presença de materiais graxos no subproduto, optou-se por uma lavagem seguido por uma calcinação. Foram coletados 100g do subproduto e depositados em um béquer de Berzélius, contendo 30g de NaOH (hidróxido de sódio), avolumou-se para 500ml com água bidestilada onde, o conjunto foi agitado por 10 minutos e aguardando uma decantação por 24h. Em seguida, a solução do béquer foi filtrada em papel de filtro faixa preta de marca Anidrol. O papel de filtro e o resíduo retido foram calcinados por 2h a 1000°C, obtendo-se que 6,5g não aderiram ao ímã permanente. O material decantado foi secado em uma estufa elétrica a 120°C por duas horas. Foi passado um ímã permanente e todo o resíduo aderiu ao ímã resultando em 93,5g.

A fim de se obter os valores quantitativos dos materiais que aderiram ao ímã permanente, foram realizadas análises químicas por via úmida, utilizando os seguintes métodos: o de combustão no equipamento de marca Leco para os elementos químicos carbonos e enxofre. Para o elemento químico silício, utilizou-se o método gravimétrico e para o elemento químico manganês, utilizou-se o método de colorimetria no equipamento de marca Varian [4]. Obtiveram-se os seguintes resultados das análises químicas, conforme a tabela 5.1.

**Tabela 5.1:** Análise química do material que aderiu ao ímã permanente

% elemento químico \ experimentos	Experimento 1	Experimento 2	Métodos utilizados
Carbono	2,73	2,65	Combustão Leco
Enxofre	0,023	0,006	Combustão Leco
Silício	2,65	2,72	Gravimetria
Manganês	0,43	0,52	Colorimetria
Ferro e outros elementos de ligas	94,51	94,73	Diferença

Nota-se uma diferença quanto ao enxofre, mostrando tratar-se para o experimento um, de um ferro fundido cinzento e para o experimento dois, apresentando um resultado típico dos ferros fundidos nodulares.

Tanto para o primeiro experimento como para o segundo, os resultados dos respectivos carbonos e silícios, nos indicam tratar-se de um ferro fundido cinzento hipoeutético.

### 5.5 - Distribuição granulométrica do material que aderiu ao imã permanente

A distribuição granulométrica apresentou as seguintes concentrações nas diferentes peneiras, conforme demonstrado na tabela 5.2[4].

**Tabela 5.2** – Particulado que aderiu ao imã permanente

PARTICULADO QUE ADERIU AO IMÃ PERMANENTE		
<b>Peneiras ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% Retida</b>
<b>40</b>	<b>0,42</b>	<b>45,4%</b>
<b>50</b>	<b>0,297</b>	<b>6,8%</b>
<b>70</b>	<b>0,210</b>	<b>8,2%</b>
<b>100</b>	<b>0,149</b>	<b>10,0%</b>
<b>140</b>	<b>0,105</b>	<b>6,8%</b>
<b>200</b>	<b>0,074</b>	<b>6,0%</b>
<b>270</b>	<b>0,053</b>	<b>6,8%</b>
<b>400</b>	<b>0,037</b>	<b>10,0%</b>

## 5.6 – Utilização do processo da metalurgia do pó

### - Preparação do pó

O material que aderiu ao imã permanente foi devidamente moído e misturado em um almofariz de ágata, fazendo-se movimentos rotatórios lentos, com uma pressão constante, para diminuir o tamanho das partículas dos pós, durante 20 minutos, conforme figura 5.2 representativa.



**Figura 5.2** – Pó homogeneizado  
Laboratório de Materiais Cerâmicos ICE/UNIFEI

### - Compactação

Utilizou-se a prensagem uniaxial, na qual o pó foi compactado em um molde metálico através de uma pressão que é aplicada ao longo de uma única direção.

A peça conformada assume a configuração do molde por meio do cursor da prensa, através da pressão aplicada. O grau de compactação é maximizado e a fração de espaços vazios é minimizada pelo fato das partículas maiores e as mais finas, misturadas, se acomodarem.

A pressão de compactação aplicada foi de 432MPa, utilizando-se a prensa hidráulica manual de marca Marconi, conforme a figura 5.3.



**Figura 5.3** - Prensa hidráulica manual (Marconi) Laboratório de Materiais Cerâmicos ICE/UNIFEI

Obtendo-se corpos de prova *a verde* do material que aderiu ao imã permanente, conforme figura 5.4 representativa.



**Figura 5.4** – Amostras prensadas do material que aderiu ao imã permanente  
Laboratório de Materiais Cerâmicos ICE/UNIFEI

#### **- Sinterização**

A sinterização dos corpos de provas foi feita em um forno elétrico, a uma temperatura de 800°C, sendo que os mesmos permaneceram nesta temperatura por 8h, em seguida o forno foi desligado, ficando com a porta fechada, resfriando lentamente até à temperatura ambiente. Não sendo feita nenhuma insuflação de gases inertes, na atmosfera do forno, durante a sinterização [3].

A figura 5.5 esboça o forno do tratamento de sinterização



**Figura 5.5** – Forno elétrico  
Laboratório de Materiais Cerâmicos ICE/UNIFEI

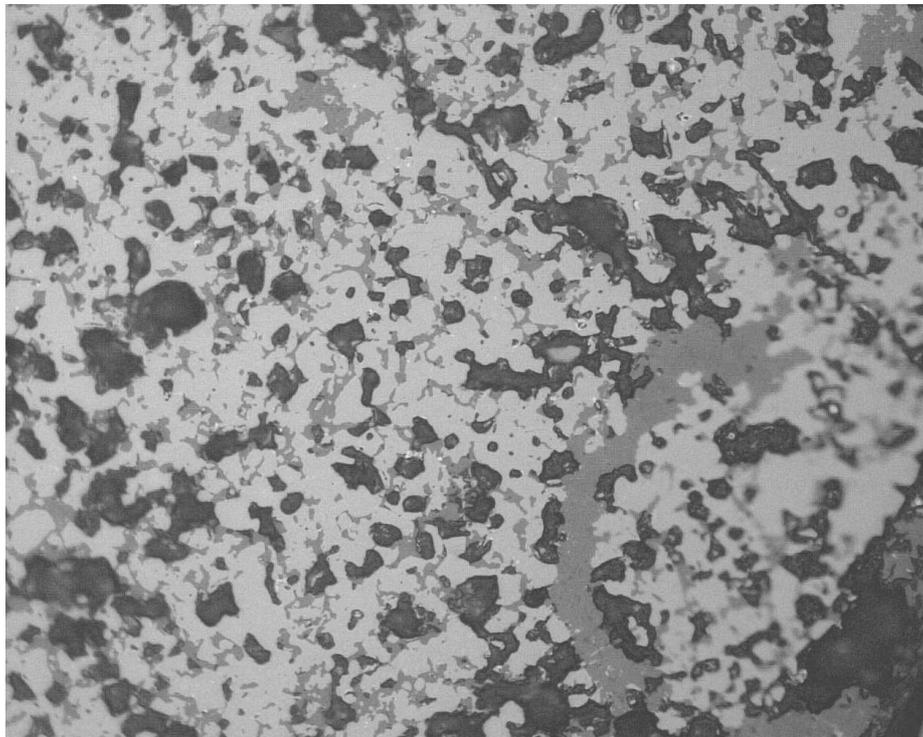
Na figura 5.6, apresentamos o corpo de prova embutido em baquelite, já preparado para ser examinado metalograficamente em um microscópio ótico.



**Figura 5.6** - Corpo de prova embutido em baquelite  
Laboratório Metalúrgico Mahle/Itajubá [4]

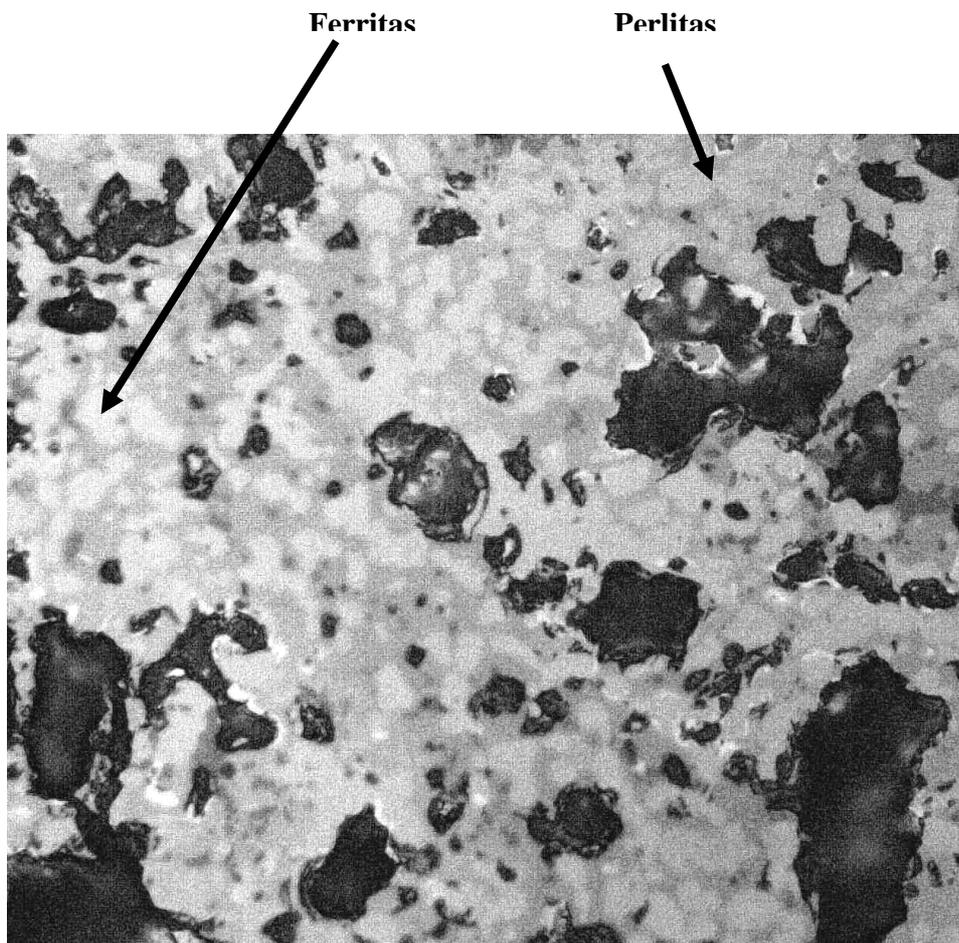
Na figura 5.7, temos a metalografia do corpo de prova sinterizado, sem ataque químico e, com aumento de 100X.

Observa-se já a união do particulado que aderiu ao imã permanente e a presença de algumas porosidades. Por tratar-se de um ferro fundido cinzento hipoeutético, não estamos notando a presença de veios de grafita, ou seja, o carbono está totalmente combinado, na matriz da estrutura metálica.



**Figura 5.7** - Metalografia do corpo de prova sinterizado, sem ataque químico e, com aumento de 100X. Laboratório Metalúrgico Mahle/Itajubá [4].

Na figura 5.8, temos a metalografia da peça atacada quimicamente com uma solução de Nital, solução de  $\text{HNO}_3$  e álcool, sendo o ácido nítrico a 3% ,observada com aumento de 500X. A análise metalográfica, feita com um aumento de 100X, resultou em aproximadamente 30% de ferrita, 60% de perlita e a diferença como sendo as porosidades do material sinterizado.



**Figura 5.8** - Metalografia da peça atacada quimicamente com uma solução de Nital e com aumento de 500X. Observando-se a presença de 30% de ferrita e 60% de perlita, com porosidades presentes. Laboratório Metalúrgico Mahle/Itajubá [4]

### 5.7 - Referências

- [1] V.M JOHN, *Avaliação da vida útil de materiais, componentes e edifícios*. CPGEC/UFRGS, (1987) p 130. (Dissertação de Mestrado/UNIFEI).
- [2] CORTESIA CENTRO TECNOLÓGICO GRUPO MAHLE.
- [3] M.R.SILVA *Materiais magnéticos e ferroelétricos modificados* (1998). 104f. (Tese de doutorado/UFRJ).
- [4] CORTESIA LABORATÓRIO QUÍMICO/METALÚRGICO - MAHLE/ITAJUBÁ.

## Capítulo 6 - Resultados e Discussões

---

### 6.1 - Considerações iniciais

De acordo com as características físico-químicas do resíduo, foram avaliadas as possíveis aplicações tecnicamente viáveis, a partir de sua reciclagem. Como regra geral, tais aplicações serão aquelas que melhor aproveitarem as suas características. Esta etapa requer uma grande variedade de conhecimentos técnicos, científicos e também do mercado, para a sua utilização.

Ao observarmos por meio de um estereoscópio, com o auxílio de uma lente com 20X de aumento, constata-se a presença de materiais não imantados, nas amostras, como consequência de falha do ímã permanente, ou seja, o particulado imantado esta arrastando particulados não imantados.

Desta maneira, na sinterização de um corpo de prova para um ensaio de tração, temos que o particulado magnético por estar apresentando certas impurezas, traz como consequência à não repetibilidade das suas propriedades mecânicas.

Logo, temos que o pó da amostra que aderiu ao ímã, apresenta baixa pureza, não se prestando à fabricação de peças com responsabilidades, ou seja, peças que estarão envolvendo vidas humanas, como as do tipo dos componentes automobilísticos.

Optou-se pela peça: bucha porosa autolubrificante, de ferro fundido.

Estas peças trabalham enclausuradas em capas de mancais de aço, e pelo fato delas serem porosas, não necessitarão de lubrificações constantes.

### 6.2 - Desenvolvimento do produto

Projetou-se e fabricou-se uma nova matriz metálica, com o objetivo da fabricação de buchas metálicas ferrosas.

A matriz metálica é composta de duas placas rígidas, sendo uma delas com duas guias fixas, para garantir a precisão do produto e, quatro partes móveis, que são utilizadas para facilitar a extração da peça *a verde* após a sua compactação, conforme as figuras 6.1 e 6.2.



**Figura 6.1** – Foto da matriz metálica.  
Ferramentaria Mahle/ Itajubá [1].



**Figura 6.2** – Detalhes da matriz metálica.  
Ferramentaria Mahle/ Itajubá [1].

### 6.3 - Preparação do pó

O pó que aderiu ao ímã permanente, anteriormente separado, adicionou-se 4% em peso de grafita em pó sendo 100% na peneira 270, para melhorar a lubrificação no ferramental. Os pós usados, foram os separados pelas peneiras, 50, 70; 100; 140; 200; 270 e 400. O material foi misturado e triturado em um almofariz de ágata, sendo em seguida colocado na matriz metálica, para ser prensado.

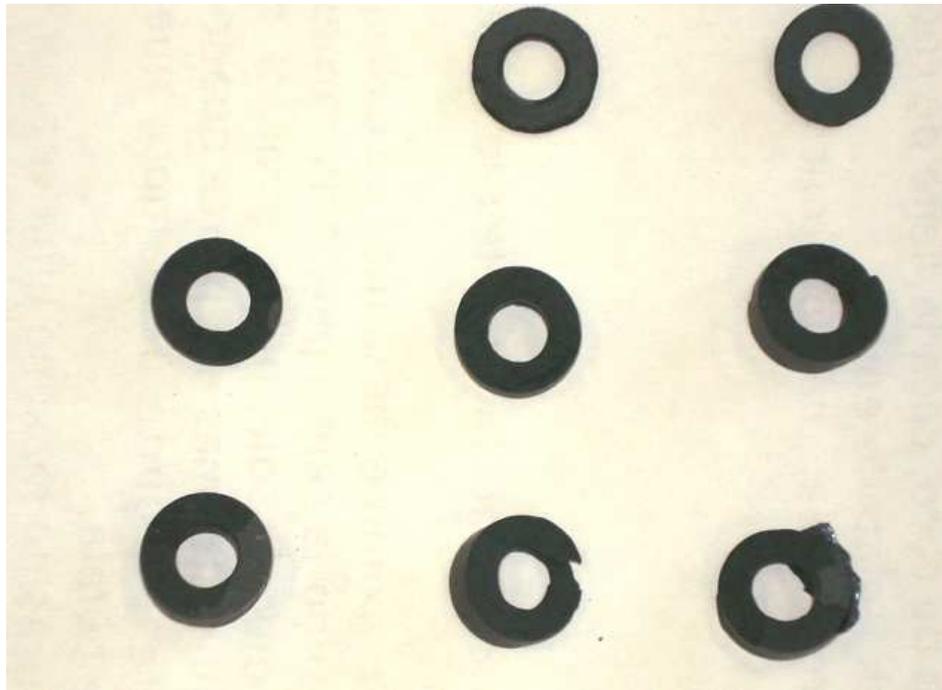
### 6.4 - Compactação

Utilizou-se uma prensa hidráulica manual, com a pressão de compactação aplicada de 432MPa, prensagem uniaxial, conforme figura 6.3.



**Figura 6.3** - Prensa hidráulica manual  
Ferramentaria Mahle/Itajubá [1].

Obtendo-se as buchas *a verde*, conforme a figura 6.4.



**Figura 6.4** – Buchas *a verde*.  
Ferramentaria Mahle/Itajubá [1].

### 6.5 - Sinterização

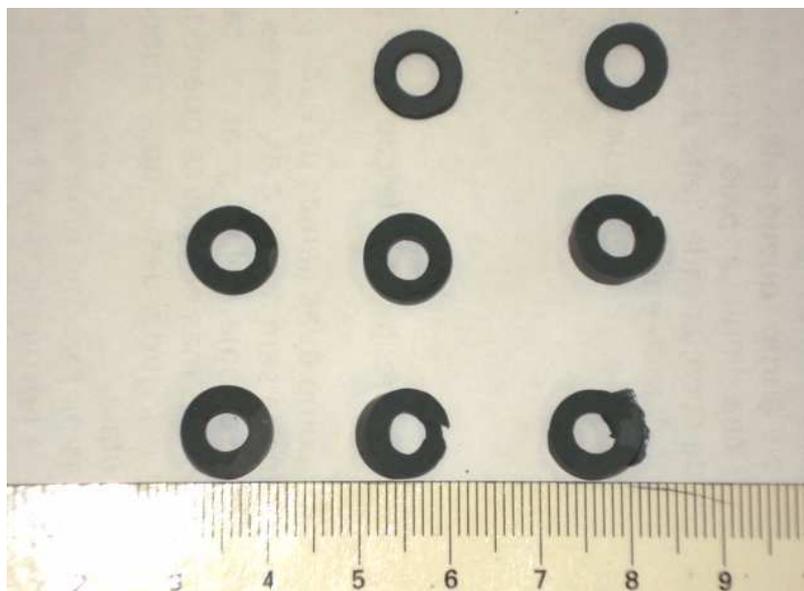
As peças *a verde*, foram levado a um forno elétrico tipo mufla, marca Quimis, conforme figura 6.5.

O Tratamento de sinterização consistiu em elevar a temperatura do forno tipo mufla, até 1100 ° C, permanecendo na temperatura de 1100°C, por 8h, quando então, o forno foi desligado.

As peças sofreram um resfriamento lento, dentro do forno, com a porta fechada até a temperatura ambiente. Obtendo-se as peças sinterizadas, conforme a figura 6.6.



**Figura 6.5** – Forno elétrico tipo mufla marca Quimis.  
Ferramentaria Mahle/Itajubá [1].

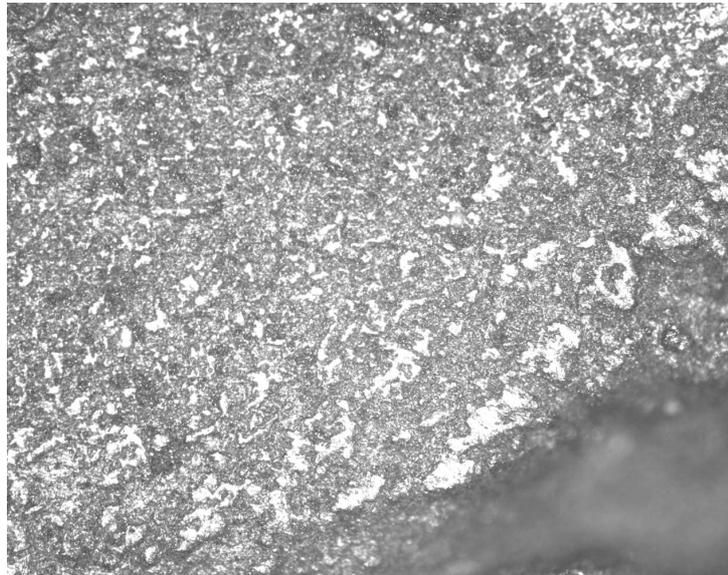


**Figura 6.6** – Peças sinterizadas.  
Laboratório Químico/ Metalúrgico Mahle/Itajubá [2].

Na figura 6.7 temos, a bucha embutida em baquelite e na figura 6.8 a sua micrografia com ataque químico, solução de Nital, HNO<sub>3</sub> e álcool, sendo o ácido nítrico a 3%, feita com um aumento de 100X, para a análise da estrutura metálica e ampliada para 200X.



**Figura 6.7** - Bucha sinterizada embutida em baquelite  
Laboratório Químico/ Metalúrgico Mahle/Itajubá [2].



**Figura 6.8** – Micrografia da bucha sinterizada com aumento de 200X, ataque químico com solução de Nital. Observa-se a presença de 10% de ferrita em uma matriz perlítica, tendo como as áreas escuras, algumas porosidades. Por tratar-se de um ferro fundido cinzento hipoeutético, não se observa a presença de veios de grafita, na matriz metálica.

Laboratório Químico/ Metalúrgico Mahle/Itajubá [2].

### **6.6 - Projeto técnico de secagem e separação dos materiais que aderiu ao imã permanente e dos que não aderiram ao imã permanente**

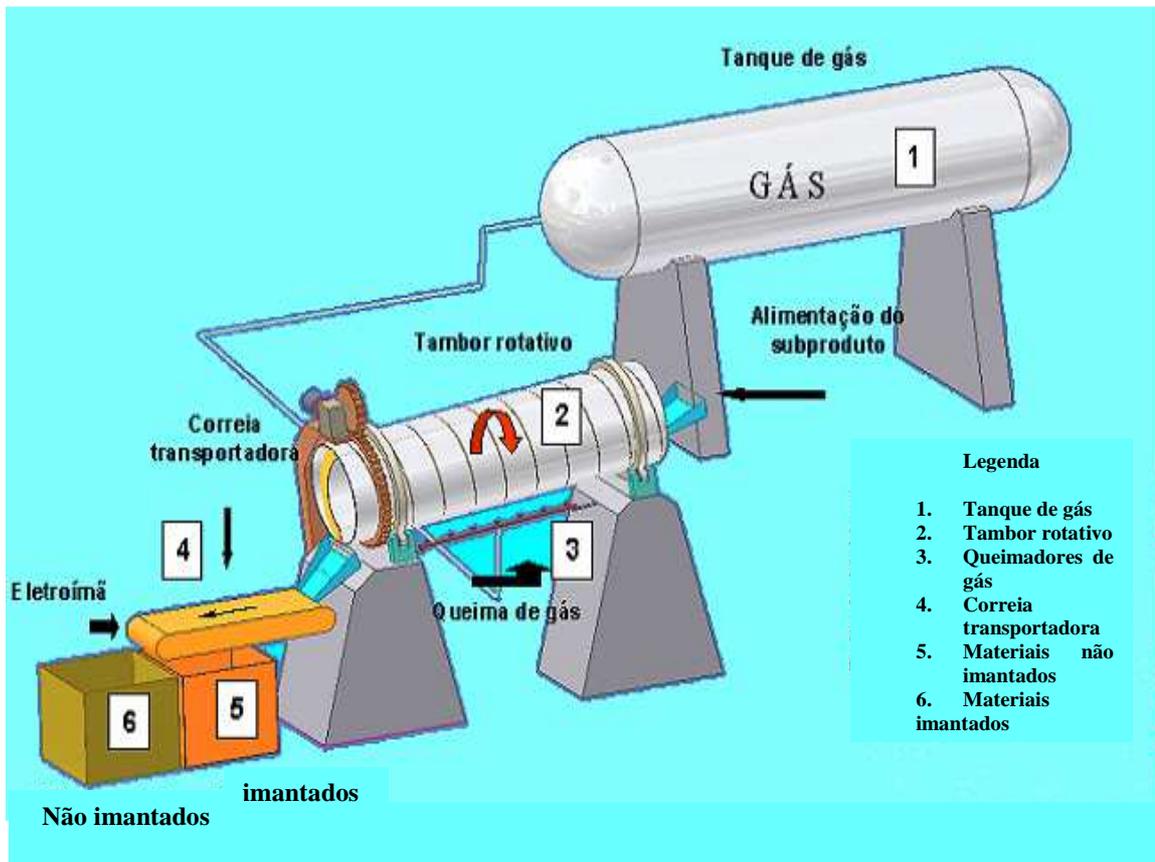
O projeto consiste dos seguintes equipamentos:

- 1- Tanque de gás
- 2- Tambor rotativo
- 3- Bicos queimadores
- 4- Esteira transportadora
- 5- Coleta dos materiais não imantados
- 6- Coleta dos materiais imantados

#### **- Funcionamento**

O subproduto, proveniente da filtração é colocado no tambor rotativo e este tem uma pequena inclinação entre a sua entrada e a sua saída. O subproduto percorre todo o comprimento do tambor, que este em movimento, rodando, e tendo no seu lado externo, bicos queimadores, sendo alimentados pela tubulação que vem do tanque de gás, fazendo o aquecimento de todo o sistema.

O subprodoto após sofrer o aquecimento, cai em uma esteira rolante, cuja extremidade, existe um imã permanente e este faz a separação do material imantado dos particulados não imantados, conforme figura 6.9.



**Figura 6.9** - Projeto técnico de secagem e separação dos materiais que aderiram ao imã dos que não aderiram ao imã permanente

### 6.7 - Viabilidade econômica do projeto

Os ciclos de desenvolvimento de um projeto abrangem as fases de pré-investimentos, investimentos e operações. Cada uma dessas três fases é divisível em estágios, alguns dos quais constituem importantes atividades industriais.

Dentro da fase de pré-investimentos, diversas atividades paralelas acontecem, e às vezes se superpõem na fase do investimento. Portanto, uma vez que o estágio anterior dos estudos de pré-investimentos tem produzido indicações confiáveis de um projeto viável, a promoção do investimento e o projeto de implantação são iniciados, deixando, contudo, o impulso final para o estágio de avaliação definitiva e para a fase de investimento.

### **6.7.1 - Fase de pré-investimento**

A fase de pré-investimentos abrange diversos estágios:

- Identificação de oportunidade de investimento (estudos de oportunidade);
- Seleção e definição preliminar de projetos (estudos de pré-viabilidade);
- Formulação do projeto (estudos de viabilidade);
- Avaliação final e decisão do investimento.

### **6.7.2 - Fase de investimento (Implementação)**

A fase de investimento do projeto pode ser dividida nos seguintes estágios:

- Projeto e projetos de engenharia;
- Negociações e contratos;
- Construção e instalação;
- Treinamento;
- Atribuições de responsabilidades (fase operacional e estágio de entrega).

Esta fase envolve a realização de aplicações financeiras consideráveis, e modificações significativas no projeto e tem sérias implicações no seu custo. Má programação, demora na construção, início e, etc. inevitavelmente resultam num aumento dos custos dos investimentos e afetam a viabilidade do projeto.

Na fase de pré-investimento, a capacidade e a confiabilidade do projeto são mais importantes do que o fator tempo, entretanto, na fase de investimento, o fator tempo é crítico.

### **6.7.3 - Estudo de viabilidade de um projeto**

O estudo de viabilidade de um projeto industrial deve fornecer uma base técnico-econômica e comercial para uma decisão de investimento, definir e analisar os

elementos críticos que relacionam a produção de um produto, juntamente com as abordagens e alternativas para tal produção.

Deve fornecer também, um projeto com capacidade de produção definida num local selecionado, usando particular tecnologia em relação a materiais e insumos definidos, aos investimentos identificados, ao custo de produção e receita de vendas, resultando num retorno de capital, obtido em decorrência do investimento realizado.

Um estudo de viabilidade tanto pode ser orientado para o mercado ou baseado nos insumos materiais, isto é, direciona sua iniciativa a partir de uma demanda existente assumida ou então de uma disponibilidade de insumos materiais, como matéria prima ou energia.

Um estudo de viabilidade não é um fim em si mesmo, mas um meio para se chegar a uma decisão de investimento, que não precisa estar de acordo com as conclusões do estudo.

#### **6.7.4 - Avaliação financeira de um projeto**

No que tange ao empresário, o critério de investimento é o retorno financeiro sobre o capital investido, isto é, o lucro.

Conseqüentemente, a análise de lucratividade do investimento consiste essencialmente em determinar a relação entre o lucro e o capital investido [4].

#### **6.7.5 - Métodos de avaliação financeira [3]**

Os principais métodos de avaliação financeira são:

- Valor Presente Líquido.
- Taxa Interna de Retorno.
- Análise do Ponto de Equilíbrio.

Para este projeto, aplicaremos o método:

### **- Prazo de Recuperação do Capital**

O prazo de recuperação é definido como o prazo requerido para recuperar os gastos com o investimento inicial, através dos lucros gerados pelo projeto. O lucro é definido como lucro líquido, depois de descontado os impostos, somando-se aos custos financeiros e a depreciação.

Este método é considerado como uma técnica não sofisticada, tendo em vista que considera o valor do capital ao longo do tempo.

Neste método o projeto pode ser aceito se o prazo de recuperação do capital é menor ou igual a um período aceitável, que usualmente é derivado de experiências passadas com projetos similares. O prazo de recuperação se refere ao tempo que um projeto demandará para pagar seu investimento. Assim, este projeto exigirá um investimento inicial de R\$ 400.000,00 e que retornará, a cada ano, um fluxo de caixa livre (ou seja, um *dinheiro*, já descontado, custos, despesas, impostos, reinvestimentos, juros e dívidas) de R\$ 100.000,00. O tempo para recuperar o capital inicial deste projeto será de cinco anos, ver figura 6.9. Ou seja, ele precisará dos quatro primeiros anos para pagar o investimento inicial. O que vier no último ano excederá o necessário e irá para os investidores. Este método é muito simples e por isso, ele é muito usado.

Os dados que compõe estas tabelas foram obtidos através de orçamentos com fornecedores externos, no item imobilizado, da tabela 6.1.

Os demais dados foram obtidos através de experiências práticas e legislações específicas vigentes.

Nas tabelas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, apresentamos o estudo econômico que dão o suporte para este projeto.

**Tabela 6.1** – Balancete Patrimonial-Ativo

<b>BALANCETE PATRIMONIAL</b>		
<b>ATIVO</b>		
<b>CONTAS</b>	<b>31/7/2007</b>	<b>%(V)</b>
<b>CIRCULANTE</b>		
Caixa	1.000,00	0,24
Aplicação Financeira	38.500,00	9,14
Bancos Conta Movimento	20.000,00	4,75
Duplicatas a Receber	-	-
Estoques	2.000,00	0,48
Impostos a Compensar	-	-
Pagamentos Antecipados	-	-
Devedores Diversos	-	-
<b>TOTAL DO ATIVO CIRCULANTE</b>	<b>61.500,00</b>	<b>14,61</b>
<b>REALIZÁVEL A LONGO PRAZO</b>		
Créditos com Coligadas	-	-
Depósitos Judiciais	-	-
Outros Processos	-	-
Créditos com Outras Empresas	-	-
<b>TOTAL REALIZÁVEL A LONGO PRAZO</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>IMOBILIZADO</b>		
Terrenos e Edifícios	-	-
Instalações	10.000,00	2,38
Máquinas e Equipamentos	300.000,00	71,26
Móveis e Utensílios	10.000,00	2,38
Ferramental	40.000,00	9,50
Computadores e Periféricos	2.000,00	0,48
Direito Uso de Telefones	-	-
Imobilizações em Andamento	-	-
<b>Total Imobilizado</b>	<b>362.000,00</b>	<b>85,99</b>
Depreciações Acumuladas	(2.500,00)	(0,59)
<b>TOTAL DO IMOBILIZADO</b>	<b>359.500,00</b>	<b>85,39</b>
<b>TOTAL PERMANENTE</b>	<b>359.500,00</b>	<b>85,39</b>
<b>TOTAL DO ATIVO</b>	<b>421.000,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 6.2** – Balancete Patrimonial-Passivo

<b>BALANCETE PATRIMONIAL</b>		
<b>PASSIVO</b>		
<b>CONTAS</b>	<b>31/7/2007</b>	<b>%(V)</b>
<b>CIRCULANTE</b>		
Fornecedores	3.000,00	0,71
Contas a Pagar	1.200,00	0,29
Empréstimos e Financiamentos	10.000,00	2,38
Adiant.de Contratos de Câmbio-ACC	-	-
Salários e Ordenados	2.000,00	0,48
Encargos Sociais a Recolher	1.500,00	0,36
Impostos a Recolher	1.000,00	0,24
Provisão para PDLR	-	-
Provisão para Férias e Encargos s/Férias	500,00	0,12
Provisão para 13º Salário e encargos	800,00	0,19
<b>TOTAL DO PASSIVO CIRCULANTE</b>	<b>20.000,00</b>	<b>4,75</b>
<b>EXIGÍVEL A LONGO PRAZO</b>		
Empréstimo e Financiamentos LP	-	-
Impostos Parcelados	-	-
Provisão Processos Trabalhistas	-	-
<b>TOTAL EXIGÍVEL A LONGO PRAZO</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>PATRIMÔNIO LÍQUIDO</b>		
Capital Social	400.000,00	95,01
Reservas de Capital	-	-
Reserva Reavaliação	-	-
Resultados Anteriores Acumulado	-	-
Lucro/ Prejuízo do Exercício	1.000,00	0,24
<b>TOTAL DO PATRIMÔNIO LÍQUIDO</b>	<b>401.000,00</b>	<b>95,25</b>
<b>TOTAL DO PASSIVO</b>	<b>421.000,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 6.3** – Demonstração do resultado – Sintético

<b>DEMONSTRAÇÃO DO RESULTADO - SINTETICO</b>		
<b>CONTAS</b>	<b>31/7/2007</b>	<b>%(V)</b>
<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	50.050	100,01
Vendas Brutas c/ I.P.I.	50.050	100,01
I.P.I. Faturado	(5)	(0,01)
<b>VENDAS BRUTAS</b>	<b>50.045</b>	<b>100,00</b>
( - ) Devoluções/ Vendas Anuladas	-	-
<b>VENDAS LÍQUIDAS</b>	<b>50.045</b>	<b>100,00</b>
( - ) Impostos s/ Vendas	(275)	(0,55)
<b>RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA</b>	<b>49.770</b>	<b>99,45</b>
( - ) Custo dos Produtos Vendidos	(25.025)	(50,00)
( - ) Custo dos Ferramentais Vendidos	-	-
<b>LUCRO OPERACIONAL BRUTO</b>	<b>24.745</b>	<b>49,45</b>
( - ) Despesas Operacionais		
Despesas com Vendas	(3.913)	(7,82)
Despesas Administrativas	(3.674)	(7,34)
Despesas Financeiras	(340)	(0,68)
Variação Monetária/ Juros/ Multa/Juros Refis	-	-
Participação nos Resultados-Empregados	-	-
Total das Despesas	(7.927)	(15,84)
Receitas Financeiras	297	0,59
<b>LUCRO OPERACIONAL</b>	<b>17.115</b>	<b>34,20</b>
Resultado Equivalência Patrimonial	-	-
Receitas não Operacionais	100	0,20
<b>LUCRO/ PREJUÍZO DO EXERCÍCIO</b>	<b>17.215</b>	<b>34,40</b>

**Tabela 6.4** – Demonstrativo de resultado – Analítico

<b>DEMONSTRATIVO DE RESULTADO - ANALÍTICO</b>		
		<b>Julho-07</b>
<b>4</b>	<b>RECEITAS</b>	<b>50.167</b>
<b>4.1</b>	<b>RECEITA OPERACIONAL LIQUIDA</b>	<b>49.770</b>
<b>4.1.01</b>	<b>RECEITA OPERACIONAL BRUTA</b>	<b>50.045</b>
<b>4.1.01.01</b>	<b>VENDAS</b>	<b>50.045</b>
4.1.01.01.01	VENDAS PRODUÇÃO	50.000
4.1.01.01.02	I.P.I. FATURADO	(5)
4.1.01.01.03	VENDAS DE SERVIÇOS	50
<b>4.1.03</b>	<b>IMPOSTOS INCIDENTES S/VENDAS</b>	<b>(275)</b>
4.1.03.01	IMPOSTOS INCIDENTES S/VENDAS	(275)
4.1.03.01.01	ICMS	(120)
4.1.03.01.02	PIS FATURAMENTO	(90)
4.1.03.01.03	COFINS S/FATURAMENTO	(20)
4.1.03.01.05	IMPOSTO S/ VENDA DE SERVIÇOS	(45)
<b>4.4</b>	<b>RECEITAS FINANCEIRAS</b>	<b>297</b>
<b>4.4.01</b>	<b>RECEITAS FINANCEIRAS</b>	<b>297</b>
4.4.01.01	RECEITAS FINANCEIRAS	297
4.4.01.01.01	DESCONTOS OBTIDOS	297
4.4.01.01.02	RENDAS DE APLICACOES FINANCEIRAS	0
<b>4.5</b>	<b>RECEITAS NAO OPERACIONAIS</b>	<b>100</b>
<b>4.5.01</b>	<b>RECEITAS NAO OPERACIONAIS</b>	<b>100</b>
<b>4.5.01.01</b>	<b>OUTRAS RECEITAS</b>	<b>100</b>
4.5.01.01.01	OUTRAS RECEITAS NAO OPERACIONAIS	100
<b>3</b>	<b>DESPESAS</b>	<b>16.715</b>
<b>3.2</b>	<b>DESPESAS OPERACIONAIS</b>	<b>16.715</b>
<b>3.2.01</b>	<b>DESPESAS GERAIS DE FABRICACAO</b>	<b>8.788</b>

<b>3.2.01.01</b>	<b>MAO-DE-OBRA DIRETA</b>	<b>1.992</b>
3.2.01.01.01	SALARIOS	10
3.2.01.01.02	HORAS EXTRAS	0
3.2.01.01.03	PREMIOS DE PRODUCAO	0
3.2.01.01.04	FERIAS	290
3.2.01.01.05	INSS	1.050
3.2.01.01.06	FGTS	302
3.2.01.01.07	13 SALARIO	290
3.2.01.01.08	AUXILIOS	50
3.2.01.01.09	GRATIFICACOES	0
3.2.01.01.10	ABONO NAS FERIAS	0
<b>3.2.01.02</b>	<b>MAO-DE-OBRA INDIRETA</b>	<b>3.716</b>
3.2.01.02.01	SALARIOS	840
3.2.01.02.02	HORAS EXTRAS	0
3.2.01.02.03	FERIAS	1.795
3.2.01.02.04	INSS	633
3.2.01.02.05	FGTS	67
3.2.01.02.06	13 SALARIO	65
3.2.01.02.07	INDENIZAÇÕES	0
3.2.01.02.08	GRATIFICACOES	0
3.2.01.02.09	AUXILIOS	315
<b>3.2.01.03</b>	<b>DESPESAS COM PESSOAL</b>	<b>1.273</b>
3.2.01.03.01	ASSISTENCIA MEDICA	177
3.2.01.03.02	RESTAURANTE	156
3.2.01.03.03	ASSISTENCIA SOCIAL A EMPREGADOS	620
3.2.01.03.04	TREINAMENTO E APERF.PROFISSIONAL	240
3.2.01.03.05	VALE-TRANSPORTE	80
<b>3.2.01.04</b>	<b>DESPESAS GERAIS</b>	<b>1.807</b>
3.2.01.04.01	IMPOSTOS E TAXAS	3
3.2.01.04.02	SEGUROS	30
3.2.01.04.03	TELEFONES	80
3.2.01.04.04	ENERGIA ELETRICA	17
3.2.01.04.05	AGUA E ESGOTO	0
3.2.01.04.06	VIAGENS E ESTADIAS	0
3.2.01.04.07	DESP.VEICULOS - COMBUSTIVEL	151
3.2.01.04.08	ALUGUEIS	960
3.2.01.04.09	SERVICOS PREST.TERCEIROS PJ	58
3.2.01.04.10	PAPELARIA E MIUDEZAS	9
3.2.01.04.11	MANUTENCAO INDUSTRIAL	0
3.2.01.04.12	DEPRECIACOES	65
3.2.01.04.13	MATERIAL DE LIMPEZA	25
3.2.01.04.14	FRETES PJ	100
3.2.01.04.15	MATERIAL DE SEGURANCA	10
3.2.01.04.16	MATERIAIS AUXILIARES	200

3.2.01.04.17	MANUTENCAO PREDIAL	100
3.2.01.04.18	IPVA E TAXAS DE VEICULOS	0
<b>3.2.02</b>	<b>DESPESAS COMERCIAIS</b>	<b>3.913</b>
<b>3.2.02.01</b>	<b>DESPESAS COM PESSOAL</b>	<b>1.160</b>
3.2.02.01.01	SALARIOS	800
3.2.02.01.02	HORAS EXTRAS	20
3.2.02.01.03	FERIAS	120
3.2.02.01.04	INSS	80
3.2.02.01.05	FGTS	20
3.2.02.01.06	13 SALARIO	10
3.2.02.01.07	AUXILIOS	0
3.2.02.01.08	GRATIFICACOES	0
3.2.02.01.09	ASSISTENCIA MEDICA	80
3.2.02.01.10	RESTAURANTE	20
3.2.02.01.11	INDENIZACOES	10
<b>3.2.02.02</b>	<b>DESPESAS COM VENDAS</b>	<b>140</b>
3.2.02.02.01	BRINDES	80
3.2.02.02.02	PROPAGANDA E PROMOCAO DE VENDAS	10
3.2.02.02.03	COMISSOES	50
<b>3.2.02.03</b>	<b>DESPESAS GERAIS</b>	<b>2.613</b>
3.2.02.03.01	IMPOSTOS E TAXAS	100
3.2.02.03.02	SEGUROS	30
3.2.02.03.03	TELEFONES	80
3.2.02.03.04	ENERGIA ELETRICA	120
3.2.02.03.05	AGUA E ESGOTO	0
3.2.02.03.06	CONDUCAO	0
3.2.02.03.07	REFEICOES	13
3.2.02.03.08	VIAGENS E ESTADIAS	80
3.2.02.03.09	DESPESAS VEICULOS	100
3.2.02.03.10	ALUGUEIS	500
3.2.02.03.11	SERVICOS PREST.TERCEIROS PJ	300
3.2.02.03.12	PAPELARIA E MIUDEZAS	20
3.2.02.03.13	MATERIAL DE USO E CONSUMO	10
3.2.02.03.14	DEPRECIACOES	1.200
3.2.02.03.15	MATERIAL DE LIMPEZA	10
3.2.02.03.16	FRETES	50

<b>3.2.03</b>	<b>DESPESAS ADMINISTRATIVAS</b>	<b>3.674</b>
<b>3.2.03.01</b>	<b>DESPESA COM PESSOAL</b>	<b>1.500</b>
3.2.03.01.01	SALARIOS	1.000
3.2.03.01.02	FERIAS	200
3.2.03.01.03	INSS	50
3.2.03.01.04	FGTS	20
3.2.03.01.05	13 SALARIO	40
3.2.03.01.06	GRATIFICACOES	0
3.2.03.01.07	TREINAMENTO E APERF.PROFISSIONAL	0
3.2.03.01.08	ASSISTENCIA MEDICA	80
3.2.03.01.09	RESTAURANTE	20
3.2.03.01.10	ABONO	10
3.2.03.01.11	VALE-TRANSPORTE DL 7619	80
<b>3.2.03.02</b>	<b>DESPESAS DIVERSAS</b>	<b>2.174</b>
3.2.03.02.01	IMPOSTOS E TAXAS	49
3.2.03.02.02	SEGUROS	50
3.2.03.02.03	TELEFONES	45
3.2.03.02.04	DESPESAS COM COMUNICACOES	0
3.2.03.02.05	ENERGIA ELETRICA	120
3.2.03.02.06	AGUA E ESGOTO	10
3.2.03.02.07	CONDUCAO	50
3.2.03.02.08	REFEICOES	30
3.2.03.02.09	VIAGENS E ESTADIAS	120
3.2.03.02.10	ALUGUEIS	200
3.2.03.02.11	SERVICOS PREST. TERCEIROS PJ	300
3.2.03.02.12	DESPESAS COM VEICULOS - COMBUSTIVE	120
3.2.03.02.13	LEGAIS E JUDICIAIS	0
3.2.03.02.14	PAPELARIA E MIUDEZAS	30
3.2.03.02.15	MATERIAL DE USO E CONSUMO	10
3.2.03.02.16	DEPRECIACOES	1.000
3.2.03.02.17	MATERIAL DE LIMPEZA	40
<b>3.2.05.01</b>	<b>DESPESAS FINANCEIRAS</b>	<b>340</b>
3.2.05.01.01	JUROS PASSIVOS	100
3.2.05.01.02	DESCONTOS CONCEDIDOS	0
3.2.05.01.03	ENCARGOS S/EMPRESTIMOS E FINANCIAM	0
3.2.05.01.04	IOF	40
3.2.05.01.05	MULTAS FISCAIS	0
3.2.05.01.06	CPMF	200

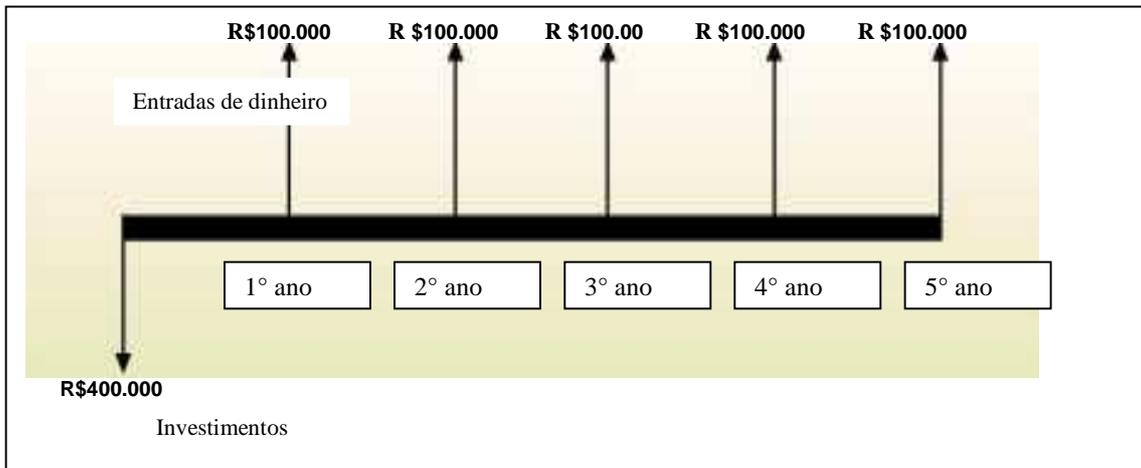
**Tabela 6.5 - Investimento Inicial**

DESCRIÇÃO	METROS	VALOR	INVESTIMENTO	CUSTO	DESPESAS	RECEITA NÃO OPER. (toneladas)
DESPESAS INICIAIS	3000		3.000			
CUSTO DE PROJETO/PRODUTO		10.000	10.000			
ALUGUEL DE UM GAPÃO	1000	1.200		960	240	
SUPORTE TÉCNICO		20.000			20.000	
MÁQUINAS/EQUIPAMENTOS		300.000	300.000			
DEPRECIÇÃO		2.500				
FERRAMENTAL/DESPOSITIVO		40.000			3.333	
CONSUMO DE GÁS /MÊS	2,31	2.308		2.308		
SALARIO DA MOD	9	3.780		3.491		
FGTS MOD				302		
INSS MOD				1.051		
13 SAL MOD PROPORCIONAL		315		291		
13 SAL FGTS MOD PROPORCIONAL				25		
13 SAL INSS MOD PROPORCIONAL				88		
FÉRIAS PROPORCIONAIS MOD		315		291		
1/3 DE FÉRIAS PROP. MOD		105		97		
FGTS FÉRIAS PROP MOD				34		
INSS FÉRIAS PROP MOD				117		
SALARIO DA MOI	2	840			776	
FGTS MOI					67	
INSS MOI					234	
13 SAL MOI PROPORCIONAL		70			65	
13 SAL FGTS PROPORCIONAL (MOI)					6	
13 SAL INSS PROPORCIONAL (MOI)					19	
FÉRIAS PROPORCIONAL (MOI)		70			65	
1/3 DE FÉRIAS PROP. (MOI)		23			22	
FGTS FÉRIAS PROP (MOI)					7	
INSS FÉRIAS PROP (MOI)					26	
TELEFONE		1.200			1.200	
COPASA		200			200	
CEMIG		1.000		100		
MANUTENÇÃO GERAL					16.000	
CAPITAL INVESTIDO		400.000				
**MATÉRIA PRIMA A						
***MATÉRIA PRIMA B						210
Total (R\$):			313.000	9.154	42.259	

Onde:

\*\*MATÉRIA PRIMA A (UM CUSTO DE X VALOR)

\*\*\*MATERIA PRIMA B (ENTRADA COMO RECEITA DE X VALOR), OU SEJA, O FORNECEDOR PAGA PELO REFUGO A SER RETIRADO.



**Figura 6.10** - Fluxo de caixa pelo método: Prazo de Recuperação do Capital

### **6.8 - Referências:**

[1] CORTESIA FERRAMENTARIA-MAHLE/ ITAJUBÁ.

[2] CORTESIA LABORATÓRIO QUÍMICO/ METALÚRGICO-MAHLE/ITAJUBÁ.

[3] EDISON O PAMPLONA, J.A. B MONTEVECHI. *Engenharia econômica I*. Apostila para cursos da UNIFEI, Itajubá, (1997).

[4] JEAN J. SALIM, *Curso de Contabilidade e Finanças*, São Paulo, MBA-FGV, Set. (2003).

## Capítulo 7 - Conclusões

---

### 7 - CONCLUSÕES

A caracterização dos resíduos foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microsonda de energia dispersiva (EDS), utilizando a radiação de tungstênio, em uma análise qualitativa, para os seguintes elementos químicos:

- Oxigênio, proveniente da oxidação do material, através do óleo solúvel em água e do ar.
- Alumínio, vindo do rebolo de óxido de alumínio.
- Sódio, vindo do óleo lubrificante.

Silício, cromo, carbono, molibdênio, magnésio e ferro, através das diferentes composições químicas das ligas metálicas.

Quanto à caracterização da peça sinterizada, a bucha porosa de ferro fundido cinzento hipoeutético, o particulado que aderiu ao imã permanente está arrastando particulados que não aderiram ao imã permanente, trazendo como consequência a existência de impurezas, em função do método utilizado na separação desses particulados e assim, está comprometendo a qualidade da peça sinterizada e também comprometerá as suas propriedades mecânicas.

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo, o re-direcionamento do subproduto de uma forma mais eficiente e produtiva, pois, o que hoje é um dejetos cuja destinação final tem um ônus financeiro, como mostrado por este trabalho, todos os componentes que fazem parte deste dejetos passaram a ser 100% reciclados, ou seja, passaram a ter uma destinação útil, além de agregarem valor ao produto final.

Os particulados que aderiram ao imã permanente poderão ser pelletizados e serem refundido ou então, na forma de pós, utilizando o processo da metalurgia do pó, na produção de peças, obtendo - se assim um maior valor agregado ao produto final.

Quanto aos particulados que não aderiram ao imã permanente, os mesmos poderão ser misturados na argamassa de cimento, na fabricação de blocos de concreto e serem utilizados pela construção civil, nas edificações, ou terão como destino final, os aterros sanitários, pois, passaram a não mais agredir o meio ambiente, uma vez que eles atendem os quesitos da ABNT-NBR 10.004 de 2004, como resíduos Classe I e Classe III, ou seja, tóxicos e inertes.

## **Capítulo 8 - Recomendações para Trabalhos Futuros**

---

**8.1** - Desenvolver uma técnica para purificar o material magnético

**8.2** - Caracterização magnética e de superfície

**8.3** - Caracterização elétrica

**8.4** – Novas propostas de utilização

## Apêndice A

---

### Empresa é acusada de crime ambiental.

#### CIT - Centro de Informação Tecnológica

##### Empresa é acusada de crime ambiental

---

O armazenamento de resíduos da produção química da Elekeiroz S.A. virou alvo de denúncias sobre crime ambiental e contra a saúde pública feitas pela ONG Projeto OFA - Observatório de Filmagem e Análise Ambiental. A empresa alega estar dentro da Lei e ter controle sobre todos os resíduos produzidos.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) diz acompanhar os processos e conhecer o local da denúncia. Amostras coletadas foram encaminhadas para análise e anexadas aos documentos protocolados nos órgãos de justiça.

A investigação teve início há seis meses devido à insistência de denúncias feitas por moradores do entorno da avenida Dr. Edgardo de Azevedo Soares, Vila Bela Vista, em Várzea Paulista. Durante o período, o diretor-presidente do Projeto OFA, Carlos Alexandre Silva, entrou nas dependências da empresa, sem autorização, para coletar fotos e material.

"O galpão de 400 metros quadrados onde é feito o armazenamento-transbordo não é adequado. O resíduo vaza e contamina o solo e o lençol freático", denuncia Silva.

Segundo a apuração da ONG, a Elekeiroz infringe vários artigos da Lei 9.605 de fevereiro de 1998. Entre o material coletado estão dois tipos de resíduos químicos. O de coloração preta tem odor de enxofre e outro, branco, tem consistência de cristais. Amostras foram encaminhadas para análise no laboratório certificado Bioagri. O resultado não tem data para ser divulgado.

As denúncias foram encaminhadas para a Cetesb, Procuradoria Geral da República, Polícia Federal, Ministério Público Estadual, Conselho Estadual do Meio Ambiente e Ibama.

O único órgão a se pronunciar foi a Cetesb. "Não é novidade o local da denúncia. A Elekeiroz renovou recentemente as licenças ambientais e o Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos - Cadre. A situação não é grave como a ONG está afirmando", analisa o gerente em exercício da Cetesb de Jundiaí, Armando Carlos Brandini.

De acordo com o gerente, o galpão, mesmo estando com falta de algumas telhas, está adequado, pois os resíduos são retirados periodicamente. "Avisamos a empresa para que a retirada seja feita corretamente", afirma Brandini. O órgão não fará visitas extras por conta da denúncia.

A Elekeiroz recebeu a reportagem na tarde de ontem e afirmou que as denúncias são improcedentes. De acordo com o advogado da empresa, Ricardo Rovidí, a ONG TV Natureza, detentora do Projeto OFA, será acionada judicialmente. Confira reportagem ao lado.

**Fonte:** Jornal de Jundiaí, 31/07/06

## Apêndice B

---

### Justiça interdita aterro sanitário na grande São Paulo

01/08/2006

Do Diário OnLine

A Justiça de São Paulo determinou na segunda-feira a interdição do aterro sanitário de Itaquaquecetubana, na Grande São Paulo. O pedido havia sido feito pelo MP (Ministério Público), que alegava que o local recebia grande quantidade de lixo e contaminava o subsolo. Caso a decisão seja descumprida, a empresa responsável pelo que pagar uma multa diária de R\$ 100 mil.

A promotora, em nota oficial, afirmou que a empreiteira Pajoan não apresentou o Relatório de Impacto Ambiental. Além disso, para dificultar a fiscalização ela recebia os resíduos durante o período noturno.

No entanto, a empresa declarou que opera normalmente no local e cumpre a legislação ambiental. Mesmo assim, afirmou que irá cumprir a decisão da Justiça.

Diário do Grande ABC Copyright ©2006  
Todos os direitos reservados

## Apêndice C

### Empresários desconhecem lei ambiental e correm riscos

CIT - Centro de Informação Tecnológica

#### Empresários desconhecem lei ambiental e correm riscos

Wallace Nunes

A responsabilidade civil e criminal agora é uma arma prevista na lei contra o infrator. A falta de desconhecimento da nova lei ambiental pode trazer transtornos para o empresário. Os riscos podem gerar responsabilidade civil e criminal pelo não cumprimento da legislação.

Desconhecimento e dúvidas sobre a legislação são os responsáveis, por exemplo, de atrasos em licitações - seja pela falta de estudos prévios de impacto ambiental (EIA), seja pelo empresário estar aquém do exigido pela legislação-, o processo para obtenção de licenças e pareceres sobre a viabilidade do empreendimento.

Embargo de obras como a da hidrelétrica do rio Madeira, no Paraná, e o trecho sul do Rodonel Mário Covas, em São Paulo, são dois exemplos das consequências do desconhecimento das novas exigências. Após longos dois anos de espera, o IBAMA recebeu, no início da semana, estudos complementares do EIA das obras do complexo hidrelétrico do rio Madeira.

Mais ainda: o parecer de viabilidade do empreendimento só será expedido pelo órgão no fim deste ano, o que atrasará em pelo menos mais um ano o início das obras.

O novo modelo de normas gera, para a classe empresarial, dúvidas quanto às atividades que devem ser ambientalmente licenciadas, o órgão competente ao seu licenciamento e os documentos exigidos no processo.

As mesmas indagações se estendem às regras para destinação de resíduos sólidos, ou seja se uma empresa pode fabricar determinado produto considerado tóxico em áreas protegidas ambientalmente ou não pode contaminar a água ou solo.

Antonio Elian Lawand junior, especialista em direito ambiental do escritório Braga & Marafon Advogados afirma que muitos empresários analisam a questão ambiental como um bem que não traz retorno imediato e que a falta de uma maior fiscalização dos órgãos reguladores os ajuda continuar na inércia.

"A lei ambiental está aí e tem que ser interpretada de maneira xilta. Mas ainda falta muito para uma total conscientização não apenas do empresário, mas sim de sociedade como um todo", explicou o advogado.

A opinião de Lawand junior é compartilhada por Flávia Frangetto, outra especialista em direito ambiental que atua pelo escritório Siqueira Castro Advogados que vai além.

"A pouca consciência ambiental no Brasil está acabando porque empresas multinacionais estão com um conceito sócio-ambiental mais equilibrado em parte por conta da comercialização dos créditos de carbono. Empresas de pequeno e médio porte que atuam de forma perigosa ainda não têm essa consciência", disse a especialista.

#### Mudança de consciência

Gilberto Luiz do Amaral, presidente do Instituto Brasileiro de Planejamento Tributário (IBPT) disse que de fato uma mudança no comportamento dos empresários está acontecendo mais por conta da responsabilidade civil e criminal do que por um entendimento melhor da legislação e seus benefícios que a lei acompanha na área tributária. "Vejo que o impacto do desconhecimento é muito maior, pois há leis no País que dá descontos para o empresário que protege o meio ambiente" explica advogado especialista em tributos.

Ele afirma que órgãos privados e bancos de fomento, como a Bovespa, o

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Banco Mundial (Bird) que estão prontos para beneficiar o empresário que preservar o meio ambiente. "Há vários mecanismos de compensação, basta ao empresário a simples compreensão da lei que bem amplas", destacou Amaral.

Antonio Fernando Pinheiro Pedro, sócio do escritório Pinheiro Pedro Advogados destaca que há falta de clareza nos rumos da política ambiental que, segundo ele, o governo esta inseguro quanto ao efetivo papel da variável ambiental no planejamento de suas políticas, planos e programas. "É preciso fazer alguma coisa rápido" resumiu o advogado.

**Fonte:** Gazeta Mercantil, 11/08/06, Caderno A, Pág. 10

## Apêndice D

### Decretada prisão de empresário

#### Ciência e Meio Ambiente

28 de novembro de 2006 - 22:40

[clique aqui para imprimir >>](#)

#### Decretada prisão de empresário por mortandade de peixes

No início de outubro, milhões de peixes foram encontrados mortos em rio no RS

*Elder Ogliari*

PORTO ALEGRE - A Justiça do Rio Grande do Sul atendeu a um pedido do Ministério Público e decretou nesta segunda a prisão preventiva do diretor-presidente da Utresa Central de Resíduos, Luiz Ruppenthal. A empresa e seu responsável foram apontados pelos promotores Paulo Eduardo Vieira, de Estância Velha, e Marcelo Tubino, de Portão, como culpados pelo desastre ambiental que provocou a morte de 86 toneladas de peixes no rio dos Sinos, no início de outubro.

A polícia não encontrou o empresário e passou a considerá-lo foragido.

A Utresa tem como atividade a prestação terceirizada de serviços de tratamento de efluentes das indústrias coureiro-calçadistas, de alimentação, celulose e metalurgia. Os promotores constataram que, em vez de dar destinação correta aos resíduos, a empresa lançava parte deles diretamente nos arroios que deságuam no rio dos Sinos.

A investigação indicou a presença na água de produtos altamente tóxicos, como mercúrio, cromo, benzeno e xileno, potenciais causadores de câncer. Vieira disse que, além dos dutos para conduzir efluentes sem tratamento diretamente aos arroios, a Utresa fazia modificações na sua estrutura sem licenças ambientais.

O Ministério Público também vai trabalhar por uma intervenção na empresa, para que ela tenha seus processos regularizados e passe a prestar serviços adequados, mesmo que sob nova direção. O simples fechamento deixaria a situação ainda pior, porque os clientes não teriam como tratar os efluentes em seus parques industriais.

No início do mês de outubro, milhões de exemplares de peixes foram encontrados mortos, boiando no rio dos Sinos, em um dos piores desastres ambientais da história do Rio Grande do Sul. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) multou seis empresas, inclusive a Utresa, que estão contestando a medida com recursos administrativos.

Além dos resíduos tóxicos, o despejo de esgoto doméstico e a baixa vazão do rio foram apontados como causadores da tragédia.

Copyright © 2006 Grupo Estado. Todos os direitos reservados.

## Apêndice E

### Grã-Bretanha paga cidades que receberem lixo nuclear

Ciência e Meio Ambiente

26 de outubro de 2006 - 05:13

[clique aqui para imprimir >>](#)

#### Grã-Bretanha paga cidades que receberem lixo nuclear

Ambientalistas dizem que medida "não resolve mortífero legado radioativo"

EFE

LONDRES - O governo britânico oferecerá dinheiro aos municípios dispostos a receber em bunkers no subsolo os resíduos nucleares dos reatores do país. Os abrigos, que funcionarão como lixeiras nucleares, estarão situadas a até um quilômetro de profundidade. Nenhum município será obrigado a aceitar a oferta, informa nesta quinta-feira o jornal "The Times".

O plano, anunciado no Parlamento pelo ministro do Meio Ambiente, David Miliband, custará 15 bilhões de euros, ao longo de várias décadas. A construção dos depósitos pode levar 40 anos. O número total não foi revelado, já que dependerá de quantos municípios aceitarão a oferta.

Se for construído apenas um abrigo central, ele deverá ter uma capacidade de 16,5 milhões de metros cúbicos. As autoridades terão de garantir que a estrutura rochosa impeça qualquer vazamento.

Em julho, o Comitê para a Gestão dos Resíduos Nucleares recomendou enterrar o lixo nuclear a centenas de metros, mas reconheceu que a oposição popular ao plano seria um obstáculo. Nos anos 80, a oposição dos cidadãos obrigou as autoridades a abandonar planos semelhantes.

Segundo o ministro do Meio Ambiente, o governo quer construir instalações provisórias, capazes de armazenar os resíduos por até 100 anos, enquanto são construídos os locais definitivos.

Duncan McLaren, da ONG Amigos da Terra, criticou os planos do governo. A proposta, disse, não resolve "o problema do mortífero legado radioativo" do país. Ele acrescentou que a única solução é "não gerar mais resíduos".

Mathan Argent, do Greenpeace, afirmou que "passarão várias gerações até se encontrar um lugar adequado, se é que isso será possível, e até lá é inevitável um período de armazenamento provisório, o que significa que os resíduos irão de um lado para o outro do país durante décadas".

O principal ministro da Escócia, o trabalhista Jack McConnell, declarou no Parlamento de Edimburgo, segundo "The Times", que uma das vantagens de continuar fazendo parte do Reino Unido é precisamente poder enviar os seus resíduos nucleares para a Inglaterra.

Copyright © 2006 Grupo Estado. Todos os direitos reservados.

## Trabalhos em Congressos

---

- Congresso CBECIMat 2006

Caracterização de um subproduto do desbaste usineiro e abordagem para uma utilização mais eficiente

M. R. da Silva <sup>(1)</sup> A.Teixeira <sup>(1)</sup> M.R.F. Gontijo <sup>(1)</sup>

- Congresso SAM/CONAMET 2007

Characterization of subproduct in a rough grind machine a new recycling proposal

M. R. da Silva <sup>(1)</sup> A.Teixeira <sup>(1)</sup> M.R.F. Gontijo <sup>(1)</sup>

- II Simpósio Mineiro de Ciências dos Materiais UFMG 2007

Caracterização de um subproduto do desbaste usineiro e abordagem para uma utilização mais eficiente

M. R. da Silva <sup>(1)</sup> A.Teixeira <sup>(1)</sup> M.R.F. Gontijo <sup>(1)</sup>.