



Ciência.Inovação  
2010

Programa Operacional Ciência e Inovação 2010

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



**FEUP**

Universidade do Porto  
Faculdade de Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
METALÚRGICA E DE MATERIAIS

## *Relatório de estágio*

*Desenvolvimento de um vidro, para louça  
sanitária, com aspecto madreperla*

*Trabalho realizado por:  
Sílvia Guerner Lopes*

669(047.3)/  
LEMM  
2006/LOPa



Ciência, Inovação  
2010 Programa Operacional Ciência e Inovação 2010



**FEUP**  
Universidade do Porto  
Faculdade de Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
METALÚRGICA E DE MATERIAIS

## *Relatório de estágio*

*Desenvolvimento de um vidrado, para louça  
sanitária, com aspecto madreperla*

*Trabalho realizado por:  
Sílvia Guerner Lopes*

*Índice*

<b>1. AGRADECIMENTOS</b>	2
<b>2. OBJECTIVO</b>	3
<b>3. INTRODUÇÃO</b>	3
<b>4. VISÃO TEÓRICA</b>	3
3.1) <i>Abordagem geral ao ciclo de produção/processo de fabricação de louça sanitária.</i>	3
3.2) <i>Vidrados. Propriedades e ensaios.</i>	11
• <u>Caracterização química</u>	11
• <u>Tensão superficial</u>	11
• <u>“Comprimento de lágrima”</u>	12
• <u>Viscosidade</u>	13
• <u>Resistência química</u>	13
<b>5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL</b>	14
4.1) <i>1ª fase – Ensaios de formulações</i>	14
4.2) <i>2ª fase – Ensaios ao vidrado</i>	16
4.3) <i>3ª fase – Aplicação do vidrado às peças finais</i>	17
<b>6. RESULTADOS EXPERIMENTAIS</b>	18
<b>7. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b>	22
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b>	26
<b>9. ANEXOS</b>	28

669104737 / LEM 2006 / LOPa

№	105296
COU	
DATE	24 / 02 / 10

## ***1. AGRADECIMENTOS***

O trabalho que agora apresento é o fruto de uma conjugação de esforços de várias pessoas, que nunca em momento algum recusaram dar-me apoio de que necessitei, motivo pelo qual expresso a minha gratidão:

*À Sanindusa,*

pelos meios físicos dispensados para a concretização deste trabalho;

*Ao Eng<sup>o</sup> Barandela e à Eng<sup>a</sup> Isabel,*

pela orientação e total disponibilidade que sempre demonstraram;

*À Eng<sup>a</sup> Ascensão,*

pela forma como orientou este trabalho, dando-me total liberdade de acção e ajudando-me no que precisei. Por esse voto de confiança, fica aqui também o meu apreço.

*À Johnson Matthey*

Pelos materiais fornecidos;

*Ao Dr. Rui Pinto,*

Pela incansável disponibilidade e apoio em assuntos no seu campo de especialização;

*Ao meu pai,*

Pelo suporte e apoio que me deu, e pela confiança que sempre depositou em mim;

*Ao Sr. Luís Jorge,*

Pelo apoio no campo da investigação;

*À Rita, ao António, à minha mãe, ao João e à Daniela,*

Pelo apoio que deram ao longo deste trabalho, nomeadamente nas más disposições.

## **2. OBJECTIVO**

O objectivo deste relatório é documentar e finalizar o meu trabalho de estágio, cuja componente prática foi o desenvolvimento de um vidrado, para louça sanitária, com aspecto madreperla. O objectivo foi parcialmente obtido, já que não foi conseguido o tom madreperla, mas sim, um tom de base clara, rico em brilho e reflexos metálicos . O estágio teve lugar na empresa Sanindusa, na zona industrial da Tocha, com a colaboração da Johnson Matthey, de Anadia.

## **3. INTRODUÇÃO**

Mais que o relato do trabalho efectuado ao longo deste estágio, este relatório contém informação acerca da produção de sanitários, com meios técnicos inovadores e avançados; assim como informação referente aos vidrados direccionados para este tipo de aplicação. Esta informação foi adquirida numa fase inicial em que acompanhei o ciclo de produção da empresa.

Por linhas gerais esta investigação teve como objectivo principal obter um vidrado que se adequasse aos ciclos térmicos das cerâmicas sanitárias e que simultaneamente apresentasse um aspecto madreperla.

## **4. VISÃO TEÓRICA**

### ***3.1) Abordagem geral ao ciclo de produção/processo de fabricação de louça sanitária.***

Hoje em dia, e cada vez mais, as indústrias sentem necessidade de procurar soluções modernas e completamente inovadoras para o processo produtivo; de modo a combater factores, como a enorme pressão dos custos e competição, assim como uma produção “*just in time*”. É assim, que surge o processo de fundição sob pressão Dorst/Laufen, utilizado na Sanindusa 2. Este processo é crucial na automação e melhoria da eficiência dos processos utilizados na fabricação de louças sanitárias. [1]

A louça sanitária resulta de uma mistura de pós de louça, isto é, trata-se de uma pasta de pó de argilas brancas ( caulino quase puro ) controlado e doseado com exactidão. O produto final possui elevada resistência mecânica, e é normalmente vidrado.

Na fabricação deste tipo de louça, um dos problemas que se têm que contornar é os valores do coeficiente de dilatação térmica da louça, assim como do vidro. Pois se estes valores diferirem demasiado, dá-se o trincamento, isto é, originam-se várias fendas. A situação mais conveniente é quando o coeficiente de dilatação térmica do vidro é ligeiramente inferior ao da peça, para que fique submetido a uma força de compressão. [2]

De uma forma resumida, podemos considerar que este processo de fabricação tem início na preparação da pasta (barbotina). É feito o doseamento das matérias primas, a respectiva moagem (no moinho de bolas), seguida da purificação da barbotina (desferrização). Esta fase do processo não é executada na Sanindusa 2, porque a pasta é fornecida pela Sanindusa 1. Portanto, só são feitos cá pequenos ensaios como a determinação da viscosidade e da densidade, para haja a garantia de que a matéria prima está pronta a ser utilizada.

Posto isto, a pasta é conduzida para a olaria, onde os moldes são enchidos e se dá a conformação das respectivas peças sanitárias. Como anteriormente referido, o processo utilizado é o de fundição sob pressão.

Este processo de produção apresenta como principais vantagens;

- superfícies lisas e limpas
- ausência de pontos de agulha
- máxima precisão dimensional
- ausência de deformação
- espessura das peças uniforme e reproduzível [1]

A par destas, existem também outras vantagens não menos importantes para a indústria, como o consumo reduzido de energia; assim como aspectos desta tecnologia que permitem a mecanização e automação de toda a linha de produção; tais como:

- Processo automático de fundição, programável e precisamente reproduzível, sem influência do operador.
- Produção contínua em três fases, adaptadas às operações de secagem, esmaltação e queima.
- Mudança rápida de moldes, o que permite o atendimento eficaz às exigências do mercado. [1]

Também os processos subsequentes (secagem, vidragem e queima) são adaptados ao processo contínuo de produção. O funcionamento deste sistema produtivo pode beneficiar ainda da grande ajuda da informática, que controla o processo, actuando nas funções de produção, planeamento e controle. [1]

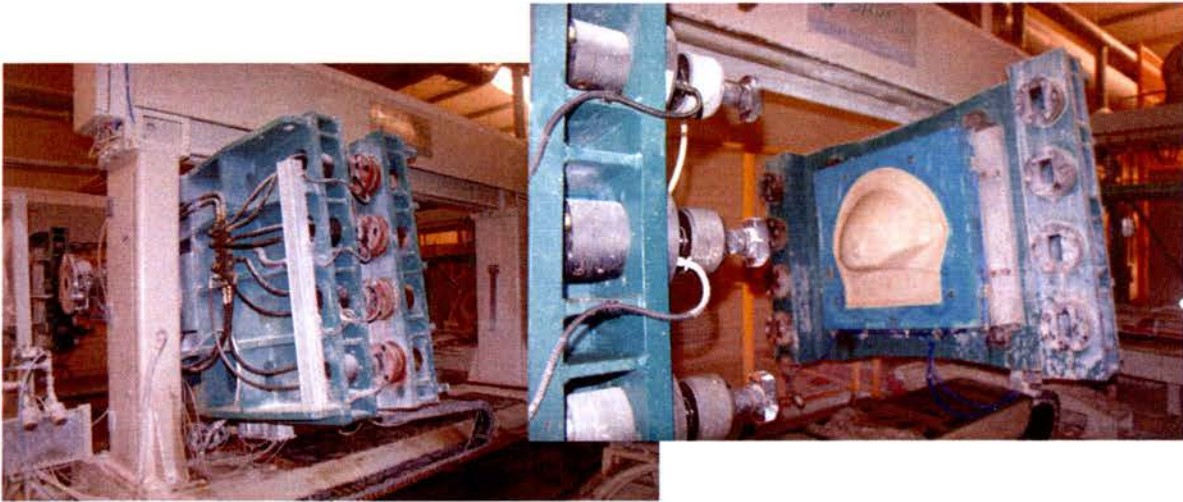


Fig.1 – máquina de enchimento sob pressão, fechada e aberta.

Quando são desmoldadas, as peças possuem uma percentagem de humidade que ronda os 18%, e são carregadas por uma esteira integrada de acabamento em paletes e conduzidas aos canais individuais do secador por um sistema automático de distribuição.

Esta é a fase de secagem; altura em que as peças são deixadas no secador (Lipper), durante aproximadamente 10 horas, e onde perdem cerca de 9% de humidade (entram nos secadores a  $\pm 10\%$  e saem já com  $\pm 0,4\%$ ).

O eficiente e rápido desempenho deste secador, com paletes de circulação automática, torna-o em mais uma das “mais valias” deste tipo de sistemas.

Os canais individuais do secador podem ser ajustados para diferentes velocidades de secagem. Factores como temperatura e a humidade são controlados por um microcomputador.

Todo este processo de secagem inicia-se com humidade elevada, temperatura e velocidade do ar baixas. Até ao final desta etapa, há uma redução da humidade do ar, acompanhada de um aumento de temperatura e velocidade do ar. A combinação da orientação e do fluxo reverso do ar garantem que toda a superfície da peça esteja total e uniformemente exposta ao ar seco.

A secagem é um passo importante, pois uma secagem mal realizada pode originar graves defeitos, isto porque se for mal efectuada ou não uniforme, pode provocar a retracção excessiva e descontínua da peça, com posterior fissuração. A retracção da superfície deve-se à evaporação da água que a submete a uma tensão elevada, dada a natureza incompressível do interior ainda molhado. Por sua vez, uma retracção excessiva pode dar-se devido à



evaporação violenta, originando assim deformações ou até mesmo fendas. Estes defeitos de secagem podem ser evitados se se promover um gradiente de temperatura não muito elevado. [2]



Fig.2 – Exposição das peças nos secadores

Na fase final da secagem, um sistema automático de transporte e distribuição transporta as peças sanitárias secas até às linhas de vidragem, que por sua vez também operam automaticamente.

No que diz respeito ao vidrado aplicado, este é feito na empresa. A sua preparação passa pela dosagem dos respectivos constituintes, e moagem, no moínho de bolas.



Fig 6 – Moínhos de vidro, de menor capacidade.

A moagem dura cerca de 8h. Depois deste período, determina-se a percentagem de resíduo existente no vidrado em questão. A percentagem máxima de resíduo admitida para um vidrado, na Sanindusa é aproximadamente entre 0,45 e 0,55%.

Apesar de produzir peças em várias cores, a Sanindusa fabrica com maior frequência sanitários de cor branca. Nas fases em que a cor a produzir é sempre a mesma, os moínhos

são lavados no mínimo uma vez por mês caso contrário, ao mudar de cor de vidrado cada moínho tem que ser lavado. A lavagem é relativamente rápida, e dura cerca de 30 a 60 min, no máximo.

A moagem tem um papel importantíssimo na concepção de um vidrado; isto porque ao se diminuir o diâmetro das partículas de um material sólido, vai aumentar a área específica, que por sua vez conduz a aumento da velocidade de reacção (durante a queima); por outro lado este processo permite a mistura dos vários constituintes de uma forma mais uniforme. [4]

A moagem de vidrados é mais crítica que a das pastas, não apenas porque exige menos contaminações, mas também porque a própria granulometria dos vidrados exige um maior controlo, pois a eficiência desta etapa determina a velocidade de decomposição de alguns constituintes e a reactividade entre os próprio componentes. [5]

Depois desta fase, o vidrado está realmente pronto a ser aplicado. Existem várias formas de o aplicar, no entanto na Sanindusa o processo é totalmente automatizado, usufruindo de robots, que depois de identificarem as peças por códigos de barras, fazem a aplicação do vidrado. A identificação prévia é inevitável, já que nesta empresa se produzem diferentes peças.

A linha de vidragem é composta por várias cabines, nas quais se vidram uma a uma, as peças sanitárias. Há um circuito que conduz o vidro desde a posição de carregamento (uma espécie de “tinhas”), onde está depositado até às estações de processamento. Cada “sistema de vidragem” é constituído por três componentes principais:

- Cabine de vidragem com mesas giratórias, com suportes auto-limpantes e extracção de esmalte seco e pó;
- Robots electromecânicos (chamam os programas pré-instalados através dos seus códigos, identificando a peça e executando a respectiva vidragem);
- Transportes integrados com esponjas para limpeza dos pés das peças.

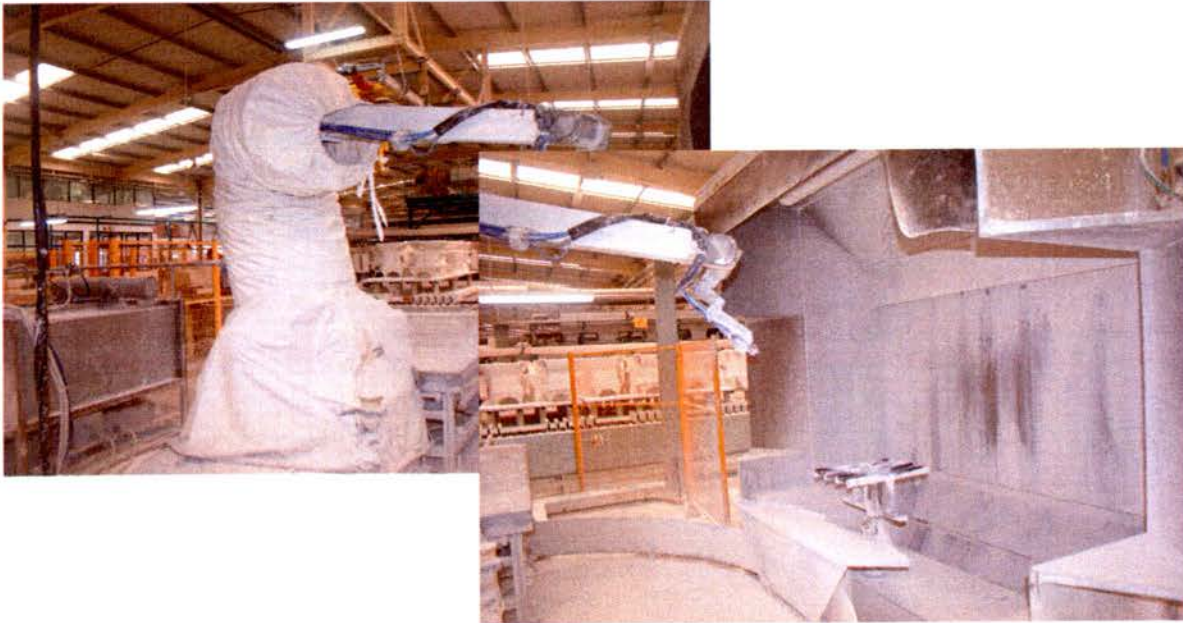


Fig.3 – Robot e cabine de vidragem com mesa giratória.

Estando já as peças vidradas, são levadas ao forno, onde são sujeitas a um ciclo de aproximadamente 30h.

É durante a queima que ocorre uma mudança na estrutura da argila e por esta razão é estritamente necessário fazer um controlo apertado deste ciclo, das etapas de aquecimento e arrefecimento das peças. Por exemplo, uma queima mais rápida é sem duvida mais económica para a empresa, no entanto gera produtos de menor qualidade, em relação aos que passam por uma queima mais lenta. [2]

De uma forma geral, as fases da queima podem ser consideradas :

- ✓ desidratação (entre 150° C e 600°C), acaba por ser um complemento da fase de secagem. As peças cerâmicas diminuem ligeiramente de volume e aumentam a porosidade. [2,3]
- ✓ oxidação (entre 600°C e 950°C), dá-se a eliminação da matéria orgânica e eliminação do carvão e do enxofre
- ✓ vitrificação (entre os 950°C e 1200°C), a sílica funde-se, formando pequenas quantidades de vidro que aglutina os demais elementos e fecha os poros [2].

Esta fase é auxiliada com a utilização de fundentes na sua composição [3].

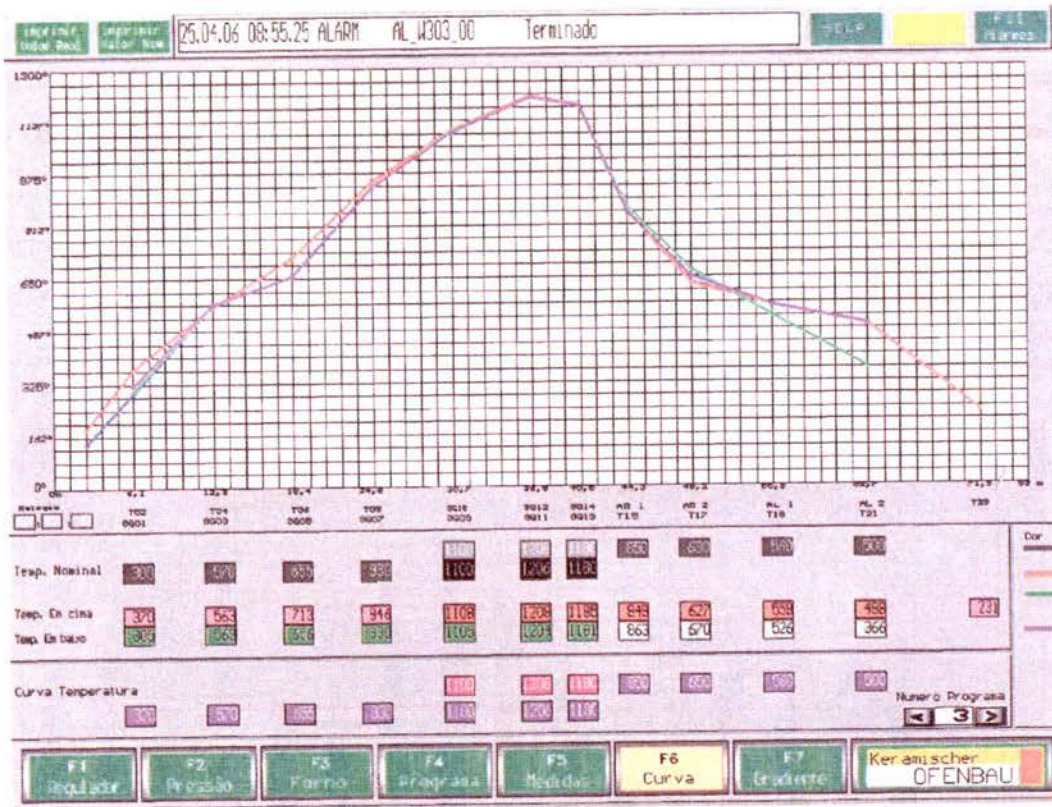


Fig. 4 – Exemplo de uma curva térmica, do forno da Sanindusa 2.

Os fornos de queima podem ser intermitentes ou contínuos; os primeiros estão em desuso e são considerados já bastante rudimentares. Hoje em dia só se utilizam praticamente os fornos contínuos, que são constituídos por uma série de câmaras por onde as peças vão passando. As etapas de queima vão-se dando ao longo do percurso efectuado pelas peças, no seguimento das câmaras. Na Sanindusa, o forno é contínuo, designado por forno túnel, com consumo específico de energia de até 3300 Kcal/Kg de peças.



Fig.5 – Forno túnel.

Já depois de concretizadas as peças são recolhidas e escolhidas, e daqui, as com defeitos corrigíveis são retocadas e levadas novamente ao forno; ao contrário destas, as peças com defeitos graves (como por exemplo, as fendas) são levadas para caco, onde são desfeitas e reutilizadas sob a forma de pasta, que será incluída novamente no ciclo de produção.

A seguir está demonstrado, através do fluxograma, todo este ciclo de produção de sanitários, (Fig. 7 ).

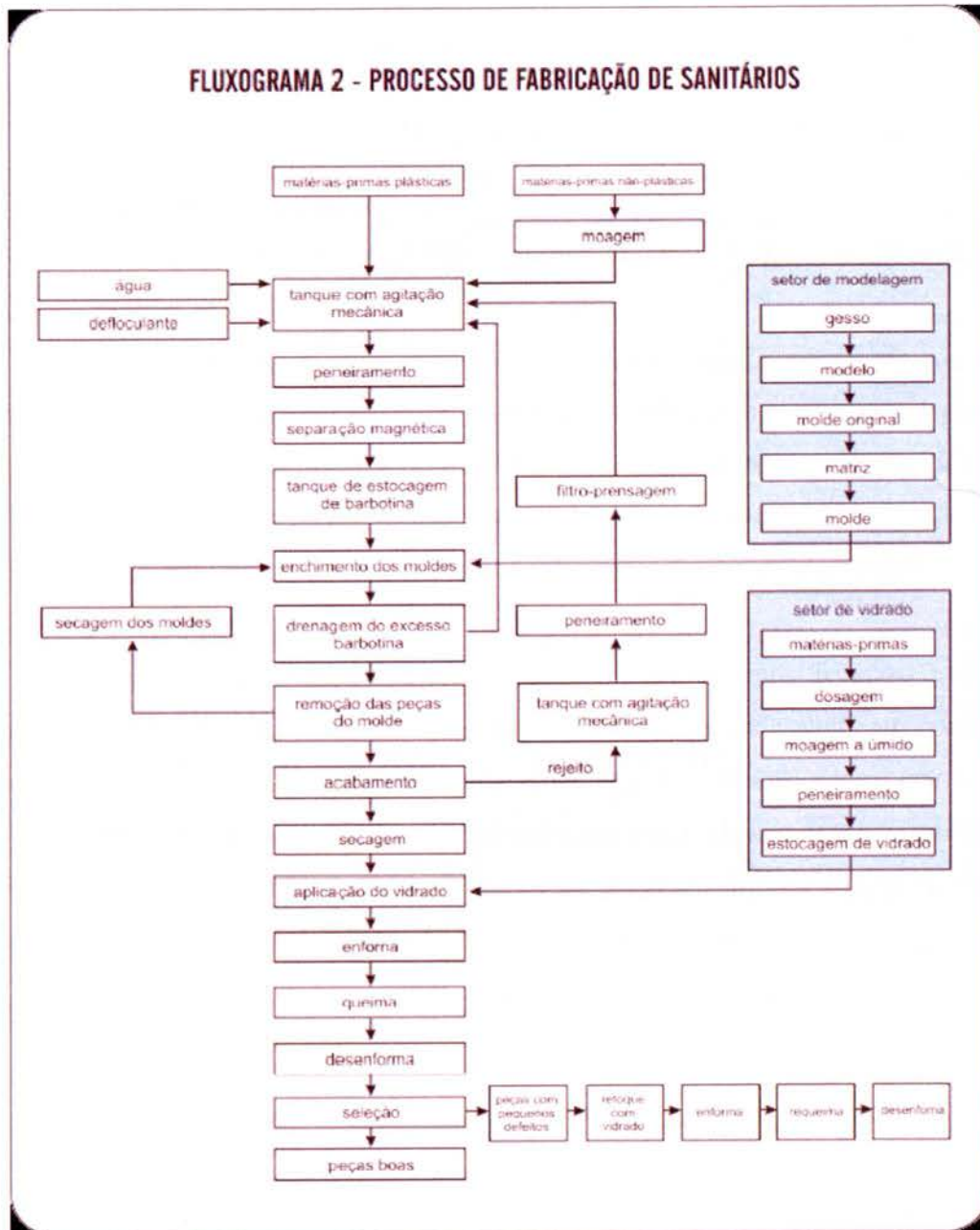


Fig.7 – Esquema do ciclo de produção de sanitários.

### **3.2) Vidrados. Propriedades e ensaios.**

A elaboração de vidrados é cada vez mais requisitada, e a estes são feitas exigências crescentes de qualidade conjuntamente com o incremento da produtividade.[6]

A composição e formulação de um vidro cerâmico deve responder a determinados factores; deve adequar-se aos ciclos de queima e ao substrato cerâmico que cobre, para que se obtenha uma resposta mecânica adequada, de aderência, compatibilidade e de propriedades ópticas. [7]

Daí ser bastante importante a realização de determinados ensaios aos vidrados. Desta forma, é possível prevêr o comportamento de um determinado vidro perante situações adversas a que poderá vir a ser sujeito.

- Composição química

Para a caracterização da composição química de um vidro, é sem dúvida, muito importante, proceder aos cálculos de Seger.

A formulação de Seger não é mais que a expressão estequiométrica da composição de um composto vítreo ou cerâmico; e baseia-se na relação molecular que permite o equilíbrio químico entre os elementos básicos ( $RO/R_2O$ ), os neutros ou anfóteros ( $R_2O_3$ ) e os ácidos. Esta descrição estequiométrica permite averiguar, ainda que teoricamente, uma série de dados que são fundamentais para a obtenção de um vidro ou de uma pasta de suporte cerâmico. [8]

Por exemplo, no caso de vidrados que têm de ser previamente “fritados” e em que é fundamental um controlo apertado de todas as propriedades de cada elemento constituinte, uma vez estabelecido este parâmetro (Formulação de Seger) é possível determinar a relação ácida, a solubilidade, a composição em percentagem de óxidos, a tensão superficial, o coeficiente de expansão térmica e a composição de carga de forno a fundir. Todas estas características são importantes na formulação de uma fritada. [8]

- Tensão superficial

Um parâmetro também importante a considerar num vidro é a tensão superficial. A tensão superficial representa a força expressa por um líquido ao longo de uma linha ou de uma superfície, de modo a que a superfície seja mínima. Uma tensão superficial não adequada para o material e condições de trabalho em questão, pode tornar-se num factor favorável para a origem de defeitos na superfície final do vidro. [9]

A nível microscópico, a tensão superficial deve-se ao facto das forças, que afectam cada molécula (ou seja, as interacções intermoleculares que uma molécula sofre no cerne da fase líquida), serem diferentes no interior do líquido e na superfície. Assim, no centro do líquido, cada molécula está submetida a forças de atracção que se anulam (estado de equilíbrio); o que por sua vez, permite a que a molécula tenha uma energia bastante baixa.

A tensão superficial tem como principal efeito o aumento da tendência de um líquido a diminuir a sua área, para um dado volume; sendo que em ausência de gravidade, o líquido adopte uma forma esférica, que é a que possui menor relação área/volume. [10,11]

Para o cálculo deste parâmetro podemos começar por designar a  $\gamma$ , como a energia por unidade de área, o que virá :

$$F\Delta x = \gamma\Delta S$$

de onde se pode retirar que

$$\gamma = \frac{F}{2d}$$

A energia superficial por unidade de área, ou tensão superficial é então medida em  $\text{J/m}^2$  ou em  $\text{N/m}$ . [11]

- “Comprimento de lágrima”

O comprimento de lágrima é uma forma de controlar e determinar o comportamento de um vidrado, quando em inclinação e perante um ciclo térmico específico. Trata no fundo, da aptidão para o escoamento que o vidrado possui. Este tipo de controlo é muito regular e frequente, tal como a tensão superficial, densidade, viscosidade, etc. É uma medição directa, do comprimento de vidrado escorrido, depois de cozido numa telha a  $45^\circ$  de inclinação.

- Viscosidade

A viscosidade é também um factor importantíssimo a controlar, num vidrado; e consiste na resistência que um fluído oferece para flutuar, devido a forças internas e fricção

entre as moléculas; e que diminui com o aumento da temperatura. Ou, simplificando, é a taxa de fluidez de volume específico de vidro. [12,13]

A viscosidade de um vidro é medida em termos de número de segundos que um dado volume de vidro demora a fluir através de um orifício de diâmetro específico. Uma das formas mais fáceis de medir a viscosidade é através de um viscosímetro de vidro torção, em que a viscosidade é medida ao minuto 1 e aos 5 min. [14]

Os vidros para spray, são os que possuem (ou devem possuir) viscosidade mais baixa, uma vez que para que a aplicação nestes termos ocorra com facilidade, o vidro deve ser relativamente fino. [14]

- Resistência química

Uma das propriedades que melhor caracterizam um vidro é a sua resistência química, a qual, por muito boa que seja, não os torna inertes à acção dos agentes químicos.

A resistência dos vidros à acção dos produtos químicos torna-se ainda mais importante em casos, como sanitários, louça doméstica, etc. Normalmente, o ataque químico origina a perda de brilho dos vidros, em virtude da rugosidade entretanto desenvolvida e devido à libertação de compostos por vezes venenosos, como por exemplo o chumbo. [15]

Existem diversos factores que são considerados como influentes, na resistência ao ataque químico de vidros, dos quais, os principais serão:

- A ocorrência de separação de fases – sempre que num vidro ocorre separação de fases, o ataque químico faz-se preferencialmente sobre a fase menos resistente; e por isso, um vidro homogéneo que apresente uma boa resistência química, pode no entanto, por separação de fases de baixa resistência, tornar-se inadequado para determinado fim. Um exemplo deste fenómeno são os vidros de boro, que são especialmente afectados pela separação de fases líquidas.
- % de sílica e de alcalis – os vidros aos quais seja exigida elevada resistência à acção de agentes químicos devem conter um alto teor de sílica e baixo teor de alcalis. [15]



## 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Na primeira fase deste estágio, realizaram-se alguns ensaios (que se encontram descritos nos anexos, como Ensaios A) com diferentes formulações de vidro branco. A realização destes ensaios funcionou como uma etapa inicial de adaptação e conhecimento dos vidros. Por isso, foram fornecidas algumas formulações, a partir das quais, se foram modificando alguns componentes, observando a respectiva alteração sobre o vidro. Finda esta fase inicial, iniciou-se então o trabalho de investigação, que fora proposto, o desenvolvimento de um vidrado em tons madrepérola/ reflexos metálicos.

Foram efectuadas duas abordagens diferentes para a realização deste trabalho, com o objectivo unico do desenvolvimento do vidrado em madrepérola.

Numa primeira abordagem formularam-se diferentes vidros , aplicando elementos, que à partida poderiam produzir uma superfície metálica, a um vidro branco Sanindusa (composição não revelada). Desta forma, foi aplicado metalux a vidro branco (em diferentes percentagens e tempos de moagem) e foi utilizado volframio amarelo e azul.

Numa segunda abordagem, produziram-se uma série de vidrados (série 60/06) com base numa formulação inicial que se foi modificando de acordo com os resultados obtidos em cada um deles, de forma a ir ao encontro da tonalidade pretendida.

Para todos eles foram determinadas as tensões superficiais e respectivos comprimentos de lágrima; porém e por não serem factores importantes ou decisivos para a discussão deste trabalho, não se encontram aqui descritos os valores referentes aos vidros da primeira abordagem.

### ***4.1) 1ª fase – Ensaios de formulações***

O objectivo era realmente partir de um vidrado branco (como base) e sobre ele ir adicionando um brilho nacarado, tão característico da tonalidade madrepérola. O desenvolvimento deste trabalho foi feito por tentativas, ainda que baseadas em noções, conhecimento e acima de tudo, experiência.

Na tabela 1 estão descritas as composições dos vidrados, referentes à primeira abordagem.

Na tabela 2, estão descritas as fórmulas executadas no âmbito da segunda abordagem.

<i>Designação</i>	<i>Composição</i>	<i>Tempo de moagem</i>
L1	Vidro branco + volframio amarelo (0,1%)	2 min
L2	Vidro branco + volf.amarelo (0,2%)	2 min
L3	Vidro branco + volf.azul (0,1%)	2 min
L4	Vidro branco + volf.azul (0,2%)	2 min
L5	Vidro branco + volf.azul (0,3%)	2 min
L6	Vidro branco + volf.azul (0,4%)	2 min
Va 5	Vidro branco + volf. Amarelo (3,3%)	2 min
Vz 5	Vidro branco + volf.azul (4,76%)	2 min
Vz 10	Vidro branco + volf.azul (9%)	2 min
Vz 20	Vidro branco + volf.azul (10%)	2 min
Mt 5	Vidro branco + metalux (5%)	2 min
Mt 10	Vidro branco + metalux (9,1%)	2 min
Mt 0,5/5	Vidro branco + metalux (0,05%)	5 min
Mt 0,5/10	Vidro branco + metalux (0,05%)	10 min
Mt 1/5	Vidro branco+ metalux (0,1%)	5 min
Mt 1/10	Vidro branco + metalux (0,1%)	10 min
Mt 2/5	Vidro branco + metalux (0,2%)	5 min
Mt 2/10	Vidro branco + metalux (0,2%)	10 min
Mt Z	Vidro branco + metalux (0,5%)	10 min
Mt X	Vidro branco + metalux (0,8%)	10 min
Mt Y	Vidro branco + metalux (1,5%)	10 min
Mt $\beta$	Vidro branco + metalux (2%)	10 min

Tabela 1 – Composições dos vidrados, numa primeira abordagem (%m/v)

	Nefelina	feldspato	carb.cálcio	dolomite	carb.bário	wollastonite	caulino	silica	ox.zinco	opazir	talco	alumina	diox.titânio	sulfato cobalto	CT 1600	CT 1608	SN 9600	MLN 930	MAC 906/06	Tripolifosfato de sódio	ox.estanho
I	29	x	6	4	4	7	12	21	4	13	x	x	x	0,02	x	x	x	x	X	0,05	x

																				<i>Relatório de Estágio</i>			
<u>2</u>	29	x	6	4	4	7	12	21	4	13	x	x	x	0,02	x	x	5	x	X	0,05	x		
<u>3</u>	29	x	6	4	4	7	12	21	4	13	x	x	x	0,02	x	x	x	5	X	0,05	x		
<u>4</u>	29	x	6	4	4	7	12	21	4	13	x	x	x	0,02	x	x	x	x	5	0,05	x		
<u>5</u>	X	40	3	x	6	12	6	15	8	3	x	x	6,9	x	0,05	0,05	x	x	X	0,05	x		
<u>6</u>	X	42	x	11	7	x	4	x	2	20	7	4	3	x	x	x	x	x	X	0,05	x		
<u>7</u>	X	44	x	25	8	x	7	x	8	8	x	x	x	x	x	x	x	x	X	0,05	x		
<u>8</u>	x	38	4	5	6	6	12	6	6	10	2	1	2	0,02	0,05	0,05	x	x	2	0,05	x		
<u>9</u>	x	36	6	6	8	5	11	8	5	8	3	x	4	0,02	0,05	0,05	x	x	X	0,05	x		
<u>10</u>	x	42	x	5	9	4	11	9	5	7	3	x	5	0,02	0,05	0,05	x	x	X	0,05	x		
<u>11</u>	x	37	x	5	9	4	8,9	9	4	5	3	x	5	0,02	0,05	0,05	x	x	10	0,05	x		
<u>26</u>	x	38	3	x	6	12	6	15	8	3	x	x	7	x	0,08	0,05	x	x	X	0,1	1,8		
<u>27</u>	x	38	4	5	6	6	12	6	3,8	8	2	x	8	x	0,08	0,05	x	x	X	0,1	2		
<u>28</u>	x	43	6	x	5	10	6	8	6	2	2	x	10	x	0,08	0,05	x	x	X	0,1	1,8		
<u>29</u>	x	38	4	2	6	12	6	8	8	6	2	x	6	x	0,08	x	x	x	X	0,1	1,8		
<u>30</u>	x	44	x	x	6	12	6	6	8	8	2	x	6	x	0,08	x	x	x	X	0,1	1,8		

Tabela 2 – Formulações dos vidrados (% m/m), numa segunda abordagem.

#### 4.2) 2ª fase – Ensaio ao vidrado

A cada vidro foram efectuados ensaios de tensão superficial e determinação do comprimento de lágrima.

##### *Tensão Superficial*

O procedimento que se tomou foi o mesmo que é utilizado na Sanindusa; ou seja, a avaliação da tensão superficial é feita por comparação das médias dos diâmetros das amostras de vidrados, que são previamente cozidas, sob a forma de pastilhas. Na figura X encontra-se exemplificado um ciclo térmico típico. Na execução destas pastilhas são utilizadas 15g de vidrado em pó, que é seguidamente compactado a uma pressão de 400 bar. No forno, são colocadas as amostras em prova e uma de vidro padrão (vidro branco Sanindusa), que irá servir como meio de comparação.

##### *Comprimento de lágrima*

Para determinação deste parâmetro, preparam-se as amostras (também sob a forma de pastilhas), que são levadas ao forno, numa telha, com 45° de inclinação. Estas pastilhas são constituídas por 5g de pó e compactadas a uma pressão de 400 bar. Depois de cozidas são medidos os respectivos comprimentos de lágrima e comparados também com uma amostra padrão.

#### 4.3) 3ª fase – Aplicação do vidrado às peças finais

Depois de aplicar, pelo método de cortina, todas as formulações de vidro desenvolvidas a telhas previamente acabadas e preparadas, escolheu-se o vidro 60/06 29 para aplicação a um tanque e a uma sanita.

- ▣ Foram preparados 6 kg de secos e misturados 2,5 l de água, dando uma proporção de  $\pm 60/40$ . A mistura foi a moer durante 20h.
- ▣ Determinou-se a densidade e percentagem de resíduo.
- ▣ Acertou-se a densidade do vidro (1730/1740, intervalo optimizado pela Sanindusa) , adicionando-se também 100g de peptapon gel.
- ▣ Contendo já as condições mínimas necessárias, o vidro foi aplicado a duas peças (sanita e tanque).
- ▣ As peças foram enfiadas e submetidas ao ciclo térmico, atrás referido.

## **6. RESULTADOS EXPERIMENTAIS**

Na tabela 3, estão descritos os valores determinados nos ensaios de avaliação da tensão superficial e da determinação do comprimento de lágrima.

designação	comp.lágrima(mm)	tensão sup.(mm)	comp.lágrima(mm)	tensão sup.(mm)	$\Delta$ (c.l)	$\Delta$ (l.s.)
<u>1</u>	90,20	45,00	60,00	40,00	30,20	5,00
<u>2</u>	87,20	48,30	60,00	40,00	27,20	8,30
<u>3</u>	102,50	45,00	60,00	40,00	42,50	5,00
<u>4</u>	83,15	46,00	60,00	40,00	23,15	6,00
<u>5</u>	Ex.Fl	52,30	64,00	40,00	X	12,30
<u>6</u>	65,30	40,90	64,00	40,00	3,30	0,90
<u>7</u>	Ex.Fl	52,35	64,00	40,00	X	12,35
<u>8</u>	89,70	48,85	63,00	40,00	26,70	8,85
<u>9</u>	Ex.Fl	51,60	63,00	40,00	X	11,60
<u>10</u>	90,10	48,90	63,00	40,00	27,10	8,90
<u>11</u>	Ex.Fl	54,25	63,00	40,00	X	14,25
<u>26</u>	Ex.Fl	47,54	60,00	40,00	X	7,54
<u>27</u>	80,10	44,93	60,00	40,00	20,10	4,93
<u>28</u>	84,00	46,23	60,00	40,00	24,00	6,23
<u>29</u>	82,40	45,96	60,00	40,00	22,40	5,96
<u>30</u>	Ex.Fl	53,45	60,00	40,00	X	13,45

Tabela 3 – Tensão superficial e comprimento de lágrima.( Ex.Fl - excessivamente fluído portanto não conclusivo).

Para uma percepção mais abrangente dos resultados, apresentam-se seguidamente os mesmos valores sob a forma de gráfico.

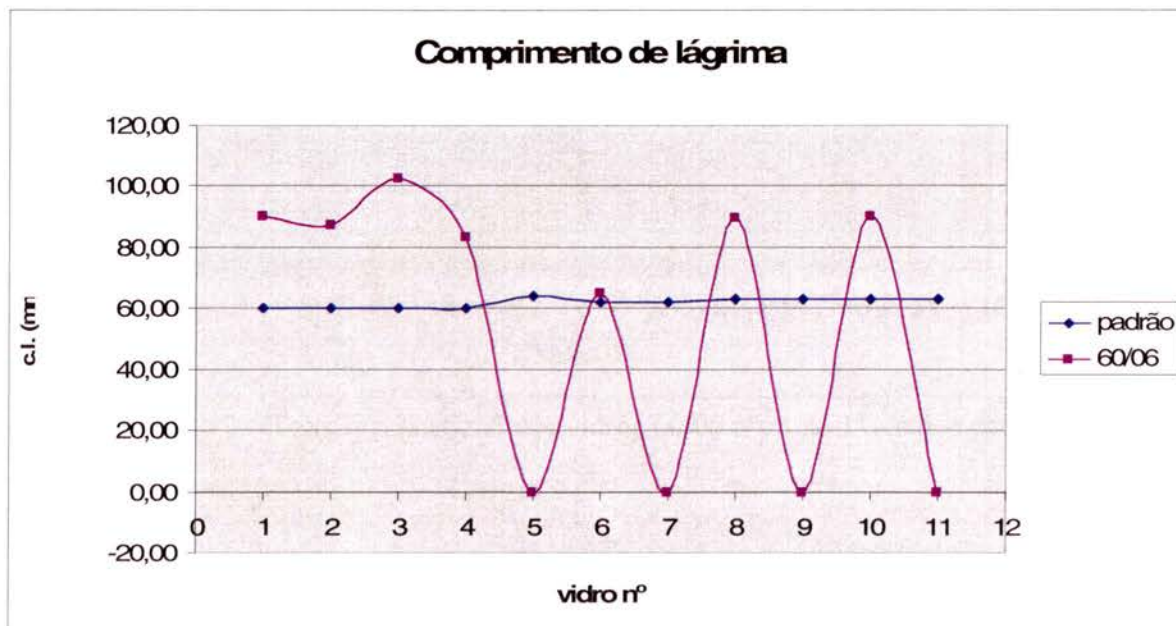


Gráfico 1 – Comprimento de lágrima dos vidros 60/06 nºs 1 ao 11, e dos padrões.

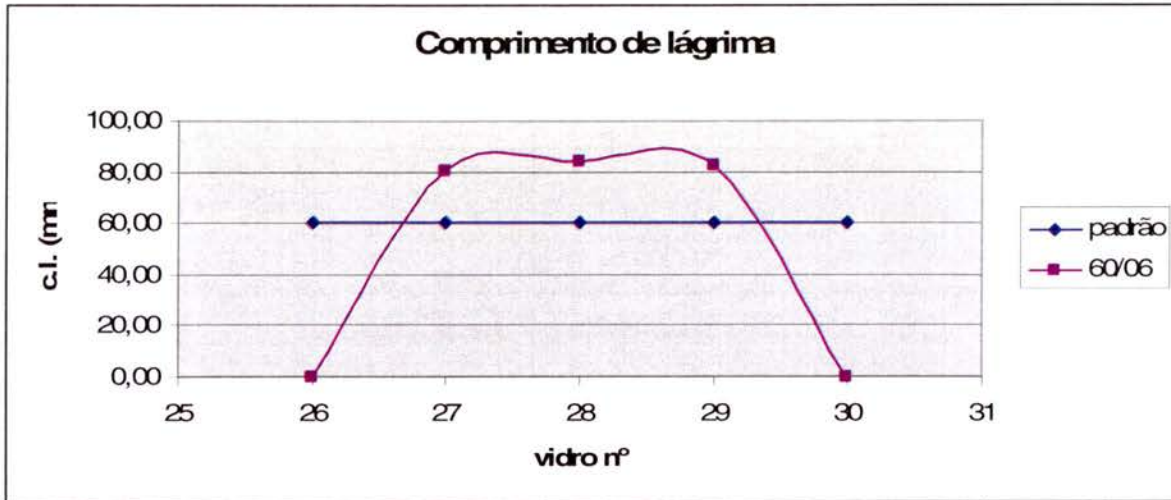


Gráfico 2 – Comprimento de lágrima dos vidros 60/06 n°s 26 ao 30, e dos padrões.

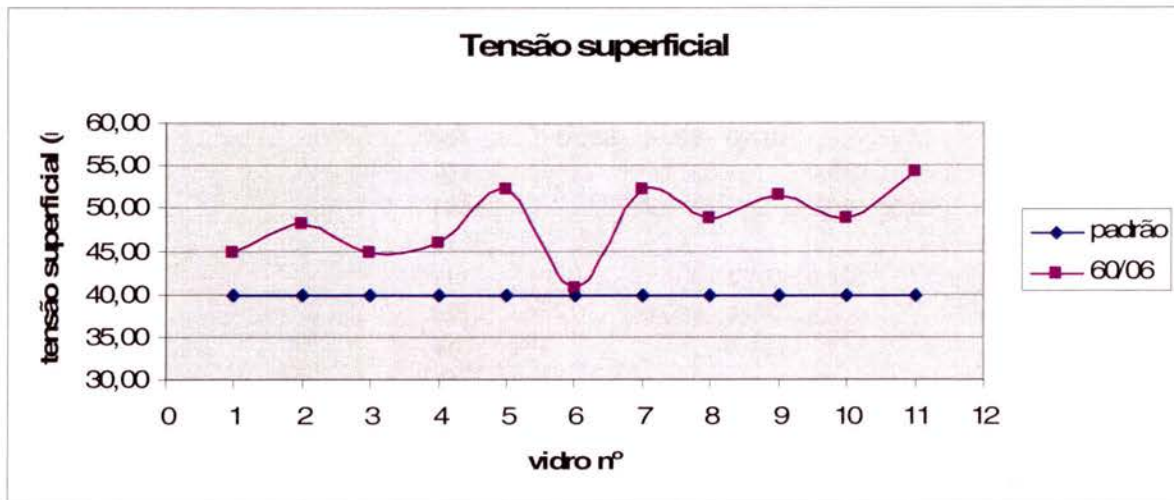


Gráfico 3 – Tensão superficial dos vidros 60/06 n°s 1 ao 11, e dos padrões.

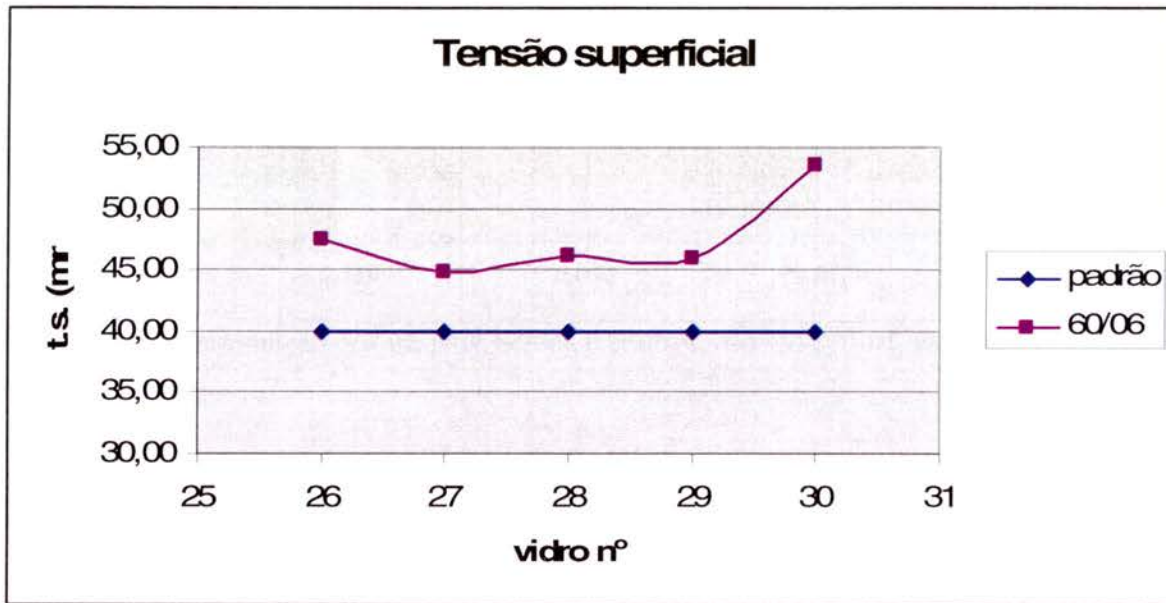


Gráfico 4 – Tensão superficial dos vidros 60/06 n°s 26 ao 30, e dos padrões.

Na tabela 4 estão descritos os cálculos de Seger para a formulação do vidro 60/06 29.

CONSTITUINTES	%	FÓRMULAS QUÍMICAS	MASSA													
			MOLECULAR	K2O	Al2O3	SiO2	CaO	MgO	TiO2	BaO	ZnO	ZrO2	SnO2			
espato	38	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	556	0,068	0,068	0,410										
o. cálcio	4	$CaCO_3$	100				0,040									
lomite	2	$CaMg(CO_3)_2$	100				0,020	0,020								
b. bário	6	$BaCO_3$	197,3							0,030						
astonite	12	$CaSiO_3$	116			0,103	0,103									
aulino	6	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	258		0,023	0,047										
ílica	8	$SiO_2$	60			0,133										
. zinco	8	$ZnO$	81									0,099				
pazir	6	$ZrSiO_4$	183			0,033								0,033		
estanho	1,79	$SnO_2$	151													0,012
alco	2	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	378			0,021		0,016								
k. titânio	6	$TiO_2$	80							0,075						
1600	0,08	x														
l. sódio	0,08	x														
CMC	0,2	x														
<b>TOTAIS</b>				<b>0,068</b>	<b>0,092</b>	<b>0,747</b>	<b>0,163</b>	<b>0,036</b>	<b>0,075</b>	<b>0,030</b>	<b>0,099</b>	<b>0,033</b>	<b>0,012</b>			

Tabela 4 – Fórmula de Seger, aplicada na formulação do vidro 60/06 29.

ÍNDICES					
BÁSICOS (RO/R2O)		NEUTROS (R2O3)		ÁCIDOS (RO2)	
<i>K2O</i>	0,068	<i>Al2O3</i>	0,092	<i>SiO2</i>	0,747
<i>CaO</i>	0,163			<i>TiO2</i>	0,075
<i>MgO</i>	0,036			<i>ZrO2</i>	0,033
<i>BaO</i>	0,03			<i>SnO2</i>	0,012
<i>ZnO</i>	0,099				
	<b>0,396</b>		<b>0,092</b>		<b>0,867</b>

Tabela 5 – Determinação dos básicos, ácidos e neutros, do vidro final, expresso em moles.

$$\text{coeficiente de acidez, c.a.} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O} + \text{RO} + 3\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,112$$

Tabela 6 – Determinação do coeficiente de acidez, do vidro final.

## 7. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO



Os resultados obtidos com as formulações referentes à primeira abordagem não corresponderam às expectativas, e como tal, não foram tidos em conta nesta discussão.

Os vidrados a seguir referenciados pertencem ao grupo 60/06, serão porém (para uma leitura mais fácil) tratados pelo respectivo número.

Começamos pelos vidros 1, 2 e 3, que apresentam uma superfície (textura e cor) muito semelhantes. No que diz respeito à composição, a diferença reside na presença de bases serigráficas, SN 9600 (a 5%, no nº2) e MLN 930 (a 5% no nº3), que porém não interfere no aspecto final do vidro. Digamos que como vidro branco, estas três formulações poderão vir a ser utilizadas pela Sanindusa.

O vidro nº4, com uma composição muito próxima ao nº1, excepto no facto de possuir 5% de MAC 906/06, apresenta uma superfície de tom bege, homogénea e macia. Neste caso, é nítido o efeito do MAC, uma vez que como base serigráfica metálica é responsável pelo brilho intenso que esta amostra possui.

Posto isto, aplicou-se ao seguinte vidro (nº 5), dióxido de titânio, que veio conferir ao vidro um aspecto brilhante combinado com brancura e alguma transparência.

Com a formulação nº6, o resultado conseguido foi um vidro mate, de tom “branco sujo”. Este matizado resulta da acção do opazir (silicato de zircónio), talco e alumina. O primeiro actua como opacificante, que combinado com o talco (que matiza) resulta no mate obtido. A transparência do vidro nº7 não deixa negar a acção do óxido de zinco. Este foi o elemento justificativo da transparência deste vidro. Deste, difere o nº 8, que apresenta por sua vez, alguma opacidade. Esta opacidade não é mais que o resultado da acção dos 10% de opazir.

O aumento de titânio, no vidro 9 veio conferir à superfície uma tonalidade amarelada, mas também muito brilhante. Os vidros 10 e 11 possuem composição idêntica, que difere essencialmente na presença de 10% de MAC, no último. São estes 10% de MAC 906/06 que justificam a cor verde apresentada por este vidro. É ainda importante referir, que o efeito dos corantes CT 1600 e 1608, nos vidros 8, 9, 10 e 11 não é significativamente notório; ao contrário, porém, do dióxido de titânio que lhes dá um excelente brilho.

Após esta primeira fase de trabalho, conseguiu-se uma série de vidrados bastante atractivos e interessantes, no entanto, ainda nenhum apresenta os reflexos inicialmente requeridos.

Parte-se então para a preparação de uma nova série de vidros. Desta vez, decide-se pela adição de óxido de estanho, que apesar da sua função opacificante e do seu excessivo preço, é tido também como um catalizador de reacção. A sua actuação é sem dúvida crucial.

Os vidros da segunda série têm maior percentagem de titânio e wollastonite relativamente aos da primeira série. Enquanto o titânio é essencial para o brilho, oferece porém um tom cada vez mais amarelado, à medida que aumenta a sua percentagem; em oposição a este factor, a presença de wollastonite vem branquear a superfície.

A wollastonite exerce função semelhante à calcite, no entanto, é mais cara, dado ser sintética. A calcite é mais barata, mas é natural, o que implica ter uma maior percentagem de impurezas, e consequentemente oferece ao vidro uma cor amarelada.

Ao contrario das expectativas, o vidro nº 28 (que possui maior percentagem de titânio, relativamente, aos 26 e 27) apresenta cor beje, e não amarela como era esperado.

Com o vidro nº 29, consegue-se finalmente reflexos distintos e bastante interessantes; ao contrário do nº 30, que apesar de bastante brilhante, não apresenta os efeitos do ultimo. Tal facto deve-se certamente à ausência de cálcio e dolomite. O vidro nº29 (aplicação em telha) não apresenta o aspecto totalmente pretendido, no entanto, e na minha opinião, conseguiu-se um vidro diferente, que se distingue de qualquer um pelos seus reflexos, excelente brilho e uma superfície que faz lembrar escamas. Seria sem duvida uma ideia original, que poderia combinar perfeitamente com um conjunto de sanitários de linhas modernas, e nada clássicas. No entanto, a aplicação no ensaio industrial não correu como o previsto, vejamos já porquê.

No ensaio industrial, houve a necessidade de alterar a densidade de 1843 (densidade inicial) para 1736 (densidade final, para aplicação), ao vidro preparado. Este vidro contém cerca de 0,14 % de resíduo (numa malha de 37  $\mu\text{m}$ ), um valor muito abaixo do pretendido (0,5-1 %) e que poderá trazer alguns problemas à superfície final das peças. Contudo, por limitações de tempo resolveu-se proceder à aplicação.

Para total surpresa, o vidro escolhido para aplicação final não apresentou o aspecto anteriormente obtido. Resultou numa cor muito proxima do pergamon, com uma textura grosseira e com bastantes picadas na zona superior. As picadas poderão ter origem na excessiva camada aplicada ou até mesmo na percentagem de resíduo obtida. Concluiu-se daqui, que este vidro deve ser aplicado numa camada muitíssimo fina, e certamente com valores de densidade e viscosidade menores. Portanto, as variáveis que devem ser corrigidas num próximo ensaio, para que o vidro resulte com o aspecto esperado (como o ensaiado em telha) seriam:

- densidade
- viscosidade

- % de resíduo
- abertura de malha (para uma superior a 37  $\mu\text{m}$ )
- espessura do filme.

Apesar de terminar este trabalho sem uma peça sanitária concebida com o aspecto desejado e previsto pelo ensaio em telha, penso que o trabalho desenvolvido é um contributo importante no sentido de chegar ao objectivo inicial pretendido.

É sabido que a obtenção do tom madrepérola para sanitários é até hoje uma incógnita, e é um estudo em evolução em muitos centros de investigação desta mesma área. A dificuldade está no facto de não ser possível, e até expressamente proibida a utilização de alguns metais (pesados) que originam essa tonalidade nacarada, característica do madrepérola. Em décadas anteriores, estes materiais já terão sido aplicados e essa tonalidade até já mesmo existiu, no entanto, hoje em dia, a obrigatoriedade da utilização de outro tipo de materiais menos perigosos torna-se numa dificuldade acrescida para este tipo de investigação.

No que diz respeito aos ensaios efectuados ao nível da tensão superficial e do comprimento de lágrima, os vidros que apresentam valores com uma maior discrepância dos padrões, são os vidros 5, 7, 9, 11, 26 e 30. No ensaio de determinação do comprimento de lágrima estes vidros demonstraram-se excessivamente fluídos; enquanto nos ensaios de tensão superficial, estes vidros são os que apresentam maiores diâmetros (maiores diferenças para com os padrões) e por isso tensões superficiais menores. A contrário destes, o vidro n° 6 é que apresenta propriedades mais próximas das do vidro branco (usado como padrão) da Sanindusa. Estas diferenças de valores são compreensíveis, na medida em que a composição destes vidros também diferem significativamente. Os constituintes utilizados para este tipo de vidros são diferentes das matérias-primas utilizadas na fabricação do vidro branco em causa, o que conseqüentemente influencia decisivamente as respectivas propriedades e características.

Concluiu-se também que a função teórica de cada constituinte não é de todo válida, pois a interacção entre todos eles é que define de forma exacta o efeito final. E portanto, a prática torna-se num factor bastante importante numa investigação deste género.

No final deste estágio, que envolveu uma série de trabalhos práticos como parte integrante do dia-a-dia, mais que o desenvolvimento de uma formulação ou um vidro obtido,

fica toda a aprendizagem e conhecimento que adquiri. Este conhecimento e informação adquirida não somente se fica pelos vidros, mas por toda a envolvente que uma indústria de sanitários confere.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

[1] “Tecnologias modernas para a fabricação de louça sanitária”, Francisco Cino e F. J. Brötz

[2] <http://www.terraesantacruzvidros.com.br/hist.php>

[3] “Cozeduras”, apresentação de Prof. Luís Cadilho

[4] Sebenta da Professora Maria Ascensão Lopes

[5] “Esmaltes e Engobes para Monoporosa”, Helder J. Oliveira e João A. Labrincha

[6] “Bases de la reologia del esmalte”, Zschimmer & Schwarz – Chemische Fabriken

[7] “Efeito da fase principal desvitrificada sobre a microestrutura e as propriedades mecânicas de vidrados cerâmicos”; S. Sorlí, M.A.Tena, A.Mestre, M. Llusar, G.Monrós

[8] [www.manises.com](http://www.manises.com)

[9] “Tabelle”, Sacmi Imola, Laboratorio Ceramico

[10] [http://scienceathome.cienciaviva.pt/copo\\_eng.html](http://scienceathome.cienciaviva.pt/copo_eng.html)

[11] [http://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n\\_superficial](http://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_superficial)

[12] <http://www.mrroooter.com/plumbing/glossary.aspx>

[13] <http://www.potters.org/subject93715.htm>

[14]

[http://www.ceramicindustry.com/CDA/Archives/2da226788a9c7010VgnVCM100000f932a8c0\\_\\_\\_\\_\\_](http://www.ceramicindustry.com/CDA/Archives/2da226788a9c7010VgnVCM100000f932a8c0_____)

[16]

Sebenta “Vidrados”, J.A. Labrincha – Universidade de Aveiro, 1990

## **9. ANEXOS**

### ***Ensaio A***

Inicialmente, numa primeira fase, foram feitos cerca de 36 ensaios. Nesta fase, houve uma aprendizagem contínua das técnicas e ensaios realizados na fábrica, para controlo de barbotina e vidrado.

Cada um dos ensaios passou pelo seguinte procedimento :

- Pesagem dos componentes
- Cada vidrado é constituído por  $\pm 300\text{g}$  de sólidos, aos quais são adicionados 120 ml de  $\text{H}_2\text{O}$ ; a mistura é feita na jarra do moínho de bolas.
- Moagem; durante 10 min.
- Vasamento para um recipiente de plástico
- Do vidrado obtido, retira-se:
  - uma amostra para uma prata (previamente identificada) e levasse à estufa (normalmente no mínimo 12 horas)
  - o restante é utilizado na vidragem, que por sua vez é feita segundo o método de cortina

A telha em que é aplicado o vidrado é previamente acabada e preparada, isto é, são retirados os excessos de material dos lados e da base, para que não cole ao forno. Esta precaução é tomada novamente depois do vidrado aplicado estar seco.

A amostra é então levada ao forno.

A seguir estão descritas as formulações executadas, referentes ao grupo de ensaios A.

Designação	Feldspato	Quartzo	Caulino	Calcite	Óxido de zinco	Silicato de zircônio	Carbonato de bário	Sienito nefelina	wollastonite	Talco	Espodumeno	Sulfato de cobalto	Tripolifosfato de sódio	C. de sódio	Peptapon 52	
<b>A</b>	20,6	32,5	8,9	15,3	3,7	11,0	8,0	x	x	x	x	x	x		X	100
<b>V.Br 2(a)</b>	X	25,06	9,25	x	3,4	12,1	x	21,5	24,1	4,3	x	0,23	x	x	0,11	100
<b>V.Br 2(b)</b>	X	26,43	9,6	x	2,1	12,1	x	21,5	24,1	4,0	x	x	0,20	x	X	100
<b>Inc (a)</b>	42	18	7,9	9,4	2,4	9,3	4,8		5,8		x	0,06	0,02	x	0,31	100
<b>Inc (b)</b>	41,5	17,98	8,07	9,8	2,6	9,3	4,8		5,8		x	x	0,26	x	0,01	100
<b>BRC A1 (a)</b>	20,5	32,11	8,87	8,6	3,7	18,2	7,9	x	x	x	x	x	0,07	x	0,05	100
<b>BRC A1 (b)</b>	20,5	32,27	9,12	8,2	3,7	18,2	8,0	x	x	x	x	0,03	0,05	x	0,03	100
<b>a1(a)</b>	20,8	32,39	8,93	8,0	3,7	18,3	8,0	x	x	x	x	x	x	x	X	100
<b>a1(b)</b>	20,5	32,42	8,85	8,0	3,8	18,3	8,0	x	x	x	x	x	0,21	x	X	100
<b>a2</b>	20,7	32,44	8,96	19,8	3,7	6,4	8,0	x	x	x	x	x	x	x	X	100
<b>a3</b>	18,8	31,83	8,73	15,0	3,7	14,0	7,9	x	x	x	x	x	0,13	x	X	100
<b>a4</b>	18,4	29,57	8,92	19,8	3,7	11,3	8,2	x	x	x	x	x	0,15	x	X	100
<b>a5</b>	22,4	33,54	8,68	7,2	2,0	14,6	11,6	x	x	x	x	x	0,09	x	X	100
<b>EXP 1</b>	x	35,45	12,84	7,4	5,7	x	7,1	23,8	7,6	x	x	x	0,08	x	0,04	100
<b>EXP 2</b>	x	45,31	10,2	x	2,6	10,4	x	x	31,3	x	x	x	0,13	x	0,08	100
<b>SAND 1(a)</b>	42	17,38	7,39	9,1	2,6	11,1	4,6	X	5,5	X	x	0,02	X	x	0,34	100
<b>SAND 1(b)</b>	42	17,55	7,34	9,3	2,4	11,12	4,6	X	5,6	X	x	0,03	0,06	x	0,03	100
<b>SAND 2</b>	42	17,41	7,31	9,2	2,4	11,2	4,7	X	5,5	X	x	X	0,07	x	0,04	100
<b>ESPOD.1</b>	17,7	31,8	7,9	6,8	4,2	11,8	X	x	x	x	19,7	x	0,03	x	0,03	100
<b>ESPOD.2</b>	19,5	30,33	7,9	7,7	4,2	15,53	6,07	x	x	x	8,66	x	0,03	x	X	100
<b>ESPOD.3</b>	19,9	35,39	4,44	6,7	5,0	13,25	x	x	x	x	15,2	x	0,22	x	X	100
<b>ESPOD.4</b>	20,5	30,17	9,05	6,9	4,4	13,9	x	x	x	x	15,1	x	0,02	x	X	100
<b>ESPOD.5</b>	20,4	32,03	8,92	X	3,7	18,8	8,02	X	X	X	8,19	X	0,02	x	X	100
<b>ESPOD.6</b>	15,9	30,35	9,54	7,5	3,5	17,32	7,57	X	X	X	8,31	X	X	x	X	100
<b>ESPOD.7</b>	17,5	33,48	9,38	8,4	3,9	8,66	8,54	X	X	X	10,2	X	0,02	x	X	100
<b>F1</b>	25,1	39,51	10,93	9,8	4,8	X	9,9	X	X	X	X	X	0,06	x	X	100
<b>F2</b>	45,1	21,44	8,08	11,8	2,6	X	5,0	X	5,9	X	X	X	0,07	x	X	100
<b>F3</b>	26,1	34,47	9,15	8,9	4,9	X	6,7	X	X	X	9,62	X	x	0,07	X	100
<b>F4</b>	x	35,31	9,74	x	2,2	8,4	x	20,6	23,69	x	x	x	0,07	x	X	100
<b>F5</b>	17,9	28,56	7,24	13,0	3,3	9,3	7,2	x	13,38	x	x	x	0,06	x	X	100
<b>F6</b>	15,8	25,14	6,92	11,7	3,0	8,3	6,2	x	22,91	x	x	x	0,05	x	X	100
<b>F7</b>	36,7	15,62	6,24	11,4	2,4	9,5	3,5	x	14,53	x	x	0,06	0,04	x	X	100
<b>F8</b>	37,7	15,84	7,23	8,4	2,1	9,9	3,53	x	15,12	x	x	x	0,08	x	0,06	100
<b>F9</b>	15	22,9	6,07	8,8	2,0	10,1	6,09	X	28,89	X	X	X	0,07	X	X	100
<b>F10</b>	14,1	18,48	6,57	8,3	2,0	11,67	4,94	X	33,98	X	X	X	0,06	X	X	100
<b>F11</b>	13,1	20,47	5,92	5,2	2,4	15,75	5,4	X	31,8	X	X	X	0,06	X	0,03	100

Tabela 7 – Formulações dos vidros do grupo A (% m/m)





FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000105296