

## Aspectos Superficiais do Produto Grês Polido

**Eduardo L. Bittencourt** <sup>1,2</sup> e **Emerson Benincá** <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEUSA - Cerâmica Urussanga S.A.

Rodovia SC 446, km 17, C. P. 06, 88840-000 Urussanga - SC

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

e-mail: [eduardo@ceusa.com.br](mailto:eduardo@ceusa.com.br)

**Resumo:** O grês polido é um produto com excelentes características estéticas, alto brilho e baixa manchabilidade. O presente trabalho procurou avaliar os índices de brilho, porosidade e números de riscos que surgem no material após o polimento e que podem gerar uma desclassificação do produto. Para o estudo, trabalhou-se com as variáveis do processo de polimento que são: o tipo de abrasivo utilizado; a qualidade e quantidade de água, a pressão e a velocidade do polimento. Como resultado final, os índices estudados mostraram serem determinantes para a garantia da qualidade do produto acabado.

**Palavras-chaves:** *grês polido, brilho, porosidade e riscos*

### 1. Introdução

O produto grês polido é um material com ótimas características e propriedades físico-mecânicas, que permitem a utilização em diversos ambientes que requerem comportamentos confiáveis do produto. Suas características estéticas, em comparação com outros materiais cerâmicos, são excelentes, pois o seu processo de produção permite mesclar o uso das melhores técnicas de decoração e reprodução fiel de pedras raras com o polimento do produto, proporcionando brilho inigualável e superfície com excelente resistência a ataques diversos.

Para melhorar as características estéticas destes produtos e realçar sua posição competitiva, inclusive com relação à pedra natural, o polimento está se tornando um processo industrial cada vez mais utilizado, e as variáveis de brilho e porosidade são os itens mais importantes no controle de produção dos mesmos.

### 2. O Produto Grês Polido e seu Processo

O grês polido caracteriza-se por ser um produto composto de uma massa de grês especialmente desenvolvida para suportar tensões desde as fases iniciais do processo até o acabamento que é o polimento e o esquadrejamento. A camada vítrea é elevada para facilitar o polimento. Diferente do grês porcelanato, o grês polido requer cuidados

maiores na sua queima com controle de massa vs. esmalte vs. granilha, pois qualquer curvatura na peça resulta em problemas no polimento como excesso de polimento em algumas partes das peças ou falta, tornando sua comercialização inviável.

O processo de polimento consiste em um equipamento dotado de várias cabeças polidoras compostas de materiais abrasivos, que em contato com as peças em rotação alta, velocidade controlada em presença de água executam o polimento, sendo que à medida que a peça passa pela máquina os abrasivos usados apresentam gradativamente uma granulometria mais fina, até conseguir-se o resultado desejado.

A primeira parte da polidora é responsável pelo desgaste acentuado da peça, ou seja, é onde se dá o nivelamento da superfície da peça, com abrasivos diamantados e magnesianos de granas grossas (100 a 220 µm). Nas três primeiras cabeças trabalha-se com abrasivos diamantados com granas também distribuídas, sendo que a primeira cabeça é satelitária e as duas demais são cilíndricas. Usando-se este tipo de abrasivo nas primeiras cabeças consegue-se ganhar em produção no polimento, porque as cabeças diamantadas retiram a maior parte de material na peça. A segunda etapa é responsável em realizar a preparação para o polimento, cada cabeça tem a finalidade de apagar

os riscos (ranhuras) deixados pelas cabeças anteriores e deixar a peça totalmente uniforme (lisa). As granas utilizadas são de 240 a 700  $\mu\text{m}$ . A terceira etapa é o polimento propriamente dito, na peça não existe mais riscos e a mesma começa a receber o brilho. Utiliza-se normalmente granas entre 800 e 3000  $\mu\text{m}$ .

O elevado brilho e a ausência de riscos (arranhados) na peça são importantes esteticamente. A porosidade, por sua vez, tem importância fundamental, pois determina, além da estética, a limpabilidade e o não manchamento do produto. A pureza das matérias-primas usadas na fabricação dos abrasivos são de fundamental importância para a qualidade dos mesmos. Partículas de granulometria diferenciada em uma determinada grana lascam o abrasivo com facilidade, e o tempo de cura do abrasivo pode causar riscos ou arranhões na superfície durante o polimento. Portanto, falando-se em abrasivos é de fundamental importância buscar o de melhor qualidade, com constância entre lotes.

Outro elemento importante para um bom polimento é a água, sua qualidade e quantidade utilizada. A quantidade de água usada diariamente em uma unidade de polimento é muito elevada, podendo chegar a mais de 4.000,00 l, e por isso existe a necessidade de recirculação desta água em circuito fechado para reaproveitamento. Com este procedimento, torna-se necessário um tratamento químico/físico na água para posterior decantação dos resíduos do polimento (abrasivos, esmalte) e filtro-prensagem. A água é distribuída na máquina em cada cabeça polidora e tem a função principal de diminuir o atrito entre os abrasivos e a peça refrigerando o local, e retirar os resíduos gerados que poderiam ficar sobre as peças causando riscos e arranhões. As cabeças polidoras exercem pressão sobre as peças durante a operação de polimento, sendo possível regular maior ou menor pressão, sendo esta uma variável importante do processo.

A velocidade das peças na máquina é dada em metros lineares por minuto, e além de determinar a produção, tem influência na qualidade do produto. Considerando-se que são vários os itens que influenciam na qualidade do polimento de peças cerâmicas, foram realizados estudos a fim de identificar quantitativamente estas influências e identi-

ficar as melhores condições de trabalho para obter-se melhor brilho, com menor número de arranhões e riscos nas peças e menor porosidade superficial.

### 3. Materiais Utilizados

Foi selecionado um lote único de produto antes do polimento, considerando que neste lote não havia variações de matérias-primas, queima, ou qualquer outro fator que poderia interferir na avaliação dos resultados do polimento. O polimento de todas as amostras foram realizadas em escala industrial em uma polidora Cemar 6200 de 28 cabeças polidoras. Foi tomado como condição inicial de polimento a condição padrão utilizada habitualmente, conforme Tabela 1.

Das peças ensaiadas foram realizados ensaios de brilho com medidor modelo Horiba IG-310, porosidade em microscópio eletrônico de varredura (MEV), e análise visual do número de riscos e/ou arranhões nas peças.

A medição do equipamento medidor de brilho é expressa em percentual e indica a intensidade de reflexão de luminosidade da superfície avaliada. O valor é determinado por comparação ao valor obtido numa placa padrão (vidro preto), sendo que a referência para a calibração do equipamento antes das medições é 90.

É utilizado um ângulo de medição de 60°, com bom range de medidas, em diversos tipos de materiais, desde que a superfície não seja curvada, furada ou tenha outras irregularidades.

### 4. Métodos

Mantendo-se as condições padrões citadas anteriormente, foram alterados alguns parâmetros do processo, sempre aguardando 10 min até a estabilização do processo, e passando-se 2 peças para cada condição de trabalho estabelecida. As peças polidas foram recolhidas e identificadas. Após todas as variações de processo executadas e todas as peças polidas, iniciou-se os ensaios com as mesmas.

As medições de brilho foram executadas em 12 pontos pré-determinados em cada peça, totalizando 24 medições por teste. Com as mesmas peças, foram montadas um pai-

**Tabela 1.** Condições padrões de trabalho no processo de polimento.

Indicativos	Valores
Velocidade da máquina	5 m lineares/min
Abrasivos diamantados	Fornecedor "C"
Abrasivos magnesianos	Fornecedor "B"
Granas de abrasivos diamantados	100T (satelitária), 100, 150 e 220 micras (cilíndricas)
Granas de abrasivos magnesianos	100, 120, 150, 180, 220, 280, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 3000 micras
Pressões ( $\uparrow$ $\downarrow$ )	1,0 – 2,5 kgf/cm <sup>2</sup>
Quantidade de água	18,8 l/min/cabeça

**Tabela 2.** Quantidade de água utilizada

Amostras	Quantidade de água (l/min/cabeça)
1	20,2
2	18,8
3	17,3
4	15,0
5	10,1

**Tabela 3.** Pressões utilizadas nos ensaios de polimento.

Amostras	Pressões (kgf/cm <sup>2</sup> ) (↑ ↓)	Diferença de Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	0,5 – 1,5	1.0
2	0,8 – 2,0	1.2
3	0,5 – 2,0	1.5

nel, com potência luminosa de no mínimo 40 W (lâmpada fluorescente), para análise visual de presença de riscos ou arranhados. Foi considerado o valor 0 (zero) para peças isentas de riscos ou arranhados visíveis a olho nu, e os demais índices indicam o número deste defeito encontrado nas amostras. Ainda das mesmas peças em que foram analisados o brilho, riscos e arranhados foi realizado um ensaio de porosidade utilizando o MEV.

Foi trocado o abrasivo atual por um de outro fornecedor (nacional), sendo que o atual utilizado é importado. As granas utilizadas foram às mesmas. As demais variáveis foram mantidas nas condições padrão. Os dois tipos de abrasivos foram analisados quimicamente e microscopicamente.

A quantidade de água utilizada nas cabeças polidoras foram alteradas para serem analisadas também, e os valores estipulados podem ser visualizados na Tabela 2.

Foi coletada água na condição padrão de trabalho e realizado polimento das peças (am-1). Após sete dias de trabalho foi feita nova coleta de água e novo polimento das peças, mantendo-se as condições normais da máquina (am-2). Pelo fato da água passar pela máquina para auxiliar no polimento, receber aditivos químicos para tratamento (decantação dos sólidos) e retornar à máquina completando um circuito fechado, a qualidade da água ao longo do tempo tende a piorar. A terceira amostra foi coletada após limpeza das tubulações e renovação da água (troca da água “saturada” por água limpa). Desta terceira amostra também foram polidas peças.

O acompanhamento da pressão exercida sobre o material durante o polimento foram feitos em três condições e as mesmas podem ser visualizadas na Tabela 3.

As pressões são reguladas nos painéis da máquina através de botões de regulagem e visualização em manômetros. Cada cabeça polidora permite a regulagem de pressão e

contrapressão.

A velocidade de polimento também é um fator determinante para a qualidade do produto final e foi alterada em três condições de trabalho de acordo com a Tabela 4.

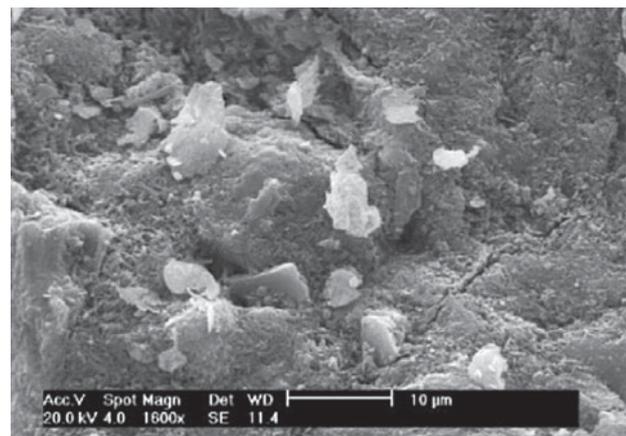
## 5. Resultados e Discussões

### *Troca de Fornecedor de Abrasivos*

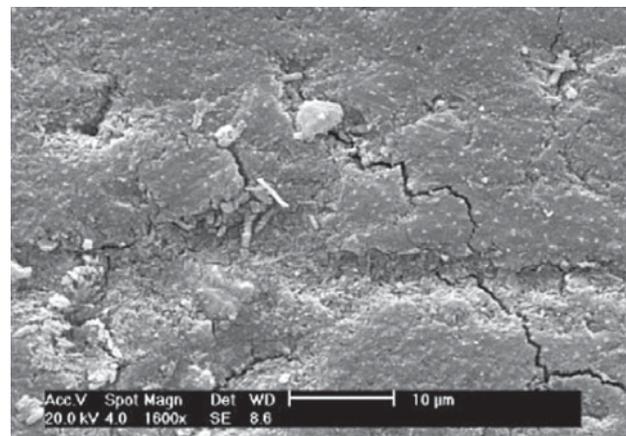
Na Tabela 5 apresentam-se os resultados de brilho e porosidade da superfície polida em função do tipo de abrasivo utilizado no polimento. O comportamento dos dois abrasivos de fornecedores diferentes é distinto, sendo que a microestrutura destes produtos tem influência determinante, e também percebe-se que o número de arranhões e/ou riscos vistos a olho nu nas peças polidas também é variável conforme o tipo de abrasivo utilizado.

A composição química dos abrasivos utilizados neste comparativo não possui diferenças entre si, sendo que ambos possuem os elementos, magnésio e silício como majoritários.

Nas Figs. 1 e 2, percebe-se uma variação na micro-



**Figura 1.** Micrografia referente ao abrasivo do fornecedor “A”.



**Figura 2.** Micrografia referente ao abrasivo do fornecedor “B”.

**Tabela 4.** Velocidades de polimento utilizadas nos ensaios.

Amostras	Velocidades (m lineares/min)
1	4,0
2	5,0
3	6,0

**Tabela 5.** Influência do abrasivo nas características superficiais do produto.

Fornecedor do Abrasivo	Brilho (%)	Porosidade (%)	Risco (nº)
A	92,6	1,4	8
B	94,1	2,2	5

**Tabela 6.** Influência da quantidade de água nas características superficiais do produto.

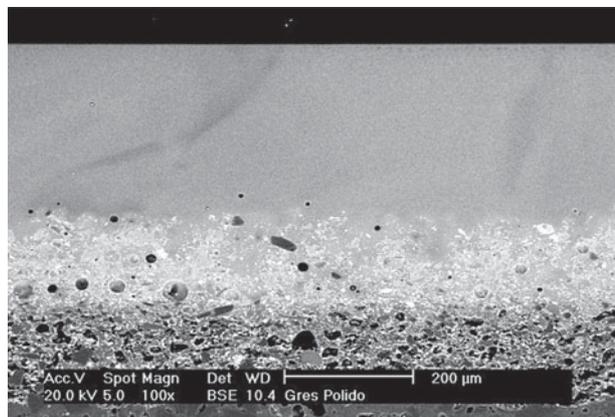
Quantidade de água (l/min)	Brilho (%)	Porosidade (%)	Riscos (nº)
10,1	91,9	1,2	8
15,0	92,7	—	5
17,3	93,7	—	5
18,8	94,3	2,0	4
20,2	94,8	—	1

estrutura entre os dois tipos de abrasivos, o que explica a diferença de brilho e número de riscos nas peças avaliadas. As partículas de granulometria mais grossa e desuniforme no abrasivo do fornecedor “A” provocam os riscos nas peças e menor brilho decorrente de polimento ineficiente.

Em função da diferença de microestrutura dos dois abrasivos testados, tem-se grande diferença de brilho e número de riscos nas peças polidas. A porosidade aumenta quando se utiliza o abrasivo de melhor distribuição granulométrica (isento de grânulos irregulares). O polimento com este abrasivo é mais homogêneo na peça e, portanto ligeiramente mais profundo, descobrindo os poros fechados que estão concentrados mais na região central da camada da granilha. A Fig. 3 mostra uma micrografia de um grês polido após o processo de polimento, aonde podemos visualizar as camadas de granilha, esmalte e engobe. A porosidade é um fenômeno indesejável, e está presente em quase todos os esmaltes e, portanto deve ser rigorosamente controlada e mantida a um nível aceitável de quantidade e dimensão. Pode ter como principais variáveis: composição do esmalte, técnica de esmaltação, característica reológica do esmalte, processo de queima, natureza do suporte.

#### *Varição da Quantidade da Água*

A influência da quantidade de água no resultado de



**Figura 3.** Grês Polido após o polimento.

polimento é facilmente detectada a olho nu, pelo número de riscos e arranhões na superfície e também com relação ao brilho. A Tabela 6 mostra claramente estas influências, chegando o brilho ficar abaixo de 92% e 8 riscos em uma única peça polida com apenas 10,1 litros/minuto de água. Já com 20,2 l/min o brilho chega a 94,8% e o número de riscos cai consideravelmente para 1 por peça.

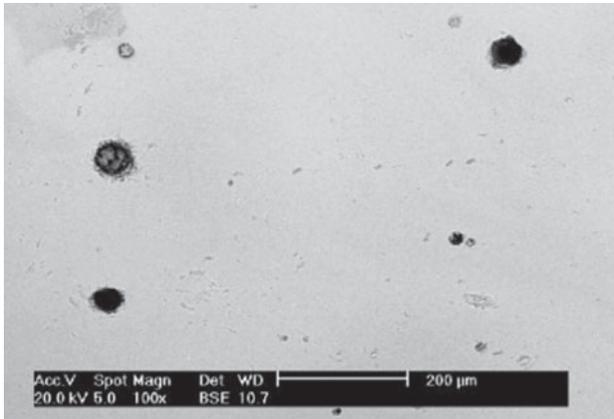
A porosidade se mostra tanto maior quanto maior o brilho da peça (maior quantidade de água). Como a água é um facilitador do polimento, quanto maior a quantidade, menos resíduos permanece sobre as peças, aumentando assim a superfície de contato entre os abrasivos e a peça, tornando o polimento mais profundo e aumentando a porosidade. Nas Figs. 4 e 5, observa-se que apesar da porosidade (%) ser menor quando as peças são polidas com menos água, a rugosidade e o número de irregularidades na superfície é maior, conforme observa-se a olho nu.

#### *Varição na Qualidade da Água*

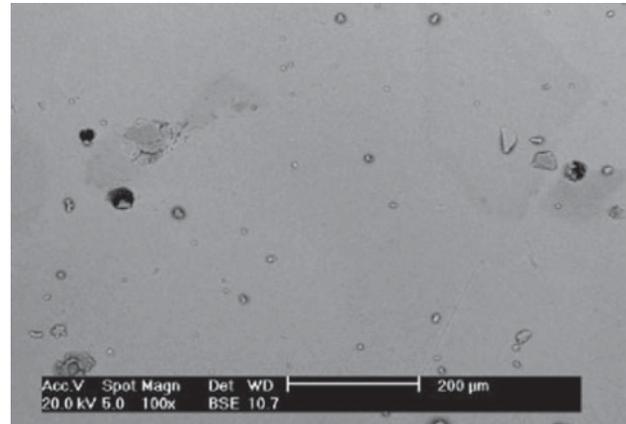
Assim como a quantidade, a qualidade da água usada no polimento também exerce influência no produto final. Nestes testes a quantidade de água e as demais variáveis do processo foram mantidas constantes.

A Tabela 7 indica a influência menor da qualidade da água no brilho (de 93,7 à 94,4%), e os resultados de análises químicas das águas utilizadas e números de riscos.

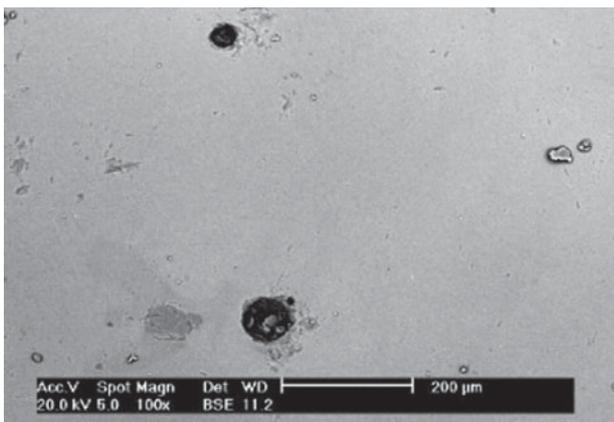
Porém, com relação ao número de riscos nas peças, quanto maior o percentual de sólidos e resíduos presentes na água, mais prejudicada ficará a superfície. Isto acontece, pois a função principal da água é ser um facilitador do polimento, excluindo as partículas de abrasivo e vidro retirado das peças, evitando assim o atrito entre abrasivo x resíduo x superfície, e conseqüentes riscos. Pode-se dizer também que mesmo as peças tendo mais arranhões e riscos, pode-se ter brilho em níveis normais aceitáveis, ou seja, o número de riscos e arranhões pode não interferir no brilho, e isto depende muito da localização destes e de onde é realizada a medição do brilho.



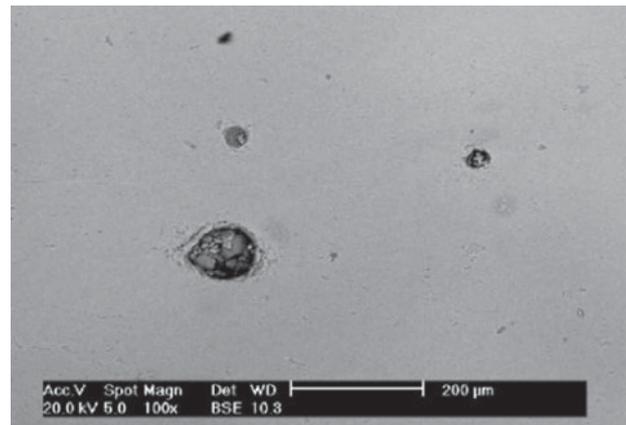
**Figura 4.** Micrografia referente a superfície polida com 18,8 l de água.



**Figura 6.** Micrografia referente a superfície polida com ≠ de 1,5 de pressão.



**Figura 5.** Micrografia referente a superfície polida com 10,1 l de água.



**Figura 7.** Micrografia referente a superfície polida com ≠ de 1,0 de pressão.

**Tabela 7.** Influência da qualidade da água nas características superficiais do produto.

Indicativos	Am - 1	Am - 2	Am - 3
Dureza Total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	386.0	510.0	349.0
Sólidos Dissolvidos (mg/l)	189.0	623.0	388.0
Sólidos Suspensos (mg/l)	470.0	105.0	88.0
Sólidos Totais (mg/l)	659.0	728.0	476.0
Brilho (%)	94,3	93,7	94,4
Número de riscos	4	5	1

Sendo: Am - 1 = Água em produção normal; Am - 2 = Água após 7 dias de recirculação normal; Am - 3 = Água após limpeza das tubulações e renovação no tanque.

#### *Variação na Pressão das Cabeças Polidoras*

A Tabela 8 mostra que quanto mais pressão for aplicada nas peças no momento do polimento, maior será o brilho conseguido, pois o polimento é maior. Quando a pressão resultante das cabeças polidoras é elevada a

**Tabela 8.** Influência da pressão de polimento nas características superficiais do produto.

Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Brilho (%)	Porosidade (%)	Riscos (Nº)
0,5 - 1,5	1,0	91,3	2,3	3
0,8 - 2,0	1,2	93,8	2,0	4
0,5 - 2,0	1,5	94,3	2,9	6

1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>, a porosidade aumenta, pois aumenta-se a profundidade do polimento, atingindo a região dos poros na camada de granilha. O número de riscos aumenta com o aumento da pressão.

As Figs. 6 e 7 mostram o comportamento da superfície. Tanto o valor percentual de porosidade quanto visualmente as diferenças não são muito significativas, porém indicam a mesma tendência observada nas análises anteriores.

### Varição na Velocidade do Polimento

O brilho do material tende a diminuir com o aumento da velocidade. A porosidade no entanto, é menor com 5 m/min, aumentando para 2,9% quando reduz-se a velocidade para 4 m/min e também quando aumenta-se para 6 m/min. A Tabela 9 mostra os resultados da variação da velocidade, nos índices de brilho, porosidade, produção e números de riscos.

A redução de 20% na velocidade reduz-se 20% na produção do setor e não traz benefícios suficientes a nível de brilho, porosidade ou riscos para compensar esta menor produção.

Aumentando-se 20% a velocidade, tem-se o mesmo ganho percentual de produção. Em contrapartida reduz-se muito o brilho do material com aumento também do número de riscos. Além disso, este valor de velocidade pode causar desclassificação do produto para classes inferiores por problemas de falta de polimento em algumas partes da peça.

### Comparativo de Brilho vs. Tipologias de Produtos

Para melhor análise dos resultados, a Tabela 10 faz um comparativo entre diversos tipos de produtos de diferentes intensidades de brilho

### Variações de Brilho em uma Mesma Peça

Todos os resultados de brilho apresentados anteriormente correspondem à média de 12 medições efetuadas em cada peça ensaiada, de um total de duas peças cada teste. Porém, analisando-se os resultados individualmente pode-se notar uma variação nas peças.

Percebe-se na Fig. 8, que a variação média de brilho de amostra para amostra (variando as condições do processo)

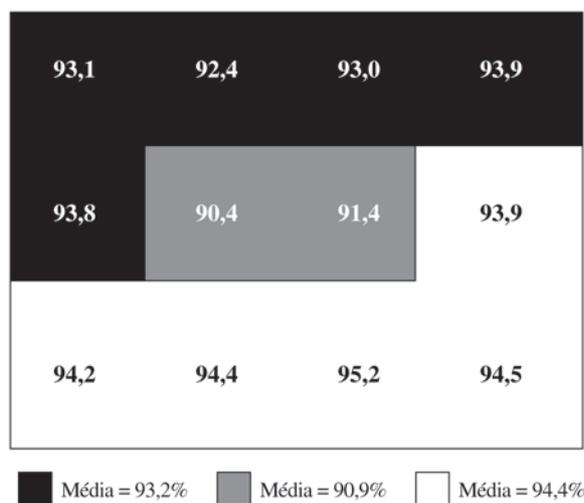


Figura 8. Análise de brilho médio por região da peça.

Tabela 9. Influência da velocidade nas características superficiais do produto e na produção.

Velocidade Máquina Polidora (m linear/min)	Brilho (%)	Porosidade (%)	Produção (m <sup>2</sup> /h)	Riscos (Nº)
4	94,0	2,9	88,12	5
5	94,3	2,0	110,15	4
6	91,8	2,9	132,18	6

Tabela 10. Comparativo de brilho e tipologias de produtos.

Produto	Brilho (%)
Porcelanato sem Polir	3
Revestimento externo mate	20
Pavimento mate	23
Porcelanato polido empresa 1	64
Porcelanato polido empresa 2	67
Pedra natural polida	85
Azulejo linha brilhante	94
Grês polido Analisado	94
Grês total polido	98
Vidro comum (de janela)	116

é de no máximo 3,5 pontos percentuais (de 90,9 à 94,4%). A variação média, porém, na mesma peça chega a 4,8 pontos percentuais (de 90,4 à 95,2%).

A região central das peças apresentam os menores valores de brilho, enquanto que as laterais tem mais brilho. A região central da peça é a região mais polida, com uma camada vítrea resultante menor que nas laterais. Neste caso, ultrapassa a região central da camada vítrea (granilha), resultando em menor brilho.

Observando os resultados de um lado para outro na mesma peça (sem considerar o centro), também percebemos diferenças de brilho, chegando a 1,2 pontos percentuais. Isto pode indicar que, apesar de as peças terem sido produzidas em um único lote, existem diferenças de curvaturas que podem ser consideradas grandes que são pouco visíveis a olho nu, e que necessitam melhor acompanhamento. Isto comprova ainda que pequenas variações no fundo para polir podem causar danos sérios no produto final.

## 6. Conclusões

A distribuição granulométrica do abrasivo magnesiano utilizado no polimento tem influência determinante nas características da superfície polida, sendo que quanto mais homogêneo é o abrasivo, maior é a eficiência deste, com mais brilho e menos riscos nas peças.

A porosidade aumenta tendencialmente com o aumento do brilho, e como ela é uma característica não visual, deve ser evitada ou controlada nas etapas anteriores ao

polimento (esmaltação, queima, desenvolvimento do produto, etc), pois para reduzi-la no processo de polimento resultará num produto esteticamente menos rico.

Apesar de a porosidade normalmente aumentar com o aumento do brilho, não deve-se estabelecer uma relação direta entre ambos, pois no caso da porosidade os fatores que interferem são vários além do processo de polimento, sendo que a maior relação é com as etapas anteriores ao mesmo. O número de ensaios realizados de porosidade não permitem dizer com certeza a real influência das condições do processo na mesma e a sua relação com o brilho. É necessário um estudo mais aprofundado sobre o assunto.

Quanto maior a quantidade de água no polimento, maior o brilho e menor o número de riscos nas peças. A quantidade ideal mostra-se aquela acima de 18,0 l/min/cabeça. Abaixo disto pode causar sérios problemas.

Um tratamento químico adequado na água é de fundamental importância para a qualidade da mesma. Também tem influência na quantidade. Quanto maior a pressão de água usada, menor será o encrustamento de lodo nas paredes da tubulação e maior será a quantidade de água, resultando em um polimento melhor.

Quanto maior o teor de sólidos contidos na água, menos eficiente será o polimento. Teores acima de 500 mg/l são prejudiciais.

Quanto maior a dureza da água, menos eficiente será o polimento. Dureza acima de 350 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  não são aconselháveis.

Quanto maior a pressão dos abrasivos exercida sobre as peças, maior é o brilho conseguido, porém aumenta o número de riscos nas peças. Portanto, esta variável deve ser mantida em valores intermediários (1,1 à 1,3 kgf/cm<sup>2</sup>).

A velocidade atual de 5 m/min mostrou-se eficiente para as condições atuais do produto a ser polido. Para aumentá-la, é necessário um trabalho mais específico sobre fundos e novos estudos do processo.

A variação de brilho em diferentes regiões de uma

mesma peça é maior que a própria variação provocada entre as amostras. A região central das peças tem sempre menor brilho, e nesta região a peça geralmente está excessivamente polida.

Apesar das variações de brilho em uma mesma peça serem grandes, a olho nu é muito mais evidente as variações entre as amostras. Isto significa que mesmo que o brilho esteja em um valor aceitável, pode-se ter característica visual desagradável (pontos ou regiões da peça com problema).

## Agradecimentos

A CEUSA - Cerâmica Urussanga S.A, pela oportunidade dada para a realização do trabalho e pelos recursos disponibilizados, bem como pelo apoio de seu corpo técnico.

Ao C.T.C pelos ensaios realizados, à UNESCO e a todos que nos apoiaram e tornaram possível a realização deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

1. Arantes, F.J.S.; Galesi, D.F.; Quinteiro, E.; Boschi, A.O. Manchamento do grês porcelanato. *Cerâmica industrial*, v. 6, n. 3, p. 18/26, 2001.
2. Biffi, G. *Gres porcelanato, tecnologia, produzione, mercato*. s.l: Gruppo editoriale faenza editrice s.p.a., s.d. 221p.
3. Navarro, J.M.F. *El vidrio*. Fenza editrice Iberica, S.L. Madrid. 667p., s.p.a., s.d. 221p., 1991.
4. Tozzi, N. Smalti Ceramici – *Considerazioni Teoriche e Pratiche*, Editora Faenza Editrici S.P.A, Setembro/1992.
5. Amorós, J.L.; Navarro, J.E. *et al.* Defectos de Fabricación de Pavimentos Revestimientos Cerámicos, AICE-ITCE.
6. Anais do VI Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico 12/15 Marzo 2000. Castellon/España.