

PRODUÇÃO MAIS LIMPA COM REAPROVEITAMENTO DO RESÍDUO GERADO NO LAVADOR DE GASES EM PROCESSO DE PORCELANATO ESMALTADO ESTUDO DE CASO: CERÂMICA ELIZABETH SUL LTDA (CRICIÚMA, SC)

CLEANER PRODUCTION WITH RECLAIMING OF WASTE GENERATED IN WASHER GAS IN GLAZED PORCELAIN PROCESS CASE STUDY: ELIZABETH SOUTH CERAMICS LTD (CRICIÚMA, SC)

Jhon Leno Orsolin¹

Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann²

RESUMO

O reaproveitamento de um resíduo é uma oportunidade de melhoria, diminuindo as perdas na produção. Neste sentido, a Produção Mais Limpa é uma importante ferramenta que prima para a melhoria da conduta ambiental das empresas, auxiliando na evolução de políticas de controle da poluição conhecida como “fim-de-tubo” para as tendências baseadas no princípio da prevenção, proporcionando redução de custos de produção e aumento da eficiência e competitividade. Para o estudo foi realizado a caracterização do resíduo gerado no lavador de gases através de análises físico-químicas, definido percentuais de adição à massa do produto porcelanato esmaltado e testes físicos do produto, com o objetivo de encontrar uma porcentagem ideal para a incorporação do resíduo no processo de produção, sem que o mesmo comprometa as propriedades do produto final. O estudo foi desenvolvido na linha de produção e no laboratório da Cerâmica Elizabeth Sul Ltda, em Criciúma, SC. A pesquisa apresentou valores favoráveis à introdução do resíduo para uma quantidade de até 1% em sólidos, sendo assim, uma iniciativa de Produção Mais Limpa.

Palavras-Chaves: Porcelanato Esmaltado; Produção Mais Limpa; Resíduo do Lavador de Gases.

ABSTRACT

The reuse of waste is an opportunity for improvement, reducing losses in production. In this sense, the Cleaner Production is an important tool to press for improved corporate environmental conduct, assisting in the development of policies to control pollution known as "end-of-pipe" for trends based on the principle of prevention, providing reducing production costs and increasing efficiency and competitiveness. For the study was the characterization of the waste generated in the gas washer through physical and chemical analysis, defined percentage of the mass of the addition product glazed porcelain and physical testing of the product, with the objective of finding a percentage ideal for incorporation the waste in the production process without that it compromises the properties of the end product. The study was developed in the production line and in

¹ Engenheiro Ambiental, e-mail: jhon.orsolin@gmail.com - Criciúma, SC

² Professora do Curso de Engenharia Ambiental – UNESC, e-mail: msh@unesc.net - Criciúma, SC

the laboratory of Ceramics Elizabeth South Ltd., in Criciúma, SC. The research showed values favorable to the introduction of the residue for an amount up to 1% of solids, thus, an initiative of Cleaner Production.

Key Words: Glazed Porcelain; Cleaner Production; Waste of Gas Washer.

1. INTRODUÇÃO

São vários os exemplos de perdas e emissões que podem ocorrer nos processos produtivos das empresas. Atualmente, muitas vezes em resposta a exigências legais, é fato a crescente preocupação ambiental das empresas, que, juntamente com o aumento da competitividade, investem na prevenção e controle dessas perdas e emissões, tanto para fins ambientais quanto de marketing.

As indústrias cerâmicas que utilizam sistema de moagem por via úmida, através do processo de atomização, geram emissões atmosféricas que são imprescindíveis de tratamento. Em geral, esse tratamento acontece em lavadores de gases, que por sua vez geram efluentes.

Devido ao tratamento de efluentes em Estação de Tratamento de Efluentes - ETE's, as indústrias cerâmicas geram o chamado "lodo cerâmico", que pode ter um custo significativo tanto para o tratamento, quanto para a disposição final, e à medida que aumenta este custo, as opções de uso têm sido propostas, porém estas opções devem ser economicamente viáveis e ambientalmente saudáveis (TOWNSEND et al, 2001 apud ALQAM; JAMRAH; DAGHLAS, 2011). A reutilização do lodo cerâmico tem um importante papel na economia e na diminuição da poluição ambiental (CASAGRANDE et al 2008).

No âmbito da gestão ambiental, a reutilização ou reciclagem de resíduos são etapas da Produção mais Limpa, a qual possibilita a indústria manejar de uma forma mais eficiente os seus problemas de processos, produtos e serviços, conduzindo a uma redução da necessidade por tecnologias de fim-de-tubo, ou em alguns casos até mesmo a eliminação destas.

Aproximadamente 50% da poluição gerada em vários países poderiam ser evitadas somente com a melhoria em práticas de operação e mudanças simples de processos (NASCIMENTO, 2008).

O Brasil é um dos países com maior produção e consumo de revestimentos cerâmicos, e a região de Criciúma, além de concentrar as maiores empresas brasileiras deste ramo, possui reconhecimento como polo internacional (ANFACER, 2012). Nesse contexto, insere-se a Cerâmica Elizabeth Sul Ltda, localizada na rodovia Luiz Rosso, km 07, no município de Criciúma, SC.

Os modelos de gestão para produção e consumo sustentáveis de bens e serviços, Produção Limpa (PL) e Produção Mais Limpa (P+L), foram propostos no final da década de 80, pela Greenpeace e PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), respectivamente. PL e P+L são opções de escolha para substituição do modelo clássico de controle da poluição (fim-de-tubo) (FURTADO, 2001).

Nascimento (2008) cita que PL é uma proposta que representa o sistema de produção industrial levando em conta a sustentabilidade de fontes renováveis de matérias-primas, a redução do consumo de águas, a reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e energia eficiente, a geração de produtos de vida útil longa, segura e atóxicos, para o homem e o ambiente natural e a reciclagem.

O termo “Produção Mais Limpa” foi definido pelo programa ambiental das Nações Unidas, UNEP – United Nations Environment Programme. Tem uma abordagem preventiva de gerenciamento ambiental e visa produzir bens e serviços com o mínimo impacto ambiental dentro das limitações econômicas e tecnológicas do presente (CALIA; GUERRINI, 2006).

De forma geral, P+L pode ser uma série de estratégias, práticas e condutas econômicas, que evitam ou reduzem, por meio de ações preventivas, as emissões de poluentes no meio ambiente (OLIVEIRA; MAGANHA, 2006).

Apesar de aparecer apenas uma sutil diferença, há uma diferença significativa entre os conceitos de PL e P+L em termos de resultados para a sustentabilidade empresarial. P+L implica em reduzir o impacto ambiental do processo produtivo que está sendo realizado, independentemente se tal processo é sustentável ou não, já a PL busca implantar um processo que realmente seja sustentável (PÔRTO, 2009).

De acordo com Nascimento (2008), a PL propõe controle democrático dos sistemas de produção, reduzindo assim os riscos para a sociedade e o meio ambiente,

bem como os enfoques precatórios e preventivos e abordagem holística. Já a P+L, objetiva aumentar a eficiência dos recursos e reduzir a toxicidade dos processos. O autor ainda cita que a PL é mais radical nas suas propostas do que a P+L, sendo assim, em um jogo de palavras, pode-se dizer que a “PL é mais limpa que a P+L”.

A partir do melhor entendimento da cadeia de geração de resíduos, houve uma evolução das políticas de controle da poluição dos métodos conhecidos como “fim-de-tubo” para as tendências baseadas no princípio de prevenção, modificando assim, a abordagem convencional de “O que fazer com os resíduos?” para “O que fazer para não gerar resíduos?”. A Produção mais Limpa fundamenta-se nesse último princípio, originando uma mudança de paradigma. Após a percepção de que o resíduo não era inerente ao processo, e de que era um indicativo de ineficiência, o resíduo, que antes era visto como um problema passou a ser encarado como uma oportunidade de melhoria (SENAI, RS, 2003).

Conforme a figura 01 (a seguir), o ordenamento de atuação da P+L pode ser dividido em três níveis. O nível 1 refere-se às medidas prioritárias a serem perseguidas, sendo medidas de modificação tanto no produto quanto no processo de produção. O nível 2 aborda a reciclagem interna, com a reintegração dos resíduos pela própria empresa, como matérias-primas. E o nível 3 é representado pela reciclagem externa, acontecendo com o reuso externo pela empresa (SILVA FILHO et al, 2007).

As ações para implementar a P+L devem estar sempre voltadas para três benefícios básicos: i) o benefício ambiental (eliminação ou redução de resíduos e emissões, atender às exigências da legislação ambiental, etc.); ii) o benefício de saúde e segurança ocupacional (eliminar ou reduzir substancialmente os riscos à saúde e segurança dos empregados) e; iii) o benefício econômico (reduzir os custos com compra de matéria-prima e insumos com a disposição final de resíduos e produtos, etc.) (CNTL, 2000 apud DOMINGUES; PAULINO, 2007).

De acordo com Domingues e Paulino (2007) e Nascimento (2008), os maiores obstáculos para a implantação da P+L ocorrem em função da resistência à mudança, concepções errôneas (falta de informação sobre a técnica e a importância dada ao ambiente natural), inexistência de políticas públicas que deem suporte às atividades de

produção mais limpa, barreiras econômicas (alocação incorreta dos custos ambientais e investimentos) e barreiras técnicas (novas tecnologias).

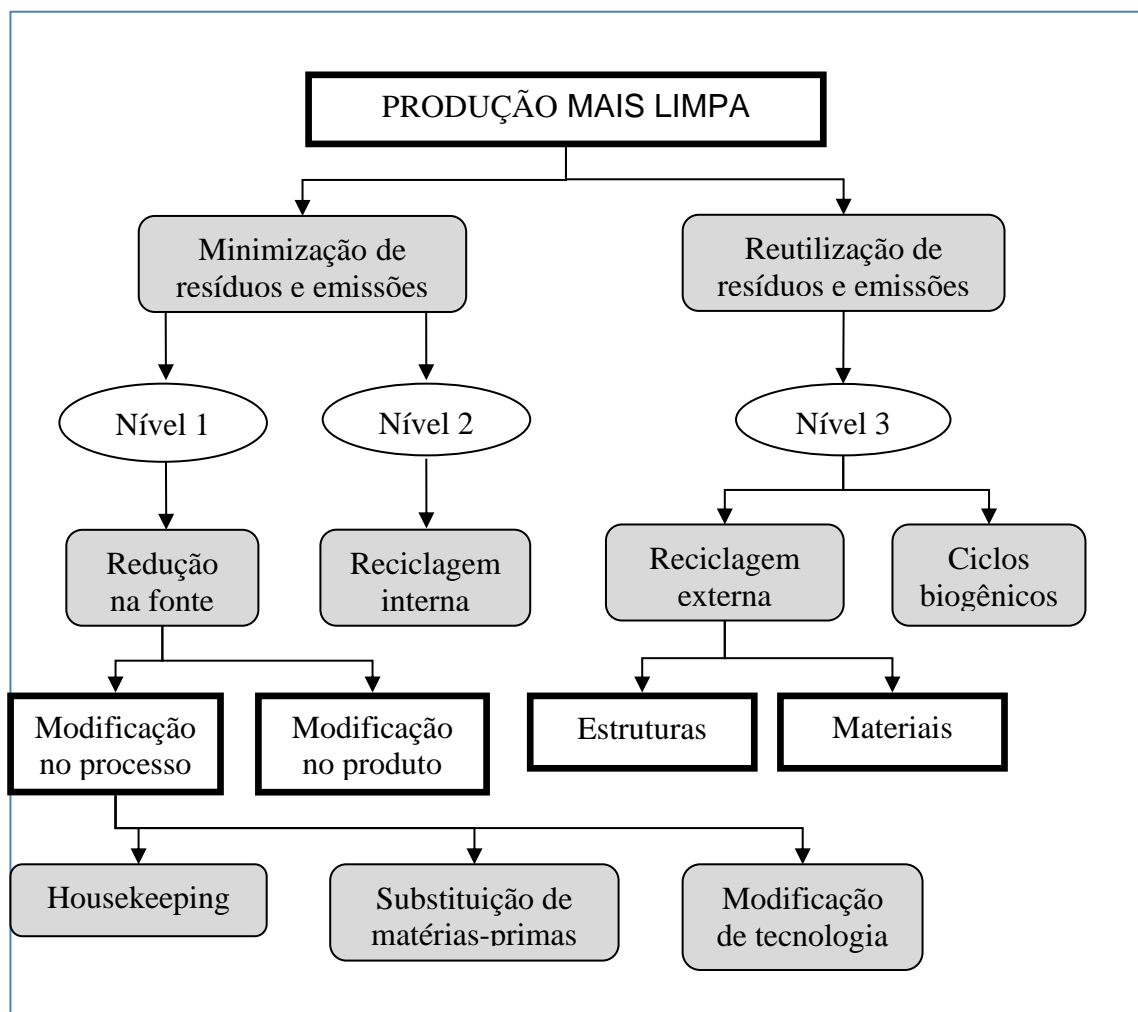


Figura 01: Princípios Hierárquicos da P+L: O que fazer com os resíduos?

Fonte: UNIDO, 2001 apud NASCIMENTO, 2008, p.111 (modificado pelo autor)

Joaquim (2009), afirma que a indústria cerâmica apresenta um grande potencial para o reaproveitamento de diversos resíduos que podem ser gerados tanto na própria indústria como em indústrias externas. Porém, para que o reaproveitamento do resíduo obtenha sucesso, é imprescindível o conhecimento da cadeia de geração, a análise das características físicas e químicas do mesmo e do processo ao qual se deseja integrar esse resíduo.

Nas indústrias cerâmicas, a reutilização de lodo pode ser alcançada com a substituição de uma ou mais matérias-primas da composição original por lodo cerâmico, respeitando-se as propriedades do produto e as características tecnológicas (CASAGRANDE, 2008). Essa substituição é favorecida com a alta produtividade e características técnicas que possibilitam a incorporação de diferentes tipos de materiais (JOAQUIM, 2009).

Partindo de que o resíduo é um indicativo de ineficiência, e tendo em vista a evolução das políticas de controle da poluição para tendências baseadas no princípio da prevenção, este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade técnica para o reaproveitamento do resíduo gerado no lavador de gases da Cerâmica Elizabeth Sul Ltda em seu processo produtivo do porcelanato esmaltado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar uma comparação química do resíduo proveniente do lavador de gases (RLG) com a massa padrão (STD), efetuou-se uma coleta de amostra do resíduo adensado na estação de tratamento de efluentes da empresa e encaminhado para laboratórios externos (Laboratório SENAI e IPAT). Referente aos resultados de análise química da massa STD foram realizadas pesquisas nos acervos da empresa.

A caracterização física foi desenvolvida em relação à barbotina e aos corpos de prova. Na barbotina foram analisados os parâmetros: densidade, resíduo e viscosidade. Os resultados das análises físicas dos corpos de prova foram obtidos através de cálculos, onde se fez necessário à definição dos valores de: peso úmido (Pu), peso seco (Ps), peso queimado (Pq), empuxo seco (Es), empuxo queimado (Eq), peso absorvido (Pa) e força de ruptura (F), de acordo com o quadro 01.

Quadro 01: Metodologia de obtenção de valores para análise física

Análise	Método
Pu, Ps, Pq e Pa	Balança digital de precisão 0,01g.
Es e Eq	Imersão ao mercúrio
F	Deflectômetro digital de precisão 0,1 N

Através desses valores, calcularam-se os seguintes parâmetros:

- Umidade de prensagem (%):

$$\frac{P_s}{P_u} \times 100$$

Equação I

- Densidade Aparente Seca (Dap. seca) (g/cm³):

$$\frac{P_s \times 13,54}{E_s}$$

Equação II

- Densidade Aparente de Queima (Dap. queima) (g/cm³):

$$\frac{P_q \times 13,54}{E_q}$$

Equação III

- Retração de queima (%):

$$\frac{E_s/13,54 - E_q/13,54}{(E_s/13,54) \times 3} \times 100$$

Equação IV

- Perda ao Fogo (%):

$$\frac{P_s - P_q}{P_s} \times 100$$

Equação V

- Absorção de água (%):

$$\frac{P_a - P_q}{P_q} \times 100$$

Equação VI

- Carga de Ruptura (CR) (N)

$$\frac{F \times L}{b}$$

Equação VII

Onde:

L é a distância entre as barras de apoio do deflectômetro (mm) (utilizado 80 mm)

B é a largura do corpo de prova ao longo da ruptura após ensaio (mm)

Além destes parâmetros, ainda foi analisado e comparado de forma visual o aparecimento do coração negro.

Os corpos de prova foram desenvolvidos com o auxílio do laboratório de massas da empresa em estudo, seguindo os seguintes passos:

- I. Formulação da barbotina em moinhos de jarro, com 40 % de sólidos e 60% de água;

- II. Secagem da barbotina na estufa a aproximadamente 200°C;
- III. Moagem da massa seca em moinhos de jarro para quebrar os torrões e adição de 7% de umidade;
- IV. Prensagem dos corpos de prova à pressão de 400 kg/cm²;
- V. Secagem dos corpos de prova na estufa a aproximadamente 200°C;
- VI. Queima em forno laboratorial em gradiente de temperatura (1050 até 1150 °C) ou forno industrial a 1200°C.

Para a análise do coração negro, desenvolveu-se uma peça de 100g para cada formulação, seguindo os passos acima citados, porém, antes da queima, a peça foi submetida à etapa de esmaltação, onde se seguiu os passos da aplicação de água, engobe e esmalte. Esta etapa foi realizada na linha de produção da empresa em estudo.

Em primeiro momento, realizou-se uma comparação entre a massa padrão e a massa formulada com 100% de lodo em queima com gradiente de temperatura de 1050 °C até 1120 °C. Após essa comparação, definiu-se as diluições a serem feitas de resíduo na massa padrão, ficando determinado as seguintes proporções: 1, 5, 10 e 20%. Para melhor comparação das diluições com a massa padrão, nessa etapa também foi realizada a confecção de corpos de prova padrão e queima em gradiente de temperatura de 1100 °C até 1150 °C.

Para melhor identificação dos corpos de prova, foi designada para cada diluição uma identificação alfabética sendo:

- STD = 0%
- A = 1%
- B = 5%
- C = 10%
- D = 20%

Para cada formulação, foram confeccionados corpos de prova nos tamanhos de 8X 2 cm e 10X5 cm. No quadro 02 a seguir, segue a relação de análises realizadas de cada tamanho e respectivas temperaturas de queima.

Quadro 02: Relação de temperatura de queima e análises obtidas de cada tamanho

8X2 cm (20g)	Queima em gradiente de temperatura em forno laboratorial	Unidade de prensagem Dap. seca Dap. queima Retração de queima Perda ao fogo Absorção de água
10X5 cm (60g)	Queima em forno industrial a 1200 °C	Resistência
10x5 cm (100g)		Coração negro

Para a análise e interpretação dos resultados, contou-se com o conhecimento técnico de todos os envolvidos no trabalho e o embasamento teórico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Química

Na tabela 01 encontram-se os resultados obtidos na análise química do resíduo do lavador de gases.

Tabela 01: Análise química do resíduo do lavador de gases no laboratório SENAI.

Elementos	Teor (%)	Elementos	Teor (%)
Al ₂ O ₃	16,35	BaO	<0,1
CaO	0,86	Co ₂ O ₃	<0,1
Fe ₂ O ₃	1,90	Cr ₂ O ₃	<0,1
K ₂ O	1,99	PbO	<0,1
MgO	1,69	SrO	<0,1
MnO	<0,05	ZnO	<0,1
Na ₂ O	10,76	ZrO ₂ +HfO ₂	0,09
P ₂ O ₅	0,06	Perda Fogo (PF)	12,96
SiO ₂	50,45		
TiO ₂	0,35		

Na tabela 02, segue análise química da massa padrão levantada nos acervos da empresa.

Tabela 02: Análise química da massa padrão.

Elementos	Teor (%)	Elementos	Teor (%)
SiO ₂	71,63	MgO	2,29
Al ₂ O ₃	17,62	K ₂ O	2,29
TiO ₂	0,41	Na ₂ O	2,21
Fe ₂ O ₃	2,32	Perda ao Fogo (PF)	4,88
CaO	1,23		

Na comparação entre as análises, conclui-se principalmente que:

- Na₂O: Possui alta diferença entre as análises, (10,76% e 2,21%). Essa diferença está associada ao tratamento químico realizado no efluente, onde é adicionado Hidróxido de Sódio (NaOH) para alcalinização. Esse parâmetro interfere na reologia da barbotina, devido ao efeito redutor de viscosidade (MORENO, 2002).
- SiO₂: É o elemento de teor mais elevado nas análises (50,45% no RLG e 71,63% na massa STD). Segundo Luz e Coelho (2005) é encontrado principalmente no feldspato, matéria-prima do produto.
- PF: Fornece informações sobre a quantidade de água de constituição e/ou matéria orgânica existente na massa (FIGUEIREDO, 2008). Nas análises percebe-se que a PF no resíduo do lavador de gases está consideravelmente acima do teor encontrado na massa padrão (12,96 e 4,88%). Essa diferença deve-se principalmente a quantidade de matéria orgânica presente no RLG.

Na tabela 03, encontram-se os valores obtidos na análise química para base seca, onde se destaca:

Tabela 03: Análise química do resíduo do lavador de gases realizada pelo IPAT

Parâmetros	Resultados	Base Seca
Matéria Orgânica (MO) (% m/m)	0,80	6,69
Cloretos Totais (% m/m)	0,32	2,68
Sulfatos (SO ₄) (% m/m)	5,94	49,71
Sulfetos (% m/m)	ND	ND
pH	8,0	8,0

Alumínio Total (Al) (% m/m)	1,80	15,06
Cálcio Total (Ca) (% m/m)	0,19	1,59
Ferro Total (Fe) (% m/m)	0,61	5,10
Magnésio Total (Mg) (% m/m)	0,60	5,02
Manganês Total (Mn) (% m/m)	0,02	0,17
Umidade a 65 °C (% m/m)	88,05	-

- **Matéria Orgânica:** é encontrada em pequenas concentrações nas argilas (COELHO, 1996). O excesso de substâncias orgânicas gera um dos problemas mais comuns na indústria cerâmica, conhecido como coração negro. A matéria orgânica presente na análise é proveniente principalmente do resíduo do CVP usado na fornalha, e do polímero adicionado para o tratamento do efluente;
- **Sulfatos:** podem ser encontrados na forma de sulfetos nas argilas, e quando oxidados formam sulfatos. É tolerado uma ampla variação no teor destes, porém os mesmos têm ação de resistência à defloculação, diminuindo assim o tempo de escoamento da barbotina (SILVA, 2012). Os sulfatos também são um dos principais contaminantes gerados na queima do CVP (Coque Verde de Petróleo) e removido no lavador de gases.
 - **Ferro Total:** Além do teor encontrado na matéria-prima, o ferro pode ser resultante de corrosões no sistema, visto que o tratamento é feito com Hidróxido de Sódio (EUROPEAN COMMISSION, 2007). De acordo com Biffi (2000), o ferro reduzido (Fe_3O_4 e FeO) apresenta coloração mais escura e é mais fundente do que no seu estado oxidado, dificultando a saída dos gases liberados durante a queima e por consequência ocorre formação do coração negro.

3.2 Análise Física

Os resultados obtidos nas análises físicas referente à barbotina podem ser observados na tabela 04 e na tabela 05.

Tabela 04: Análise da barbotina na comparação de STD e RLG

Parâmetros	STD	RLG
Densidade (g/cm ³)	1,6	1,33
Resíduo (mL/50mL) #200	1,2	0 (Zero)
Viscosidade (s)	36	21 (Empapou)

Tabela 05: Influência do RLG na reologia da barbotina STD

Parâmetro	STD	1%	5%	10%	20%
Densidade (g/cm ³)	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Viscosidade (s)	12,0	12,0	12,4	13,3	13,5
Resíduo (mL/50mL) #200	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Avaliando os resultados, destaca-se o parâmetro viscosidade, onde pode ser percebido que com a adição do resíduo do lavador de gases, ocorre um aumento no tempo de escoamento da barbotina, significando aumento na viscosidade. A densidade e o resíduo permaneceram estáveis, nas diluições.

Nas análises físicas, os principais parâmetros a serem destacados são: Absorção de água, coração negro e carga de ruptura.

Através da absorção de água (figura 02), é possível ser encontrado o ponto de fusão da peça. Durante a etapa de queima, ocorre a fusão das matérias-primas, resultando em variações de absorção. Quando a absorção é igual a 0 (zero), significa que a peça fundiu completamente, eliminando todos os espaços vazios. Após esse ponto, com o aumento da temperatura, começa a acontecer a dilatação, abrindo novamente os poros e permitindo assim a absorção de água (BIFFI, 2000).

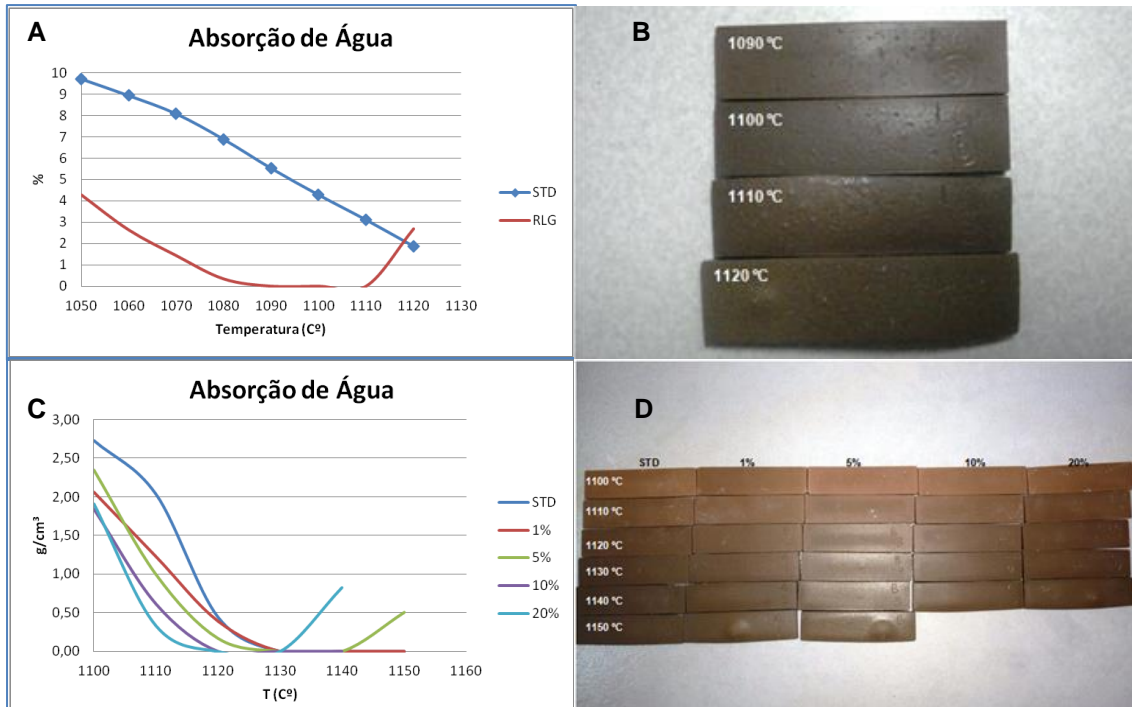


Figura 02: A) Gráfico de Absorção de água para comparação entre a massa STD e o RLG; B) Peças de RLG apresentando deformações; C) Gráfico de absorção de água das diluições; e, D) Peças utilizadas na obtenção dos dados de diluição.

Na figura 2A, observa-se que as peças do RLG chegam ao ponto de absorção igual a 0 (zero) e em temperatura inferior a massa STD (1090 °C), significando assim que seu ponto de fusão é inferior. Na figura 2B, constata-se que as peças acima dessa temperatura sofreram dilatação, o que ocasionou a abertura dos poros, permitindo absorção de água. Estes resultados são confirmados na figura 2C, onde, com o aumento do teor de resíduo do lavador de gases, o ponto de fusão da peça diminui, já na figura 2D percebe-se a deformação nas temperaturas mais elevadas de cada formulação.

De acordo com Damiani (2001), o coração negro é um dos problemas mais comuns na indústria cerâmica. Consiste na formação de uma região escura que se estende paralelamente à face da peça, geralmente desaparecendo nas extremidades, conforme pode ser observado na Figura 03.



Figura 03: Visualização do Coração Negro na comparação STD e RLG (A) e nas diluições STD, 1%, 5%, 10% e 20% (B)

Percebe-se que na figura 3A, o coração negro desenvolvido pela peça de RLG é bem superior em comparação a peça STD, ocupando praticamente toda a espessura da peça. Na figura 3B, percebe-se que com o aumento nas diluições, a espessura do coração negro também aumenta, exceto na peça com 10% de diluição, onde uma trinca ocorrida na fase de queima possibilitou a fuga dos gases liberados pela oxidação da matéria orgânica. De acordo com Henrique (2012), a trinca pode ter ocorrido na etapa de resfriamento, devido ao choque térmico.

Segundo Biffi (2000), o coração negro se desenvolve na etapa de pré-queima a temperaturas que flutuam entre os 600 aos 900-1000°C, que é a etapa de liberação dos gases e é onde ocorre o fechamento dos poros e vitrificação do esmalte.

Os valores encontrados nos cálculos de carga de ruptura estão ilustrados conforme figura 04.

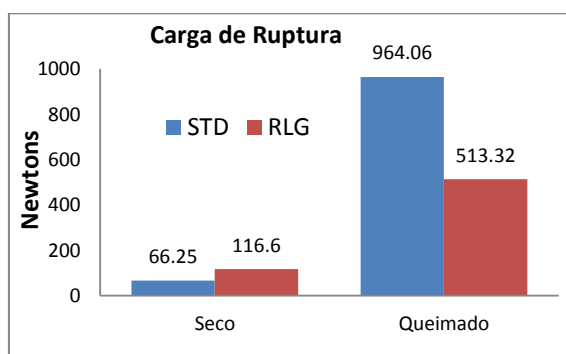


Figura 04: Comparação da carga de ruptura das peças STD e das peças de RLG.

Observa-se que antes da queima, as peças de RLG apresentaram carga de ruptura superior às peças STD, porém, após a queima, as peças de RLG apresentaram carga de ruptura menor.

A influência das diluições na carga de ruptura seca pode ser observada na figura 05 e a carga de ruptura após queima, na figura 06.

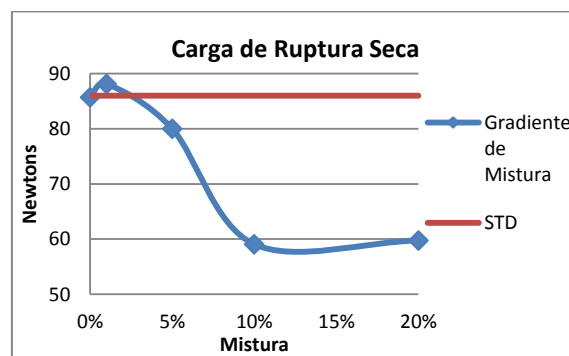


Figura 05: Carga de ruptura seca: Diluições

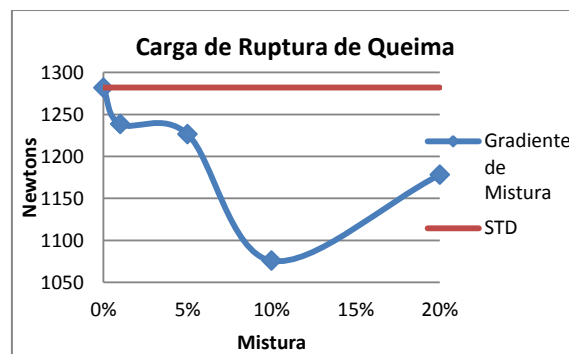


Figura 06: Carga de ruptura de queima: Diluições

Observando-se a figura 04, espera-se um aumento na carga de ruptura seca das diluições em relação à massa padrão, o que conforme a figura 05 ocorre apenas para a diluição de 1% (88 N). Em seguida, com o aumento no teor das diluições, a carga de ruptura apresenta um forte decréscimo, chegando a 59 N.

Com a figura 06, percebe-se que com o aumento da diluição até 10%, a carga de ruptura sofre redução, chegando a 1076 N, sendo que em seguida ocorre um aumento.

Esse parâmetro pode ser influenciado por diversos fatores, entre eles: granulometria excessivamente fina ou grossa, estrutura da peça prensada e temperatura de queima (BIFFI, 2000). De acordo com Oliveira e Maganha (2006), a etapa de esmaltação também contribui para melhorar a resistência da peça.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou valores favoráveis à introdução do resíduo proveniente do lavador de gases no processo produtivo de porcelanato esmaltado da empresa em estudo para uma quantidade de 1% (um por cento) a 5% (cinco por cento) em sólidos, que podem ser adicionados tanto na forma de massa seca, juntamente com as demais matérias-primas, ou em forma de solução (lodo adensado), juntamente com a água para moagem.

Os parâmetros limitantes para se encontrar a faixa ideal (entre 1 e 5%) foram: i) viscosidade da barbotina: influenciada principalmente pelo teor de sulfatos presentes no resíduo do lavador de gases; ii) coração negro: proveniente da oxidação da matéria orgânica; e, iii) carga de ruptura: dependente principalmente da granulometria das matérias-primas e das condições de queima. Outros parâmetros analisados podem ser corrigidos com a diminuição da temperatura de queima.

Devido ao fato do teor de 5% apresentar influências negativas (principalmente em relação à viscosidade), recomenda-se, por questão de segurança, a adição de resíduo no limite de até 1%, o qual já permite a incorporação total do resíduo produzido na empresa em estudo, e a realização de novos testes, com diluições entre esses valores (1 a 5%), com objetivo de encontrar o valor limite sem que ocorra influências que comprometam o processo produtivo.

Conforme testes realizados na empresa, o resíduo proveniente da ETE do lavador de gases que passa pelo processo de prensagem apresenta uma geração média correspondente a 2,25 t/dia ou 67,5 t/mês. Considerando-se o valor pago para disposição final, significará assim uma economia entorno de R\$ 4,6 mil/mês, não levando em consideração outros custos adicionais como utilização de filtro-prensa, consumo de energia, entre outros.

Além das vantagens econômicas como a redução de custos com matérias-primas, a reutilização de rejeitos no processo produtivo prevê um importante ganho ambiental, como a prolongação da vida útil de aterros, não havendo mais a necessidade da disposição final, e prevenindo também a contaminação de recursos naturais em função da disposição inadequada.

O reaproveitamento de resíduo desenvolve uma melhoria no processo, sendo uma das características da Produção mais Limpa, diminuindo a necessidade por tecnologias fim-de-tubo. De acordo com a CNTL (2000 apud DOMINGUES; PAULINO, 2007), as ações para implementar a P+L devem estar sempre voltadas aos benefícios relacionados ao meio ambiente, à saúde e segurança ocupacional e à economia da empresa.

Seguindo a figura 01 “Princípios Hierárquicos da P+L: O que fazer com os resíduos?”, pode-se enquadrar o presente trabalho ao nível 2 da Produção mais Limpa, onde trata-se de reciclagem interna, dentro do processo de minimização de resíduos e emissões.

5. REFERÊNCIAS

ALQAM, Maha; JAMRAH, Ahmad; DAGHLAS, Haya. Utilization of Cement Incorporated with Water Treatment Sludge. **Jordan Journal of Civil Engineering**, v. 5, n.2, 2011. Disponível em: <<http://elearning.just.edu.jo/jjce/issues/paper.php?p=1400.pdf>>. Acesso em 5 de agosto de 2012.

ANFACER, Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica. **Revestimentos Cerâmicos**. Disponível em: <www.anfacer.org.br>. Acesso em 31 de agosto de 2012.

BIFFI, Giovanni. **Defeitos de fabricação das placas cerâmicas**. Rio Claro, SP: Faenza Editrice, 120 p. 2000.

CALIA, Rogério Cerávolo; GUERRINI, Fábio Müller. Estrutura Organizacional para a Difusão da Produção Mais Limpa: Uma Contribuição da Metodologia Seis Sigma na Constituição de Redes Intra-Organizacionais. **Gestão e Produção**, Universidade de São Paulo – USP, Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, v.13, n.3, p. 531-543, Setembro/Dezembro 2006

CASAGRANDE, M. C et al. Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: processamento e aplicações no setor Cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 1-2, p. 34-42, Janeiro/Abril 2008.

COELHO, José Mário. **A Importância das Matérias-Primas Minerais na Competitividade do Segmento de Revestimentos Cerâmicos**. 1996. 123f. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas – SP.

DAMIANI, Juliano C et al. Coração Negro em Revestimentos Cerâmicos: Principais Causas e Possíveis Soluções. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.6, n.2, p. 12-16, Março/Abril 2001.

DOMINGUES, Rosely Mana; PAULINO, Sônia Regina. **Oportunidades para a Integração da Produção Mais Limpa em Sistemas Produtivos Locais**. IX ENGEMA – Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Curitiba, 19 a 21 de novembro de 2007. Disponível em: <<http://engema.up.edu.br/arquivos/engema/pdf/pap0419.pdf>>. Acesso em 01 de outubro de 2012.

EUROPEAN COMMISSION. **Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry**. 2007. Disponível em: <http://eippcb.jrc.es/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf>. Acesso em 07 de agosto de 2012.

FIGUEIREDO, Samia Cordeiro. **Estudo exploratório de Incorporação da Lama de Filtros Rotativos a Vácuo (LFRV), Gerada na Millennium Inorganic Chemicals, em uma Matriz Cerâmica Vermelha**. 2008. 160 f. Dissertação (mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Limpas no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

FURTADO, João S. **Produção Limpa**. Parceria Teclim – JSFurtado, Novembro, 2001. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/jsf/inicialpl.php?imprimir=true>>. Acesso em 01 de outubro de 2012.

HENRIQUE, Patrick. **Noções Básicas de Porcelanato Técnico**. Elizabeth porcelanato, Criciúma – SC. 48 p. 2012

JOAQUIM, Josilaine Teixeira. **Utilização de resíduos da mineração de carvão na indústria cerâmica**. 2009. 76 f. TCC (Curso de Tecnologia em Cerâmica) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

LUZ, Adão Benvindo da; COELHO, José Mário. Feldspato. In: CETEM. **Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações**. Ministério da Ciência e Tecnologia - Centro de Tecnologia Mineral. Capítulo 19. p. 413-429. Rio de Janeiro. Novembro 2005. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2004-121-00.pdf>>. Acesso em: 11 de setembro de 2012.

MORENO, A et al. Relação entre as Características da Água e o Comportamento Reológico das Suspensões de Esmalte Durante a Moagem. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 7, n. 6, p. 19-26, Novembro/Dezembro 2002.

NASCIMENTO, Luís Felipe. **Gestão Ambiental e a Sustentabilidade**. 190 f. 2008. Disponível em: <http://www.faad.icsa.ufpa.br/admead/documentos/submetidos/gestao_ambiental_e_sustentabilidade-1.pdf>. Acesso em 01 de outubro de 2012.

OLIVEIRA, Maria Cecília; MAGANHA, Martha Faria Bernils. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos - Série P+L**. 90 p. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/ceramica.pdf>. Acesso em: 14 de setembro de 2012.

PÔRTO, Luiz Carlos, **Diferença Entre Produção Limpa e Produção Mais Limpa**. Silva Porto Consultoria Ambiental, 2009. Disponível em: <<http://www.silvaporito.com.br/blog/?p=252>>. Acesso em 01 de outubro de 2012.

SENAI.RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP. 42 p. Porto Alegre. 2003. Disponível em: <http://wwwapp.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/implementa%E7%E3o%20PmaisL.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2012.

SILVA FILHO, Julio Cesar Gomes da et al. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Produção**. v.17, n.1, p.109-128, Abr 2007. ISSN 0103-6513. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132007000100008&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 de agosto de 2012.

SILVA, Jorge Elias da. **Controle de Processo**. Curso de Tecnologia Cerâmica, 2001. Disponível em: <<http://www.9cecemm.ufsc.br/anais/minicursos/CONTROLEPROCESSO.pdf>>. Acesso em 01 de novembro de 2012.