

## **Metalização de superfícies não condutoras: ABS**



### **Mestrado Integrado em Engenharia Química**

**Equipa 2:**

Leonardo Rodrigues - up201306124

Maria Inês Amaral - up201303841

Maria Inês Resende - up201305573

Maria Inês Rocha - up201305829

Maria João Vilela - up201305832

Sofia Eira-Velha - up201306014

**Coordenador Geral:**

Armando Sousa

**Coordenador MIEQ:**

João Bastos

**Supervisor:**

José Inácio Martins

**Monitor:**

Hélder Xavier Nunes

## Resumo

O tema que nos foi atribuído no âmbito da Unidade Curricular Projecto FEUP foi “Metalização de superfícies não-condutoras: ABS”.

Tínhamos como objectivo analisar o processo de metalização e expor os conhecimentos adquiridos, através da elaboração de uma apresentação, um póster e um relatório.

Para o desenvolvimento e melhor compreensão do tema proposto, foi necessária a consulta de vários tipos de informação, tais como: teses, páginas web, entre outros.

De uma maneira geral, nenhum elemento do grupo tinha um grande conhecimento sobre o tema a abordar. No entanto, com a realização deste trabalho, o grupo enriqueceu os seus conhecimentos, tendo compreendido os diferentes processos de metalização, as diferenças entre a metalização de superfícies condutoras e não condutoras, em que consiste e como funciona o ABS, como se processam as diversas etapas da sua metalização, as suas aplicações, entre muitas outras coisas.

## Palavras-chave

Metalização; Superfícies não condutoras; Metalização do ABS; Mecanismos de pré-tratamento; Deposição metálica; Electroless; Eletrodeposição.

## **Agradecimentos**

No decorrer do processo de elaboração deste trabalho, pudemos contar com o apoio e o esclarecimento de dúvidas por parte do monitor e do supervisor: Hélder Xavier Nunes e professor José Inácio Martins, respetivamente. Desta forma, queremos agradecer-lhes todo o tempo dispensado para nos ajudarem em tudo aquilo que necessitámos.

# Índice

Lista de figuras, tabelas e diagramas.....	5
1. Introdução .....	6
2. O que é a metalização? .....	8
2.1. Metalização em superfícies não condutoras .....	9
2.1.1. A metalização no plástico: ABS.....	9
2.1.1.1. O que é o Acrilonitrilo-butadieno-estireno? .....	10
2.1.1.2. Quais as aplicações do ABS? .....	12
2.1.2. Tratamento de superfície.....	13
2.1.2.1. Mecanismos de pré-tratamento .....	13
2.1.2.2. Deposição metálica .....	15
2.3. Análise de custos .....	22
3. Conclusão .....	28
Referências Bibliográficas.....	29

## Lista de figuras, tabelas e diagramas

<b>Figura 1</b> - Processo de metalização .....	8
<b>Figura 2</b> - Copolímero Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno.....	10
<b>Diagrama 1</b> - Formação do ABS.....	10
<b>Tabela 1</b> - Características dos monómeros constituintes do ABS .....	11
<b>Figura 3</b> – Aplicação do ABS.....	12
<b>Figura 4</b> – Aplicação do ABS.....	12
<b>Figura 5</b> – Aplicação do ABS.....	12
<b>Figura 6</b> - Baixa orientação da superfície resultante da Decapagem .....	14
<b>Figura 7</b> - Superfície Altamente “Orientada” resultante da Decapagem .....	14
<b>Figura 8</b> - Formação de Ilhas de Cobre.....	16
<b>Figura 9</b> – Ancoragem das Ilhas.....	16
<b>Figura 10</b> - Espessura do cobre depositado.....	17
<b>Figura 11</b> - Ancoragem em saliências e cavidades .....	17
<b>Figura 12</b> - Deposição Química .....	18
<b>Figura 13</b> - COBRE “FLASH”: banho alcalino de pirofosfato .....	18
<b>Figura 14</b> – Banho ácido de Cobre.....	19
<b>Figura 15</b> - Níquel Semi-Brilhante .....	19
<b>Figura 16</b> - Níquel com alto teor de Enxofre.....	20
<b>Figura 17</b> - Níquel Brilhante.....	20
<b>Figura 18</b> – Níquel Poroso.....	21
<b>Figura 19</b> - Eletrodeposição de Crômio.....	21
<b>Tabela 2</b> - Exemplo de uma tabela usada para calcular o preço total do material de revestimento, modificada com o uso da moeda nacional.....	22
<b>Tabela 3</b> - Valores admitidos para as variáveis I, E e n para diferentes materiais, usados em diferentes aplicações.....	25
<b>Tabela 4</b> - Valores admitidos para a capacidade dos recipientes onde a peça é mergulhada, de acordo com a situação.....	26

# 1. Introdução

A metalização é uma operação que consiste no revestimento de superfícies condutoras ou não condutoras com um dado metal, conferindo a esse substrato determinadas propriedades, por exemplo, boa aparência, capacidade de resistência à corrosão e ao desgaste, etc.

Os revestimentos metálicos podem ser obtidos a partir dos seguintes processos:

- Electrodeposição: recurso a trabalho eléctrico exterior de acordo com o princípio das células electroquímicas secundárias operando em meios aquosos;

- Deposição química, “electroless”: recurso à energia intrínseca de um redutor (por exemplo formaldeído, borohidreto, hipofosfito) que promove a deposição do metal em meio aquoso;

- Imersão a quente: utilização de banhos à temperatura de fusão do metal a depositar, baseado no princípio dos fenómenos de difusão;

- Projeção à pistola: o metal fundido é projetado sobre a superfície a revestir. A palavra “metalização” é vulgarmente utilizada na prática para designar este modo de proceder;

- Pintura por fluxo: a superfície é pintada com um “fluxo” (metal disperso num meio) e depois aquecida de modo a promover uma fusão do metal e sua difusão para o interior do substrato.

Como se depreende do acima transcrito, a escolha do processo fica muito dependente do tipo de substrato base (propriedades físicas, eléctricas e dimensões), das normas exigidas para o revestimento, e da função das peças.

No caso das superfícies não condutoras como o ABS, a sua metalização é feita através de uma sequência de operações. Atendendo que o substrato não é condutor, a metalização tem de passar pelas seguintes etapas fundamentais:

- 1) Decapagem: criação de condições para promover a aderência do revestimento, através da formação de pequenos poros na superfície;
- 2) Activação/sensibilização: introdução nas crateras iões que vão dar lugar a nanopartículas catalisadores de processos “electroless”;
- 3) “Electroless” de Cu ou Ni: desenvolvimento de um revestimento metálico na superfície;
- 4) Eletrodeposição: crescimento de sucessivas camadas de metal de acordo com a utilização pretendida.

Com este trabalho temos como objetivo, no final, saber responder a determinadas questões, tais como:

- O que é a metalização?;
- Sobre que plásticos se pode desenvolver o processo de metalização?;
- Como se processa a metalização de superfícies não condutoras?;
- Qual os tipos de deposição metálica mais correntes nos plásticos?;
- Quais são os custos do processo de metalização?

## 2. O que é a metalização?



**Figura 1** – Processo de metalização [1]

A metalização, operação que pode ocorrer em superfícies condutoras ou em superfícies não condutoras, consiste no revestimento de uma determinada peça ou apenas parte dela, através da pulverização de metais fundidos. Tem como objetivo conferir à peça uma maior resistência ao desgaste, à corrosão, ou servirá simplesmente para fins decorativos ou técnicos.

São vários os processos de metalização existentes e os materiais que podem ser aí utilizados. Assim, dependendo do processo e do material utilizado, a espessura da superfície metalizada e o seu fim vai variar. Como não há qualquer reação química entre o material a depositar e o material da superfície, não há alterações estruturais da peça.



## **2.1. Metalização em superfícies não condutoras**

A metalização de materiais não condutores, nomeadamente os plásticos, sempre teve obstáculos ao seu desenvolvimento. A aderência existente entre o material a metalizar e o metal a depositar era fraca, o que provocava um mau desempenho das estruturas assim metalizadas. Porém, com o aparecimento de polímeros como o Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), houve um maior desenvolvimento no que diz respeito ao processo de metalização de superfícies não condutoras.

### **2.1.1. A metalização no plástico: ABS**

Um dos principais problemas do plástico é o facto de esse não ser capaz de transferir corrente eléctrica. Por esse motivo, antes de se fazer qualquer outro tipo de deposição na peça plástica, é necessário criar uma camada condutora. Essa camada condutora servirá não só como base para as restantes camadas de metal, mas também para aumentar a aderência entre os polímeros do plástico e o metal.

Para, no final de todo o processo, se conseguir obter uma superfície uniforme, são necessários ter alguns cuidados e fazer determinados tratamentos na superfície do plástico. Caso contrário, a superfície produzirá revestimentos defeituosos que acabarão por ser rejeitados.

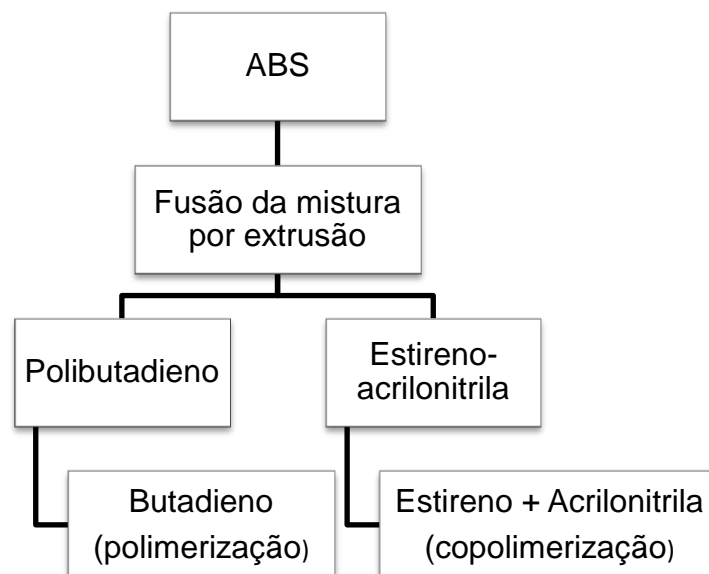
Para além do ABS, existem ainda outros plásticos que podem ser usados na metalização. O procedimento é semelhante para os diferentes plásticos, apesar de se ter de ajustar alguns parâmetros tendo em conta as suas características. Porém, iremos tratar unicamente das condições para deposição no ABS.

### 2.1.1.1. O que é o Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno?



**Figura 2** – Copolímero Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno [2]

O Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS) é um polímero composto por três monómeros: acrilonitrila, butadieno e estireno. Forma-se através da fusão de estireno-acrilonitrila com polibutadieno, e tem como resultado físico um material plástico.



**Diagrama 1** - Formação do ABS [3]

Como cada monómero tem diferentes propriedades, vai ser possível a produção de diferentes tipos de ABS. Por exemplo, se for necessário um material com maior resistência ao impacto, utiliza-se uma quantidade de butadieno mais elevada. Caso seja necessário um material com maior resistência térmica, utiliza-se uma quantidade mais elevada de acrilonitrila.

<b>Monómeros</b>	Acrilonitrila	Butadieno	Estireno
<b>Concentração (em %)</b>	20 a 30	20 a 30	20 a 60
<b>Funcionalidade</b>	Resistência térmica e química	Resistência ao impacto e alongamento	Brilho, maleabilidade e rigidez

**Tabela 1** – Características dos monómeros constituintes do ABS [3]

### 2.1.1.2. Quais as aplicações do ABS?

As principais características do ABS são a resistência, a boa aparência, a grande resistência ao impacto, a sua rigidez e o facto de ser um material leve. Desta forma, o ABS é desenvolvido para ser utilizado em situações em que essas características são indispensáveis. Um exemplo disso é um telemóvel: para além de a sua capa ter de ser agradável visualmente, essa deve ser rígida para resistir às quedas.

O ABS é também utilizado em automóveis, eletrodomésticos, brinquedos, invólucros de aparelhos eletrónicos, embalagens, materiais de construção, entre outros objectos tão comuns no nosso quotidiano.

Nas figuras seguintes encontram-se alguns exemplos de aplicações do ABS.



**Figura 3** – Aplicação do ABS [4]



**Figura 4** – Aplicação do ABS [5]



**Figura 5** – Aplicação do ABS [6]

## 2.1.2. Tratamento de superfície

Os tratamentos de superfície são um conjunto de processos aplicados numa superfície que têm como objetivo conferir uma maior resistência à peça, melhorar o seu aspeto estético, conferir-lhe proteção contra a corrosão e erosão, entre outros. Ou seja, estes mecanismos têm como objetivo adequar a peça a uma determinada função.

São vários os tipos de tratamento que podem ser aplicados, no entanto esses não podem ser aplicados a qualquer tipo de material. Estes tratamentos de superfícies são compostos pelos mecanismos de pré-tratamento e pela deposição metálica.

### 2.1.2.1 Mecanismos de pré-tratamento

Anteriormente ao pré-tratamento, as peças plásticas a metalizar são lixadas e/ou polidas, de forma a diminuir a sua rugosidade. Deste modo, melhora-se o contacto entre a superfície da peça e o revestimento, permitindo que as várias camadas de metal a depositar se fixem nestas.

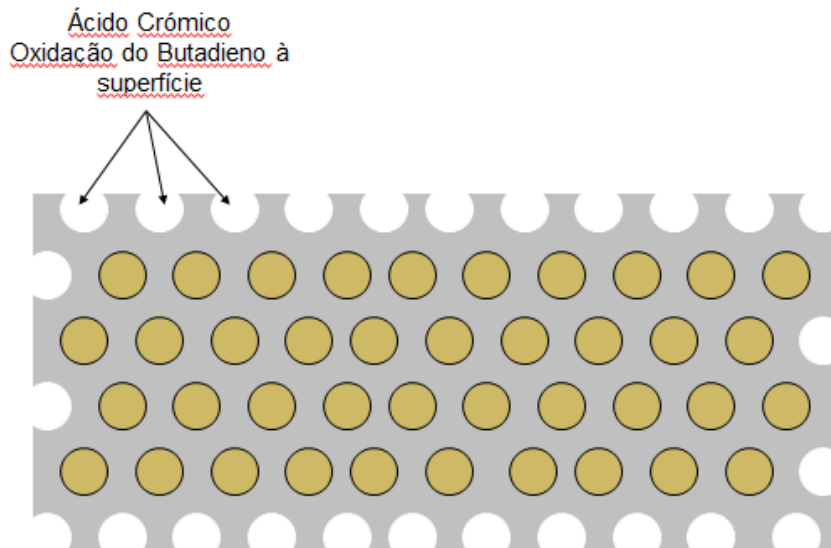
Fazem parte dos mecanismos de pré-tratamento o desengorduramento, a decapagem e a deposição de proteções temporárias.

No desengorduramento são removidos os óleos, as gorduras, a matéria orgânica, óxidos metálicos e a sujidade das peças. Para esta etapa, são utilizados solventes orgânicos, em estado líquido ou gasoso, devido ao facto de serem apolares como as gorduras. Podem ainda ser utilizadas soluções aquosas que contenham sais alcalinos.

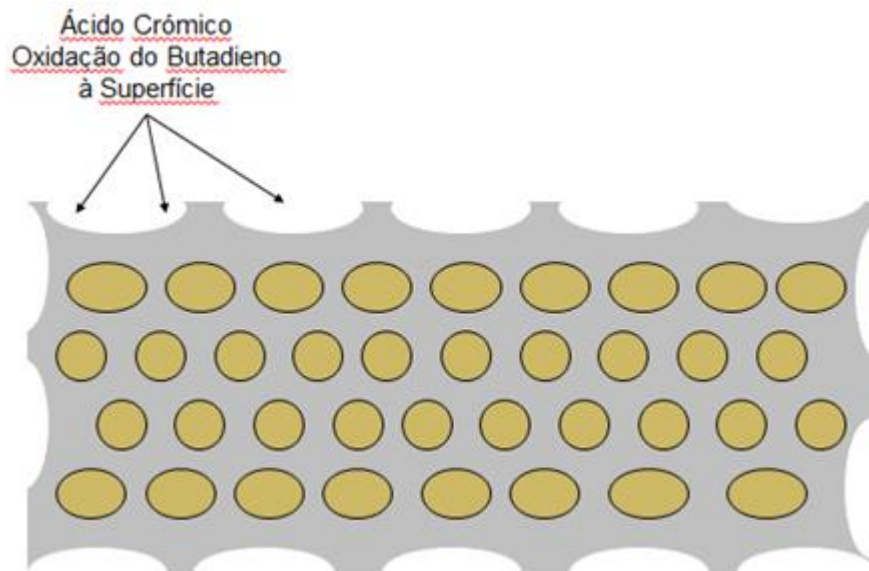
Na decapagem são eliminados os óxidos presentes nas peças. O principal objetivo é que, no final, a peça seja homogénea e capaz de receber a camada de metal a depositar, mantendo-a aderente.

Mergulha-se o material plástico, em soluções oxidantes promovendo desta forma a oxidação do butadieno. Assim, ocorrerá o aparecimento de pequenos poros que servirão de suporte para a deposição metálica que acontecerá nas fases seguintes. A temperatura e o tempo de permanência das peças nas soluções oxidantes é estritamente controlado, pois o tamanho dos poros é aquilo que irá determinar se a camada de metal se vai prender ou não às peças. [7]

Nas figuras seguintes encontram-se representados dois resultados de duas decapagens. Na primeira, verificamos uma decapagem favorável à deposição de outras camadas, pois o tamanho dos poros irá permitir que as camadas de metal se prendam à peça. Já na segunda, o tamanho dos poros é de tal forma grande, que o material aí depositado acabará por se desprender.



**Figura 6** – Baixa orientação da superfície resultante da Decapagem



**Figura 7** - Superfície Altamente “Orientada” resultante da Decapagem

Quando há necessidade de guardar, transportar ou de simplesmente manipular as peças entre determinadas etapas, aplicam-se proteções temporárias. As proteções, que podem ser óleos, gorduras, esmaltes, solventes orgânicos ou aquosos, ou películas plastificadas, são geralmente aplicadas com um pincel, ou então por pulverização ou por imersão. Essas proteções vão proteger as peças da corrosão, do desgaste e da erosão que essas sofrem até chegarem ao seu destino. Quando as peças aí chegam, as proteções são retiradas.

### **2.1.2.1. Deposição metálica**

Após os mecanismos de pré-tratamento, a peça possui as condições necessárias para sofrer um processo de deposição metálica. No caso do ABS, sendo esse um plástico, haverá primeiro a criação de uma camada condutora e depois o reforço da mesma.

Nos plásticos, a deposição metálica pode ocorrer por via térmica, mecânica, por imersão ou projeção de um material diluído num solvente, química, eletrolítica ou deposição física e química em fase vapor.

Trataremos de forma mais pormenorizada apenas uma das formas de deposição: a deposição por via química.

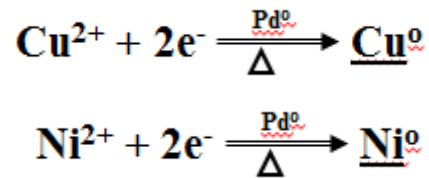
Na deposição por via química, o elemento constituinte do revestimento, inicialmente dissolvido e ionizado no banho, sofre uma reação de redução, sendo assim depositado na superfície da peça. Porém, este processo pode ocorrer por duas vias, imersão ou via “electroless”.

O primeiro mecanismo consiste na oxidação do metal constituinte da peça e na redução do metal que irá compor o revestimento. Neste processo, o metal do revestimento vai criar uma camada de espessura fina, cobrindo toda a peça.

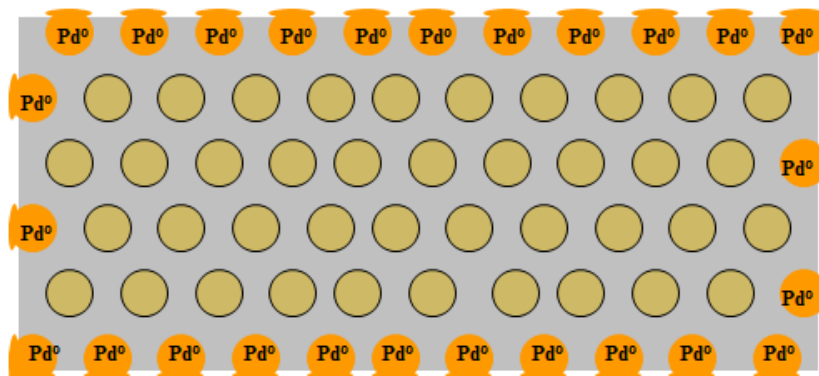
Já o segundo mecanismo é baseado na oxidação de um componente redutor, que se encontra na solução, e na redução de um elemento da peça, ou seja, haverá o desenvolvimento de um revestimento metálico na superfície da peça. A camada de revestimento possuirá uma espessura dependente do tempo de operação, e não do metal do revestimento. É este o processo mais utilizado na metalização do ABS. [7]

Para que haja uma maior compreensão deste segundo mecanismo, este encontra-se reproduzido nas figuras seguintes, baseadas nas operações de cobreagem química e niquelagem química.

O processo tem como base duas reações:

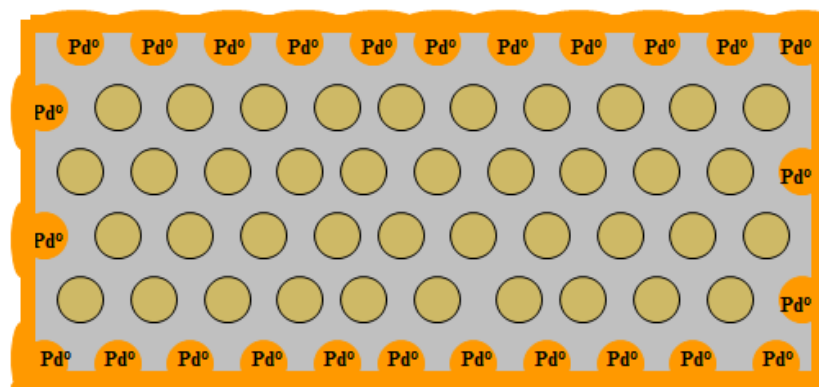


No primeiro minuto da “Electroless”, dá-se a formação de Ilhas de Cobre.



**Figura 8** – Formação de Ilhas de Cobre

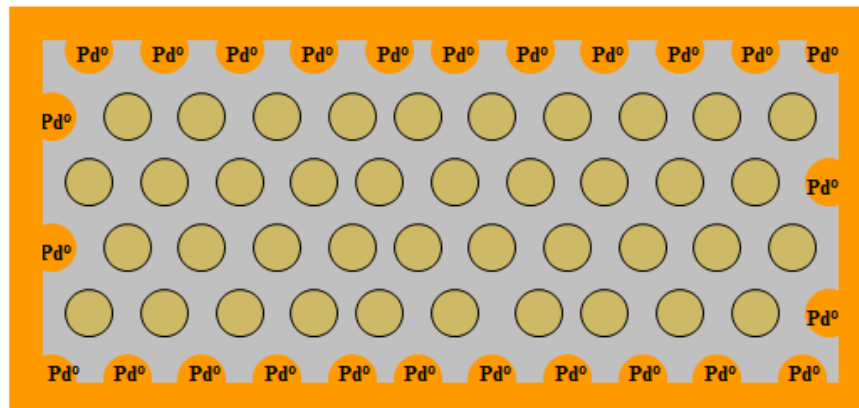
De seguida, passados quatro minutos da deposição química, dá-se a Ancoragem das Ilhas.



**Figura 9** – Ancoragem das Ilhas

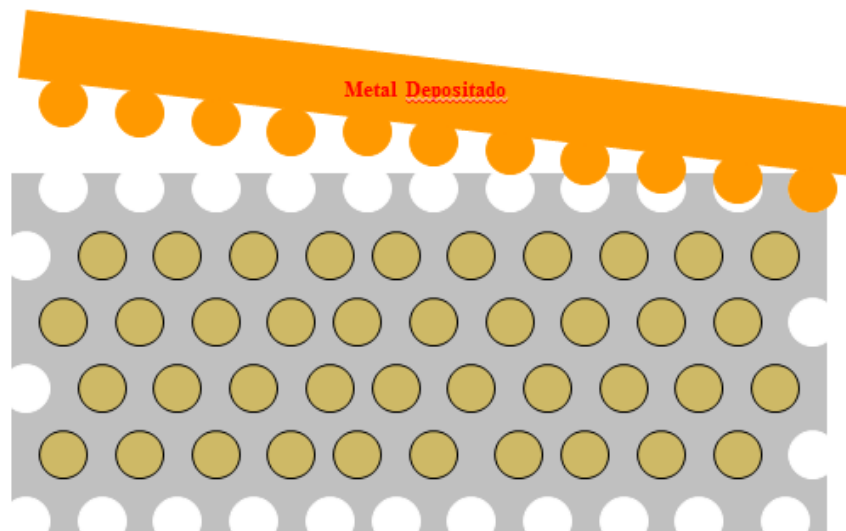


Ao fim de oito minutos, o cobre depositado toma uma espessura plana e mais uniforme.



**Figura 10** – Espessura do cobre depositado

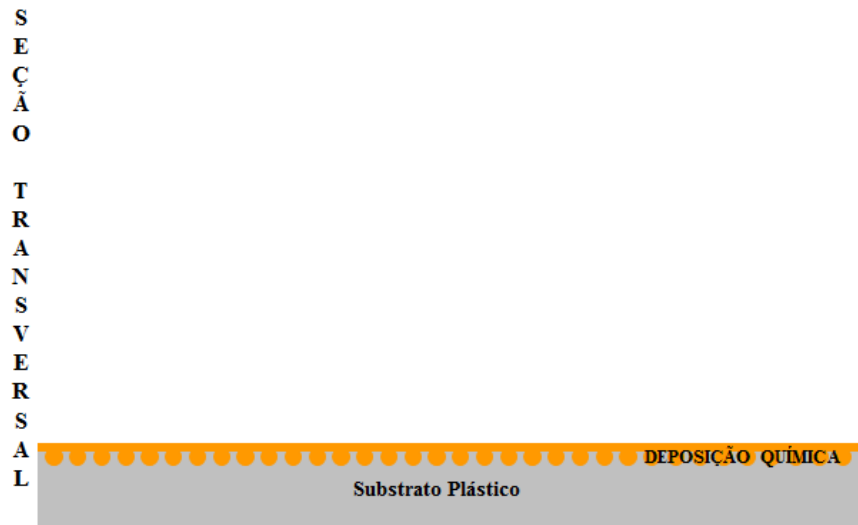
O metal depositou-se, então, por ancoragem em saliências e cavidades.



**Figura 11** – Ancoragem em saliências e cavidades

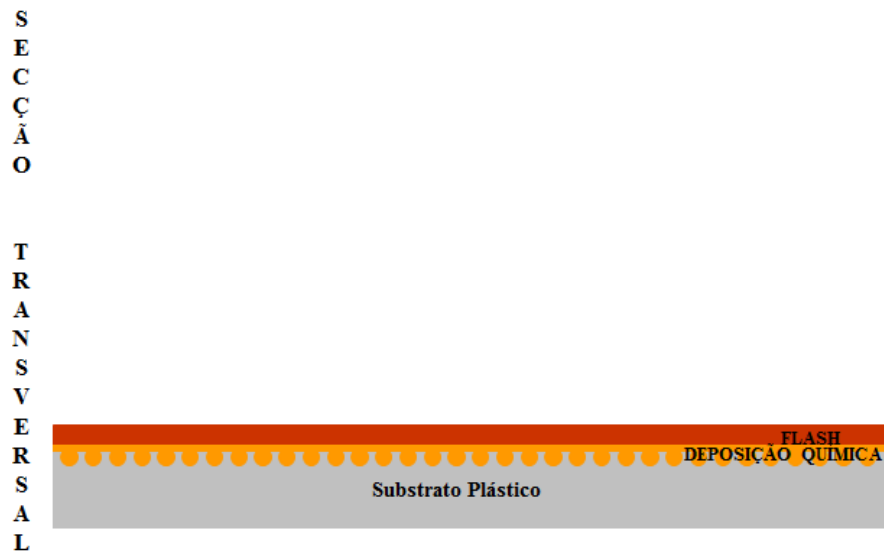
Após a “Electroless”, onde se dá a deposição de uma primeira camada de metal que servirá como revestimento para os restantes substratos metálicos, ocorre o crescimento desses substratos de acordo com a utilização pretendida.

Deposição da 1ª camada de espessura 0.35 µm



**Figura 12 – Deposição Química**

Deposição da 2ª camada de espessura 1.0 µm

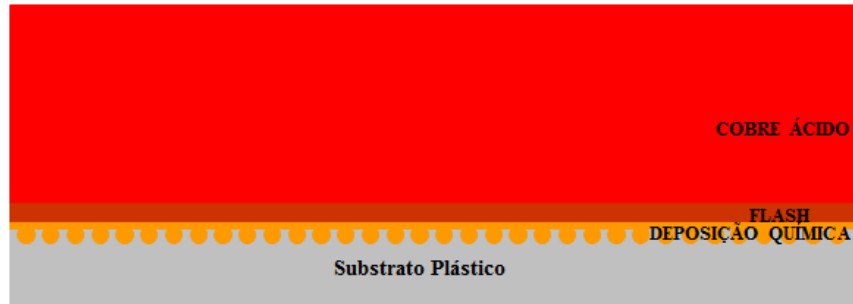


**Figura 13 - COBRE "FLASH": banho alcalino de pirofosfato**

Deposição da 3ª camada de espessura 20 µm

S  
E  
C  
Ç  
Ã  
O

T  
R  
A  
N  
S  
V  
E  
R  
S  
A  
L

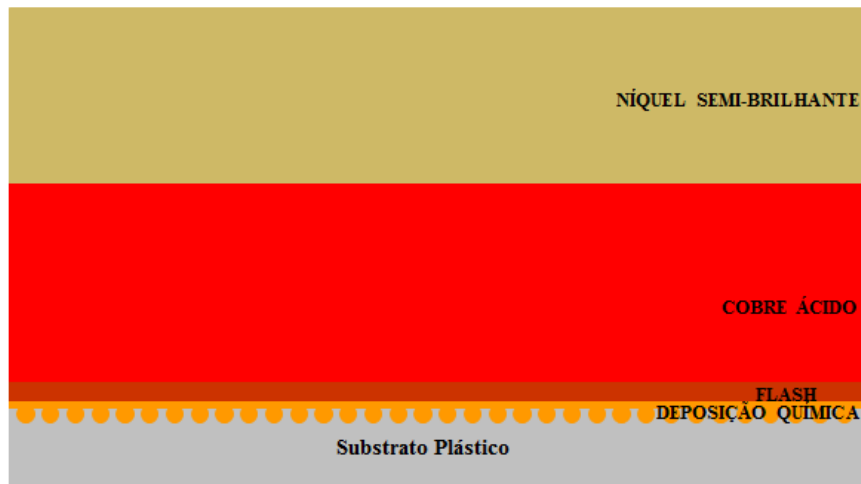


**Figura 14 – Banho ácido de Cobre**

Deposição da 4ª camada de espessura 15 µm

S  
E  
C  
Ç  
Ã  
O

T  
R  
A  
N  
S  
V  
E  
R  
S  
A  
L



**Figura 15 – Níquel Semi-Brilhante**

Deposição da 5ª camada de espessura 1.0 µm

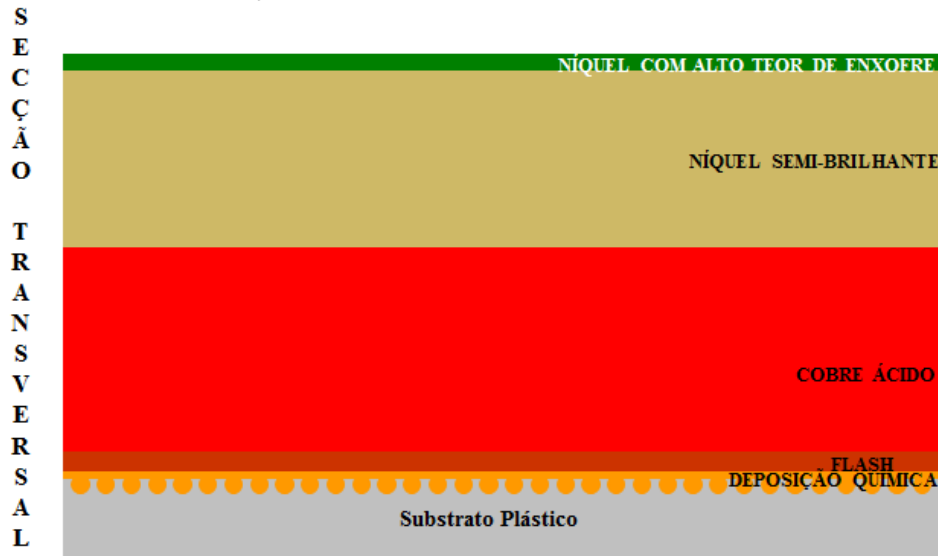


Figura 16 – Níquel com alto teor de Enxofre

Deposição da 6ª camada de espessura 10 µm

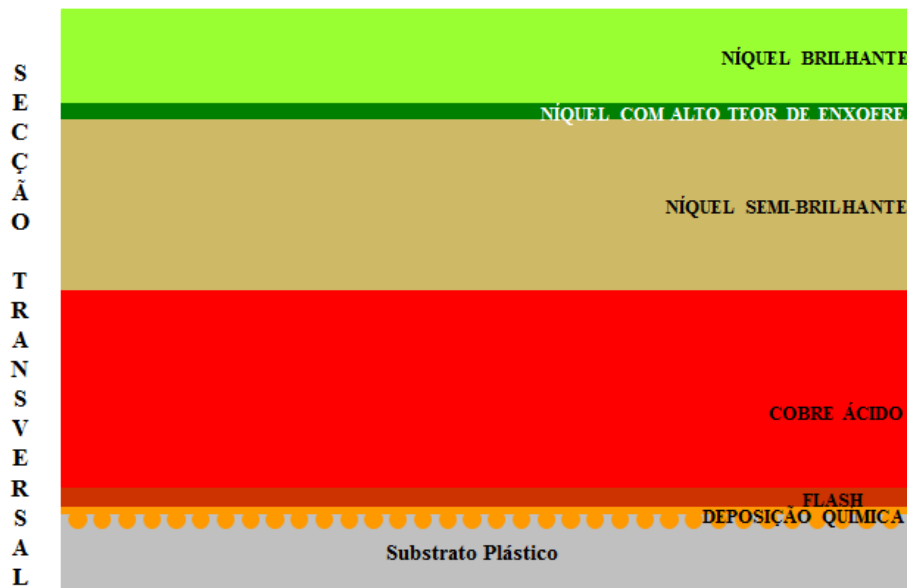
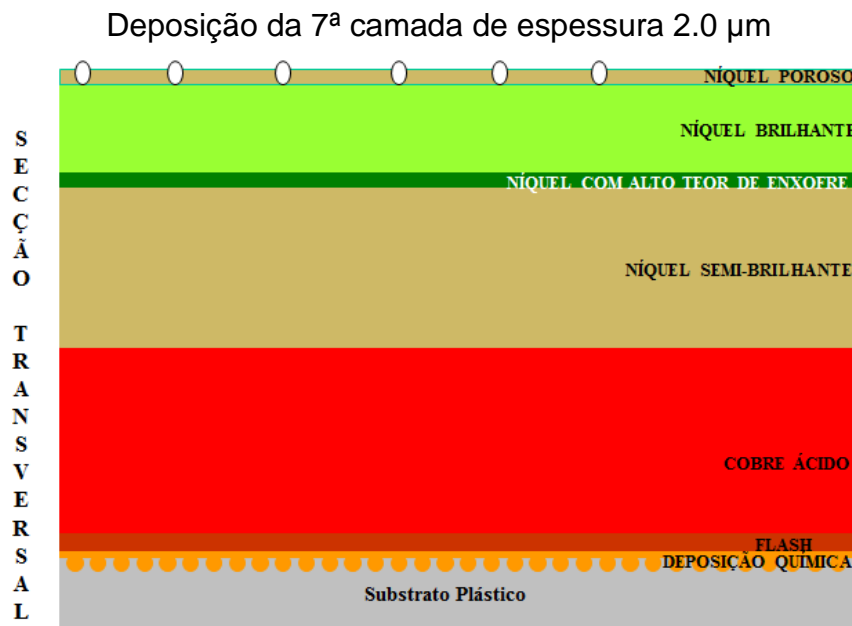
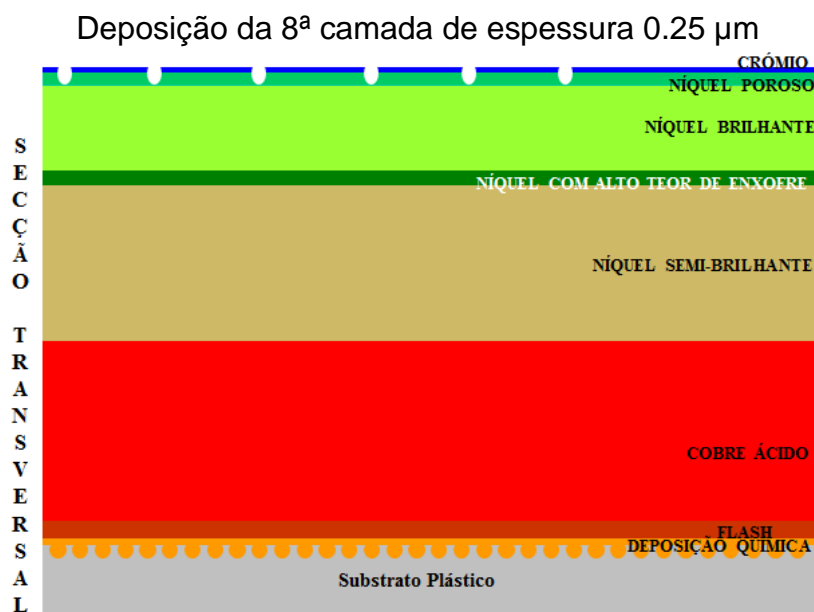


Figura 17 – Níquel Brilhante



**Figura 18 – Níquel Poroso**



**Figura 19 – Eletrodeposição de Crômio**

## 2.1.3. Análise de Custos

Na eletrólise há quatro aspetos importantes a considerar quando se fala de custos:

- Material;
- Mão-de-obra;
- Equipamento usado;
- Área da peça a ser revestida (tem influência nos três parâmetros anteriores).

### Custos de material

Quantidade de material depende de:

a) *Área a ser eletrolisada*

Normalmente é muito difícil de calcular devido às formas complexas que a peça pode tomar, por isso tenta-se aproximar a sua forma a uma forma mais conhecida, como a forma de uma esfera ou de um cone.

b) *Espessura do revestimento*

Varia de acordo com as especificações de cada material usado ou propósito que será dado ao produto final.

c) *Densidade do material que vai revestir a peça*

Material	Density <sup>1</sup> [g/cm <sup>3</sup> ]	Thickness range <sup>2</sup> [μm]	Typical <sup>3</sup> thickness [μm]	Price <sup>4</sup> [DKK/Kg]	Preço [euros/Kg]
Brass	8.4	2-10	3	20	2,68
Bronze	8.7	10-20	15	30	4,02
Chromium	7.2	10-1000 (hard); 0.25-1 (glance)	100/ 0.5	8	1,07
Copper	8.9	5-50	25	25	3,35
Gold	19.3	0.1-3	1.5	100000	13406,1
Nickel	8.9	20-50	30	80	10,72
Platinum	21.5	-	-	103000	13808,2
Palladium	11.9	-	-	30000	402,182
Silver	10.5	2.5-25	12.5	1400	187,685
Tin	7.3	1-13	7	65	8,71
Zinc	7.1	5-15	10	10	1,34

**Tabela 2** - Exemplo de uma tabela usada para calcular o preço total do material de revestimento, modificada com o uso da moeda nacional

<sup>1</sup> Values taken from "*Design inSite*, The designer's guide to manufacturing" <<http://www.ipt.dtu.dk/~tl/inspsite/htmsider/home.htm>>.

<sup>2</sup> Values taken from "*Tabellen und Betriebsdaten für die Galvanotechnik*, Eugen G. Leuze Verlag - Saulgau (Whrtt.)", and set by discussing with Peter Leisner.

<sup>3</sup> Values set through the discussion with Peter Leisner.

<sup>4</sup> Prices' values are calculated starting from their average quotations and then using a corrective multiplication coefficient, whose value is 1.7 for common metals and 1.4 for precious metals. For alloys, price is the weighted average of their components' price (e.g. brass, 70 % copper and 30 % zinc; bronze, 90 % copper and 10% tin). The average quotations are taken from different possible sources such as: "[London Metal Exchange](#)", "[Metals-Finishing1.Com, daily metal prices](#)" or "[Trelleborg AB, The Metal Market](#)". The corrective coefficient takes into consideration the difference between the quotation's value and the real price of the metal on the market, and is set through the empirical observation of the existing differences for some materials. Naturally the prices found are just indicative, and one could find slightly different values from different sources.

### Preço do revestimento

Este varia de dia para dia de acordo com as tendências do mercado e representa uma pequena parte do custo total do processo, pois a quantidade usada não vai resultar num valor muito elevado a não ser que usemos materiais caros, como ouro, por exemplo, o que é raro.

Baseado no que já foi referido verificamos que o custo do revestimento é calculado através de:

$$C_r = p \times qm \times A \times e$$

- $p \rightarrow$  preço do material de revestimento [euros/kg]
- $qm=0,01dm$  (onde  $dm$  corresponde à densidade do material usado no revestimento);  $qm$  é expressa em  $g.dm^2/\mu m$
- $A \rightarrow$  área a revestir
- $e \rightarrow$  espessura do revestimento

### **Custos de mão-de-obra**

#### Salário por hora

O salário por hora estimado para a eletrólise é de 300DKK/h (=40,22euros/h), sendo que durante os processos mais demorados o custo por hora desce para metade.

[From the discussion with surface treatments companies and Peter Leisner.]

### Tempo necessário

a) *tempo específico da eletrólise*

$$T = \frac{e \times d \times 60}{I \times E \times \eta}$$

- e → espessura do material de revestimento [ $\mu\text{m}$ ]
- d → densidade do material de revestimento [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]
- I → intensidade da corrente [ $\text{Amp}/\text{dm}^2$ ]
- E → equivalente eletrostático [ $\text{g}/\text{Amp.h}$ ]
- $\eta$  → rendimento da corrente [%]

Fórmula retirada do livro: "Tabellen und Betriebsdaten für die Galvanotechnik, Eugen G. Leuze Verlag - Saulgau (Whrtt.)".



As variáveis utilizadas na fórmula anterior variam de acordo com o material usado ou com a aplicação a que esse será destinado, pelo que é aqui apresentada uma tabela com alguns dos valores admitidos em diferentes condições:

Material	$I$ [Amp/dm <sup>2</sup> ]	$E$ [g/Amp·h]	$\eta$ [%]
<b>Brass</b>	2	1.204	70
<b>Bronze</b>	2	2.06	100
<b>Glance chromium</b>	12	0.032	10
<b>Hard chromium</b>	50	0.064	20
<b>Copper (tech. &amp; decor.; no steel substrates)</b>	3	1.186	100
<b>Copper (technical on steel substrates)</b>	3	0.71	60
<b>Gold (decorative)</b>	0.25	6.62	90
<b>Gold (technical)</b>	2	3.68	50
<b>Nickel</b>	4	1.04	95
<b>Platinum</b>	5	0.182	10
<b>Silver</b>	1	4.024	100
<b>Tin</b>	1	1.107	100
<b>Zinc<sup>2</sup>: uniform material distribution</b>	2	1.04	85
<b>Zinc<sup>2</sup> (fast; no hydrogen embrittlement)</b>	6	1.22	100

**Tabela 3** - Valores admitidos para as variáveis I, E e  $\eta$  para diferentes materiais, usados em diferentes aplicações.

$$t = \frac{T \times A}{0,1b}$$

- T → calculado em cima
- A → área da peça a ser revestida
- b → capacidade do recipiente onde há o “banho” da peça

	<b>Small local production</b>	<b>Medium local production</b>	<b>Medium industrial production</b>
Min/max bath's size [l]	5 parts	100 parts	5000 parts
<b>Small (1cm<sup>2</sup>)</b>	200/4000	200/4000	200/4000
<b>Medium (1dm<sup>2</sup>)</b>	200/4000	200/4000	4000/4000 <sup>(3)</sup>
<b>Large (100 dm<sup>2</sup>)</b>	1000/4000 <sup>(4)</sup>	1000/4000	4000/4000

**Tabela 4** - Valores admitidos para a capacidade dos recipientes onde a peça é mergulhada, de acordo com a situação

b) Tempo empregue nos processos antes e após a eletrólise

Nas pequenas indústrias estes processos dependem muito do estado do material, podendo variar entre poucas a muitas horas.

Normalmente, nas grandes indústrias, os materiais são novos, logo não são precisos muitos pré-tratamentos, pelo que o tempo destes se vai guiar pelo volume total ou quantidade de peças a tratar.

Assim, o tempo total é calculado por:  $T_{total} = t_a + t$ , onde  $t_a$  representa o tempo gasto nestes processos e  $t$  o tempo já calculado em cima.

Desta forma, o custo total da mão-de-obra é calculado por:

$$C_m = 40,22 \times T_{total}$$

Ou, no caso dos processos mais demorados:

$$C_m = 20,11 \times T_{total}$$

### **Custo do equipamento**

Em média o equipamento gasta 35DKK/h (=4,69euros/hora), sendo que se pode calcular o custo deste através de :

$$C_e = 4,69 \times T_{total}$$

Desta forma, o custo total de todo o processo resulta da soma dos três custos já mencionados:

$$C_{total} = C_r + C_m + C_e$$

[8]

### 3. Conclusão

Com este trabalho aumentámos o nosso conhecimento sobre a metalização, mais especificamente, a de superfícies não condutoras.

Reconhecemos agora a vasta existência de processos de metalização, mas também a necessidade de saber quando cada um deve ser utilizado, pois depende dos fins pretendidos para a peça.

Em relação ao ABS vimos quais são as vantagens do seu uso, devido aos custos representados por este plástico e também à sua estrutura.

Contudo, observámos os elevados custos que estes processos suportam, em especial a “electroless”. Pelo que concluímos que existe a necessidade de criar processos tecnológicos menos dispendiosos e mais leves, que nos levem também a um consumo menor de matérias-primas, outro dos problemas causados por este processo.

## Referências Bibliográficas

Consultadas em Outubro de 2013:

[1][http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Plasma\\_Spraying\\_Process.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Plasma_Spraying_Process.jpg)

[2][http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Grãos\\_de\\_plástico\\_ABS\\_\(ABS\\_plastic\\_grains\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Grãos_de_plástico_ABS_(ABS_plastic_grains).jpg)

[3]<http://www.tudosobreplasticos.com/abs.html>

[4][http://www.injectionmouldtooling.com/photo/injectionmouldtooling/editor/20121019154005\\_23563.png](http://www.injectionmouldtooling.com/photo/injectionmouldtooling/editor/20121019154005_23563.png)

[5]<http://img.americanas.com.br/produtos/01/00/item/7403/4/7403400SZ.jpg>

[6][http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v0/561107694\\_1/Lowest-Benz-Badge-Star-Bonnet-Emblem-car-badge-SpringMount-w140-30pcs-lot.jpg](http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v0/561107694_1/Lowest-Benz-Badge-Star-Bonnet-Emblem-car-badge-SpringMount-w140-30pcs-lot.jpg)

[7]"<Análise do valor intrínseco dos metais em lamas de uma empresa de metalização de plásticos.pdf>."

[8][https://webmail.fe.up.pt/rc/?\\_task=mail&\\_framed=1&\\_action=get&\\_mbox=INBOX&\\_uid=232&\\_part=4&\\_frame=1](https://webmail.fe.up.pt/rc/?_task=mail&_framed=1&_action=get&_mbox=INBOX&_uid=232&_part=4&_frame=1)