

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

**Diagnóstico e Melhoria do Fabrico de Machos pelo  
Processo de Caixa Quente**

**Maria de Fátima Martins de Sousa Dias**

Dissertação realizada sob orientação de:  
Professor Doutor Carlos Alberto da Silva Ribeiro,  
do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Porto, Maio de 2008**

---

---

**Candidato** Maria de Fátima Martins de Sousa Dias

**Código** 020508014

---

**Título** Diagnóstico e Melhoria do Fabrico de Machos pelo Processo de Caixa Quente

---

**Data** 20 de Maio de 2008

---

**Local** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Sala C – 603

---

**Júri** **Presidente** Professor Doutor Manuel Fernando Vieira

**Arguente** Professor Doutor Joaquim Barbosa

**Orientador** Professor Doutor Carlos Alberto da Silva Ribeiro

---

---

# Agradecimentos

Em especial, quero prestar os meus sinceros agradecimentos ao Professor Carlos Alberto da Silva Ribeiro da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, por ter sido o principal responsável pela criação desta oportunidade de estágio. À sua incessante orientação, dedicação, disponibilidade e empenho demonstrada no desenvolvimento deste projecto, durante os passados seis meses.

Ao João Fonte, por me ter acompanhado diariamente e ter desempenhado um papel fundamental para o êxito deste trabalho.

Gostaria de deixar os meus sinceros agradecimentos a todos os colaboradores da GROHE Portugal que trabalharam comigo. O interesse e a dedicação demonstrada por vós foram fundamentais para a conclusão deste plano.

À família, namorado e amigos, pela compreensão e motivação dedicados durante a realização deste trabalho.



## Resumo

Com este estudo pretendeu-se diagnosticar o processo de fabrico de machos por caixa quente, tentando encontrar possíveis formas de melhoria ao nível do processo, actuando principalmente na redução das causas que propiciam a libertação de areias dos machos. Os machos são utilizados no vazamento de latão, em coquilha por baixa pressão e por gravidade, para o fabrico de torneiras.

No diagnóstico do processo, recorrendo a ensaios de análise granulométrica à areia nova e a análises quantitativas aos produtos químicos, concluiu-se que o processo não estava controlado. Por outro lado, analisando visualmente os machos, constatou-se que as caixas de machos quando estavam em funcionamento, nem sempre se encontravam na sua máxima performance. Estes pontos constituíam potenciais causas de libertação de areias dos machos. Neste sentido foram implementadas metodologias e instalados dispositivos adequados para eliminar ou pelo menos diminuir, o efeito de cada.

Com o processo devidamente controlado, foi testada a pintura por imersão dos machos em metade de uma amostra de quarenta e quatro unidades. Ao nível da qualidade superficial do interior da peça fundida a técnica revelou melhorias substanciais, eliminando a libertação de areias e consequente rugosidade no interior da peça. No entanto, surgiram alguns defeitos ao nível da qualidade da peça, como o rechupe e inclusões gasosas que apenas se manifestaram nas peças de machos pintados.

Deste modo, concluiu-se que a técnica de pintura dos machos podia fomentar a solução do problema da libertação de areias dos machos, uma vez que, os defeitos causados apontam para uma incorrecta aplicação da mesma, exigindo um ajuste ao nível dos parâmetros.

**Palavras chave:** processo de caixa quente; defeitos de fundição; pintura dos machos.

# Abstract

With this study was intended to diagnose the manufacturing process of cores by hot box, trying to find ways of improving the level of the process, acting mainly on the reduction of the causes that provide the release of sands of cores. The cores are used in the casting of brass in permanent mold by low pressure and by gravity, for the manufacture of the taps.

In the diagnosis of the process, using granulometric analysis testing of new sand and quantitative analyses of chemicals products, it was concluded that the process was not controlled. Moreover, visually analyzing cores, it was found that the core boxes when in operation were not always at its maximum performance. These points were potential causes of release of sands of cores. In this regard, methodologies have been implemented and devices installed, suitable to eliminate or at least reduce the effect of each cause.

With the process properly controlled, the painting by immersion of the cores was tested, on half of a sample of forty four units. In terms of the quality of the surface of the interior of the casted piece, the technique showed substantial improvements, eliminating the release of sand and the consequent roughness within the piece. However, some quality defects emerged as the shrinkage and gaseous inclusions that are expressed only in pieces of painted cores.

Thus, it was concluded that the technique of painting the cores, could promote the solution of the problem of sands release of the cores. Since this defects are due to an incorrect application of the painting technique, requiring an adjustment to the level of the parameters.

**Key words:** hotbox process; casting defects; core coating.



# Índice

1. Introdução.....	1
2. A Empresa.....	3
2.1. A GROHE AG.....	3
2.2. A GROHE Portugal.....	3
2.3. Processo de Fabrico.....	4
3. Processo de Fabrico de Machos por Caixa Quente.....	6
3.1. Introdução ao Processo de Fabrico de Machos.....	6
3.2. Processo de Fabrico de Machos com Presa a Quente.....	6
3.3. Fundamentos Teóricos do Processo de Caixa Quente.....	7
<b>3.3.1. Areias de Macho.....</b>	<b>7</b>
3.3.1.1. Tipos de areia.....	7
3.3.1.2. Propriedades das areias.....	8
3.3.1.3. Permeabilidade das areias.....	9
3.3.1.4. Ensaio de análise granulométrica.....	9
<b>3.3.2. Aditivos Químicos.....</b>	<b>11</b>
3.3.2.1. Tipos de ligante.....	11
3.3.2.1.1. Resinas fenólicas.....	11
3.3.2.1.2. Resinas furânicas.....	12
3.3.2.2. Tipos de catalisador.....	13
<b>3.3.3. Condições da Mistura da Areia.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3.4. Caixas de Machos.....</b>	<b>14</b>
3.3.4.1. Materiais das caixas de machos.....	14
3.3.4.2. Integridade das caixas de machos.....	15
<b>3.3.5. Temperatura e Tempo de Cura.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.6. Vantagens e Desvantagens.....</b>	<b>17</b>

3.3.6.1. Vantagens do processo.....	17
3.3.6.2. Desvantagens do processo.....	17
<b>4. Defeitos de Fundição.....</b>	<b>18</b>
4.1. <i>Seleccção dos Defeitos Provocados Pelos Machos.....</i>	<i>18</i>
4.2. <i>Caracterização dos Defeitos Seleccionados.....</i>	<i>18</i>
<b>4.2.1. Macho partido ou deslocado.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2.2. Rugosidade.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.3. Rechupe.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.5. Porosidade.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.5. Inclusões de areias.....</b>	<b>20</b>
<b>5. Revestimentos Refractários dos Machos.....</b>	<b>21</b>
5.1. <i>Introdução.....</i>	<i>21</i>
5.2. <i>Conceitos Básicos.....</i>	<i>21</i>
5.3. <i>Métodos de Pintura.....</i>	<i>22</i>
<b>5.3.1. Pintura por imersão.....</b>	<b>23</b>
5.4. <i>Métodos de Controlo.....</i>	<i>23</i>
5.5. <i>Defeitos Ocorridos com o Revestimento.....</i>	<i>23</i>
<b>5.5.1. Marcas de aplicação.....</b>	<b>23</b>
<b>5.5.2. Defeitos de gases.....</b>	<b>24</b>
<b>5.5.3. Libertação de areias.....</b>	<b>24</b>
<b>6. Estudo Desenvolvido na GROHE.....</b>	<b>25</b>
6.1. <i>Diagnóstico do controlo do processo.....</i>	<i>25</i>
<b>6.1.1. Análise granulométrica da areia.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1.2. Estudo do efeito do nível de enchimento do silo de areia nova.....</b>	<b>28</b>
<b>6.1.3. Análise Qualitativa e Quantitativa dos Aditivos Químicos.....</b>	<b>34</b>
6.1.3.1. Análise Qualitativa.....	35

6.1.3.2. Análise Quantitativa.....	36
<b>6.1.4. Integridade das Caixas de Machos.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1.5. Temperatura e Tempo de Cura dos Machos.....</b>	<b>47</b>
6.2. <i>Pintura dos Machos</i> .....	49
<b>6.2.1. Composição da pintura.....</b>	<b>49</b>
<b>6.2.2. Aplicação da pintura nos machos.....</b>	<b>50</b>
<b>6.2.3. Controlo de qualidade das peças.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.4. Síntese da pintura dos machos.....</b>	<b>54</b>
7. Conclusão.....	55
8. Sugestões de Trabalhos Futuros.....	57
9. Bibliografia.....	58
10. Anexos.....	59
I – Base de Dados Realizada Para Efectuar o Controlo Quantitativo de Produtos Químicos .....	60
II – Base de Dados Realizada Para Efectuar o Controlo Granulométrico da Areia .....	67
III – Totalidade de Cartões Realizados Para Identificar a Integridade das Caixas de Machos .....	71

# Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> – Qualidade superficial da peça após revestimento por galvanoplastia (esquerda) e condições do interior da peça quando inicia o processo de revestimento (direita) .....	<b>1</b>
<b>Figura 2</b> – Exemplo de produtos fabricados pela GROHE .....	<b>3</b>
<b>Figura 3</b> – Esquema representativo do processo de fabrico da Macharia .....	<b>5</b>
<b>Figura 4</b> – Determinação do índice de finura AFS a partir do ensaio de análise granulométrica .....	<b>10</b>
<b>Figura 5</b> – Determinação do tamanho de grão médio a partir do ensaio de análise granulométrica .....	<b>10</b>
<b>Figura 6</b> – Exemplo de uma resina fenólica do tipo fenol-formaldeído .....	<b>11</b>
<b>Figura 7</b> – Exemplo de uma resina furânica do tipo ureia-formaldeído .....	<b>12</b>
<b>Figura 8</b> – Peça com macho partido (esquerda) e peça com macho deslocado (direita) ....	<b>18</b>
<b>Figura 9</b> – Peça com macho partido (esquerda) e peça com macho deslocado (direita) ....	<b>19</b>
<b>Figura 10</b> – Peça com rechupe .....	<b>19</b>
<b>Figura 11</b> – Peça com poros .....	<b>20</b>
<b>Figura 12</b> – Peças com inclusões de areia (esquerda) e peças sem inclusões de areia (direita) .....	<b>20</b>
<b>Figura 13</b> – Abastecimento da galga por descarga de areia nova do silo .....	<b>26</b>
<b>Figura 14</b> – Distribuição granulométrica da areia no início do processo, durante uma semana .....	<b>27</b>
<b>Figura 15</b> – Esquema ilustrativo do nivelamento de areia nova no interior do silo em função do seu nível de enchimento .....	<b>29</b>
<b>Figura 16</b> – Distribuição granulométrica no primeiro nível de enchimento do silo .....	<b>30</b>
<b>Figura 17</b> – Distribuição granulométrica no segundo nível de enchimento do silo .....	<b>30</b>
<b>Figura 18</b> – Distribuição granulométrica no terceiro nível de enchimento do silo .....	<b>30</b>
<b>Figura 19</b> – Distribuição granulométrica no quarto nível de enchimento do silo .....	<b>30</b>
<b>Figura 20</b> – Distribuição granulométrica no quinto nível de enchimento do silo .....	<b>30</b>
<b>Figura 21</b> – Distribuição granulométrica no sexto nível de enchimento do silo .....	<b>30</b>
<b>Figura 22</b> – Distribuição granulométrica no sétimo nível de enchimento do silo .....	<b>31</b>
<b>Figura 23</b> – Distribuição granulométrica no oitavo nível de enchimento do silo .....	<b>31</b>

<b>Figura 24</b> – Distribuição granulométrica no nono nível de enchimento do silo .....	<b>31</b>
<b>Figura 25</b> – Distribuição granulométrica no décimo nível de enchimento do silo .....	<b>32</b>
<b>Figura 26</b> – Distribuição granulométrica no décimo primeiro nível de enchimento do silo .....	<b>32</b>
<b>Figura 27</b> – Colocação de sensores no silo que transmitem o sinal para um dispositivo luminoso .....	<b>33</b>
<b>Figura 28</b> – Distribuição granulométrica da areia com o processo controlado, durante uma semana .....	<b>34</b>
<b>Figura 29</b> – Aditivos químicos utilizados no processo de fabrico de machos em de caixa quente .....	<b>35</b>
<b>Figura 30</b> – Bombas de ejeção dos aditivos químicos utilizados no processo de fabrico de machos em de caixa quente .....	<b>36</b>
<b>Figura 31</b> – Galga aberta para permitir a recolha dos diferentes produtos químicos .....	<b>37</b>
<b>Figura 32</b> – Recolha dos diferentes produtos químicos aquando a sua ejeção .....	<b>37</b>
<b>Figura 33</b> – Análise quantitativa do endurecedor, no início do processo .....	<b>37</b>
<b>Figura 34</b> – Análise quantitativa da resina, no início do processo .....	<b>38</b>
<b>Figura 35</b> – Análise quantitativa do conservante, no início do processo .....	<b>38</b>
<b>Figura 36</b> – Ajuste do sensor que regula a quantidade de ejeção da resina no “Grande Gordo”.....	<b>39</b>
<b>Figura 37</b> – Análise quantitativa do endurecedor no “ Grande Gordo ”, actuando no controlo do processo .....	<b>40</b>
<b>Figura 38</b> – Análise quantitativa do endurecedor no “ Grande Médio ”, actuando no controlo do processo .....	<b>41</b>
<b>Figura 39</b> – Análise quantitativa da resina no “Grande Gordo”, actuando no controlo do processo .....	<b>41</b>
<b>Figura 40</b> – Análise quantitativa da resina no “Grande Médio”, actuando no controlo do processo .....	<b>42</b>
<b>Figura 41</b> – Análise quantitativa do conservante no “ Grande Gordo ”, actuando no controlo do processo .....	<b>42</b>
<b>Figura 42</b> – Análise quantitativa do conservante no “ Grande Médio ”, actuando no controlo do processo .....	<b>43</b>
<b>Figura 43</b> – Machos com gitos após saída da caixa de machos e macho rebarbado para utilização na produção .....	<b>44</b>

<b>Figura 44</b> – Machos com gitos e desgaste após saída da caixa de machos e macho rebarbado para utilização na produção .....	<b>45</b>
<b>Figura 45</b> – Quadro de registo do controlo do estado das caixas de macho .....	<b>46</b>
<b>Figura 46</b> – Exemplo de um cartão identificativo da caixa de machos. Representa a caixa de machos A do produto 10 773 051 cuja referência é 803 038 50 que compõe uma torneira para banheira .....	<b>46</b>
<b>Figura 47</b> – Exemplo de machos produzidos pelo processo de caixa quente .....	<b>48</b>
<b>Figura 48</b> – Machos que foram pintados .....	<b>50</b>
<b>Figura 49</b> – Machos que foram pintados. Estes machos pertencem ao produto 10.773.029 .....	<b>50</b>
<b>Figura 50</b> – Machos que foram pintados e acondicionados em caixas. Estão distribuídos em seis caixas das quais três caixas contêm o macho 10.773.051, duas com o 10.773.052 e uma com o 10.773.053 .....	<b>51</b>
<b>Figura 51</b> – Fundido 10 773 029 utilizando machos não pintados (à esquerda) e machos pintados (à direita) .....	<b>51</b>
<b>Figura 52</b> – Rechupe formado no interior das peças de macho pintado .....	<b>52</b>
<b>Figura 53</b> – Inclusão gasosa detectada na peça de macho pintado no controlo visual .....	<b>53</b>
<b>Figura 54</b> – Comparação entre o interior de uma peça de macho pintado e outra de macho não pintado .....	<b>53</b>

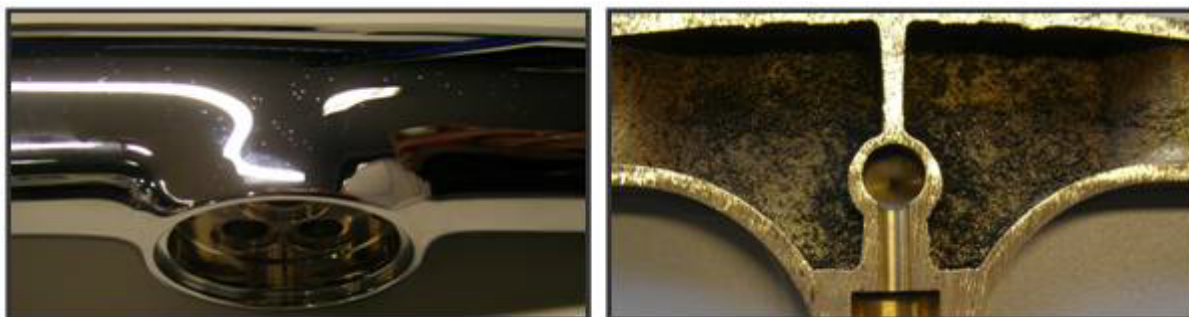
# Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Processos de fabrico de machos com meio de presa a quente .....	<b>6</b>
<b>Tabela 2</b> – Principais características dos quatro diferentes tipos de areia .....	<b>8</b>
<b>Tabela 3</b> – Comparação do catalisador necessário para três tipos de areia diferentes .....	<b>13</b>
<b>Tabela 4</b> – Comportamento relativo dos diferentes materiais dos caixas de machos .....	<b>14</b>
<b>Tabela 5</b> – Efeito do tempo de cura e da temperatura na resistência à tracção do macho produzido por caixa quente .....	<b>16</b>

# 1. Introdução

O estudo desenvolvido focou-se num problema existente na GROHE, empresa do sector metalúrgico, que se dedica à produção de torneiras em latão, pelo processo de fundição. De forma bastante sucinta, pode-se dizer que o processo produtivo se compõe pelas seguintes fases: Fundição, Maquinagem, Lixamento / Polimento, Galvânica e Montagem. Para além das fases do processo produtivo existe uma série de outras áreas envolvidas que sustentam todo o processo produtivo acima descrito.

Como inicialmente referi, este estudo incidiu num problema detectado que consistia num defeito da qualidade superficial da peça que apenas se manifestava próximo da fase final do processo produtivo, concretamente na galvanização. Caracterizava-se pelo aparecimento de microcavidades ao longo de toda a superfície da peça, que indiciavam ter origem em pequenos grãos de areia que surgiam durante o revestimento. Suspeita-se de que a sucessiva passagem pelos vários banhos que compõem o processo de revestimento por galvanoplastia favorecesse a libertação das areias provenientes dos machos, que ficavam retidas no interior da peça até ao início deste processo (figura 1).



**Figura 1** – Qualidade superficial da peça após revestimento por galvanoplastia (esquerda) e condições do interior da peça quando inicia o processo de revestimento (direita).

Para recuperar estas peças era necessário remover o revestimento, o qual tem custos associados elevados e recuar à fase de Lixamento / Polimento, seguindo deste ponto o fluxo normal produtivo e assim sucessivamente. Claramente, a fase de recuperação das peças diminuía a capacidade de produção, o que de todo não era benéfico para a empresa.

Existia, portanto, um problema, o qual podia ser provocado pela libertação de areias dos machos durante o processo de vazamento o qual remetia a sua origem à área da Macharia na Fundição.

Foi este o problema, a que me propus encontrar possíveis formas de o resolver. É nesta área que vou desenvolver um estudo em que, seguindo a metodologia implementada na empresa, se vai diagnosticar as causas mais prováveis do presente problema no fabrico de machos e propor as soluções mais plausíveis.

## 2. A Empresa

### 2.1. GROHE AG

A GROHE AG, fundada por Friedrich Grohe em 1937 é uma empresa de origem Alemã sendo a sua actividade focada na produção de Soluções Globais de Tecnologia da Água. Detentora de aproximadamente 8% do mercado mundial, a GROHE AG é a maior fabricante de produtos sanitários (torneiras e chuveiros para casa de banho e cozinha, torneiras automáticas para espaços privados e públicos, sistemas de descarga para urinóis e fluxómetros e sistemas de instalação para louça suspensa) no mundo inteiro <sup>[1]</sup>.



**Figura 2** – Exemplo de produtos fabricados pela GROHE <sup>[1]</sup>.

Com a sua sede em Hemer e com representantes em mais de 130 países, a sociedade conta actualmente com mais de 6000 trabalhadores em todo o mundo, dos quais mais de 3000 localizados na Alemanha. Com um total de seis unidades de produção, três das quais localizadas na Alemanha e as restantes em Portugal, Tailândia e Canadá, esta empresa define elevados padrões de qualidade, função e design <sup>[1]</sup>.

### 2.2. GROHE Portugal

A GROHE Portugal localiza-se em Albergaria-a-Velha (distrito de Aveiro), tendo iniciado a sua actividade em 1996. A infra-estrutura de Albergaria-a-Velha possui uma área total de aproximadamente 55.000m<sup>2</sup>, sendo a área coberta estimada em 22.500m<sup>2</sup>. A fábrica

de Portugal, conta com aproximadamente 800 colaboradores, que juntamente com a avançada capacidade técnica existente, permite atingir uma produção na ordem dos seis milhões de torneiras por ano. A GROHE Portugal é uma empresa certificada ao nível da Qualidade (ISO 9001) e Ambiente (ISO 14001).

Nesta fábrica produzem-se torneiras (produção da qual a GROHE é líder na Europa) do tipo convencionais, termostáticas, automáticas, de luxo entre outras, para as mais diversas aplicações como casas de banho (situação na qual é líder mundial) lavatórios, bidés, banheiras, chuveiros, cozinhas, sendo a produção destinada tanto a clientes particulares como empresariais <sup>[1]</sup>.

### 2.3. Processo de Fabrico

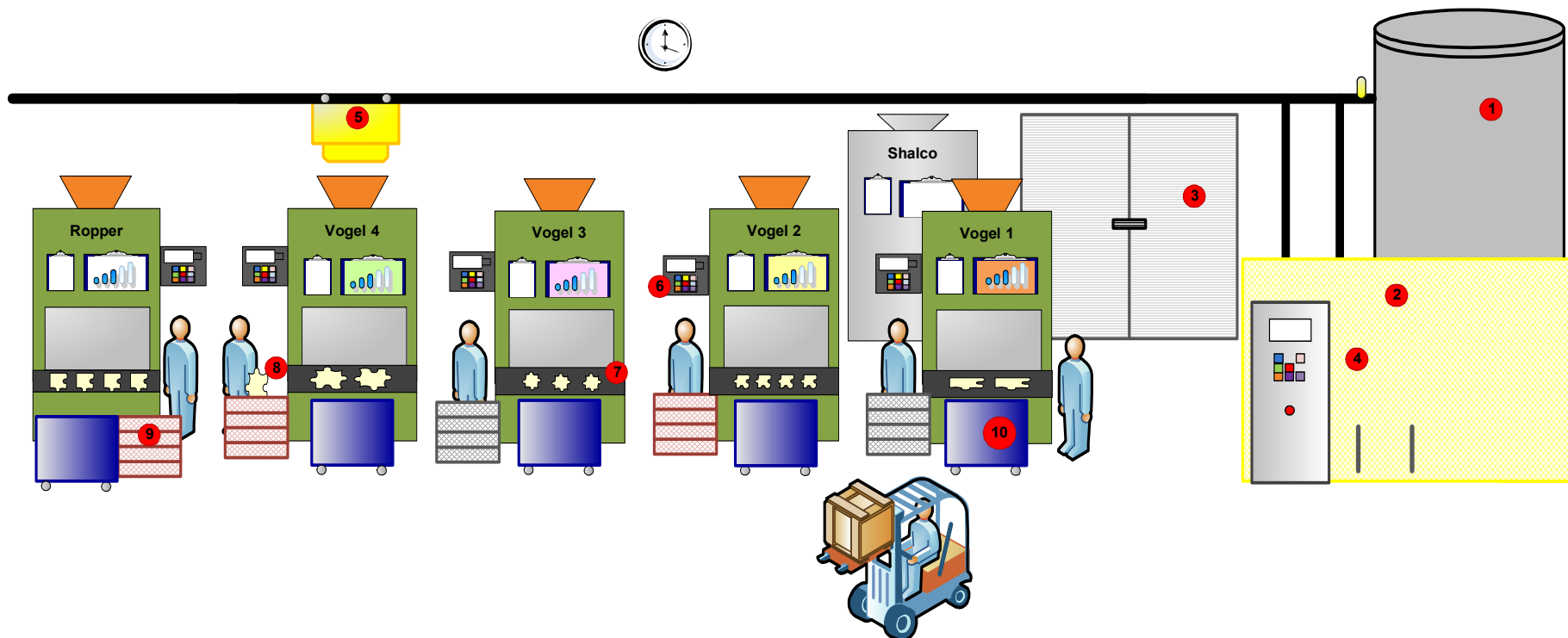
De forma bastante sucinta, poderemos dizer que o processo produtivo se compõe pelas seguintes fases: Fundição; Maquinagem; Lixamento / Polimento; Galvânica; Montagem.

Para além das fases do processo produtivo temos de referir todas as outras áreas da organização que suportam o processo produtivo acima descrito, nomeadamente: Logística; Engenharia; Compras; Ferramentaria; Manutenção; Qualidade; Aprovisionamento; Contabilidade/Financeiro; *Controlling*; Recursos Humanos; Informática; Planeamento e controlo de Produção; Planeamento Financeiro; Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho; *Lean Production*; Ambiente; Marketing e Vendas.

Na fundição é utilizada a liga de latão para o fabrico das torneiras que é vazada em coquilha por gravidade ou por baixa pressão. A composição da liga é a seguinte:

Constituintes	Cu	Pb	Al	Fe	B	Zn
Percentagem Ponderal	59,5%	1,2%	0,4%	0,05%	Afinador de Grão	Restante

Na macharia são fabricados os machos pelo processo de caixa quente e existem seis equipamentos de fabrico de machos: Shalco, Vogel 1, Vogel 2, Vogel 3, Vogel 4 e Ropper. O Processo de fabrico é contínuo durante seis dias por rotação diária de três turnos. Na figura 3, está representado esquematicamente o processo utilizado. Assim, o silo (1) tem a areia nova armazenada e quando é solicitada uma carga de areia preparada é então efectuada uma descarga de areia do silo para a galga (2). Na galga são adicionados os produtos químicos,



**Figura 3** – Esquema representativo do processo de fabrico da Macharia.

devidamente armazenados (3), e ocorre a mistura destes com a areia, completando uma duração total de cinco minutos (4). Posteriormente a carga é transportada da galga para a máquina de machos que tinha necessidade da mistura da areia (5). Em quantidades próprias é injectada sob pressão para o interior da caixa de machos, com as condições necessárias pré definidas por forma a ganhar presa (6). Há libertação dos machos formados na passadeira rolante (7) e a operária rebarba-o para eliminar os gitos (8) e coloca-o na caixa (9). Caso o macho apresente algum defeito logo à saída da caixa de machos, ou seja, quando está na passadeira rolante, a operadora não o rebarba e este é colocado no carrinho de sucata (10). Em cada máquina existem os parâmetros respectivos do produto que está a ser produzido entre outros registos.

## 3. Processo de Fabrico de Machos por Caixa Quente

### 3.1. Introdução ao Processo de Fabrico de Machos

São vários os processos existentes para a concepção dos machos de areia, os quais são enquadrados em três grandes categorias. Esta categorização é realizada em função do meio de presa necessário para o endurecimento da mistura de areia nova com o ligante, previamente preparada, o qual pode ser: presa a frio, presa com gás e presa a quente. De acordo com o tipo de processo podem ser utilizados ligantes inorgânicos ou orgânicos [2].

### 3.2. Processo de Fabrico de Machos com Presa a Quente

Os processos de fabrico de machos por presa a quente caracterizam-se por necessitarem de temperatura para activarem a reacção de polimerização que resulta no endurecimento da mistura.

Na tabela 1 estão representados os vários processos enquadrados nesta categoria. Para cada um refere-se o tipo de ligante, a par com as condições específicas de presa. Nas colunas seguintes indicam-se a adição de ligante recomendada (%), o tempo estimado para o endurecimento da mistura (tempo de cura), o intervalo de tempo que pode decorrer desde o fim da preparação da mistura e o seu consumo efectivo na macharia, sem perda das suas características intrínsecas (tempo de vida ou bancada), finalizando com o respectivo impacto ambiental [2, 3].

**Tabela 1** – Processos de fabrico de machos com meio de presa a quente [3, 4].

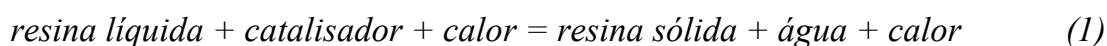
Processo	Tipo de ligante	Condições de presa	Teor de ligante (%)	Tempo de cura	Tempo de vida	Impacto ambiental
Areias de óleo	Óleos vegetais e/ou minerais	Estufa	1,0 a 4,0	Imediato	2 – 8h	Boa
Carapaça	PF Novolaque	HMTA+ ferramenta quente (250-300°C)	2,0 a 6,0	2 – 3 min	Infinita	Boa
Caixa morna	AF, UF/AF/PF	Sais de cobre, sais de ácido sulfúrico + ferramenta quente (180-200°C)	1,2 a 2,0	<1 min	2 – 8h	Muito boa
Caixa quente	UF, PF <sup>Resols</sup> , UF/PF, UF/AF, UF/PF/AF	Sais de ácido + ferramenta quente (220-245°C)	1,2 a 2,5	10 - 30 s	2 – 6h	Muito boa

UF: Ureia-formaldeído; PF: Fenol-formaldeído; AF: Álcool furfurílico; HMTA: Hexametileno tetramina.

Com base na tabela 1, verifica-se que o processo de caixa quente pode ser constituído à base de resina furânica, fenólica ou uma mistura das duas com a adição de um catalisador. A reacção de polimerização é activada termicamente e realiza-se no interior da caixa de machos [3].

### **3.3. Fundamentos Teóricos do Processo de Caixa Quente**

Este processo consiste portanto, em injectar, sobre a acção de pressão de ar comprimido, a mistura de areia, ligante e catalisador, para o interior da caixa de machos, que se encontra devidamente fechada e à temperatura desejada para ocorrer o endurecimento da mistura [6]. Assim, a areia adquire a forma do interior da caixa de machos e quando são extraídos os machos, a cura deve estar completa, como resultado de uma reacção química exotérmica que pode ser traduzida por (1) [4,5].



No entanto, existem machos que não concluem a cura no interior da caixa de machos restando a possibilidade de a terminar no exterior da mesma [4].

Finda esta fase existe uma série de operações a realizar no macho como a rebarbagem e se necessário, pintura e queima [6].

O sucesso da produtividade do processo depende fundamentalmente do ciclo de polimerização envolvido, o qual detém essencialmente dois conceitos associados, que são o tempo de cura e o tempo de vida. O tempo de vida deve ser o maior possível e o invés se impõe ao tempo de cura. O sistema é tanto melhor, quanto maior for o índice do quociente entre estes dois conceitos [2].

#### **3.3.1. Areias de Macho**

##### **3.3.1.1. Tipos de areia**

A areia é o principal constituinte dos machos de areia produzidos em fundição. As areias aplicadas na fundição classificam-se, função da sua composição, genericamente, em quatro tipos: areia de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), de zircónia ( $\text{ZrSiO}_4$ ), de olivina ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) e de cromite ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). Destes quatro tipos de areia distintos apresentados, apenas os dois primeiros

existem na natureza, em depósitos de pureza relativamente elevada, sendo os dois últimos obtidos pelo processo de trituração de rochas. [3]

### 3.3.1.2. Propriedades das areias

A areia de sílica é a mais utilizada nos processos de fundição, não por apresentar as melhores características, mas sim, por ser a mais abundante na natureza o que se reflecte no seu valor económico.

Na tabela 2, encontram-se as principais características dos quatro tipos de areia referidos. [3]

**Tabela 2** – Principais características dos quatro diferentes tipos de areia [3].

Características	Sílica	Zircónia	Olivina	Crómite
Forma do grão	Redondo / Sub-angular	Redondo	Angular	Angular
Dilatação térmica (20-1200°C)	1,9% (não linear)	0,45%	0,60%	1,10%
Peso específico	2,65	4,66	4,52	3,3
Densidade a granel (g/cm <sup>3</sup> )	1,49	2,77	2,67	1,7
Índice de Finura AFS	50 - 60	102	74	65
Condutividade térmica	Baixa	Elevada	Elevada	Baixa
Aplicação	Geral	Bastante refractária; arrefecimento rápido; boa para areias de resinas; não reage com aços nem ferros fundidos.	Resistência à penetração; arrefecimento rápido	Não reage com aços ao manganês

Analisando a tabela 2, constata-se, que os grãos das areias resultantes de processos de erosão possuem uma forma redonda ou sub-angular, enquanto as areias obtidas por trituração das rochas apresentam grão de forma angular, os quais são menos favoráveis para a pele das peças produzidas. Relativamente à densidade da areia de sílica, é a menor, o que é sem dúvida uma grande vantagem para a sua aplicação na fundição. No que se refere ao campo de aplicação, a areia de sílica é notoriamente a mais versátil apresentando uma aplicação geral

em fundição. No entanto apresenta-se como sendo a mais problemático no que toca à expansão térmica. A dilatação térmica não é só a mais elevada, como apresenta um comportamento não linear.

Uma característica muito importante das areias é o índice de finura AFS. No caso da areia de sílica é a que apresenta um valor menor deste índice, o que demonstra, que é a areia que tem o tamanho médio dos grãos maiores. <sup>[3]</sup>

### **3.3.1.3. Permeabilidade das areias**

O índice de finura AFS representa o número de malhas por polegada, por onde passaria toda a areia se a totalidade dos grãos fosse toda do mesmo tamanho. Existe uma proporcionalidade entre o índice de finura e a superfície específica da areia. Quanto mais fina for a areia, maiores são o índice de finura e a superfície específica e, conseqüentemente, a quantidade de ligante também aumenta. <sup>[2]</sup>

A respectiva distribuição granulométrica é determinante na permeabilidade da areia, que pode ser definida como sendo, a maior ou menor facilidade com que a areia se deixa atravessar por um gás. As variações ao nível da permeabilidade reflectem-se posteriormente na qualidade e acabamento da peça final. Pode, então, surgir gás retido sob a forma de poros no metal solidificado, bem como, a pele superficial pode ser mais ou menos rugosa, entre outras situações. <sup>[3]</sup>

Deste modo torna-se pertinente descrever o método de avaliação da permeabilidade dos machos recorrendo à determinação do índice de finura AFS, pelo ensaio granulométrico.

### **3.3.1.4. Ensaio de análise granulométrica**

O instrumento utilizado para a determinação do índice de finura AFS tem por base uma série de crivos com dimensões de malha normalizadas. A série de peneiros é coberta no topo, enquanto no fundo existe um prato que recolhe os finos do crivo com a menor dimensão de malha.

Para este ensaio é necessário, no início, definir os parâmetros de tempo e amplitude das vibrações de crivagem.

Normalmente são utilizadas amostras de 100g de areia nova. Término o tempo de crivagem, determina-se o peso da areia no sobre crivo. <sup>[3]</sup>

Peso inicial da amostra, g =		50,00	,em %	100,0%				
Peso da argila AFS, g =		8,90	,em %	17,8%				
Peso de areia, g =		41,10	,em %	82,2%				
nº crivo série ASTM	abertura crivo mm	multiplicador	AREIA "a"				produto	tamanho grão médio, mm
			sobrecr. "a" g	acumulada g	retida, %	soma %		
6		3			0,0%	0,0		
12		5		0,00	0,0%	0%	0,0	
20		10		0,00	0,0%	0%	0,0	
30	0,590	20	0,40	0,40	0,8%	1%	16,0	0,00472
40	0,420	30	0,50	0,90	1,0%	2%	30,0	0,0042
50	0,297	40	0,70	1,60	1,4%	3%	56,0	0,004158
70	0,210	50	7,50	9,10	15,0%	18%	750,0	0,0315
100	0,149	70	8,00	17,10	16,0%	34%	1120,0	0,02384
140	0,105	100	12,20	29,30	24,4%	59%	2440,0	0,02562
200	0,074	140	7,50	36,80	15,0%	74%	2100,0	0,0111
270	0,053	200	3,30	40,10	6,6%	80%	1320,0	0,003498
fundo	0,037	300	1,40	41,50	2,8%	83%	840,0	0,001036
<b>TOTAL</b>			<b>41,10</b>	<b>41,50</b>	<b>82,2%</b>		<b>8656,00</b>	<b>0,109672</b>
<b>Índice de finura AFS</b>							<b>105,3</b>	

Figura 4 – Determinação do índice de finura AFS a partir do ensaio de análise granulométrica [2].

O somatório da areia retida em cada peneiro, multiplicada pelo factor respectivo, a dividir pelo peso total da areia dá o índice de finura AFS.

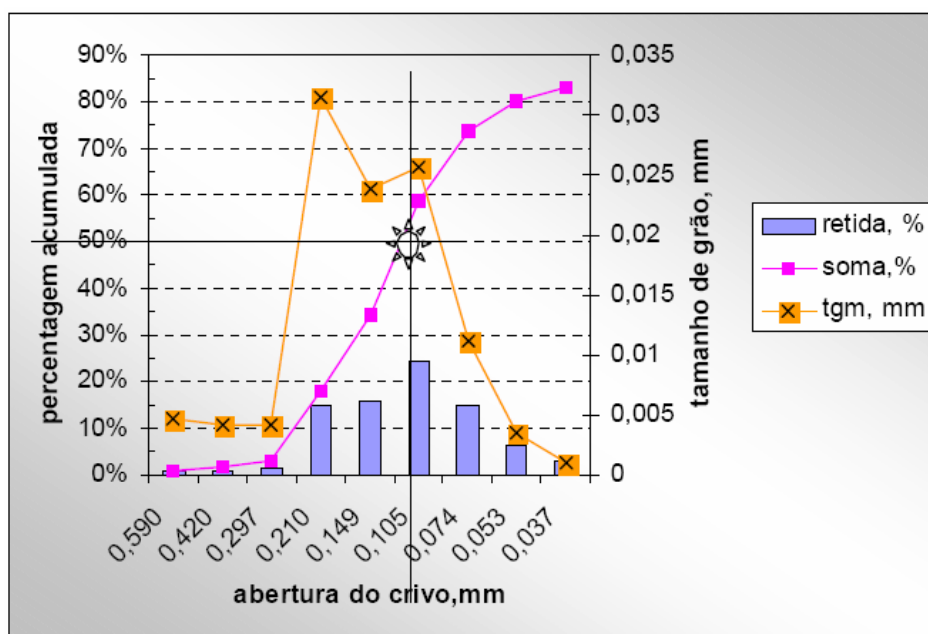


Figura 5 – Determinação do tamanho de grão médio a partir do ensaio de análise granulométrica. [2].

Quanto maior for o índice de finura, mais fina será a areia e maior será a superfície específica dos seus grãos por unidade de peso. Para um determinado valor de índice de finura, quanto mais irregulares forem os grãos de areia, pior será a permeabilidade da areia mas melhor será o acabamento final das peças produzidas. Para se conseguir conjugar estas duas características é recomendável que os grãos de areia se distribuam por cinco peneiros consecutivos.<sup>[3]</sup>

A partir deste ensaio também se podem apresentar as respectivas distribuições granulométricas da areia, tamanho de grão médio, proporções de finos, grosseiros e fracção volúmica de areia.<sup>[2]</sup>

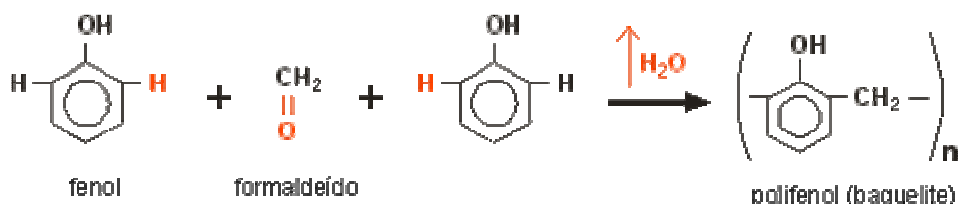
### 3.3.2. Aditivos Químicos

#### 3.3.2.1. Tipos de ligante

O ligante é então o produto que, em conjunto com o catalisador, nas devidas condições fornece o endurecimento à mistura da areia. Os ligantes que são aplicados no processo de fabrico de machos de caixa quente são orgânicos e são classificados segundo dois tipos resinas: as resinas fenólicas e as resinas furânicas<sup>[2]</sup>.

##### 3.3.2.1.1. Resinas fenólicas

As resinas fenólicas são geralmente à base de fenol e formaldeído, apresentando pequenas adições de álcool furfurílico<sup>[2]</sup>.

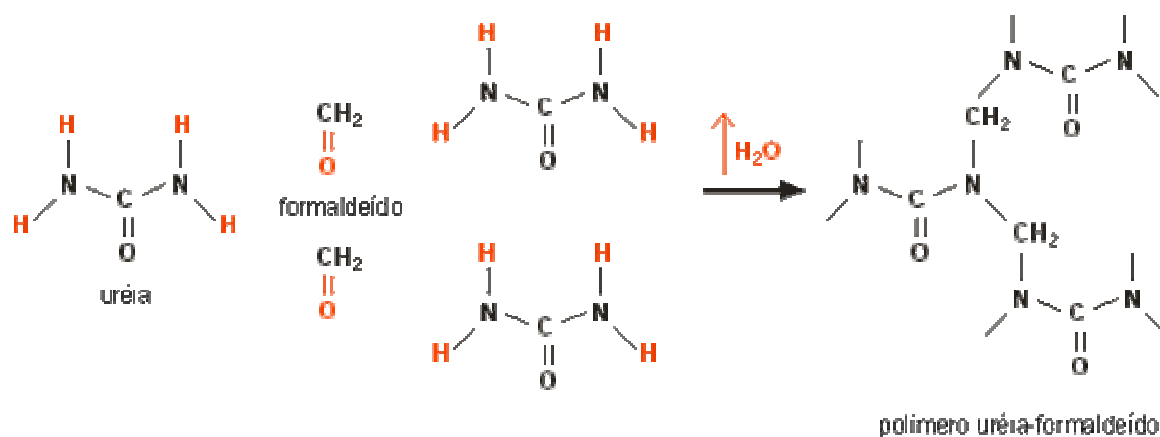


**Figura 6** – Exemplo de uma resina fenólica do tipo fenol-formaldeído<sup>[7]</sup>.

Apresentam teores de humidade elevados, podendo atingir os 25%, o que retarda o processo de cura. Deste modo, as suas características dificultam bastante a sua aplicabilidade, se não em ambiente quentes. Apesar desta desvantagem, existe outra razão acrescida, que advém do facto deste tipo de resina dificultar a homogeneidade total da mistura da areia o que não é desejado [2].

### 3.3.2.1.2. Resinas furânicas

As resinas furânicas são normalmente à base de álcool furfurílico e podem ser utilizadas com pequenas adições de ureia, fenol ou formaldeído.



**Figura 7** – Exemplo de uma resina furânica do tipo ureia-formaldeído [7].

Geralmente são isentas de humidade e azoto, que são elementos prejudiciais quer ao processo, quer às características finais dos fundidos obtidos [2]. Embora o elevado custo associado à sua aquisição, as resinas do tipo furânicas são as que possuem melhores propriedades para o processo de fundição, visto que a libertação gasosa é reduzida, apresenta boa resistência a quente, o tempo de cura é menor, apresenta maior facilidade de homogeneização, entre outras [2, 4].

### 3.3.2.2. Tipos de catalisador

A selecção dos catalisadores é baseada em diversos factores, tais como, as propriedades químicas da areia, a reactividade da resina, o tempo de cura pretendido, o tipo de liga a vaziar, etc <sup>[2,4]</sup>. Variações de temperatura superiores a 11°C e/ou variações da acidez da areia requerem um ajuste do catalisador para garantir o bom funcionamento do processo. Nos sistemas sujeitos a alterações de temperatura e/ou de acidez é aconselhada a modificação dos parâmetros ou do tipo do catalisador para garantir o bom funcionamento do processo.

Na tabela 3 é possível verificar a variação do teor de catalisador em função do teor ácido da areia <sup>[4]</sup>.

**Tabela 3** – Comparação do catalisador necessário para três tipos de areia diferentes <sup>[3]</sup>.

Tipo de areia	pH	Ácido necessário
Sílica	6,9	2
Sílica (lago)	6,7	4
Sílica (rio)	6,5	40

Os catalisadores mais usuais neste processo são catalisadores ácidos à base de soluções aquosas de cloreto de amónio ou nitreto de amónio e ureia <sup>[4]</sup>.

### 3.3.3. Condições da Mistura da Areia

No processo de caixa quente é utilizada areia nova, uma porção de resina que varia entre 1,2 a 2,5% e cerca de 30 a 50% de catalisador sobre o peso de resina <sup>[2, 3, 5]</sup>. Existe uma ordem definida para a mistura destes produtos.

Uma correcta aplicação pressupõe a adição do catalisador à areia nova, até completa distribuição entre ambos. Por último, é adicionada a resina e o tempo de mistura pode variar entre 1 a 4 minutos, de acordo com o tipo de equipamento utilizado. Caso a resina fosse adicionada antes do catalisador haveria uma deterioração da areia no local do impacto do catalisador porque a sua proporção relativa local seria elevadíssima <sup>[5]</sup>.

### 3.3.4. Caixas de Machos

#### 3.3.4.1. Materiais das caixas de machos

De um modo geral, as caixas de machos podem ser fabricadas em madeira, metal ou polímeros. A selecção do tipo de material deve resultar da ponderação cuidadosa de diversos factores que vão desde os requisitos no próprio equipamento em que vai ser aplicada a caixa de macho, ao número de moldações necessárias, à forma, dimensão, tolerâncias exigidas à peças produzidas, etc.

A tabela 4 mostra o comportamento relativo previsto para os diferentes materiais, através das principais características físicas e mecânicas <sup>[3]</sup>.

**Tabela 4** – Comportamento relativo dos diferentes materiais das caixas de machos <sup>[3]</sup>.

<b>Material</b>	<b>Madeira</b>	<b>Alumínio</b>	<b>Aço</b>	<b>Plásticos</b>
<b>Propriedades</b>				
<b>Densidade</b>	Excelente	Boa	Má	Boa
<b>Resistência à rotura</b>	Regular	Boa	Excelente	Boa
<b>Resistência ao desgaste</b>	Má	Boa	Excelente	Regular
<b>Resistência à corrosão</b>	Excelente	Excelente	Má	Excelente
<b>Maquinabilidade</b>	Excelente	Boa	Regular	Boa
<b>Absorção de humidade</b>	Má	Excelente	Excelente	Excelente
<b>Facilidade de reparação</b>	Excelente	Má	Boa	Regular

Com base na tabela 4, constata-se que o aço tem propriedades menos favoráveis relativamente à densidade e à resistência à corrosão <sup>[3]</sup>.

No entanto, apresenta propriedades excelentes ao nível das resistências à rotura e ao desgaste, bem como, no que se refere à absorção da humidade <sup>[3]</sup>. Estas propriedades são fundamentais quando se relacionam com o tipo de processo de caixa quente. Assim sendo, e como já foi referido, neste processo, durante a reacção de polimerização há libertação de vapor de água, o qual convém escoar para não contribuir para a concentração de gases no interior do macho. Como o material aplicado na concepção da caixa de machos que é

utilizada, apresenta boas propriedades de absorção de humidade, facilita a libertação do vapor de água formado [3,4].

### 3.3.4.2. Integridade das caixas de machos

A integridade das caixas de machos é fundamental para permitir um bom acabamento do macho produzido. Deste modo, a capacidade deste tipo de material apresentar características excelentes à resistência ao desgaste é uma mais-valia para o processo. Assim permite um tempo de serviço longo, antes de se verificar desgaste nas caixas de machos acima do aceitável, que induzem cotas fora das tolerâncias previstas, necessitando de um acabamento final, se tal for possível [3].

### 3.3.5. Temperatura e Tempo de Cura

As temperaturas aplicadas nas caixas de machos devem estar compreendidas entre os 220 e 245°C, no entanto, a nível industrial constata-se que esta gama se alarga, oscilando entre os 230 e os 290°C. O erro vulgarmente cometido nos processos de caixa quente, reside na aplicação de temperaturas elevadas nas caixas de macho. Como efeito, resulta uma má qualidade da superfície do macho que se reflecte na sua fragilidade, com especial ênfase para as secções mais finas [4].

A definição dos parâmetros, de temperatura e tempo, que permita um ciclo de produção de machos com boas propriedades mecânicas, deve, portanto, ser bem ponderado. Na tabela 5, encontram-se representadas relações típicas entre a temperatura e o tempo aplicados e a respectiva resistência à tracção dos machos produzidos, pelo processo de caixa quente, encontrando-se destacados os valores máximos de resistência à tracção obtidos ao longo do ensaio [5].

**Tabela 5** – Efeito do tempo de cura e da temperatura na resistência à tracção do macho produzido por caixa quente [5].

Tempo de cura (s)	Resistência à tracção (Pa)		
	Para uma cura realizada à temperatura de:		
	176 °C	204 °C	232 °C
5	7.72x10 <sup>5</sup>	1.19x10 <sup>6</sup>	2.05x10 <sup>6</sup>
10	2.23x10 <sup>6</sup>	2.64x10 <sup>6</sup>	3.06x10 <sup>6</sup>
15	2.62x10 <sup>6</sup>	3.21x10 <sup>6</sup>	3.61x10 <sup>6</sup>
20	3.08x10 <sup>6</sup>	3.55x10 <sup>6</sup>	3.64x10 <sup>6</sup>
30	3.47x10 <sup>6</sup>	3.83x10 <sup>6</sup>	3.75x10 <sup>6</sup>
40	3.67x10 <sup>6</sup>	3.66x10 <sup>6</sup>	3.63x10 <sup>6</sup>
50	3.73x10 <sup>6</sup>	3.60x10 <sup>6</sup>	3.36x10 <sup>6</sup>
60	3.71x10 <sup>6</sup>	3.51x10 <sup>6</sup>	3.32x10 <sup>6</sup>

Por consulta da mesma, apura-se que, para a aplicação de temperaturas elevadas nas caixas de machos (232 °C), devem ser introduzidos tempos de cura curtos (5 a 20 s) e vice-versa. O tempo de cura depende da forma e tamanho do macho, da temperatura das caixas de macho e também do nível de exigência do acabamento final.

A maioria dos machos pode ser removida, após 5 a 20 segundos de tempo de cura. Neste momento, a reacção de cura já ultrapassou os 5 a 8 mm de profundidade em direcção ao interior do macho. Os machos que atinjam esta profundidade de cura estão controlados, embora necessitem de um período entre 10 a 20 minutos, para que a polimerização ocorra na totalidade. Nesta última fase os machos podem ser colocados nas paletes e à temperatura ambiente o concluem a reacção <sup>[5]</sup>.

O aspecto visual do macho é um indicativo de quão bem curado ele se encontra. O macho deve apresentar uma cor amarela ou castanha clara, nunca castanha escura nem preta, mesmo que parcialmente e em zonas reduzidas. Estas duas últimas tonalidades indicam que o macho está queimado resultado de excesso de temperatura e/ou de tempo <sup>[4]</sup>.

### **3.3.6. Vantagens e Desvantagens**

#### **3.3.6.1. Vantagens do processo**

A maior vantagem do processo de fabrico de machos de caixa quente relativamente aos restantes processos de fabrico de machos, prende-se com o facto de possibilitar o fabrico de machos pequenos e com secções finas que, após vazamento, tenham capacidade de abate muito boa. <sup>[2]</sup>

Não é necessário qualquer tipo de aditivo ou equipamento aquecimento especiais ou de mistura para revestir a areia, e necessita de menos equipamentos o que se reflecte num menor espaço ocupado.

Permite obter um macho de elevada estabilidade reduzindo a possibilidade de distorção, coma facilidade de poder ser produzido a temperaturas mais baixas durante tempos de cura menores e ciclos de cura inferiores.

Possibilita a eliminação da fase de rebarbagem do macho obtido. Neste processo não é necessária a implementação de estufas e verifica-se uma diminuição nos custos associados e consequente aumento da produção. <sup>[5]</sup>

#### **3.3.5.2. Desvantagens do processo**

Como desvantagens, existe a limitação do valor mínimo da espessura da secção do macho. As temperaturas da areia utilizadas são muito mais críticas e a mistura da areia tem um tempo de vida reduzido. Durante a fase de extracção dos machos existe um intenso odor provocado pela presença de formaldeído livre o que implica uma ventilação reforçada neta área <sup>[5]</sup>.

## 4. Defeitos de Fundição

### 4.1. Selecção dos Defeitos Provocados Pelos Machos

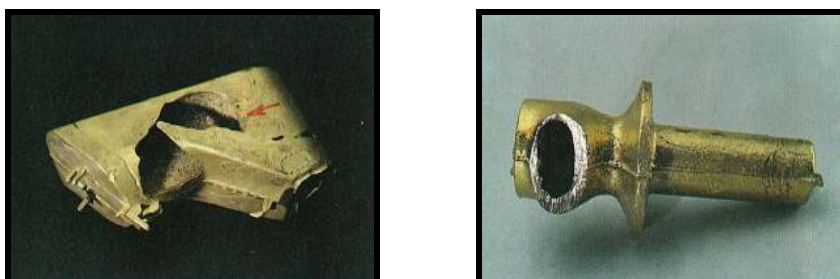
Os defeitos de fundição associados à utilização de machos fabricados em caixa quente no vazamento em coquilha, são diversos, tendo causas bem distintas. Estas podem ser oriundas de anomalias existentes no macho, no metal ou em ambos.

Identificando os defeitos com causas provenientes de irregularidades no macho, a gama de defeitos existentes é confinada a uma área mais restrita e de maior interesse, visto que incide na sua plenitude em defeitos provocados pelos machos <sup>[8]</sup>.

### 4.2. Caracterização dos Defeitos Seleccionados

#### 4.2.1. Macho partido ou deslocado

Este defeito ocorre quando há uma incorrecta colocação ou dimensionamento do macho, o que facilmente é reparado com correcta aplicação dos mesmos.



**Figura 8** – Peça com macho partido (esquerda) e peça com macho deslocado (direita)

No entanto, este defeito também pode ocorrer, resultado de uma deslocação do macho após o fecho da coquilha, sendo neste caso necessário, verificar a respectivas dimensões do macho e da cavidade da coquilha <sup>[8]</sup>.

## 4.2.2. Rugosidade

Este tipo de defeito não tem origem apenas em anomalias relacionadas com o macho, no entanto, apenas estas vão ser apresentadas nesta breve descrição. Deste modo pode ser provocado pela desagregação da areia dos machos ou pela imperfeita pintura dos machos.



**Figura 9** – Peça com macho partido (esquerda) e peça com macho deslocado (direita)

Para evitar a ocorrência deste mesmo defeito devem ser utilizados machos com boa qualidade superficial, verificando a mistura da areia e controlando devidamente as temperaturas associadas ao fabrico dos machos, bem como, pintar os machos correctamente nas zonas afectadas <sup>[8]</sup>.

## 4.2.3. Rechupe

O rechupe é um defeito que tem várias origens possíveis, sendo a existência de elevada pressão gasosa uma das suas causas e que se encontra directamente relacionada com o fabrico de machos. Esta pode ser proveniente quer da libertação dos gases dos produtos químicos, utilizados no fabrico dos machos, quer dos da pintura.



**Figura 10** – Peça com rechupe.

Para prevenir o aparecimento deste defeito, actuando nas causas supracitadas, deve-se verificar se a proporção de ligante que é aplicada no processo de fabrico de machos e o tipo de pintura, se são empregues correctamente <sup>[8]</sup>.

#### 4.2.4. Porosidade

A porosidade existente, por vezes, nas peças pode dever-se à baixa permeabilidade dos machos, bem como, a humidade existente nas pinturas dos machos, entre outras que não se encontram directamente relacionadas com os machos.



**Figura 11** – Peça com poros.

Para eliminar este defeito deve-se controlar a qualidade dos machos, e a humidade das pinturas aplicadas aos mesmos <sup>[8]</sup>.

#### 4.2.5. Inclusões de areias

Este tipo de defeito tem origem, normalmente, na libertação de areia proveniente dos machos. Isto deve-se a um mau fabrico dos mesmos, pelo que se torna necessário melhorar as condições de fabrico, no que se refere ao controlo das porções de aditivos químicos, temperatura e tempo de cura aplicados.



**Figura 12** – Peças com inclusões de areia (esquerda) e peças sem inclusões de areia (direita).

A ausência de respiros nas caixas de machos também pode motivar o aparecimento de inclusões na peça, assim sendo deve estar incluído nas as caixas de macho respiros para libertação dos gases que se forma durante o fabrico dos machos <sup>[8]</sup>.

## 5. Revestimentos Refractários dos Machos

### 5.1. Introdução

Conhece-se uma variada gama de revestimentos refractários para a indústria de fundição, que podem ser aplicados de diversas formas, na superfície dos machos que vão contactar com o fundido.

São inúmeras as razões que levam à aplicação de um revestimento no macho, visto que esta técnica permite melhorar a superfície da peça fundida, bem como, isolar os grãos de areia do metal, minimizando ou eliminando a ocorrência de defeitos causados pela libertação ou expansão dos grãos de areia. Para além do mais, promove a remoção dos grãos de areia do interior da peça.

Embora exista um custo elevado associado ao revestimento refractário, também se reconhece que a sua aplicação reduz, de forma notória, o custo associado à produção das peças. Torna-se mais acessível, em termos económicos, aplicar uma pintura ao macho do que corrigir todos os defeitos que surgem por não a utilizar.

Quando se opta por um tipo de pintura deve-se ter em consideração o tipo de metal que vai ser vazado, o rigor creditado dimensionalmente nas peças produzidas, o tipo de areia, o tipo de processo de fabrico de machos e a situação que se pretende eliminar <sup>[6]</sup>.

### 5.2. Conceitos Básicos

As tintas que são aplicadas nos revestimentos machos são compostas a partir de diferentes agentes que têm funções específicas no seio da pintura.

O produto que interfere directamente na qualidade superficial das peças vazadas é o material refractário. O zircónio é o refractário indicado para aplicar na produção de peças de aço ou em peças de fundição com elevadas densidades, enquanto a grafite destina-se a peças de pequena e média secção, sendo aplicada em conjuntos com outros materiais igualmente refractários. Para actuar nos defeitos causados pela libertação das areias, são utilizados Os refractários com forma laminar, tais como, o talco, a mica, entre outros, pois são os mais eficientes na colmatação deste problema.

Um composto imprescindível é o solvente, pois torna possível a aplicação do material refractário, na superfície dos machos. O solvente aplicado nos materiais refractários pode ser de dois tipos: água ou um álcool. A aplicação da água como solvente torna o revestimento mais económico, no entanto, implica a existência de uma estufa para permitir a total evaporação do solvente.

No caso de o solvente ser um álcool, já não é necessário a estufa pois a sua volatilização é bem sucedida à temperatura ambiente.

Existem ainda, e não menos importante, compostos cuja finalidade reside em impedir ou dificultar a deposição dos materiais refractários no fundo da solução de pintura. Deste modo, facilita-se a fase de aplicação dos materiais refractários na superfície do macho é facilitada.

A função de garantir que o material refractário é devidamente colocado na superfície do macho, que se pretende pintar, é assegurado pelo agente fixante.

Existe uma série de combinações possíveis a realizar com estes materiais o que origina uma vasta gama de revestimentos <sup>[6]</sup>.

### **5.3. Métodos de Pintura**

Existem vários métodos de pintura, no entanto apenas vais ser destacado o que é indicado para o tipo de machos que resultam do processo de caixa quente <sup>[6]</sup>.

#### **5.3.1. Pintura por imersão**

Este processo é considerado excelente para a aplicação de tintas em machos com geometrias complexas. Consiste na imersão do macho num reservatório contendo a tinta pretendida, durante um curto período de tempo. Quando o macho emerge, é necessário deixar escorrer bem o excedente de tinta, por acção da gravidade, ou com pequenas sacudidas impostas no macho ou ainda, se necessário, recorrer a ligeiros jactos de ar com o devido cuidado a fim de não danificar a integridade do macho.

As tintas aplicadas por este método são as que reúnem melhores características físicas e foram criadas de forma a minimizar ou mesmo evitar a formação de pingos de tinta e diferenças de espessura da camada aplicada, ao longo da superfície do macho.

O tempo de imersão do macho é um parâmetro muito importante na aplicação destes revestimentos. Para garantir uma espessura de revestimento suficientemente fina, há que

actuar na redução do tempo de imersão. O tempo de permanência do macho imerso deve ser o menor possível, já que, tempos de imersão longos constituem fontes de ocorrência de defeitos devido à criação de condições que potenciam a formação de camadas de revestimento espessas. Ainda pode suceder, que o solvente utilizado na pintura reaja com os produtos químicos, envolvidos na reacção de polimerização que promoveu o endurecimento do macho, quebrando as ligações formadas <sup>[6]</sup>.

## **5.4. Métodos de Controlo**

Para garantir que as condições de aplicação do revestimento, são idênticas nos vários machos, sujeitos ao método, é necessário garantir a homogeneidade da espessura da camada de tinta, que é aplicada nos mesmos. As características das pinturas estão relacionadas também, com o método utilizado.

Deste modo, é necessário trabalhar com um pintura e um sistema que nos permita controlar a espessura da tinta, ou então, que fomente a permanência da mesma com o decorrer do tempo.

Tento como objectivo, afirmar a imutabilidade das condições de pintura, pode-se recorrer a dois métodos de controlo ao nível da densidade e viscosidade da tinta, bem como, no macho, à verificação da espessura aplicada <sup>[6]</sup>.

## **5.5. Defeitos Ocorridos com o Revestimento**

A escolha desajustada de uma pintura, ou mesmo, uma má aplicação da mesma, pode induzir ao aparecimento de defeitos nas peças fundidas. Assim sendo, seguidamente são apresentados alguns destes defeitos <sup>[6]</sup>.

### **5.5.1. Marcas de aplicação**

A marca de aplicação de tinta mais vulgar resulta da formação de pingos de tinta, situação tal, que causa variações ao nível dimensional da peça. As possíveis causas que levam à origem deste defeito prendem-se com escolhas e aplicações de tintas impróprias ou a solução não foi devidamente homogeneizada antes da sua utilização.

Também podem ocorrer situações em que a pintura fica retida nos machos, por exemplo, em zonas complexas, que apresentam reflexo directo nas peças vazadas, surgindo problemas de mau dimensionamento ou de gás, motivado por uma incompleta libertação do solvente, e portanto, o macho não foi aplicado ser estar convenientemente seco <sup>[6]</sup>.

### **5.5.2. Defeitos de gases**

Os defeitos de aparecimento de gases nas peças podem provir de duas causas, essencialmente. Uma primeira razão pode ser, devido à aplicação de uma camada de pintura demasiado espessa, o que retarda a libertação do solvente. Deste modo, pode ter-se utilizado o macho no vazamento, sem ele estar devidamente seco.

Uma outra razão encontra-se relacionada com a permeabilidade do macho. A aplicação de camadas de pintura demasiado densas diminuem a permeabilidade, e como tal, há menor capacidade dos gases se libertarem reunindo condições para permanecerem retidos no interior da peça no final do vazamento <sup>[6]</sup>.

### **5.5.3. Libertação de areias**

Um dos objectivos principais que encaminham para a aplicação de revestimentos de tinta refractária consiste na tentativa de minimizar a libertação das areias. No entanto, em situações pontuais, este método nada mais faz, do que aumentar os problemas existentes. Estas situações de libertação de areias resultam de casos em que, a espessura da camada de pintura aplicada no macho é demasiado densa. Desta forma, na altura de fecho da coquilha, para o vazamento do metal, esta não fecha devidamente, havendo a remoção parcial da pintura em determinado local do macho. Assim, existem areias soltas no macho que vão misturar-se com o metal na altura do contacto com o metal líquido, sendo arrastadas pela peça. Que origina no final defeitos por inclusões de areia.

Outro aspecto pertinente que pode causar a origem deste defeito, está na má selecção do solvente a aplicar. O tipo de solvente da pintura pode reagir com a resina polimerizada na superfície do macho, debilitando as ligações que aglomeram os grãos de areia. Este fenómeno pode verificar-se com a aplicação de pinturas muito diluídas, tempos de imersão excessivos ou tempos longos entre a aplicação da pintura e o processo de secagem do macho <sup>[6]</sup>.

## 6. Estudo Desenvolvido na GROHE

### 6.1. Diagnóstico do controlo do processo

Inicialmente foi diagnosticado o processo de fabrico de machos em caixa quente. Existe uma série de variáveis associadas a este processo que advêm de diversos factores tais como, os produtos químicos utilizados, os materiais aplicados, as ferramentas usadas, temperatura e tempo envolvidos, condições atmosféricas, factores humanos, complexidade do macho, entre outros. Nem todas estas variáveis são passíveis de controlo, por exemplo, é impossível controlar as condições atmosféricas.

Assim sendo, é importante garantir que as que o permitem efectivamente se encontram controladas. Neste sentido, estas foram avaliadas qualitativamente, para salvaguardar que têm as características adequadas ao tipo de processo em causa e quantitativamente, pois existem níveis óptimos de aplicação que normalmente estão definidos e por vezes não coincidem com o que se verifica na prática.

Com este diagnóstico inicial, realizado pela ordem sequencial desde o início do processo, desejou-se conhecer exactamente as condições em que o processo decorre. Verificar se existe alguma ou mais do que uma variável que por se encontrar fora de controlo, potencie a libertação das areias do macho.

#### 6.1.1. Análise granulométrica da areia

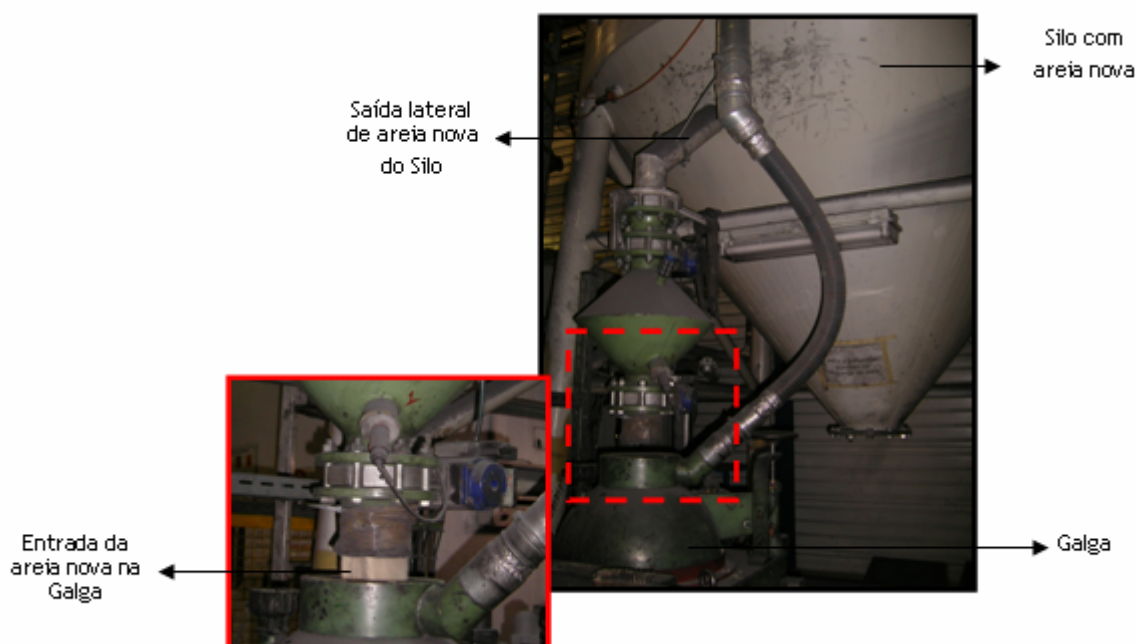
O início do processo ocorre quando há necessidade de areia preparada para um equipamento de fabrico de machos.

O silo tem a areia nova armazenada e é abastecido quando há disponibilidade do operador para exercer essa tarefa. Sempre que surge uma necessidade de areia preparada é activada uma descarga de areia do silo para o interior da galga, onde é realizada a mistura com os aditivos químicos.

Por motivos de adaptação do silo à galga, não é possível realizar a descarga da areia para o interior da galga pela extremidade inferior do silo. Este local de saída da areia encontra-se a um nível inferior da entrada da areia na galga o que impossibilita a sua passagem por acção da gravidade, que é a situação mais vantajosa. Para contornar esta

situação e tentando usufruir na mesma da queda por gravidade, foi criada uma forma invulgar para permitir a descarga de areia para a galga.

Assim, a passagem de areia do interior do silo, para o interior da galga realiza-se através de uma saída que está posicionada lateralmente próximo da extremidade inferior do silo, como é possível observar a partir da figura 13.



**Figura 13** – Abastecimento da galga por descarga de areia nova do silo.

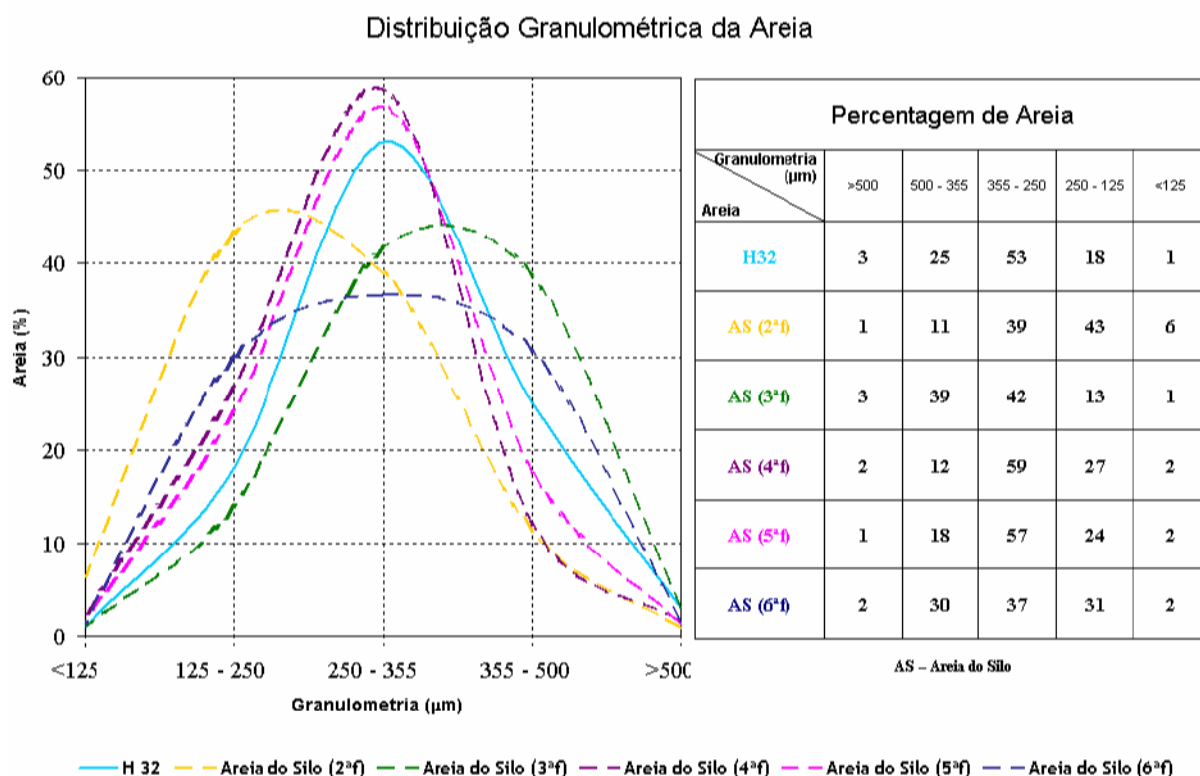
A areia utilizada, Quartz Sand Haltern H32, é uma areia nova com 99% de sílica, índice AFS de 45 e tem uma distribuição granulométrica definida pelo fornecedor a qual se pretende verificar na prática. A importância em controlar estas variáveis é que em função destes parâmetros são determinados outros, como por exemplo a quantificação dos produtos químicos que são adicionados na preparação da areia. Deste modo, os parâmetros conhecidos devem ser comprovados e persistirem ao longo do processo.

### **Diagnóstico:**

Nesta fase inicial do processo, foi recolhida uma amostra de areia no local de entrada para a galga. Para a realização do ensaio da análise granulométrica utilizou-se uma amostra de 100g de areia que foi crivada ao longo de quatro crivos com malhas de 500 $\mu$ m, 355 $\mu$ m,

250 $\mu$ m e 125 $\mu$ m, durante 5 minutos com uma amplitude de 0,3mm, pois são as condições definidas pelo fornecedor. No final do ensaio, pesaram-se os crivos com a areia no sobre crivo, registando o valor obtido após descontar o peso inicial do crivo. Este ensaio foi repetido três vezes, com amostras diferentes da mesma recolha de areia. Utilizou-se o valor médio dos três ensaios para representar o resultado final de cada recolha.

Este ensaio foi realizado durante uma semana e os resultados estão representados na figura 14.



**Figura 14** – Distribuição granulométrica da areia no início do processo, durante uma semana.

### Comentário:

Analisando os resultados obtidos ao longo da semana, verificou-se que esta variável não estava controlada. De acordo com o fornecedor, a distribuição granulométrica da areia é a que está representada no gráfico da figura 14, designada por H32. Verifica-se que no início da semana existia uma predominância de grãos finos, situação que se invertia no dia seguinte. Na quarta e quinta-feira a distribuição granulométrica aproximava-se do que seria esperado. No final da semana obteve-se uma distribuição granulométrica diferente das anteriores, onde a predominância era igualmente de grãos finos e grosseiros, escasseando os grãos intermédios.

Facilmente se constata que existe uma grande dispersão de valores ao longo da semana. Esta situação indicia variabilidade ao nível da superfície específica da areia. Quanto menor for o tamanho de grão maior é a sua área superficial. A área superficial é tida em consideração aquando a definição das quantidades necessárias de ligante a aplicar para promover a polimerização de todos os grãos de areia.

Com a diminuição do tamanho de grão a superfície específica aumenta. Deste modo é necessário aumentar a proporção dos aditivos químicos, pois se esta se mantiver constante o que sucede é que pode não haver ligante suficiente para a totalidade dos grão existentes e como consequência pode existir um incompleto revestimento dos grãos o que pode originar falta de resistência nos machos, resultando na libertação de areias, o que, em muitos casos, leva à fragilidade dos machos e produção de sucata.

No caso de haver a predominância de grãos grosseiros, também não é vantajoso, pois a superfície específica diminui e no caso de não haver alteração nas proporções dos aditivos químicos, esta está a ser utilizada em excesso. Para além da quantidade excessiva utilizada, os grãos grosseiros nos machos propiciam, no fundido, o aparecimento de uma pele superficial no seu interior rugosa o que não é desejável.

Existe um problema do qual se desconhece a origem. Avaliando o processo até este ponto apenas há um parâmetro que é variável ao longo da semana. O tipo de areia, a forma de abastecimento do silo e o modo de descarga da areia para o interior da galga são sempre os mesmos, o que flutua é o nível de enchimento do silo de areia nova. Como referi, este último, apenas depende da disponibilidade do operador. Assim o que sucede é que durante a semana o silo pode manter-se cheio, no caso do operador estar sempre a colocar areia, como pode estar sempre numa posição intermédia ou apresentar várias oscilações no nível de enchimento.

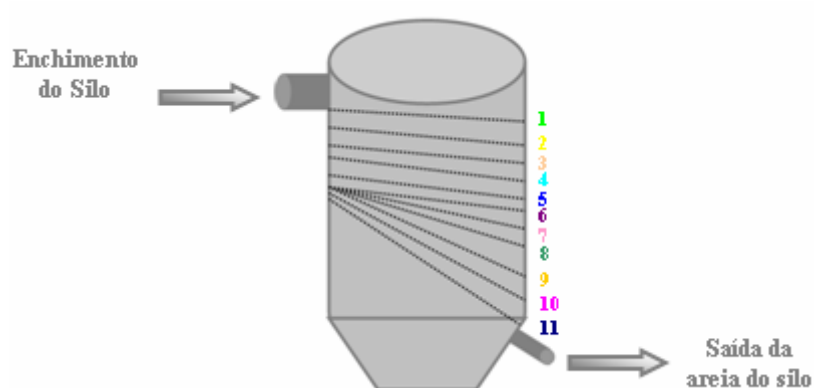
É então que se questiona, qual a relação que existe entre o nível de enchimento do silo e a distribuição granulométrica da areia.

### **6.1.2. Estudo do efeito do nível de enchimento do silo de areia nova**

Para solucionar este problema, era necessário avaliar de uma forma sistemática a distribuição granulométrica desde o nível máximo até ao nível mínimo de enchimento do silo.

A capacidade do silo é de 25 toneladas e cada descarga de areia é de 30Kg. Este é um processo contínuo ao longo da semana, só existe paragem ao domingo e nem sempre se verifica. Por dia há rotação de três turnos. Admitindo o consumo aproximado de duas toneladas de areia por turno, significa que, ao fim de onze rotações o silo está praticamente vazio, desprezando aproximadamente três toneladas de areia que ficam retidas no seu fundo.

Assim sendo, encheu-se o silo e sem o voltar a abastecer, recolheram-se onze amostras de areia nova, sempre no início de cada turno. Para cada recolha efectuada foi verificado o respectivo nível de enchimento, subindo ao cimo do silo e observando o seu interior. Os níveis de enchimento verificados encontram-se representados na figura 15.

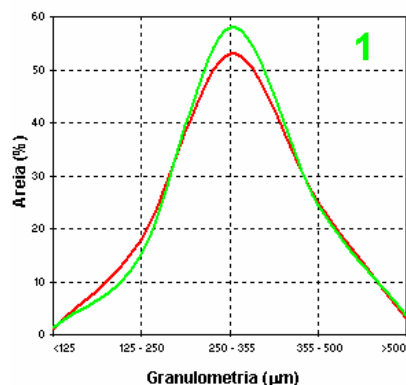


**Figura 15** – Esquema ilustrativo do nivelamento de areia nova no interior do silo em função do seu nível de enchimento.

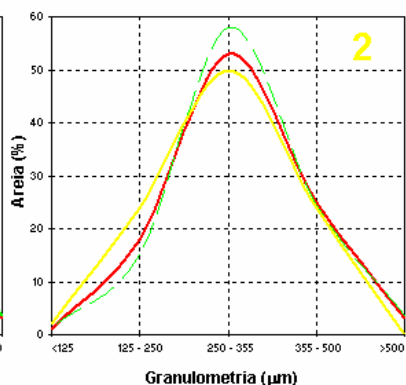
Observando esta figura verifica-se que pelo facto da descarga da areia do silo para o interior da galga realizar-se lateralmente, favorece a criação de um declive no nivelamento da areia no interior do silo. Este declive acentua-se à medida que o nível de enchimento diminui.

As distribuições granulométricas associadas a estes níveis de enchimento estão representadas nos gráficos das figuras 16 até 26. A curva a vermelho representa a distribuição granulométrica original do fornecedor. Optou-se por representar graficamente o acumulado de distribuições granulométricas que estão presentes a cada nível de enchimento, para permitir uma melhor visualização da evolução da situação em análise.

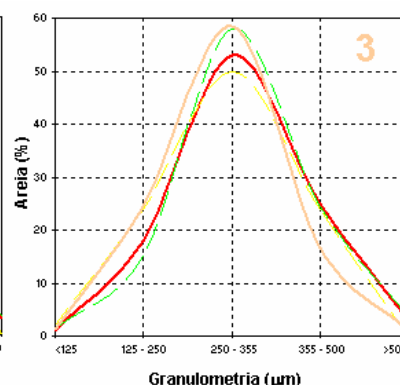
O gráfico da figura 16 corresponde ao primeiro nível de enchimento do silo (silo cheio), e verifica-se que a distribuição obtida está de acordo com a distribuição teórica, existindo no entanto uma pequena discrepância ao nível dos grãos intermédios, cuja granulometria está compreendida entre os 250 e 355 $\mu$ m.



**Figura 16** – Distribuição granulométrica no primeiro nível de enchimento do silo.



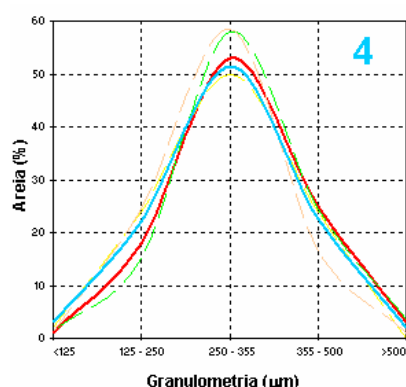
**Figura 17** – Distribuição granulométrica no segundo nível de enchimento do silo.



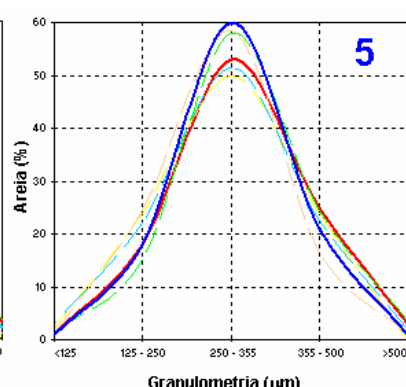
**Figura 18** – Distribuição granulométrica no terceiro nível de enchimento do silo.

Quando se transita para o segundo nível de enchimento, representado no gráfico da figura 17, a distribuição granulométrica também se encontra de acordo com a teórica existindo uma ligeira flutuação ao nível dos grãos finos mas nada de exorbitante.

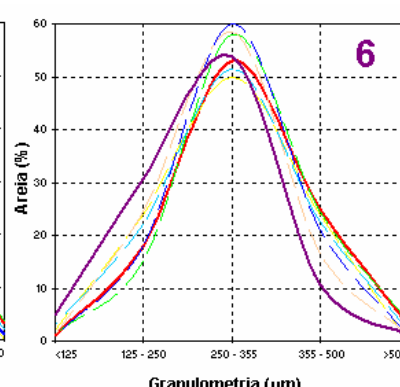
Já no terceiro nível de enchimento, representado no gráfico da figura 18, a distribuição granulométrica oscila um pouco mais significativamente em comparação com a distribuição granulométrica teórica, o que é reposto no quarto nível de enchimento (gráfico da figura 19) e mantido no quinto (gráfico da figura 20). Neste último existe novamente uma flutuação ao nível dos grãos intermédios como se verificou no primeiro nível de enchimento.



**Figura 19** – Distribuição granulométrica no quarto nível de enchimento do silo.



**Figura 20** – Distribuição granulométrica no quinto nível de enchimento do silo.



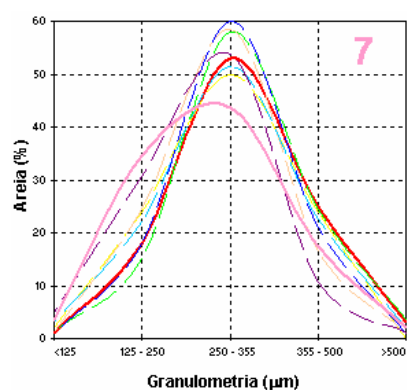
**Figura 21** – Distribuição granulométrica no sexto nível de enchimento do silo.

Até ao quinto nível de enchimento, sensivelmente até metade da capacidade do silo, observam-se algumas flutuações mas nada que se aproxime com a realidade com que se deparou através da análise realizada na primeira semana. Aliás, observando o gráfico da

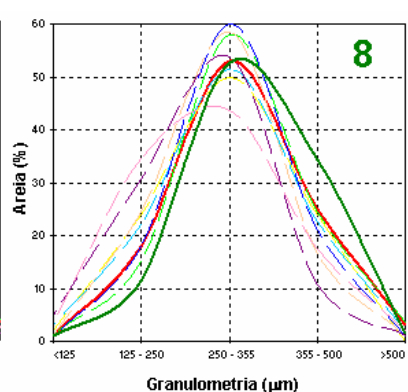
figura 20 que contém todas as distribuições granulométricas até ao quinto nível de enchimento, nota-se que no conjunto a tendência é de corresponder à distribuição granulométrica teórica.

Avançando na análise e seguindo para o sexto nível de enchimento, representado no gráfico da figura 21, já se denota uma flutuação mais vincada comparativamente com a distribuição granulométrica teórica. Existe uma tendência elevada para a predominância de grãos finos em detrimento dos grãos mais grosseiros, situação que se intensifica no sétimo nível de enchimento (gráfico da figura 22).

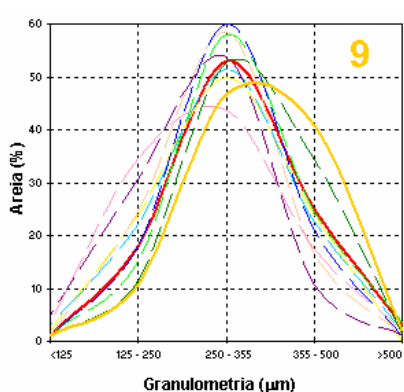
Ainda relativamente ao sétimo nível de enchimento, este já apresenta uma distribuição granulométrica que nada tem que se pareça com a distribuição granulométrica teórica. Em menor escala, mas também é visível o mesmo fenómeno na distribuição granulométrica do sexto nível de enchimento.



**Figura 22** – Distribuição granulométrica no sétimo nível de enchimento do silo.

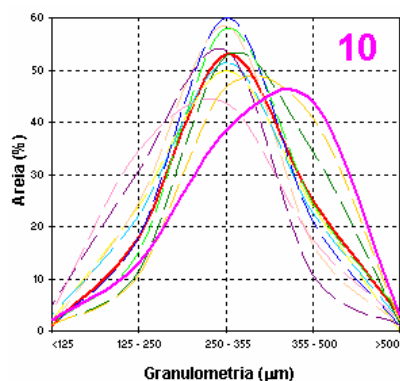


**Figura 23** – Distribuição granulométrica no oitavo nível de enchimento do silo.

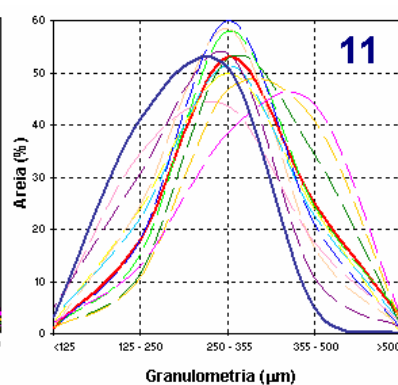


**Figura 24** – Distribuição granulométrica no nono nível de enchimento do silo.

Nos três níveis de enchimento seguintes, (gráficos das figuras 23, 24 e 25), a situação verificada é exactamente a oposta à presentemente comentada. Existe uma predominância de grãos grosseiros em detrimento dos grãos finos a qual tende a pronunciar-se com o avanço do nível de enchimento. No entanto mantém-se a ocorrência de distribuições granulométricas completamente disformes relativamente à distribuição granulométrica teórica.



**Figura 25** – Distribuição granulométrica no décimo nível de enchimento do silo.



**Figura 26** – Distribuição granulométrica no primeiro nível de enchimento do silo.

**Legenda:**

<span style="color: red;">—</span> H 32	<span style="color: green;">—</span> 1	<span style="color: yellow;">—</span> 2
<span style="color: orange;">—</span> 3	<span style="color: cyan;">—</span> 4	<span style="color: blue;">—</span> 5
<span style="color: purple;">—</span> 6	<span style="color: pink;">—</span> 7	<span style="color: darkgreen;">—</span> 8
<span style="color: gold;">—</span> 9	<span style="color: magenta;">—</span> 10	<span style="color: darkblue;">—</span> 11

No último nível de enchimento, gráfico da figura 26, a distribuição granulométrica retoma a predominância de grão finos, como verificado nos gráficos das figuras 21 22, embora de um forma mais significativa que em qualquer um dos casos anteriores.

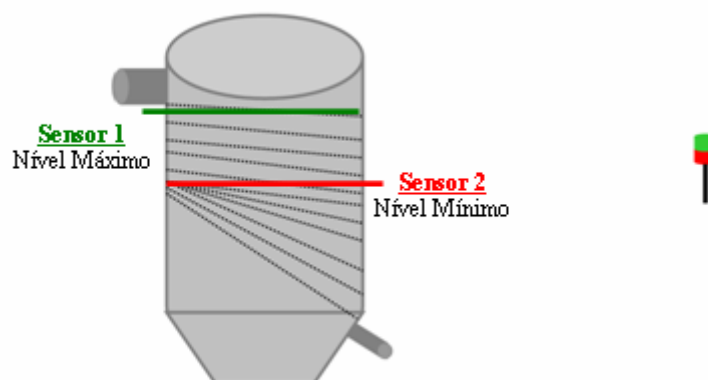
Observando a globalidade de distribuições granulométricas correspondentes a cada um dos níveis de enchimento no gráfico da figura 26, é notória a dispersão das mesmas. Verificou-se que este fenómeno teve início após o quinto nível de enchimento. É precisamente a partir do quinto nível de enchimento que se começa a formar o declive no nivelamento da areia do interior do silo.

Uma razão possível para o aparecimento desta variabilidade pode advir do facto da areia ser extraída lateralmente. Este fenómeno pode impedir que a descida da areia no interior do silo ocorra por gravidade e surja o escorregamento dos grãos de areia após a formação do declive no nivelamento da areia. Até ao quinto nível de enchimento o declive no nivelamento da areia no interior do silo é praticamente inexistente. Logo a descida da areia no interior do silo é feita por gravidade mantendo a diversidade a nível granulométrico dos grãos de areia.

A partir do quinto nível de enchimento o declive formado no nivelamento começa a ser significativo intensificando-se até ao último nível de enchimento. Nesta situação o que pode ocorrer é o escorregamento dos grãos de areia mais finos, que se acumulam perto do local de descarga da areia. Seguidamente grãos mais grosseiros, com a intensificação do declive no interior do silo e vice-versa. Desta forma pode surgir o agrupamento dos grãos de acordo com a sua granulometria originando posteriormente situações cuja predominância é de grãos grosseiros e vice-versa. Simplificando, o que sucedia seria equiparado à formação de camadas granulometricamente distintas no local de descarga, o que originava, a partir de

determinado nível de enchimento do silo, a predominância de grãos mais grosseiros, seguido de um comportamento antagónico.

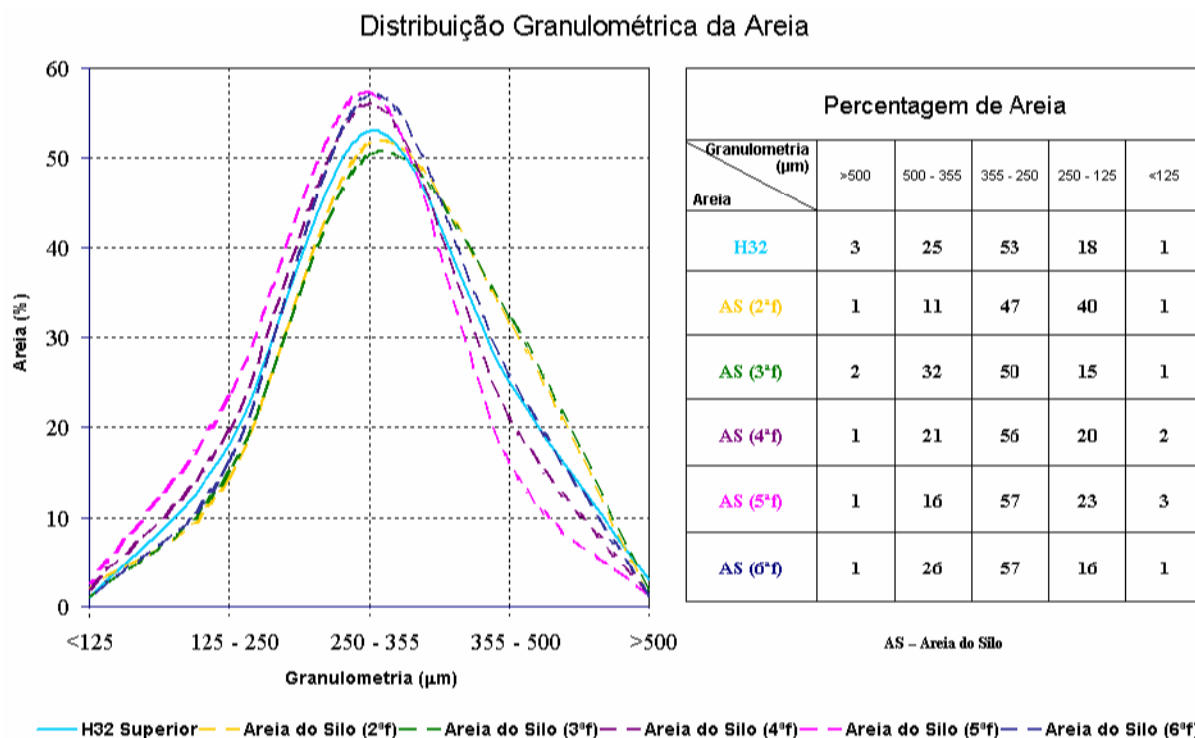
Para solucionar este problema seria importante que o nível de enchimento do silo nunca fosse inferior ao do quinto nível, que é aproximadamente metade da capacidade do silo. Foi então que sugeri a colocação de dois sensores a delimitar os níveis máximo e mínimo de enchimento do silo, associados a um dispositivo visual e sonoro que alertasse para a necessidade de encher o silo sempre que atingisse o nível mínimo pretendido (figura 27).



**Figura 27** – Colocação de sensores no silo que transmitem o sinal para um dispositivo luminoso.

O sensor indicativo do nível mínimo de enchimento (sensor 2) foi colocado alinhado com o local de saída da areia do silo. Assim existia a garantia que estava colocado no ponto de maior declive do nível da areia. O sensor 1 foi colocado alinhado com o local de entrada da areia. Após o enchimento do silo, a luz verde acende e mantém-se ligada até o nível de enchimento no interior do silo atingir o mínimo pretendido, onde está colocado o sensor 2. Nesta altura a luz verde apaga-se, acende-se a luz vermelha e é accionado um dispositivo sonoro. Este último é desligado manualmente mas a permutação da luz vermelha para a luz verde só acontece quando o nível de enchimento do silo voltar a atingir o sensor verde. Deste modo, salvaguarda-se que sempre que o nível de enchimento do silo atinge o nível mínimo pretendido, é requerido que volte a atingir o nível máximo para voltar a acender a luz verde, e não um nível qualquer intermédio de enchimento entre os dois sensores.

A implementação deste sistema de controlo do nível de enchimento do silo foi morosa mas bem sucedida. Com este sistema implementado foi realizado o mesmo ensaio de análise granulométrica realizado no início do diagnóstico do processo, nas mesmas condições e os resultados obtidos não tiveram qualquer comparação (figura 28).



**Figura 28** – Distribuição granulométrica da areia com o processo controlado, durante uma semana.

Analisando o gráfico da figura 28 é possível verificar, que ao longo da semana as diferentes distribuições granulométricas estão de acordo com a distribuição granulométrica teórica. Pode então concluir-se que esta variável está controlada e que realmente era influenciada pelo nível de enchimento do silo.

### 6.1.3. Análise Qualitativa e Quantitativa dos Aditivos Químicos

Após a entrada da areia na galga ocorre a junção dos produtos químicos separadamente. Em primeiro lugar é adicionado o catalizador, seguindo a resina e no final, o conservante. Este último é utilizado na areia de machos no processo de caixa quente para melhorar a fluidez da areia, reduzir a aderência às caixas de macho e aumentar o tempo de bancada da areia preparada. O tempo de mistura da areia é de 5 minutos e é contabilizado desde o início da adição dos produtos químicos.

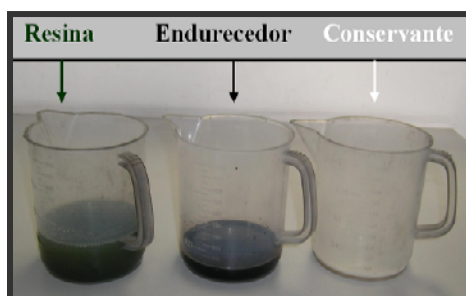
### 6.1.3.1. Análise Qualitativa

Estes produtos apresentam características bem definidas, as quais servem para definir o seu campo de aplicação. Assim sendo analisou-se qualitativamente os produtos químicos que são utilizados no processo de fabrico de machos em caixa quente, para verificar se de facto são adequados ao mesmo. Esta análise foi concretizada recorrendo à ficha técnica de cada produto.

Analisando, inicialmente o primeiro aditivo, o catalizador, constata-se que é uma solução aquosa de ureia, sais de amónio e outros aditivos, apresentando uma coloração negra. Apresenta uma densidade à temperatura de 20°C que oscila entre 1,160 e 1,195 e o pH varia entre 4 e 6.

No que se refere à resina, o segundo aditivo utilizado, seguindo o mesmo procedimento, verifica-se que é à base de ureia formaldeído tendo uma coloração verde. A sua densidade à temperatura de 20°C flutua entre 1,230 e 1,260 e a viscosidade à mesma temperatura é inferior a 11Ps.

Por fim, o terceiro aditivo, o conservante, é um produto à base de hidrocarbonetos pesados, exibindo uma coloração branca. A densidade à temperatura de 20°C vacila entre 0,800 e 1,000 e a viscosidade à mesma temperatura é no máximo de 2Ps. Na figura 29 estão apresentados os três aditivos utilizados.



**Figura 29** – Aditivos químicos utilizados no processo de fabrico de machos em de caixa quente.

De acordo com o que foi referido no capítulo 3.3.2 – *Aditivos Químicos*, sabe-se que para este processo de fabrico de machos o tipo de resina aplicado deve ser de ureia-formaldeído, de fenol formaldeído, uma mistura entre estes dois tipos de resina, uma mistura entre a resina de ureia-formaldeído e a de álcool furfurílico ou uma mistura entre estes três diferentes tipos de resina. Como a resina que é utilizada é à base de ureia-formaldeído, está de

acordo com o que é descrito em conceitos teóricos, para além disto o catalizador utilizado, que é à base de sais de ácidos, é igualmente o indicado.

Conclui-se portanto que qualitativamente os produtos químicos que estão a ser aplicados são indicados ao tipo de processo em causa.

### 6.1.3.2. Análise Quantitativa

Os produtos químicos intervenientes neste processo encontram-se armazenados em contentores metálicos, ou de PVC, dependendo do tipo de produto químico. Os contentores metálicos são reservados para o endurecedor e o conservante, sendo a resina armazenada num contentor de PVC.

A saída do conteúdo dos contentores é feita através de canais distintos, para reservatórios específicos de cada produto, que têm escalas que permitem regular as quantidades desejadas dos diferentes aditivos.



**Figura 30** – Bombas de ejeção dos aditivos químicos utilizados no processo de fabrico de machos em caixa quente.

Assim os produtos químicos são ejetados para o interior da galga, pela ordem anteriormente referida, e ocorre a mistura da areia. Para verificar se a quantidade dos respectivos produtos químicos que efectivamente era adicionada à areia, correspondia ao que estava definido, foi realizada nesta fase, uma recolha das quantidades dos produtos químicos.

Para tal, removeu-se a cobertura da galga (figura 31) e desactivou-se a extracção de areia, mantendo o restante processo a funcionar normalmente. Deste modo, na altura da ejeção dos

diferentes produtos químicos, estas quantidades foram recolhidas para gobelés individualmente (figura 32).



**Figura 31** – Galga aberta para permitir a recolha dos diferentes produtos químicos.

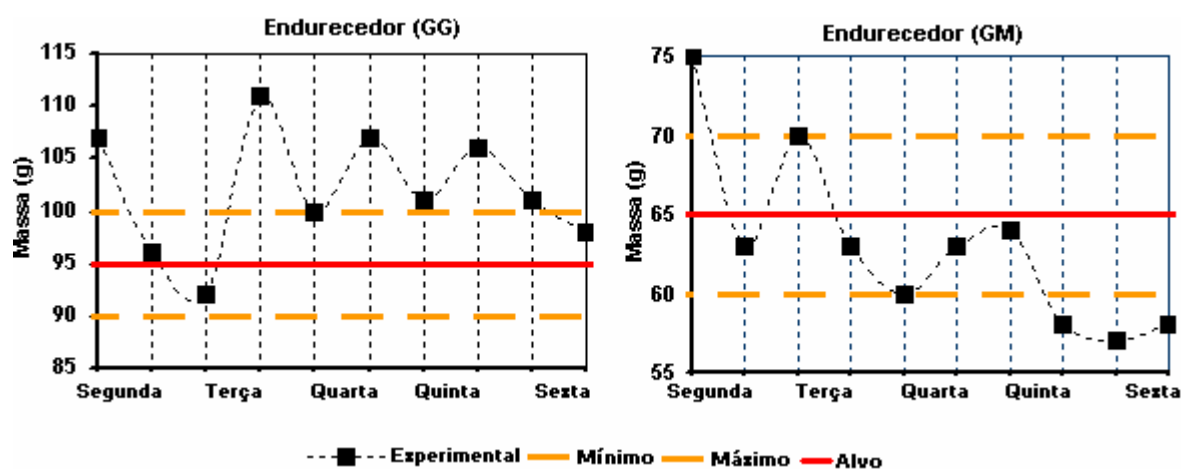


**Figura 32** – Recolha dos diferentes produtos químicos aquando a sua ejeção.

No final, por diferença de massa, determinou-se a quantidade dos diferentes produtos químicos que efectivamente estava a ser adicionada à areia.

Neste processo, devido à geometria mais ou menos complexas dos machos produzidos, são utilizadas proporções de produtos químicos também distintas. Assim, existe para os machos mais complexos uma proporção de produtos químicos superior à utilizada para os machos de menor complexidade geométrica, denominadas por “Grande Gordo” e “Grande Médio”, respectivamente.

Nos gráficos das figuras 33, 34 e 35 encontram-se os resultados relativos às quantidades recolhidas dos três produtos químicos em questão, durante uma semana, nas duas situações referidas.



**Figura 33** – Análise quantitativa do endurecedor, no início do processo.

Com base no gráfico da figura 33, facilmente se observa que a quantidade de catalizador que é ejectada e utilizada no processo raramente se encontra dentro dos limites pretendidos. No caso do “Grande Gordo”, apenas 40% dos resultados obtidos estão dentro dos limites de controlo, no que respeita ao “Grande Médio” este valor é de 60%.

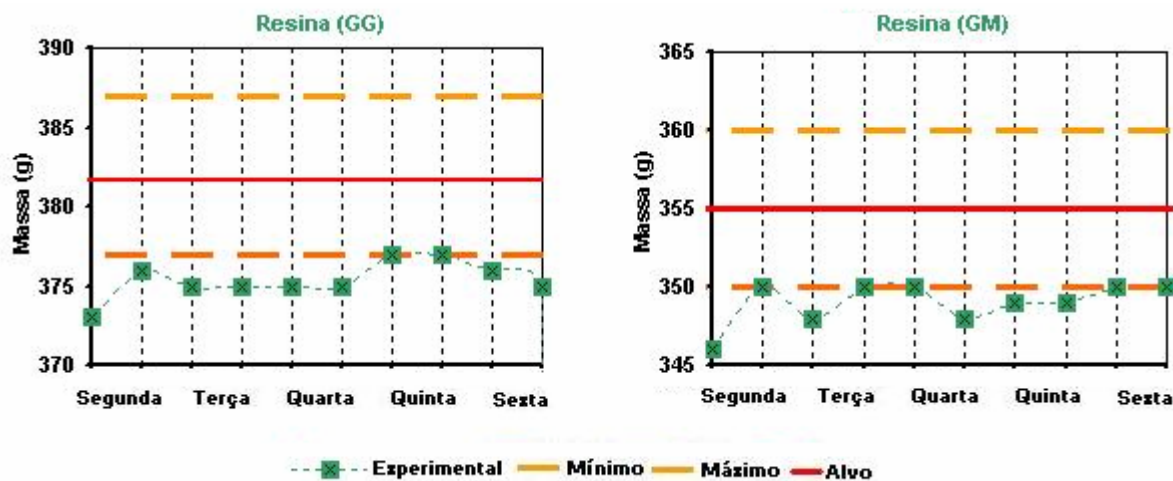


Figura 34 – Análise quantitativa da resina, no início do processo.

Analisando o gráfico da figura 34, onde está representada a quantidade de resina que é ejectada verifica-se, que ainda está menos controlada, que a situação anterior. Na resina em ambos os casos, os únicos valores que estão dentro de controlo estão localizados no limite inferior da tolerância. Mesmo assim, no caso do “Grande Gordo” apenas 20% dos resultados obtidos estão dentro de controlo e no “Grande Médio” este aumenta para 50%.

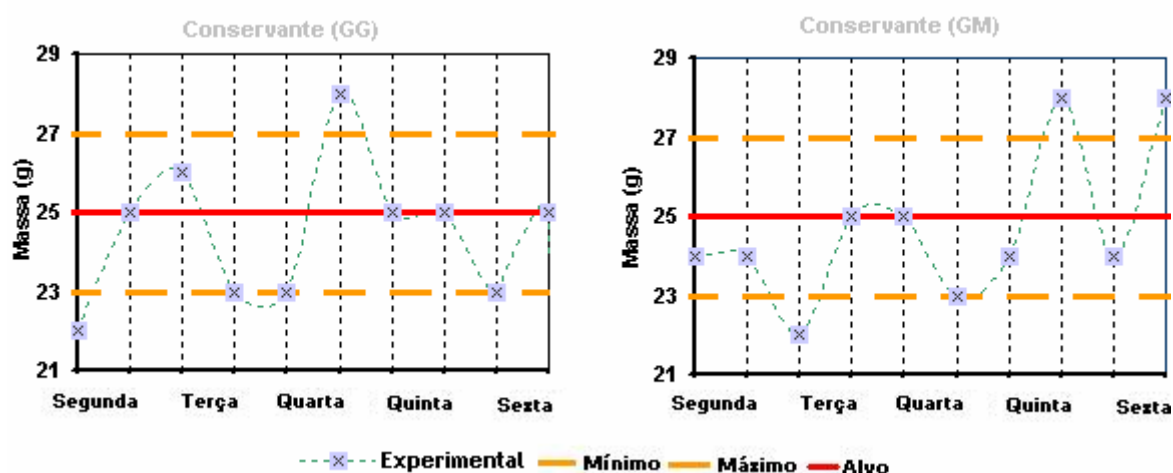


Figura 35 – Análise quantitativa do conservante, no início do processo.

No que se refere ao último aditivo químico, o conservante, analisando o gráfico da figura 35, verifica-se que, de entre os três, este é o que está mais controlado. Tanto no

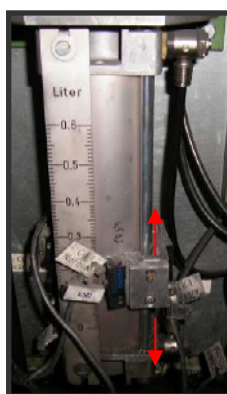
“Grande Gordo”, como no “Grande Médio” os resultados obtidos dentro dos limites de controlo foram superiores aos anteriormente obtidos, sendo de 80 e 70%, respectivamente.

De um modo global pode afirmar-se que estas variáveis também estão fora dos limites de controlo. Isto significava que na realidade as quantidades de produtos químicos que eram adicionadas à areia, na produção dos machos, não estavam correctas, de acordo com o que estava previamente definido e portanto, o processo estava descontrolado.

Quer por excesso, quer por defeito destas quantidades, esta situação não é desejada. No caso de serem por defeito indiciava que alguns grânulos de areia não teriam ligante suficiente para ganharem presa no processo, como consequência podia ocorrer uma polimerização incompleta dos grão de areia o que podia propiciar a libertação das areias nos machos produzidos, para além da fragilidade dos mesmos. Ao invés, o excesso aumenta o tempo necessário para o endurecimento do macho.

Foi então realizado este ensaio (recolha dos aditivos) duas vezes por dia. A quantidade ejectada destes produtos é regulada através de sensores que se encontram localizados nas bombas de ejeção dos mesmos. Para cada quantidade de produto químico definida, encontra-se associado um sensor. Como, no caso do conservante e da resina existem duas quantidades distintas previamente definidas que pertencem ao “Grande Gordo” e ao “Grande Médio”, obrigatoriamente existem dois sensores em ambas as bombas. No que se refere ao conservante, como a quantidade é idêntica nas duas situações, não há razão para existir dois sensores neste reservatório.

Na figura 36 está representado um sensor para o caso da resina no “Grande Gordo”.



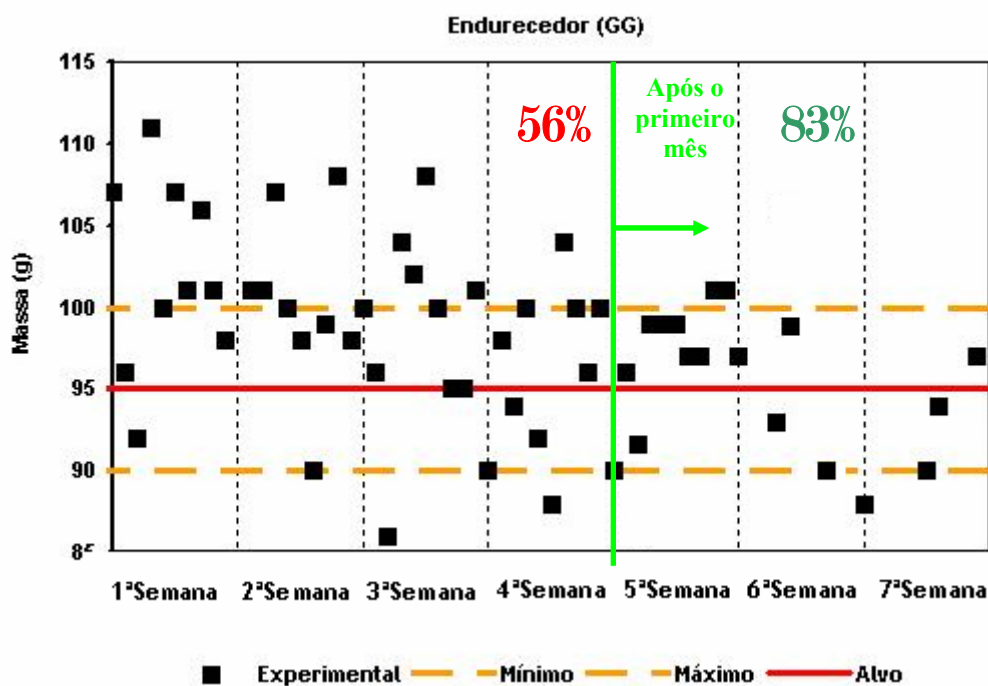
**Figura 36** – Ajuste do sensor que regula a quantidade de ejeção da resina no “Grande Gordo”.

Consoante os valores obtidos eram superiores ou inferiores relativamente ao desejado ia-se deslocando este sensor, no sentido ascendente ou descendente, de acordo com o pretendido. Este foi um processo moroso, pois pequenas oscilações nos sensores,

regularmente introduziam variações superiores às desejadas, quer no sentido de aumentar, quer no de diminuir a quantidade ejectada.

Esta análise foi realizada exaustivamente até os valores se encontrarem dentro dos parâmetros definidos, período a partir do qual passou a ser realizado diariamente.

No gráfico da figura 37 é possível verificar a evolução no caso do endurecedor no “Grande Gordo”.



**Figura 37** – Análise quantitativa do endurecedor no “Grande Gordo”, actuando no controlo do processo.

Facilmente se verifica um progresso positivo no controlo desta variável. Inicialmente este processo estava fora de controlo admitindo apenas 56% de resultados dentro dos limites de controlo. No final do primeiro mês de ensaio já oferecia uma tendência satisfatória apresentando no final das três semanas seguintes um controlo de 83%.

No que se refere à mesma análise mas para o “Grande Médio”, este teve um comportamento análogo ao do endurecedor no “Grande Gordo”. Com base no gráfico da figura 38 verifica-se que a tendência para os resultados se encontrarem dentro dos limites de controlo é após o primeiro mês de ensaio. Até esta data o controlo desta variável era de 53% passando após as três semanas seguintes para os 94%.

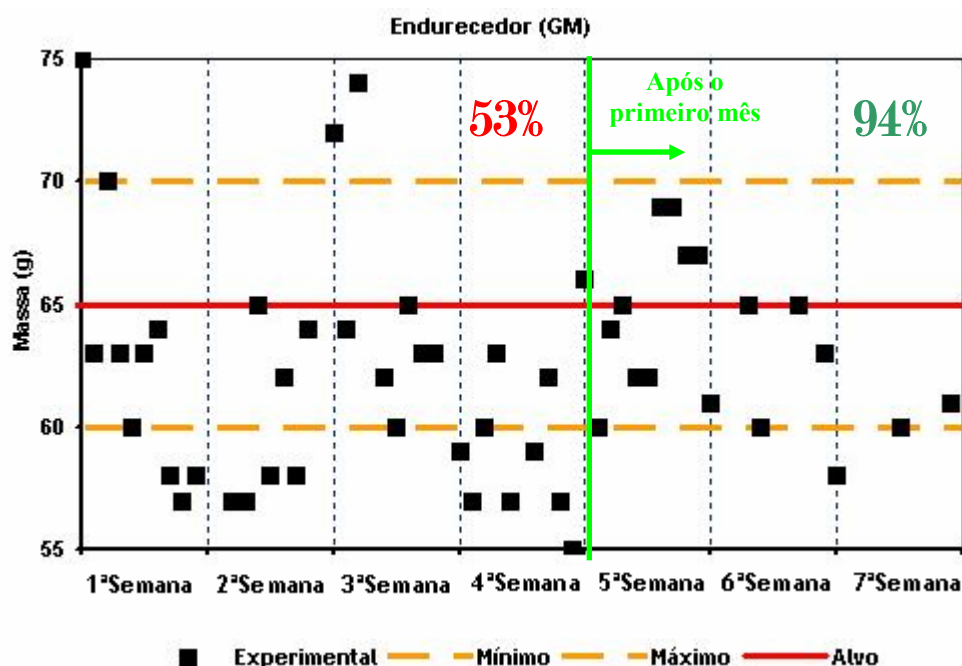


Figura 38 – Análise quantitativa do endurecedor no “Grande Médio”, actuando no controlo do processo.

Relativamente à resina, houve uma deslocação do valor alvo, motivado pelo aumento do teor de resina na mistura da areia. Inicialmente era o que estava mais descontrolado, no entanto, no caso do “Grande Gordo”, observando o gráfico da figura 39, conseguiu-se passar o controlo do processo de 44% para os 100%.

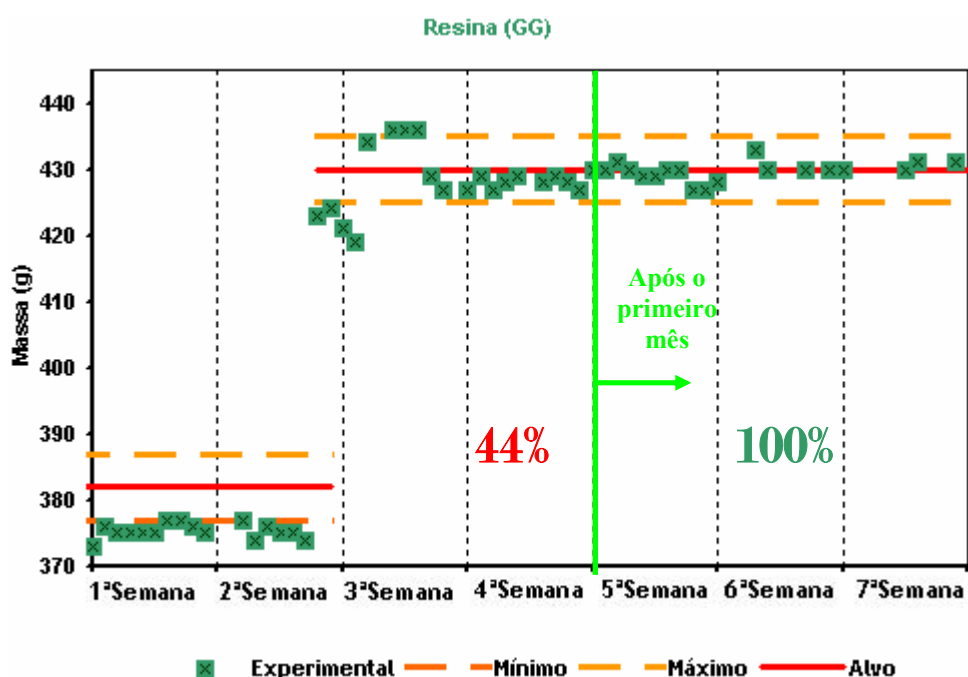


Figura 39 – Análise quantitativa da resina no “Grande Gordo”, actuando no controlo do processo.

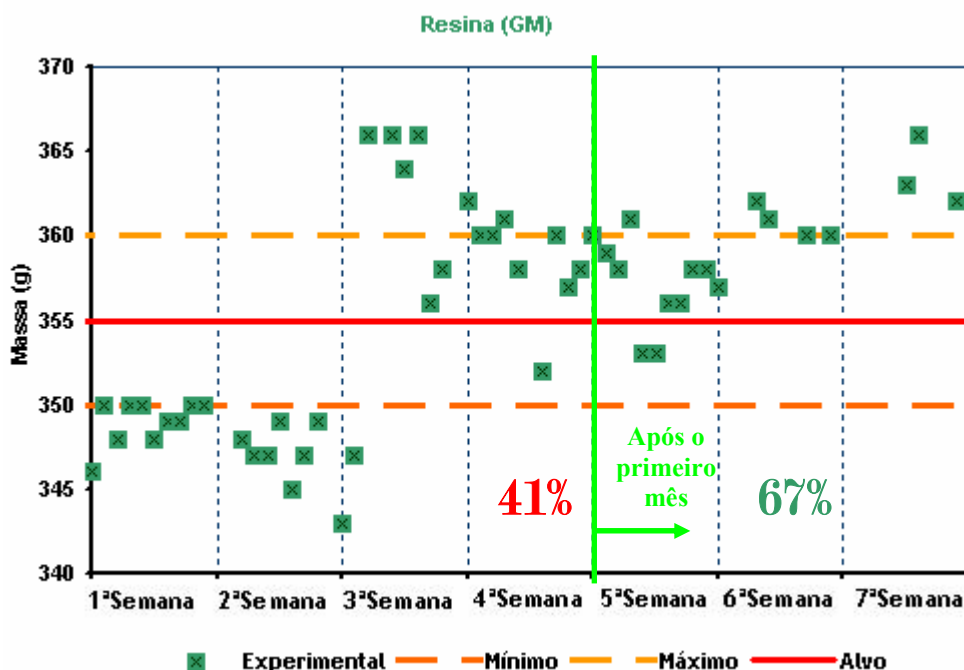


Figura 40 – Análise quantitativa da resina no “Grande Médio”, actuando no controlo do processo.

No que respeita à resina, houve igualmente uma evolução no controlo desta variável, no entanto os valores obtidos ainda estão aquém do que se pretende. Durante o primeiro mês de ensaio esta variável estava em 41% dentro dos limites de controlo, passando após as restantes três semanas para os 67%.

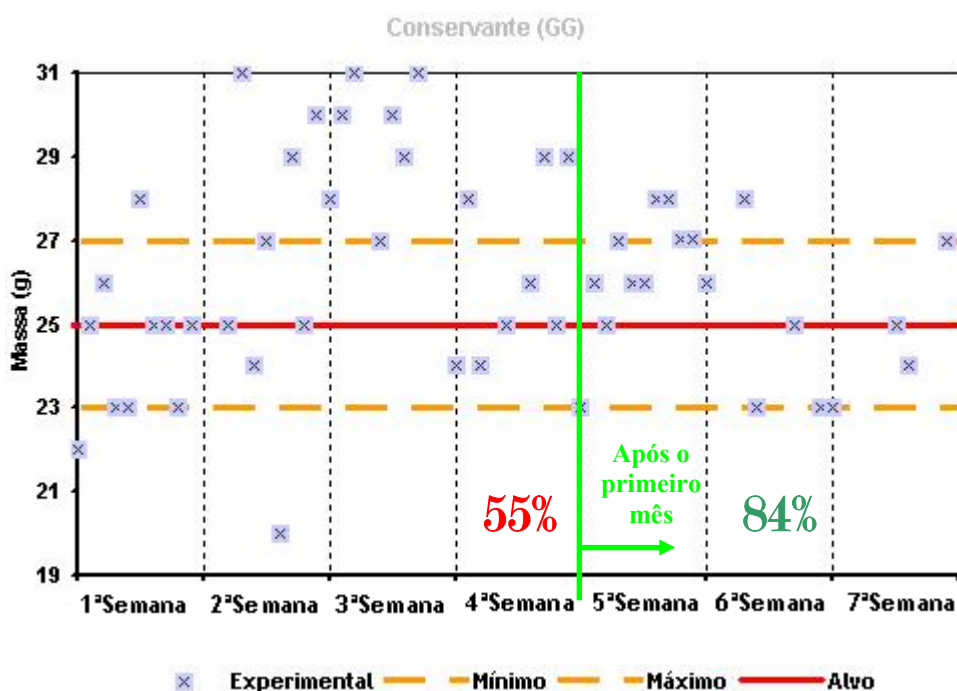
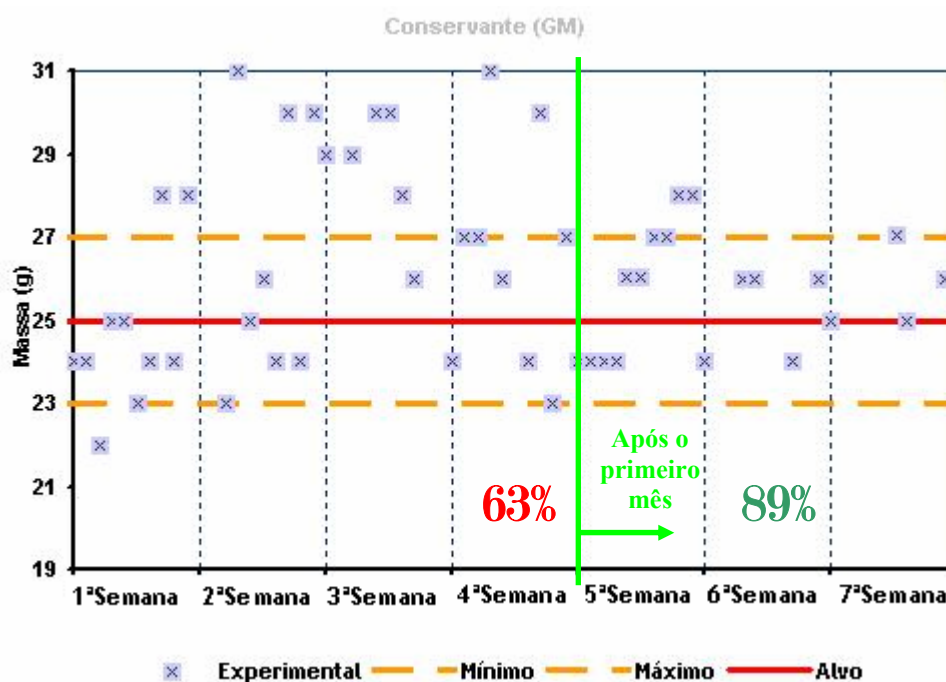


Figura 41 – Análise quantitativa do conservante no “Grande Gordo”, actuando no controlo do processo.



**Figura 42** – Análise quantitativa do conservante no “Grande Médio”, actuando no controlo do processo.

No caso do último aditivo químico utilizado verifica-se uma situação que não devia suceder, no entanto, não se encontrou uma razão para tal. O que é de estranhar é que tratando-se de apenas um sensor, este deveria apresentar resultados idênticos, quer no caso do “Grande Gordo”, quer no “Grande Médio”, como sucedeu no início.

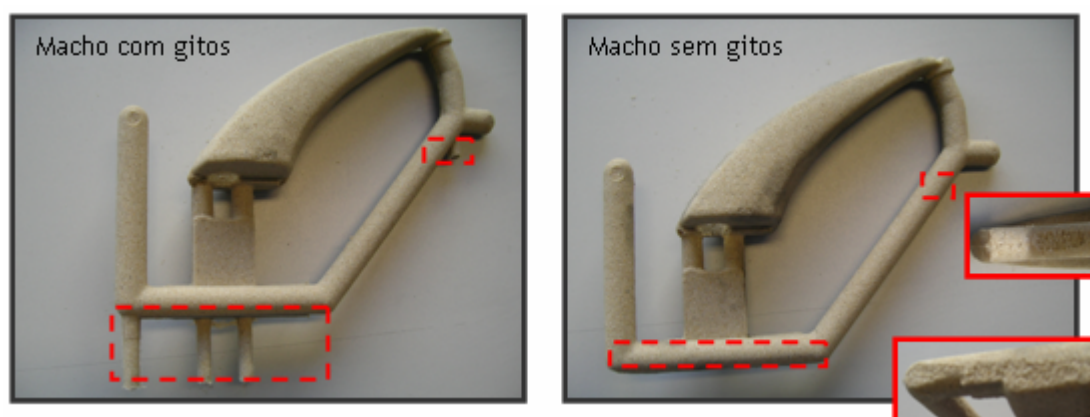
Mesmo assim, os valores antes e após o primeiro mês de controlo não são muito dispares, sendo para o primeiro mês de controlo do processo de 55 e 63% para o “Grande Gordo” e o “Grande Médio”, respectivamente. Constatou-se a evolução em ambos os casos atingindo os 84 e 89%.

Em suma, com o diagnóstico quantitativo dos produtos químicos detectou-se que estes não se encontravam dentro dos limites de controlo. Actuou-se no sentido de melhorar o controlo destas variáveis e em todos os casos se obtiverem progressos positivos, embora nuns mais satisfatórios do que noutros. No entanto, no que se refere à variabilidade das quantidades ejetadas dos produtos químicos esta diminuiu e portanto já se conseguiu controlar mais uma variável que podia afectar directamente a qualidade do macho produzido, e contribuir para a libertação de areias.

### 6.1.4. Integridade das Caixas de Machos

Após a mistura da areia com os produtos químicos esta é transportada para o equipamento que a solicitou e é efectuada a descarga de 30Kg. Dependendo da capacidade da caixa de machos que está a ser utilizada, esta quantidade de areia abastece o equipamento durante mais ou menos tempo.

A areia vai sendo colocada sob pressão no interior da caixa de machos aquecida, permanecendo no seu interior durante aproximadamente 30s, para ganhar presa. Findo este período, os machos saem do interior do molde para uma passadeira rolante onde, manualmente, é realizado o corte dos gitos (Figura 43).



**Figura 43** – Machos com gitos após saída da caixa de machos e macho rebarbado para utilização na produção.

O corte dos gitos é feito manualmente aplicando uma ligeira pressão e com recurso a uma lima realiza-se o acabamento na zona do gito. Nesta acção há libertação de areias embora numa zona reduzida, no entanto, não existe nenhum método implementado de remoção das mesmas e assim são acondicionados nas caixas donde seguem para a produção.

O local que foi limado deixa de ter uma pele superficial com os grãos perfeitamente agregados e passa a libertar pequenos grãos de areia, pois há remoção da camada superficial do macho que se encontra mais vitrificada. Verificou-se que por vezes a zona no macho que era rebarbada não se limitava ao local dos gitos. Isto sucede quando os machos saem da caixa de machos com rebarbas e/ou protuberâncias pois a zona na qual vai ser necessário limar vai ser muito maior (Figura 44).



**Figura 44** – Machos com gitos e protuberâncias após saída da caixa de machos e macho rebarbado para utilização na produção.

Uma das causas possíveis da libertação de areias advém do mau funcionamento das caixas de macho. As caixas de macho necessitam de ter um alinhamento perfeito, inexistência de folgas, entre outros, o que provoca o mau acabamento do macho. Nestas condições os machos em vez de saírem das caixas apenas com a necessidade de corte dos gitos, saem com rebarbas e/ou com protuberâncias. Com esta situação a probabilidade de haver libertação de areias destes machos aumenta.

Constatou-se, portanto, que a integridade das caixas de machos é um ponto fulcral na concepção dos machos. Uma vez que, durante a produção se constata se a caixa de machos está a produzir bem, seria importante criar um registo que indicasse o estado da caixa de machos a cada momento. No caso da caixa de machos estar a produzir machos com algum tipo de deficiência resultante do estado da caixa e machos esta é entregue na ferramentaria para proceder à devida reparação e regressa para a macharia e este movimento devia igualmente ser registado. Assim situações como reparações constantes, na mesma caixa de machos, ou tempos de reparação exagerados, seriam rapidamente detectadas e solucionadas. Se uma caixa estiver constantemente a necessitar de reparações é porque algo de anormal se passa com essa caixa de machos. Em situações similares a opção de criar uma caixa para substituição desta pode ser considerada.

Toda a percepção destes pormenores só é possível se houver algum registo do mesmo. É importante, do ponto de vista do sucesso da produção da macharia, saber se a caixa de machos que vai ser colocada no equipamento para iniciar a produção se está com a performance adequada para garantir uma boa qualidade final do macho produzido.

Neste sentido e de forma a minimizar este fenómeno foi implementado, por minha iniciativa, um quadro de controlo, a partir do qual se verifica a localização da caixa de macho no momento e em que estado se encontra.

Caixas de Machos																	
MÁQUINAS																	
<input type="checkbox"/>	Ropper	<input type="checkbox"/>	Vogel 1	<input type="checkbox"/>	Vogel 2	<input type="checkbox"/>	Vogel 3	<input type="checkbox"/>	Vogel 4	<input type="checkbox"/>	Shalco						
ESTANTE DA MACHARIA																	
Secção 1									Secção 2								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FERRAMENTARIA																	
<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	9
<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	18

Figura 45 – Quadro de registo do controlo da integridade das caixas de macho na macharia.

Este quadro de controlo do estado das caixas de machos possui as três localizações possíveis das caixas de macho. As caixas de machos podem estar na estante da macharia, na qual têm um lugar específico e devidamente identificado. No caso da caixa de machos estar a ser utilizadas na produção pode encontrar-se numa das cinco máquinas existentes na macharia: Ropper, Vogel 1, Vogel 2, Vogel 3, Vogel 4 e Shalco. Quando necessitam de qualquer tipo de reparação, então são encaminhadas para a ferramentaria.

O que circula neste quadro e dá a informação sobre o respectivo estado da caixa de machos e sua localização é um cartão identificativo da caixa de machos.

CAIXA DE MACHOS	CORPO	10 773 051	
	LETRA	A	
	REFERENCIA	803 038 50	
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	<input type="checkbox"/>	MÁCHARIA
		<input type="checkbox"/>	FERRAMENTARIA

Figura 46 – Exemplo de um cartão identificativo da caixa de machos. Representa a caixa de machos A do produto 10 773 051 cuja referência é 803 038 50 que compõe uma torneira para banheira.

Cada caixa de macho tem associado um cartão que funciona como identificativo da mesma. Neste cartão está representado a figura que existe na caixa de macho, bem como, o macho produzido para além do código do macho (corpo) e referência do desenho da caixa de macho (referência). Por vezes existe mais do que uma caixa para o mesmo corpo e são distinguidas pela letra que é colocada na caixa de macho. Esta atribuição é feita por ordem alfabética. Existe um local no cartão no qual se assinala o estado da caixa de macho, se está “Ok” ou “NOk” seguido da rubrica do autor da inspeção.

Se o estado da caixa de machos, após a produção, é satisfatório, é assinalada a opção “Ok” no cartão e a caixa de macho depois de sair da máquina é colocada na estante e o cartão movimenta-se no quadro de caixas de machos da máquina, em que estava em produção, para o respectivo lugar na estante.

Quando a caixa de machos está a causar problemas e necessita de reparações esta é levada para a ferramentaria, no respectivo cartão é assinalada a opção “NOk”, regista-se o problema e coloca-se a data em que deu entrada na ferramentaria e por fim movimenta-se o cartão no quadro para a zona correspondente à ferramentaria. Quando esta caixa de machos regressa para a macharia, o cartão é deslocado para a zona da estante de caixas de machos e regista-se a data em que regressou.

Quando voltar a haver necessidade de enviar a caixa de machos para a ferramentaria é registada a nova data de entrada no cartão e posteriormente, quando regressar à macharia, a nova data de entrada na macharia e assim sucessivamente.

Assim sabe-se sempre onde está determinada caixa de machos e em que estado se encontra. Isto permite garantir que apenas se utilizam caixas de machos que estão em bom estado na produção dos machos.

### **6.1.5. Temperatura e Tempo de Cura dos Machos**

Findo o diagnóstico do processo no que se refere a variáveis que influenciam a concepção a nível global do macho, foi decidido diagnosticar os parâmetros que são específicos de cada produto.

Assim a temperatura e tempo que estão associados a cada produto são definidos em função da sua complexidade, geometria e massividade. Analisaram-se os parâmetros referentes à temperatura e tempo de cura dos diferentes machos produzidos e verificou-se que oscilavam entre os 215 e 275°C. No entanto, de acordo com o que foi referido no *capítulo*

3.3.5, esta devia oscilar entre os 220 e os 245°C, mas quando comparado com os valores que normalmente são aplicados a nível industrial que são 230 a 290°C, verifica-se que não se encontram muito desconexos.



**Figura 47** – Exemplo de machos produzidos pelo processo de caixa quente.

Na figura 47 estão representados alguns tipos de machos que são produzidos. Verifica-se uma grande variabilidade a nível da geometria dos machos. Existem machos muito complexos e é comum no mesmo macho existirem diferentes massividades. Isto é problemático quando se vão definir os parâmetros de cura do macho.

Zonas mais massivas necessitam de maior tempo para que a polimerização ocorra até ao interior do macho. Enquanto que para zonas de menor massividade a polimerização ocorre mais rapidamente. Se se aplicarem os parâmetros de temperatura e tempo ideais para a zona massiva do macho, a zona de menor massividade fica queimada, pois estes são exagerados para este caso. No caso oposto, isto é, ao aplicar os parâmetros de temperatura e tempo óptimos para a zona do macho de menor massividade, a probabilidade do interior da zona mais massiva estar totalmente polimerizada é muito reduzida. O que sucede é que tem que existir um compromisso entre os parâmetros necessários para as diferentes massividades e facilmente se conclui que não são os parâmetros óptimos que estão a ser aplicados.

Estamos perante uma situação que potencialmente propicia a libertação das areias dos machos. Nunca se pode desprezar que no final do processo ocorre o corte dos gitos. Se anteriormente se constatou que os parâmetros têm que ser um compromisso entre os parâmetros ideais de cada massividade, facilmente se reconhece que os locais mais massivos comprometem o sucesso da totalidade da polimerização. Se posteriormente há a remoção da

superfície que está totalmente vitrificada as zonas massivas passam a ser locais críticos de libertação de areias.

É necessário encontrar um método que isole esta tendência de libertação de areias dos machos.

## **6.2. Pintura dos Machos**

Após este exaustivo estudo e controlo das variáveis do processo e implementação das respectivas soluções de melhoria é altura de tentar actuar no processo. De forma a tentar eliminar o actual problema de libertação de areias dos machos, que comprometia, no final do processo de fabrico da torneira, a qualidade da mesma, foi-se testar a pintura dos machos.

### **6.2.1. Composição da pintura**

Esta pintura, obtida num fornecedor de produtos para fundição, consiste numa mistura de vários compostos refractários, os quais produzem uma camada impermeável sobre a areia, impedindo a penetração do metal líquido, de que resulta uma superfície da peça muito lisa e ao mesmo tempo evita os defeitos por penetração de areias.

O produto aplicado para recobrir os machos é uma pintura, à base de silicato de alumínio, de cor castanho-alaranjada. É um produto que está indicado para ser aplicado em materiais não ferrosos, que é o caso da liga utilizada.

A pintura dos machos foi realizada por imersão na tinta após diluição da mesma com álcool isopropílico. Antes de se realizar o que quer que fosse foi necessário mexer exaustivamente a tinta por um período de aproximadamente 15 minutos com a finalidade de a homogeneizar o mais possível, eliminando o depósito gerado acumulado no fundo do balde onde se encontrava armazenada. A diluição recomendada era de 20% no entanto, foram testadas diluições de 15, 20, 25 e 30%.

Na situação menos diluída, o macho banhado formou um pingo de tinta na extremidade de convergência do escorrimento da pintura devido à tinta estar muito espessa. Na condição seguinte, diluição a 20%, o macho banhado formou novamente um pingo de tinta na extremidade de convergência do escorrimento da pintura (não tão saliente como no caso anterior) mas igualmente resultado da tinta continuar espessa. Avançando para o terceiro estado, diluição a 25%, o macho banhado não formou nenhum pingo de tinta na extremidade

de convergência do escoamento da pintura e portanto esta diluição era satisfatória. Para confirmar, testou-se com a diluição a 30%, e o macho banhado ficava recoberto não uniformemente.

Deste modo, ao contrário do que era recomendado utilizou-se uma diluição de 25% no teste de pintura que se realizou aos machos.

### 6.2.2. Aplicação da pintura nos machos

Esta pintura foi aplicada ao produto 10.773.029 que necessita de três machos para a sua concepção.



**Figura 48** – Machos que foram pintados.

Recolheu-se uma amostra de quarenta e quatro unidades e metade foi pintada por imersão durante dois segundos. A diluição utilizada foi a 25% e durante a pintura foi necessário acrescentar doses de 15g de solvente três a quatro vezes, pois este ia evaporando, deixando a mistura de ter a fluidez pretendida.

Os machos foram pintados parcialmente, incidindo a pintura no local do macho que faz parte da peça final. Esta opção foi considerada, pois normalmente os machos são pintados nas zonas críticas, não havendo necessidade de o imergir na sua plenitude e assim rentabiliza-se o produto. À medida que os machos eram pintados, colocavam-se a secar de tal forma que a superfície do macho em contacto com o apoio fosse a menor possível (figura 49).



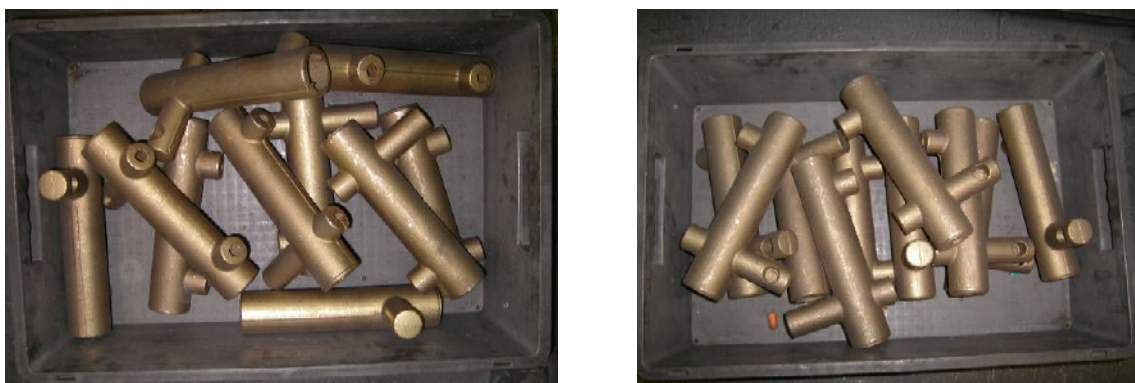
**Figura 49** – Machos que foram pintados. Estes machos pertencem ao produto 10.773.029.

Os machos permaneceram segundo esta distribuição durante 3h30min. Segundo o fornecedor, esta pintura secava em 2h e não era necessário recorrer à queima do macho. No entanto, como o meio envolvente era bastante húmido, prolongou-se este estágio. Posteriormente foram acamados em caixas e reservados durante três dias para garantir que a totalidade da pintura se encontrava devidamente seca (figura 50).



**Figura 50** – Machos que foram pintados e acondicionados em caixas. Estão distribuídos em seis caixas das quais três caixas contêm o macho 10.773.051, duas com o 10.773.052 e uma com o 10.773.053.

Seguidamente as peças foram vazadas com os machos pintados e sem os machos pintados. Por atribulações ocorridas durante o vazamento, a amostra de peças reduziu-se a dez unidades para cada um dos casos. Posteriormente foram granalhadas e retirados os sistemas de alimentação estando representadas na figura 51.



**Figura 51** – Fundido 10 773 029 utilizando machos não pintados (à esquerda) e machos pintados (à direita).

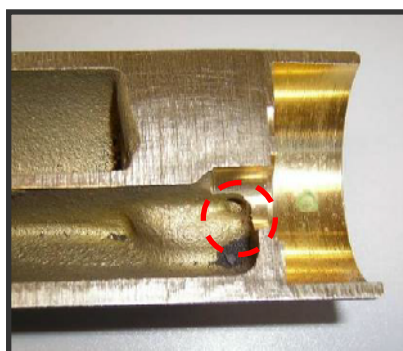
Estas peças, foram devidamente identificadas e seguiram o fluxo normal da produção, sendo sujeitas aos controlos de qualidade existentes.

### 6.2.3. Controlo de qualidade das peças

O primeiro controlo de qualidade que é realizado a qualquer peça é na secção da maquinagem, secção posterior à de fundição. Neste departamento ocorre a remoção de material com ferramentas específicas de corte executando as furações, roscas, etc. necessárias no produto. Posteriormente as peças são sujeitas a um controlo de qualidade denominado por teste de estanquidade.

O teste de estanquidade consiste na injeção de ar sob pressão através de um sistema pneumático automatizado, nos diferentes canais de passagem de água no interior da torneira. É realizado um teste de estanquidade ao canal de água quente seguidamente ao de água fria. Cada produto tem parâmetros específicos que permitem detectar as fugas no interior da peça.

As peças foram sujeitas ao teste de estanquidade e das peças oriundas de machos pintados cinco foram rejeitas no segundo teste de estanquidade, enquanto que, nas restantes não houve nenhuma rejeição. Surpreendida com o facto presente foi-se analisar a causa que motivou esta rejeição. Cortaram-se duas peças de macho pintado, e verificou-se que no canal de passagem de água que não foi aprovado no teste de estanquidade, existia um rechupe em ambas as peças e no mesmo local.



**Figura 52** – Rechupe formado no interior das peças de macho pintado.

As peças que foram aprovadas no teste anterior seguiram para o lixamento e polimento, após o qual foram submetidas a um controlo visual. Nesta inspecção apenas duas peças provenientes dos machos pintados foram rejeitadas, por apresentarem uma inclusão gasosa em locais diferentes, como está representado na figura 53.



**Figura 53** – Inclusão gasosa detectada na peça de macho pintado no controlo visual.

O departamento seguinte é o da galvanica onde é realizado o revestimento pelo processo de galvanoplastia. Uma vez que é nesta fase do processo que as areias tendem a surgir nos banhos, complicando ou dificultando o sucesso do revestimento, sujeitar estas peças a esses banhos, não traria qualquer resultado viável. O resultado possível de ser analisado era a qualidade superficial da peça após o revestimento e comparando com o que inicialmente surgia, verificar se existia algum indício de melhoria. Esta análise nunca ia devolver resultados credíveis. Durante o processo de galvanoplastia ia haver o contacto com mais peças, e como tal, ao avaliar a qualidade superficial da peça nunca se saberia qual a origem destas areias.

No entanto, a avaliação da qualidade do interior da peça também fornece informação quanto à libertação de areias durante o processo. Embora esta apenas se possa expressar qualitativamente, não deixa de ser um resultado digno de ser apresentado.



**Figura 54** – Comparação entre o interior de uma peça de macho pintado e outra de macho não pintado.

Deste modo, na figura 54 é possível verificar que no que se refere à qualidade interior da peça, a que foi produzida com macho pintado tem uma qualidade substancialmente superior. Apresenta uma superfície muito menos rugosa e não tem areias agregadas no seu interior. Restava um vestígio de uma pele escura, originada pela pintura aplicada a qual facilmente foi removida.

#### **6.2.4. Síntese da pintura dos machos**

Com a aplicação da pintura dos machos, verificou-se uma melhoria substancial na qualidade do interior da peça. No que se refere à libertação de areia esta seria praticamente inexistente, como seria pretendido. No entanto, surgiram defeitos nas peças que foram testadas com machos pintados e nas outras não.

Os defeitos surgidos têm origem, não só, mas também em pressões gasosas elevadas na altura do vazamento. Com a diminuição da permeabilidade do macho, há dificuldade no escoamento dos gases libertados durante o vazamento. Dado que as peças rejeitadas a nível da qualidade foram apenas as peças vazadas com machos pintados, tudo aponta para que a pintura aplicada diminuísse a permeabilidade dos machos, dificultando o escoamento dos gases. Outra questão pertinente que contribui para o aumento da pressão gasosa na altura do vazamento é a libertação do solvente adicionado. Este podia não ter evaporado devidamente, ou seja, o macho podia não se encontrar devidamente seco aquando do vazamento e o solvente libertar-se na totalidade nesta altura.

As razões que podem ter levado à ocorrência deste defeitos podem advir, portanto, de uma má escolha ou preparação da tinta aplicada, provocando uma diminuição da permeabilidade do macho, bem como, o método de secagem pode ter sido pouco eficaz, este podia não se encontrar devidamente seco.

## 7. Conclusão

Este trabalho de diagnóstico do processo de fabrico de machos em caixa quente visava a detecção de oportunidades de melhoria no processo, na perspectiva de minimizar a libertação das areias dos machos fabricados, o que constituía um grave problema na empresa.

Com este fim, realizou-se, segundo a sequência metodológica integrada na empresa, a análise às diversas variáveis inerentes ao processo de fabrico de machos em caixa quente.

Iniciando o estudo pela avaliação da granulometria da areia, pela análise granulométrica à areia nova, verificou-se que esta variável não estava controlada. Existiam variações granulométricas, sem razões plausíveis aparentes. Realizou-se um estudo de avaliação da granulometria da areia em função do nível de enchimento e constatou-se que estas oscilações advinham do nível de enchimento do silo. Devido à saída lateral da areia do silo ocorria a formação de um declive no interior deste, o que, a partir de determinado nível de enchimento (metade da capacidade silo), se reflectia, alternadamente, em variações granulométricas com predominância de grãos grosseiros ou com predominância de grão finos. Visto a quantidade de ligante ser constante, estas variações, principalmente no caso da predominância de grãos mais finos, causavam a fragilidade do macho, pois a área específica superficial era maior. Para eliminar este problema foi colocado um dispositivo que alertasse a necessidade de abastecer o silo com areia nova sempre que era atingido o nível de enchimento do silo a partir do qual se iniciava a formação do declive no seu interior.

Concluiu-se, então, que o nível de enchimento do silo se reflectia na distribuição granulométrica da areia, variação esta que causava a fragilidade dos machos, contribuindo para a conseqüente libertação de areias.

Seguidamente foram avaliados os produtos químicos adicionados, qualitativamente e quantitativamente. Qualitativamente estes eram adequados ao processo, no entanto quantitativamente estas variáveis não estavam controladas, havia uma dispersão dos valores relativamente aos desejados. Foram então realizados ajustes ao nível das bombas de ejeção dos mesmos e ao fim de um mês era visível uma melhoria global. No caso do grande gordo, o catalizador, a resina e o conservante obtiveram melhorias de 27%, 66% e 29% apresentando 83%, 100% e 84%, respectivamente, de valores dentro de controlo. No que se refere ao grande médio, o catalizador, a resina e o conservante registaram progressões de 41%, 67% e 26% exibindo 94%, 67% e 89%, respectivamente, de valores dentro de controlo.

Concluiu-se, portanto, que esta dispersão quantitativa podia constituir a causa potencial que se reflectia na libertação de areias dos machos, visto que a proporção que é necessário respeitar entre a areia e o ligante não era cumprida.

Prosseguindo o diagnóstico ao processo, foi avaliada a última variável passível de o ser directamente. Assim, ao nível das temperaturas aplicadas nas caixas de machos concluiu-se que de facto estão dentro da gama praticada a nível industrial.

Por último, analisou-se o estado das caixas de machos que foi avaliado, de modo indirecto, pela qualidade do macho à saída da mesma. Verificou-se que os machos maioritariamente saíam com desgaste o que implicava uma rebarbagem do macho numa área maior, o que se reproduzia na remoção superficial da camada vitrificada do macho e contribuição para libertação de areias do mesmo ao longo do restante processo de fabrico do produto final. Foi implementado um quadro ilustrativo da integridade de cada caixa de machos com a finalidade de anular a utilização de caixas de machos desgastadas.

Concluiu-se, deste modo, que eram utilizadas caixas de machos com fraca performance e que a integridade da caixa de machos aquando a sua utilização é fundamental para a qualidade do macho fabricado.

Finalizado o diagnóstico ao processo concluiu-se que, este não estava controlado, pois existiam variáveis fora de controlo as quais eram fundamentais para o sucesso do processo, donde se destaca a importância do cumprimento quantitativo dos teores de ligante e catalisador que não era verificado. Esta constituiu a causa primordial para ocorrência do presente problema.

Dada a complexidade e diversidade geométrica dos machos fabricados, para tentar suprimir ou reduzir a libertação das areias foi testada a aplicação de pintura a uma amostra total de quarenta e quatro unidades. No final obtiveram-se apenas dez peças para cada situação e simplesmente as peças com macho pintado foram rejeitadas nos testes de qualidade. Os defeitos detectados foram rechupe e inclusões gasosas. Estes defeitos são provocados, não só, mas também por pressões gasosas elevadas. No entanto, a qualidade superficial do interior da peça fundida apresentava melhorias substanciais, reduzindo-se de forma significativa a areia libertada no interior da peça, bem como, a rugosidade.

Contudo, pode concluir-se que a aplicação da pintura nos machos é bem sucedida no que se refere ao problema existente, carece, no entanto, de um aperfeiçoamento ao nível das variáveis envolvidas na técnica, para a obtenção de resultados satisfatórios na sua plenitude. Deste modo deve ser investido tempo no desenvolvimento adequado desta técnica pois está provado que soluciona o problema existente no momento.

---

## 8. Sugestões de Trabalhos Futuros

No trabalho documentado foi determinada uma solução para o problema presente a qual não foi explorada devidamente, pois o tempo existente foi escasso.

Seria de todo o interesse investigar esta técnica no sentido de abolir os defeitos de qualidade ocorridos. Parte de um ajuste dos parâmetros da técnica, desde densidade, tempo de imersão, tempo de secagem até à possível queima do macho, entre outros, no sentido de diminuir as causas que contribuam para o aumento da pressão gasosa na altura do vazamento.

Dada a complexidade e diversidade geométrica existente ao nível dos machos fabricados, também era oportuno um estudo orientado no sentido de determinar os parâmetros inerentes ao processo característicos de cada produto, desde temperaturas aplicadas a composições da mistura da areia.

Estes estudos constituíam sem dúvida uma mais valia para a optimização do processo de fabrico de machos em caixa quente.

---

## 9. Bibliografia

### Livros

- [2] Ribeiro, C.A., Documentação das disciplinas de Fundição I e II, Edição 2005 – 2006.
- [4] ASM 300, “ASM Handbook – Casting”, Estados Unidos da América, ASM International, 1998.
- [5] American Society for Metals, “Metals Handbook - Forging and Casting”, Vol. 5, 8th Edition, Estados Unidos da América, 1961.
- [8] Castro, F. P., Junqueira, J.M., Latões Para Fundição, CETEM, Editora do Minho, S.A., 1996.

### Páginas da Internet

- [1] [www.Grohe.pt](http://www.Grohe.pt)
- [3] [www.dem.isep.ipp.pt/mdj](http://www.dem.isep.ipp.pt/mdj)
- [6] [www.ilardya.com](http://www.ilardya.com)
- [7] <http://www.geocities.com/vienna/choir/9201/polimeros.htm>

# **Anexos**

---

# I

## **Base de Datos Realizada Para Efectuar o Controlo Quantitativo dos Produtos Químicos**

## Análise aos Produtos Químicos

✦ Recolha de dados

✦ Quadro Resumo

Grande Gordo

Grande Médio

## Controlo da Evolução dos Produtos Químicos

Grande Gordo
Endurecedor
Resina
Conservante
Areia

Grande Médio
Endurecedor
Resina
Conservante
Areia

## Parâmetros Especificados para os Produtos Químicos

## Análise dos Produtos Químicos Recolha de Dados

Data	Manhã								Tarde							
	Grande Gordo				Grande Médio				Grande Gordo				Grande Médio			
	Endurecedor	Resina	Conservante	Areia	Endurecedor	Resina	Conservante	Areia	Endurecedor	Resina	Conservante	Areia	Endurecedor	Resina	Conservante	Areia
22.Out	177	443	92	30324	252	789	116		166	446	95		229	796	119	
23.Out	162	445	96		232	793	118		181	445	93		244	795	118	
24.Out	170	445	93		230	795	118		177	445	98		240	793	121	
25.Out	171	447	95		235	796	119		176	447	95		234	796	123	
26.Out	171	446	93		228	796	117		168	445	95		226	795	123	
29.Out									171							
30.Out	171	447	95		228	795	118		177	444	101		234	791	132	
31.Out	170	446	94		235	793	119		168	445	97		226	794	123	
1.Nov	160	445	90		222	790	114		169	444	99		227	791	129	
2.Nov	178	493	95		242	842	119		168	494	100		264	917	130	

## Análise dos Produtos Químicos

### Quadro Resumo

GROHE WATER TECHNOLOGY		Grande Gordo		
Produtos	Mínimo	Alvo	Máximo	
Endurecedor	90	95	100	
Resina	425	430	435	
Conservante	23	25	27	
Areia	29500	30000	30500	



### Grande Gordo

Data		Endurecedor				Resina				Conservante				Areia			
		massa (g)		desvio		massa (g)		desvio		massa (g)		desvio		massa (g)		desvio	
				(g)	(%)			(g)	(%)			(g)	(%)			(g)	(%)
22.Out	Manhã	107	Alto	7	7%	373	Baixo	4	1%	22	Baixo	1	4%				
	Tarde	96		OK		376	Baixo	1	0%	25		OK					
23.Out	Manhã	92		OK		375	Baixo	2	0%	26		OK					
	Tarde	111	Alto	11	11%	375	Baixo	2	0%	23		OK					
24.Out	Manhã	100		OK		375	Baixo	2	0%	23		OK					
	Tarde	107	Alto	7	7%	375	Baixo	2	0%	28	Alto	1	4%				
25.Out	Manhã	101	Alto	1	1%	377		OK		25		OK					
	Tarde	106	Alto	6	6%	377		OK		25		OK					
26.Out	Manhã	101	Alto	1	1%	376	Baixo	1	0%	23		OK					
	Tarde	98		OK		375	Baixo	2	0%	25		OK					
29.Out	Manhã																
	Tarde	101	Alto	1	1%	Mal Realizado!				Mal Realizado!							
30.Out	Manhã	101	Alto	1	1%	377		OK		25		OK					
	Tarde	107	Alto	7	7%	374	Baixo	3	1%	31	Alto	4	15%				
31.Out	Manhã	100		OK		376	Baixo	1	0%	24		OK					
	Tarde	98		OK		375	Baixo	2	0%	27		OK					
1.Nov	Manhã	90		OK		375	Baixo	2	0%	20	Baixo	3	13%				
	Tarde	99		OK		374	Baixo	3	1%	29	Alto	2	7%				
2.Nov	Manhã	108	Alto	8	8%	423	Baixo	2	0%	25		OK					
	Tarde	98		OK		424	Baixo	1	0%	30	Alto	3	11%				

## Análise dos Produtos Químicos

### Quadro Resumo

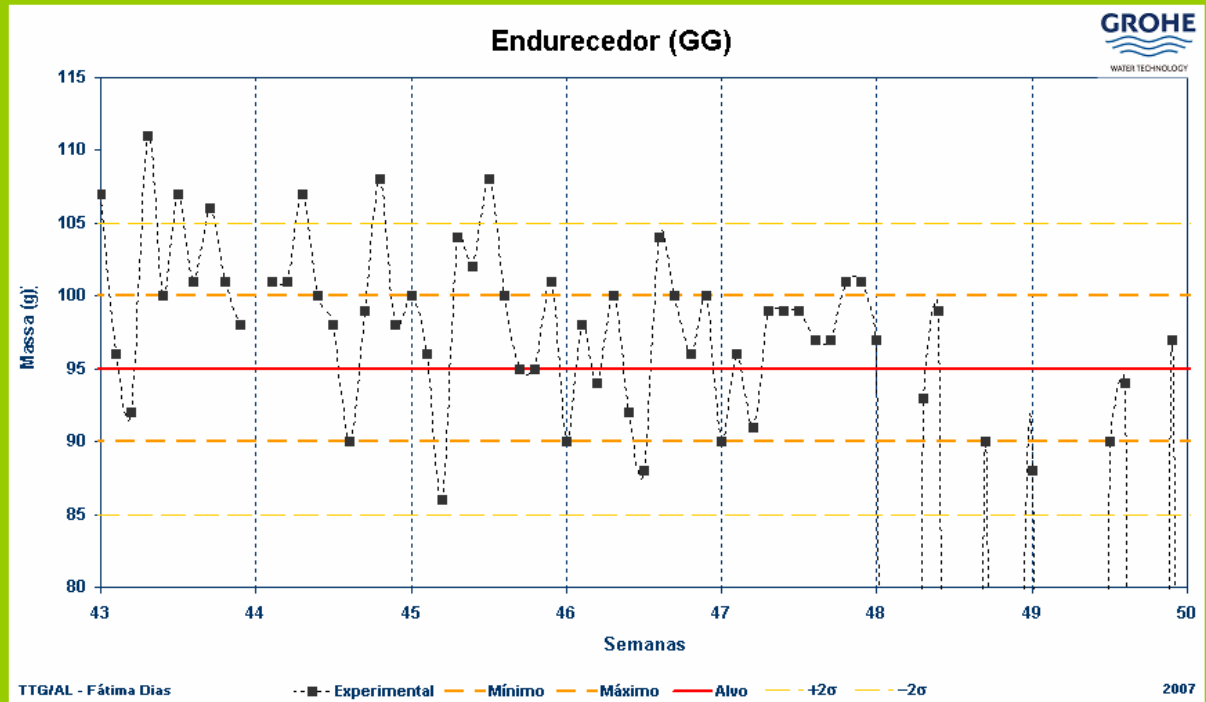
GROHE WATER TECHNOLOGY		Grande Médio		
Produtos	Mínimo	Alvo	Máximo	
Endurecedor	60	65	70	
Resina	350	355	360	
Conservante	23	25	27	
Areia	29500	30000	30500	



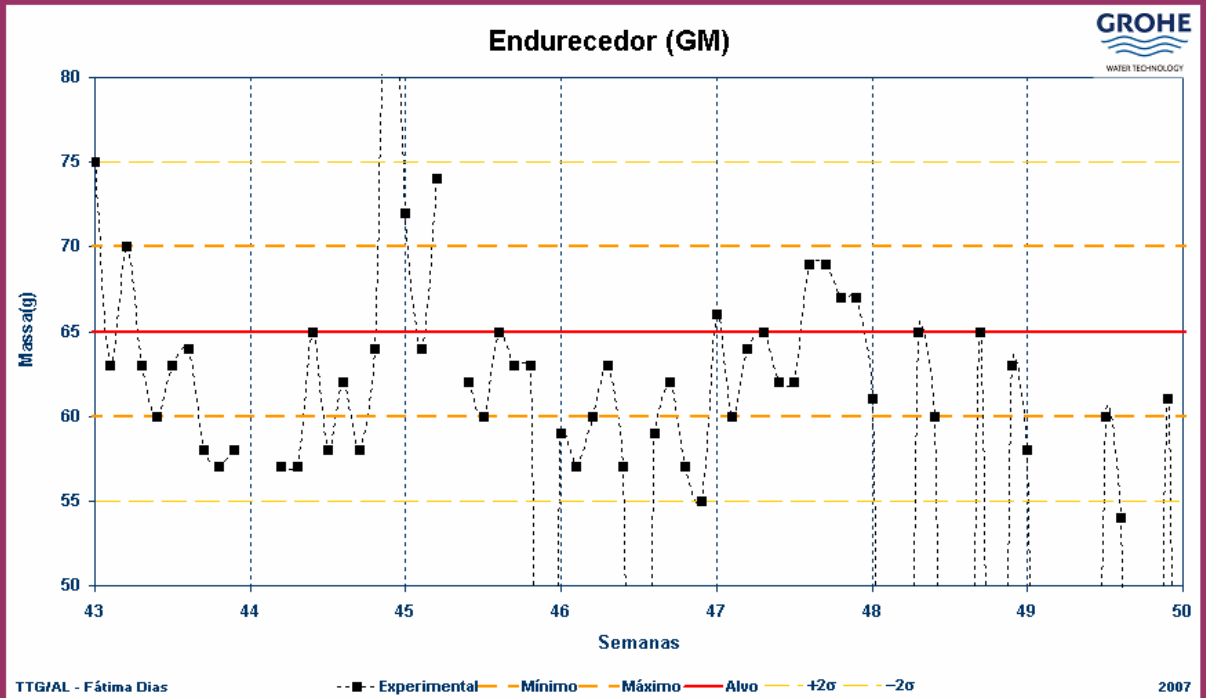
### Grande Médio

Data		Endurecedor				Resina				Conservante				Areia			
		massa (g)		desvio		massa (g)		desvio		massa (g)		desvio		massa (g)		desvio	
				(g)	(%)			(g)	(%)			(g)	(%)			(g)	(%)
22.Out	Manhã	75	Alto	5	7%	346	Baixo	4	1%	24		OK					
	Tarde	63		OK		350		OK		24		OK					
23.Out	Manhã	70		OK		348	Baixo	2	1%	22	Baixo	1	4%				
	Tarde	63		OK		350		OK		25		OK					
24.Out	Manhã	60		OK		350		OK		25		OK					
	Tarde	63		OK		348	Baixo	2	1%	23		OK					
25.Out	Manhã	64		OK		349	Baixo	1	0%	24		OK					
	Tarde	58	Baixo	2	3%	349	Baixo	1	0%	28	Alto	1	4%				
26.Out	Manhã	57	Baixo	3	5%	350		OK		24		OK					
	Tarde	58	Baixo	2	3%	350		OK		28	Alto	1	4%				
29.Out	Manhã																
	Tarde																
30.Out	Manhã	57	Baixo	3	5%	348	Baixo	2	1%	23		OK					
	Tarde	57	Baixo	3	5%	347	Baixo	3	1%	31	Alto	4	15%				
31.Out	Manhã	65		OK		347	Baixo	3	1%	25		OK					
	Tarde	58	Baixo	2	3%	349	Baixo	1	0%	26		OK					
1.Nov	Manhã	62		OK		345	Baixo	5	1%	24		OK					
	Tarde	58	Baixo	2	3%	347	Baixo	3	1%	30	Alto	3	11%				
2.Nov	Manhã	64		OK		349	Baixo	1	0%	24		OK					
	Tarde	96	Alto	26	37%	423	Alto	63	18%	30	Alto	3	11%				

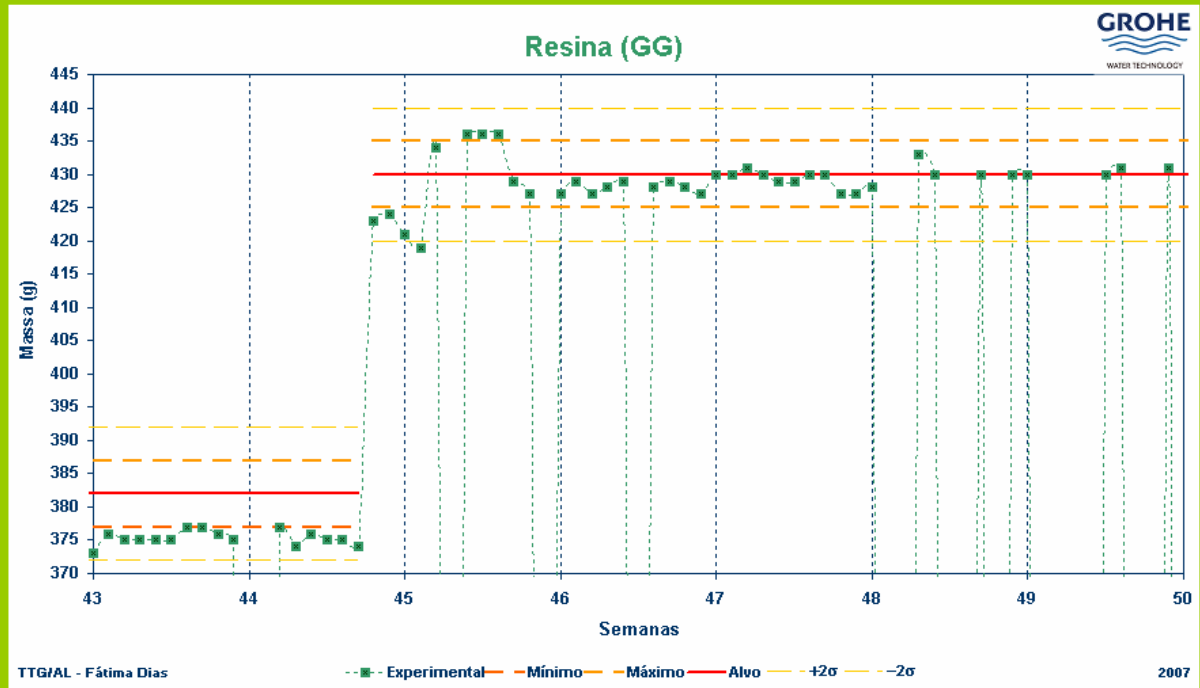
## Grande Gordo



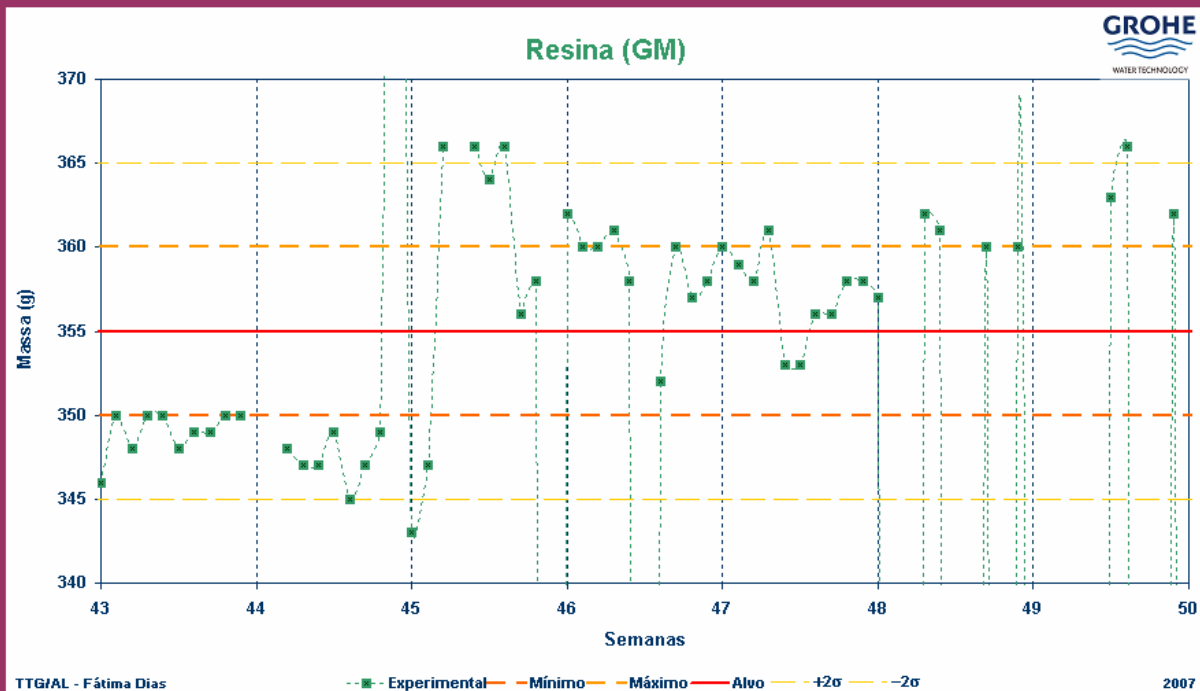
## Grande Médio



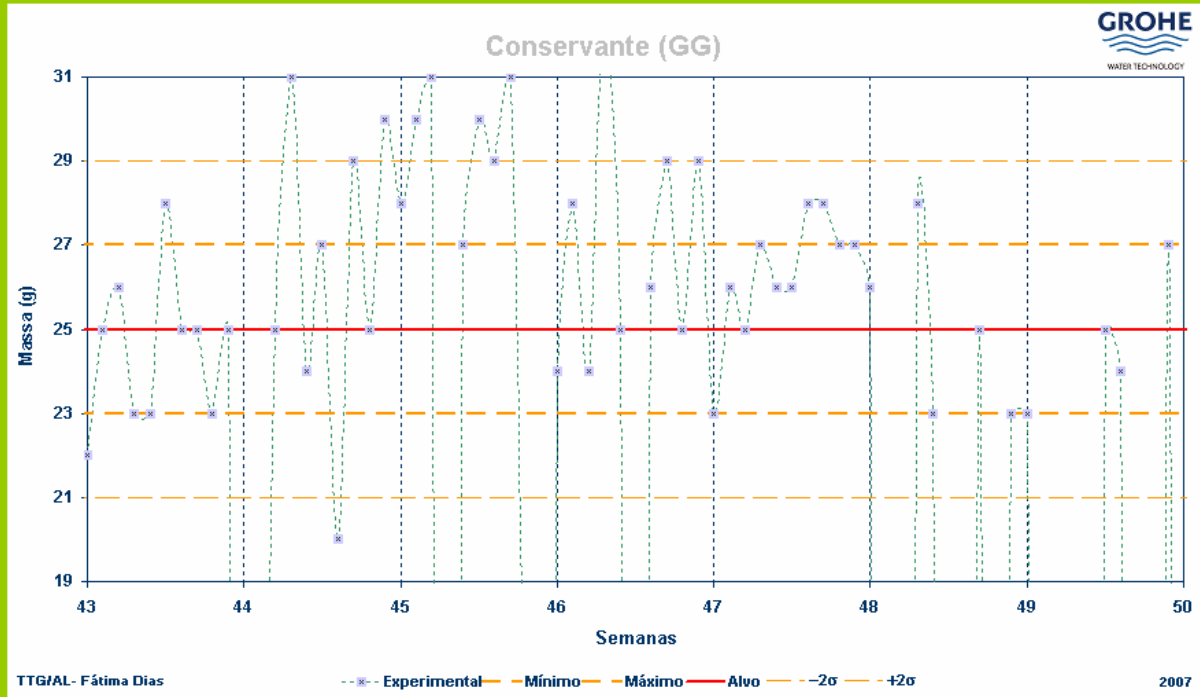
## Grande Gordo



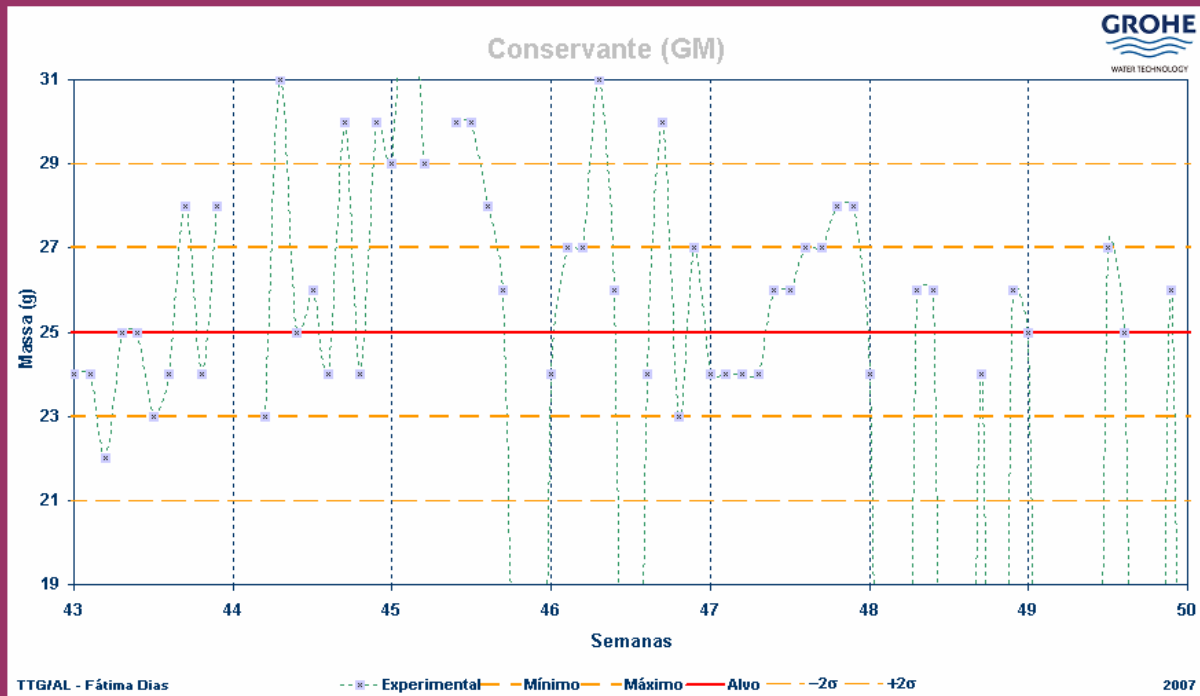
## Grande Médio



## Grande Gordo



## Grande Médio



## Parâmetros Especificados para os Produtos Químicos

### Plano de Inspeção e Ensaio P-04-20-04/9



Produtos Químicos	Grande Gordo			Grande Médio		
	Mínimo	Alvo	Máximo	Mínimo	Alvo	Máximo
Endurecedor	90	95	100	60	65	70
Resina	425	430	435	350	355	360
Conservante	23	25	27	23	25	27
Areia	29500	30000	30500	29500	30000	30500

---

# II

## **Base de Dados Realizada Para Efectuar o Controlo Granulométrico da Areia**


## Análise Granulométrica da Areia

- ✦ Recolha de dados
- ✦ Quadro Resumo

## Distribuição Granulométrica

# Análise Granulométrica

## Quadro Resumo

Semana	Ensaio	Dia	Granulometria (%)					Total Areia		
			> 500 (µm)	500 - 355 (µm)	355 - 250 (µm)	250 - 125 (µm)	<125 (µm)			
41	4	8. Out	1	11	39	43	6	101	2 <sup>a</sup>	41
	5	9. Out	3	39	42	14	1	98	3 <sup>a</sup>	
	6	10. Out	2	12	59	27	2	101	4 <sup>a</sup>	
	7	11. Out	1	18	57	24	2	101	5 <sup>a</sup>	
	8	12. Out	2	31	37	30	1	100	6 <sup>a</sup>	
42	9	15. Out	2	41	47	11	1	101	2 <sup>a</sup>	42
	10	16. Out	2	34	53	11	1	101	3 <sup>a</sup>	
	11	17. Out	4	48	40	9	1	101	4 <sup>a</sup>	
	12	18. Out	3	44	38	13	2	100	5 <sup>a</sup>	
	13	19. Out	0	5	51	41	3	100	6 <sup>a</sup>	
	14	22. Out	1	11	39	43	6	101	2 <sup>a</sup>	

# Análise Granulométrica da Areia

## Recolha de Dados

H 32				
3	25	53	18	1

			Início					Fim					Resultado					Total Areia			
			massa Crivos (g)					massa (Crivos + Areia) (g)					Granulometria (%)								
			500(µm)	355(µm)	250(µm)	125(µm)	Prato	500(µm)	355(µm)	250(µm)	125(µm)	Prato	500(µm)	500 - 355(µm)	355 - 250(µm)	250 - 125(µm)	<125(µm)				
Semana 41	4	8.Out	1	247	240	224	214	184	248	251	262	259	190	1	11	38	45	6	101	2 <sup>a</sup>	Semana 41
			2	247	240	224	214	184	248	252	262	257	191	1	12	38	43	7	101		
			3	247	240	224	214	184	248	251	265	256	190	1	11	41	42	6	101		
									<b>Média</b>					<b>1,0</b>	<b>11,3</b>	<b>39,0</b>	<b>43,3</b>	<b>6,3</b>	<b>101</b>		
	5	9.Out	1	247	240	224	214	184	249	269	276	231	185	2	29	52	17	1	101	3 <sup>a</sup>	Semana 41
			2	247	240	224	214	184	250	260	276	230	185	3	20	52	16	1	92		
			3	247	240	224	214	184	251	307	245	223	185	4	67	21	9	1	102		
									<b>Média</b>					<b>3,0</b>	<b>38,7</b>	<b>41,7</b>	<b>14,0</b>	<b>1,0</b>	<b>98</b>		
	6	10.Out	1	247	240	224	214	184	249	253	281	241	186	2	13	57	27	2	101	4 <sup>a</sup>	Semana 41
			2	247	240	224	214	184	248	251	284	241	186	1	11	60	27	2	101		
			3	247	240	224	214	184	249	252	283	240	186	2	12	59	26	2	101		
									<b>Média</b>					<b>2</b>	<b>12</b>	<b>59</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>101</b>		
7	11.Out	1	247	240	224	214	184	248	255	282	239	186	1	15	58	25	2	101	5 <sup>a</sup>	Semana 41	
		2	247	240	224	214	184	248	255	285	237	186	1	15	61	23	2	102			
		3	247	240	224	214	184	249	263	275	238	185	2	23	51	24	1	101			
								<b>Média</b>					<b>1</b>	<b>18</b>	<b>57</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>101</b>			
8	12.Out	1	247	240	224	214	184	249	257	269	249	186	2	17	45	35	2	101	6 <sup>a</sup>	Semana 41	
		2	247	240	224	214	184	248	256	270	250	185	1	16	46	36	1	100			
		3	247	240	224	214	184	249	299	243	233	185	2	59	19	19	1	100			
								<b>Média</b>					<b>2</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>100</b>			
			1	247	240	224	214	184	249	304	250	223	185	2	64	26	9	1	102		

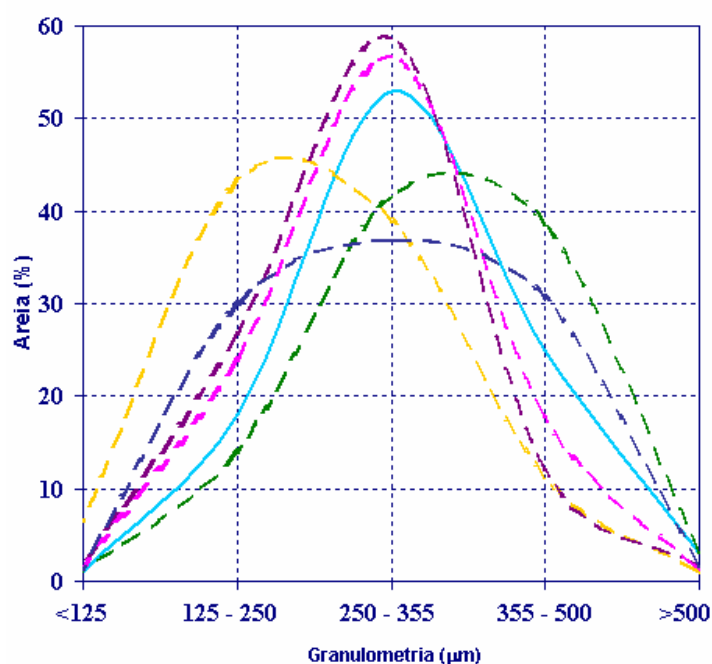
# Distribuição Granulométrica

## Índice

2007	Semana 41	Outubro	8 - 12
	Semana 42	Outubro	15 - 19
	Semana 43	Outubro	22 - 26
	Semana 44	Novembro	29 - 2
	Semana 45	Novembro	5 - 9
	Semana 46	Novembro	12 - 16
	Semana 47	Novembro	19 - 23
	Semana 48	Novembro	26 - 30
	Semana 49	Dezembro	3 - 7
	Semana 50	Dezembro	10 - 14
	Semana 51	Dezembro	17 - 21
	Semana 52	Dezembro	24 - 28

### Semana 41 - 8 - 12 Outubro

#### Distribuição Granulométrica da Areia - Semana 41



Percentagem de Areia					
Granulometria (µm)	>500	500 - 355	355 - 250	250 - 125	<125
Areia					
H32	3	25	53	18	1
AS (2ªf)	1	11	39	43	6
AS (3ªf)	3	39	42	13	1
AS (4ªf)	2	12	59	27	2
AS (5ªf)	1	18	57	24	2
AS (6ªf)	2	30	37	31	2

AS - Areia do Silo

— H32 (Intervalo de Trabalho)  
 - - - Areia do Silo (2ªf)  
 - - - Areia do Silo (3ªf)  
 - - - Areia do Silo (4ªf)  
 - - - Areia do Silo (5ªf)  
 - - - Areia do Silo (6ªf)



2007

TTG/AL - Fátima Dias

---

# III

**Totalidade de Cartões Realizados  
Para Identificar a  
Integridade das Caixa de Machos**

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	00 008 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 000 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	00 291 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 617 01	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	00 716 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 053 51	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	00 717 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 624 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	01 551 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 659 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 088 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 188 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 088 051	LETRA	
	B	REFERÊNCIA	
	802 188 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 088 051	LETRA	
	C	REFERÊNCIA	
	802 188 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 089 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 644 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 090 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 645 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 133 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	802 189 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	02 133 051	LETRA	
	B	REFERÊNCIA	
	802 189 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>04 232 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 004 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>04 676 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 639 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>05 713 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>820 600 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>05 730 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>802 608 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 483 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 A60 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 483 051</b>	
	LETRA	<b>B</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 A60 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 515 051</b>	
	LETRA	<b>A / 5</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 A51 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 515 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 A51 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 515 051</b>	
	LETRA	<b>B</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 A51 00</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 515 052</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 A51 10</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHO</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 540 051</b>	
	LETRA	<b>A</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 076 50</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHO</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	<b>06 540 051</b>	
	LETRA	<b>B</b>		
	REFERÊNCIA	<b>803 076 50</b>		
	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA	FERRAMENTARIA	
	OK NOK			

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	07 222 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 A58 500	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	07 641 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 A54 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	07 763 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 A59 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	09 203 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 048 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	09 203 052	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 043 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 254 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 112 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 679 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 035 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 679 051	LETRA	
	B	REFERÊNCIA	
	803 035 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 773 051	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 038 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 773 051	LETRA	
	B	REFERÊNCIA	
	803 038 50	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 773 052	LETRA	
	A	REFERÊNCIA	
	803 039 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<b>GROHE</b>	CORPO	
	10 773 052	LETRA	
	B	REFERÊNCIA	
	803 039 00	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>10 773 053</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 039 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>10 774 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 041 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>10 774 051</b>	LETRA	
	<b>B</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 041 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>11 897 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 010 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 507 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A59 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 507 051</b>	LETRA	
	<b>B</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A59 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 507 051</b>	LETRA	
	<b>C</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A59 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 588 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>802 063 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 588 051</b>	LETRA	
	<b>B</b>	REFERÊNCIA	
	<b>802 063 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 588 052</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>802 163 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 595 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A56 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 595 051</b>	LETRA	
	<b>B</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A56 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NÃO		FERRAMENTARIA

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 595 051</b>	LETRA	
	<b>C</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A56 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 598 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A57 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 602 051</b>	LETRA	
	<b>A / 5</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A61 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 602 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A61 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 602 051</b>	LETRA	
	<b>B</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A61 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 605 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 077 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 605 051</b>	LETRA	
	<b>B</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 077 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 756 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A60 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 839 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
		ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 840 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A62 50</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 840 052</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A63 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>		CORPO	
	<b>65 867 051</b>	LETRA	
	<b>A</b>	REFERÊNCIA	
	<b>803 A13 00</b>	ESTADO DA CAIXA DE MACHO	MACHARIA
	OK <input type="checkbox"/>		FERRAMENTARIA
	NON <input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<small>GROHE</small>	<small>CORPO</small>	<b>65 868 051</b>		
	<small>LETRA</small>	<b>A</b>			
	<small>REFERÊNCIA</small>	<b>803 A13 50</b>			
	<small>ESTADO DA CAIXA DE MACHO</small>				
	<small>OK</small> <input type="checkbox"/> <small>NOK</small> <input type="checkbox"/>	<small>MACHARIA</small>	<input type="checkbox"/>		
		<small>FERRAMENTARIA</small>	<input type="checkbox"/>		

<b>CAIXA DE MACHOS</b>	<small>GROHE</small>	<small>CORPO</small>	<b>65 944 051</b>		
	<small>LETRA</small>	<b>A</b>			
	<small>REFERÊNCIA</small>	<b>803 A63 50</b>			
	<small>ESTADO DA CAIXA DE MACHO</small>				
	<small>OK</small> <input type="checkbox"/> <small>NOK</small> <input type="checkbox"/>	<small>MACHARIA</small>	<input type="checkbox"/>		
		<small>FERRAMENTARIA</small>	<input type="checkbox"/>		