

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

PROPOSTA DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS COM BASE NA MODELAGEM CONCEITUAL DA ANÁLISE DO EFEITO DA ADIÇÃO DA LAMA COM RESÍDUO DE MINÉRIO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E NA MICROESTRUTURA DA CERÂMICA VERMELHA

Jose Francisco Penido Xavier, jfpxavier@yahoo.com.br¹

Francisco de Assis Bandeira Alves, Francisco.assis.bandeira@gmail.com¹

Míriam Carmen Maciel da Nóbrega Pacheco, nobrega.miriam@gmail.com¹

Marina Rodrigues Brochado, marinabrochado@gmail.com¹

Paulo Affonso Duffrayer Ormond Junior, ormod.paulo@gmail.com¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET-RJ, Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro, CEP 20271-110

RESUMO: Nos últimos anos em todo o planeta o despertar da consciência ecológica, tem levado uma boa parte da população a refletir sobre o desperdício dos recursos naturais. Estes recursos vêm sendo usados, a muitos anos, de maneira exploratória e sem critérios. Os termos poluição e contaminação se confundem no sentido comum da linguagem do dia-a-dia. No campo científico eles têm significados distintos. O termo contaminação é usado para designar uma substância química em uma amostra, sem evidência de que ela cause mal. Por outro lado, o termo poluição é usado em casos em que a presença de uma substância é danosa. Poluentes são, portanto, substâncias químicas que causam danos ao meio ambiente. Os tipos de poluição são os mais diversos, variando desde a simples poluição térmica até a inserção de metais pesados no ambiente. A poluição industrial teve início com a manipulação dos materiais pelo homem primitivo, particularmente a geração de resíduos, quando o homem começou a manusear metais como ferro, cobre e, posteriormente, chumbo, sendo o resíduo lançado no meio ambiente, e os receptores finais destes lançamentos acabavam sendo os rios, os lagos, os solos e a atmosfera. Hoje, um dos grandes responsáveis pela poluição são os despejos industriais, que são originários de resfriamentos, lavagens, descargas, extrações, impregnações, tratamentos químicos, além de outros. O acidente ocorrido recentemente com o rompimento da barragem da empresa mineradora Samarco atingiu diversos municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo e gerou enormes quantidades de resíduos de Lama proveniente do tratamento do minério de ferro, o que gerou um impacto ambiente sem precedentes no Brasil. A incorporação de resíduos em cerâmica tem sido alvo de crescentes pesquisas no mundo, visando à otimização das características do produto final. De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica (2009), material cerâmico compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas. O setor cerâmico é muito amplo podendo ser dividido em sub-setores ou segmentos em função de diversos fatores como: matéria-prima, propriedades e área de atuação. Dessa forma, se adota a seguinte classificação: cerâmica vermelha, materiais de revestimentos (placas cerâmicas), cerâmica branca, materiais refratários, isolantes térmicos, fitas e corantes, abrasivos, vidros, cimentos, cal e cerâmica avançada. Este trabalho apresenta um modelo conceitual da análise do efeito da adição da Lama com resíduo de minério nas propriedades tecnológicas e na microestrutura da cerâmica vermelha, sendo determinado as características físico, química e mineralógicas da Lama; identificado a quantidade adequada de Lama a ser incorporada na formulação argilosa para fabricação das peças. A utilização dessa Lama poderá proporcionar vantagens técnicas e ambientais como redução da utilização argila no processo de produção, e reduz o impacto ambiental relativo à disposição da Lama no meio ambiente. De forma que se torna imperativo o reaproveitamento da Lama de maneira ambientalmente limpa.

Palavras-chave: Resíduo de Minério; Cerâmica Vermelha; Lama; Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

No processo da indústria de cerâmica vermelha deve-se inicialmente selecionar a matéria-prima. Como qualquer matéria-prima natural, a argila apresenta características variadas. Essa variação pode gerar produtos com propriedades distintas. Por essa razão um controle efetivo das variações das características das argilas torna-se necessário, com a implantação de um sistema de homogeneização. O comportamento da argila durante sua produção depende da natureza, estrutura mineralógica e de suas características químicas e físicas. (Vieira, 2002).

A etapa de preparação de massa constitui-se como essencial na obtenção de produtos de alta qualidade. Nessa etapa, a massa é umidificada acima do limite de plasticidade (acima de 20 %), misturada e homogeneizada, sendo conformadas a seguir em extrusoras (marombas), quando adquirem as suas formas finais (bloco, lajes, lajotas, tubos) (Motta et.al., 2001). Uma massa bem preparada pode ter uma economia de 30 % em gasto de energia e evita o gasto prematuro do equipamento.

No Brasil a maioria das indústrias cerâmicas não fazem a preparação da massa de forma adequada, cerca de 15 % na região sudeste segue corretamente essa etapa, enquanto que 85 % das fábricas extraem as argilas das barreiras e as colocam diretamente no caixão alimentador. Resíduos são utilizados pelas indústrias cerâmicas para produção de novas peças cerâmicas, aproveitando o máximo potencial desse material, e conciliando vários aspectos, como custo de disposição, tratamento, tipo e qualidade do resíduo, tecnologia e, finalmente o impacto econômico e ambiental da reciclagem (Menezes et.al., 2002). Os efeitos positivos na utilização dos resíduos envolvem todo curso de fabricação da cerâmica argilosa, a moldagem, secagem e cozedura.

A ideia apresentada neste trabalho tem a finalidade de estudar o aproveitamento de resíduos lançados nos rios e lagos atingidos pelo acidente ocorrido recentemente com o rompimento da barragem da empresa mineradora Samarco. Tal acidente gerou enormes quantidades de resíduos de Lama, lançados nos rios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, proveniente do tratamento do minério de ferro, o que gerou um impacto ambiental sem precedentes no Brasil.

Este trabalho apresenta um modelo conceitual da análise do efeito da adição da Lama com resíduo de minério nas propriedades tecnológicas e na microestrutura da cerâmica vermelha, sendo determinado as características físico, química e mineralógicas da Lama; identificado a quantidade adequada de Lama a ser incorporada na formulação argilosa para fabricação das peças. A utilização dessa Lama poderá proporcionar vantagens técnicas e ambientais como redução da utilização argila no processo de produção, e reduz o impacto ambiental relativo à disposição da Lama no meio ambiente.

2. ARGILA – MATÉRIA PRIMA DA INDÚSTRIA CERÂMICA VERMELHA

Argila é uma rocha finamente dividida, contendo partículas de diâmetro inferior a 2 μm e é composta essencialmente de argilominerais, podendo conter também outros minerais ou impurezas (quartzo, filito, feldspatos, gibbsite e outros) e matéria orgânica. O termo argila também significa material natural com textura terrosa e baixa granulometria, e quando misturado com uma quantidade limitada de água desenvolve plasticidade. A plasticidade é característica dos argilominerais encontrados nas argilas. Eles contribuem significativamente para a resistência plástica em qualquer mistura ou corpo, apresentam capacidade de troca iônica, onde os íons fracamente ligados (Na^+ e K^+) presentes na superfície das partículas podem vir a serem trocados por outros na solução aquosa (Santos, 1989).

Dependendo da forma de deposição as argilas são consideradas residuais ou transportadas (Pracidelli e Melchades, 1997). As argilas residuais geralmente ocorrem como lençóis, camadas ou veios. As rochas matrizes são rochas ígneas ácidas ou neutras. São resultantes da ação do intemperismo normal em que tomam parte água, oxigênio, anidridos carbônicos e ácidos orgânicos. As argilas transportadas foram removidas do local original de formação e são conhecidas como argilas secundárias, sedimentares ou transportadas. O transporte pode ser feito por geleiras, ar ou pela água. Sua deposição final pode ser em rios de baixa velocidade de correnteza, lagos, pântanos e mares.

2.1. A argila e seus constituintes

A argila é composta por grande quantidade de material amorfo, predominando o material cristalizado. Os cristais da argila podem agrupar em espécies mineralógicas bem definidas. Os principais constituintes das argilas são: Os silicatos - são os principais constituintes das argilas. Sua unidade fundamental é o tetraedro silício-oxigênio.

- Minerais do grupo caulinita – A caulinita faz parte da maioria das argilas. Tem forma de placas hexagonais irregulares. A composição química da caulinita é: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

- Minerais do grupo Montmorilonita ou esmecita – Este mineral é geralmente encontrado nas bentonitas que são rochas derivadas de cinzas vulcânicas. A água penetra facilmente na montmorilonita provocando o seu inchamento.

- Minerais micáceos – As micas são encontradas em muitas argilas, argilitos e xistos.

- Minerais de alumínio hidratados. - Gibbsite, constituinte dos solos lateríticos, é o principal mineral de alumínio. A bauxita é um minério comum do alumínio, sendo uma mistura de bauxita, caulinita, limonita e outros minerais.

2.1.1. Classificação das argilas e sua Aplicação

A classificação das argilas segundo vários critérios. De acordo com a geologia, as argilas classificam-se em:

Argilas residuais -- São assim denominadas porque são formadas no mesmo local da rocha que lhe deu origem. O principal agente formador destas argilas é a água subterrânea que percola a rocha, provocando reações químicas que vão desgastando a rocha. A pureza da argila residual depende da natureza da rocha que lhe deu origem, da quantidade de impurezas removidas.

Argilas sedimentares -- Estas argilas são provenientes de materiais transportados por ações naturais: ventos, chuvas, ações glaciais, etc. Ex: Folhelho argiloso e silicoso, Silte argiloso, Caulim sedimentar, Argila glacial, limonargilo-arenoso etc.

Segundo sua aplicação em cerâmica, as argilas são classificadas em:

- a) Cerâmica branca: Caulins residual e sedimentar.
- b) Materiais refratários com fusão acima de 1600°C: Caulim sedimentar, Argilas refratárias – Sílica plástica.
- c) Argilas para cerâmica vermelha (de baixa plasticidade, porém contendo fundentes): Ladrilhos, manilhas, telhas e tijolos furados – argilas e folhelhos.
- d) Argilas para louça de pó de pedra (plástica, contendo fundentes).
- e) Argilas para tijolos (plástica, contendo óxido de ferro); argilas para terracotas, argilas para tijolos comuns.
- f) Argilas fundentes contendo mais óxido de ferro.

2.1.2. Características e estruturas dos argilominerais

Quimicamente e estruturalmente, os argilominerais constituem um número relativamente pequeno de minerais que ocorrem em abundância na superfície terrestre. A grande relação entre área superficial específica, volume e/ou pequeno tamanho das partículas, permitem um conjunto de propriedades como, alta capacidade de troca iônica, superfície altamente reativa e plasticidade, uma das propriedades mais propícias à tecnologia das argilas (Toledo, 2006).

A formação dos argilominerais ocorre em duas categorias: In situ e sedimentar. In situ: ocorrem no mesmo local da rocha mãe e apresentam pouca influência dos agentes atmosféricos. Sedimentar: são transportados para mais longe da rocha mãe, pela água, pelo vento e até por degelo (Toledo, 2006).

Segundo Santos (1989) a maioria dos argilominerais apresenta estrutura lamelar e se diferem nas propriedades estruturais tais como: distância interplanar basal; grau de substituição isomórfica; expansão das camadas basais com a introdução de moléculas polares, como água, glicerol e etilenoglicol, aumentando a distância interplanar, e no tipo de arranjo ao longo dos eixos cristalográfico.

Os tipos de argilominerais mais comuns são formados de folhas tetraédricas de silício e octaédrica de alumínio, e com menor frequência, de magnésio e/ou ferro.

De acordo com a Figura 1 (a) e (b) o empilhamento de uma folha tetraédrica com uma folha octaédrica forma uma camada 1:1, enquanto que duas folhas tetraédricas com uma octaédrica central formam uma camada 2:1.

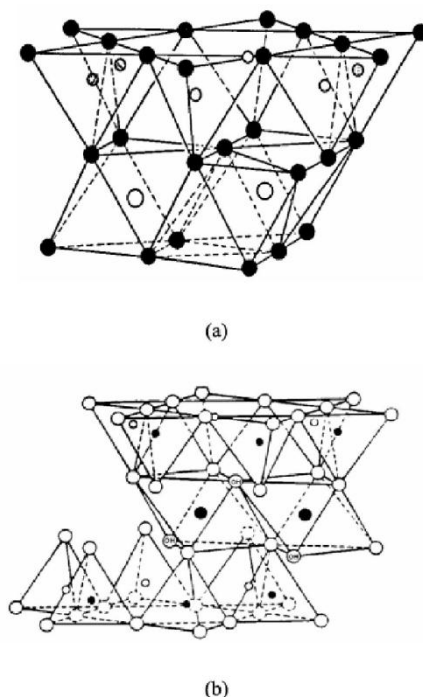


Figura 1 – Modelo esquemático da camada estrutural básica de uma argila: (a) 1:1; (b) 2:1 (Aguiar e Novaes, 2001)

Os principais grupos de argilominerais são: caulinita e haloisita, esmectita ou montmorilonita, illita, cloritas e paligorskita-sepiolita.

2.2. Cerâmica vermelha

Materiais cerâmicos são todos os materiais compostos em sua quase totalidade de argila, e que são largamente utilizados na construção civil. Os materiais cerâmicos são polifásicos, contendo elementos metálicos e não metálicos. A existência de várias fases cerâmica possibilita as combinações de átomos metálicos e não metálicos, formando muitos arranjos estruturais. Isso possibilita a obtenção de materiais cerâmicos para uma larga aplicação na engenharia. Produtos cerâmicos para a construção civil, podem ser classificados da seguinte forma:

- a) Porosos: Tijolos, telhas, ladrilhos, azulejos, pastilhas, manilhas, etc;
- b) Louça: Calcária, feldspática e sanitária;
- c) Não porosos: Grês cerâmico e porcelana;
- d) Refratários: Silicosos, silício-aluminosos, aluminosos, magnesita, cromomagnesita e cromita.

As propriedades dos materiais cerâmicos dependem de suas estruturas. Por exemplo: a baixa condutividade elétrica é devida à imobilidade dos elétrons das ligações iônicas covalentes. Os materiais cerâmicos têm alta resistência ao cisalhamento e baixa resistência à tração e consequentemente, não apresentam fratura dúctil.

Devido à ausência de escorregamento entre os cristais ou grãos, os materiais cerâmicos apresentam as seguintes características: Não tem ductilidade; podem ter alta resistência à compressão, desde que não se tenham poros presentes; têm possibilidade de apresentar um elevado limite de resistência.

De acordo com Gomes (1988), as argilas para tijolo possuem grande quantidade de silte e areia e apresentam cores variadas como: preto, cinzento, castanho, amarelo e verde. Segundo Jordão e Zandonadi (2002), as cerâmicas que apresentam coloração avermelhada são provenientes da oxidação de compostos de ferro (Fe) presentes na argila, matéria-prima utilizada na fabricação de cerâmica vermelha, durante a queima.

A intensidade da cor varia somente com o teor de óxido de ferro e, também, na presença de outros minerais e da atmosfera oxidante do processamento térmico. Se a argila for calcária, a cor vermelha que naturalmente seria devida ao ferro é atenuada fortemente por efeito do CaO resultando uma cor acastanhada (Gomes, 1988).

2.3. Formulação da massa da cerâmica vermelha

No processo cerâmico deve-se inicialmente selecionar a matéria-prima. Como qualquer matéria-prima natural, a argila apresenta características variadas. Essa variação pode gerar produtos com propriedades distintas. Por essa razão um controle efetivo das variações das características das argilas torna-se necessário, com a implantação de um sistema de homogeneização. O comportamento da argila durante sua produção depende da natureza, estrutura mineralógica e de suas características químicas e físicas.

Um estudo geológico prévio, além de acompanhar possíveis variações nas características das argilas, é necessário para se explorar uma jazida (Vieira, 2002). A etapa de preparação de massa é essencial na obtenção de produtos de alta qualidade. Nessa etapa, a massa é umidificada acima do limite de plasticidade (acima de 20 %), misturada e homogeneizada, sendo conformadas a seguir em extrusoras (marombas), quando adquirem as suas formas finais (bloco, lajes, lajotas, tubos) (Motta et al., 2001).

Uma massa bem preparada pode ter uma economia de 30 % em gasto de energia e evita o gasto prematuro do equipamento. Atualmente no Brasil a maioria das indústrias cerâmicas não fazem a preparação da massa de forma adequada, cerca de 15 % na região sudeste segue corretamente essa etapa, enquanto que 85 % das fábricas extraem as argilas das barreiras e as colocam diretamente no caixão alimentador.

Durante a fabricação de cerâmica vermelha, a formulação da massa, em geral, é feita de forma empírica, com uma composição ideal de fusibilidade e plasticidade, proporcionando boa trabalhabilidade e resistência mecânica de queima. Geralmente o preparo da massa é feito através da mistura de uma argila de alta plasticidade com granulometria fina conhecida como “gorda”, e uma de baixa plasticidade conhecida como “magra”, que é rica em quartzo e funciona como redutor da plasticidade (Motta et al, 2001).

Durante esse processo são empregados outros tipos de materiais, tais como areia, chamote e materiais carbonosos (Dondi et. al., 1997a, 1997b Pracidelli e Melchiades, 1997), a massa cerâmica não pode ser constituída somente de argila plástica, porque apresenta dificuldades no processamento, desde conformação das peças, secagem e queima. Para isso deve-se formular adequadamente uma massa cerâmica dosando grãos finos, médios e grossos. Nesse caso o diagrama de Winkler Figura 2.

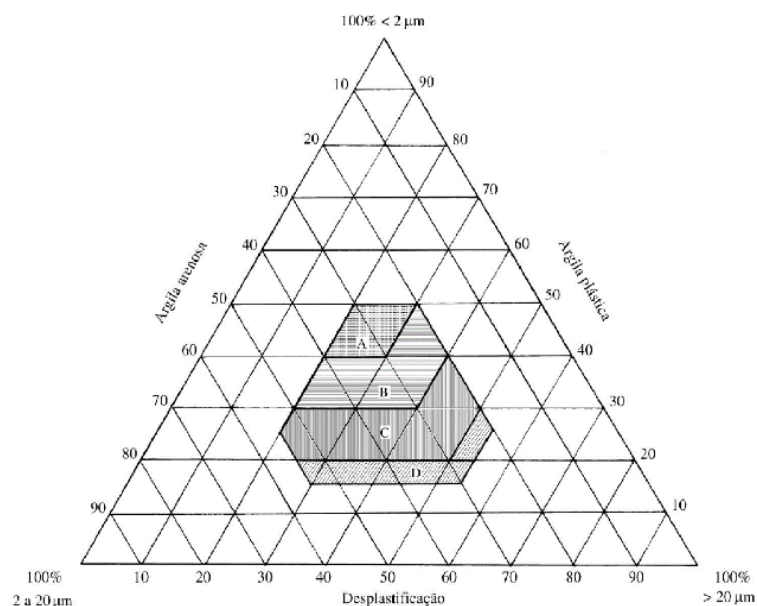


Figura 2 - Diagrama de Winkler (Pracidelli e Melchades, 1997)

No diagrama de Winkler Figura 2, estão delimitadas as regiões apropriadas para a fabricação de determinado produto de cerâmica vermelha obtido por extrusão. A região A é apropriada para fabricação de produtos de qualidade com dificuldade de conformação, que necessitam de massa com elevada plasticidade. A região B é apropriada para produção de telhas. A região C é apropriada para tijolos furados (blocos de vedação e estruturais). A região D é apropriada para a fabricação de tijolos maciços (Pracidelli e Melchades, 1997).

2.4. Resíduos utilizados na indústria cerâmica

Resíduos provenientes de diferentes processos industriais tem sido objeto de pesquisa em diversas instituições. Os efeitos positivos na utilização dos resíduos envolvem todo curso de fabricação da cerâmica argilosa, a moldagem, secagem e cozedura. Em muitos casos, há também variação no consumo de energia, que pode ser reduzida devido ao poder calorífico do resíduo (Dondi et. al., 1997a ; Dondi et. al., 1997b). De acordo com Dondi (1997), estes resíduos foram classificados da seguinte forma: resíduos redutores de plasticidade; resíduo fundente; resíduos combustíveis; cinzas.

Os Resíduos redutores de plasticidade são resíduos provenientes das indústrias de mineração e beneficiamento mineral, apresentando granulometria e composição química bastante variável, dependendo da origem dos materiais. As quantidades de resíduos incorporados em massas cerâmicas podem variar de 10 e 60 %, podendo provocar pequenas mudanças nas propriedades mecânicas, retração e absorção (Sabrah et. al., 1987). Os resíduos redutores de plasticidade não necessariamente agem apenas reduzindo a plasticidade das massas cerâmicas. Eles podem atuar também como agentes formadores de fase vítrea, o que, em muitas aplicações, é um fator de grande influência no sucesso do uso desses resíduos na produção de tijolos, revestimentos, grês e produtos de baixa absorção de água (produtos com grande valor agregado).

3. PROPOSTA DE APROVEITAMENTO DA LAMA COM RESÍDUOS DE MINÉRIO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E NA MICROESTRUTURA DA CERÂMICA VERMELHA

A preparação da massa de argila com a incorporação de resíduo industrial resultante, particularmente os resíduos de minerais lançados nos rios e os lagos é a ideia apresentada neste trabalho, com a finalidade aproveitar de resíduos lançados nos rios e lagos atingidos pelo acidente do rompimento da barragem de rejeitos da empresa mineradora Samarco, ocorrido recentemente. O rompimento da barragem provocou lançamento da Lama com rejeitos da mineração gerou enormes quantidades de resíduos de Lama proveniente do tratamento do minério de ferro. O acidente provocou impacto ambiental nos rios e lagos dos municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Assim, apresenta-se aqui a proposta do modelo conceitual da análise do efeito da adição da Lama com resíduo de minério nas propriedades tecnológicas e na microestrutura de peças de cerâmica vermelha.

3.1. Materiais e Método

Foram analisados os estudos de composição de resíduo sólido da Barragem de Germano, da Samarco Mineração S.A. localiza-se no município de Mariana-MG desenvolvidos por Pires (2003) e Andrade (2014). Foram coletados os efluentes do tratamento do minério de ferro processado no Complexo de Germano. Este resíduo foi submetido a testes

de classificação, de acordo com as Normas ABNT 10004, 10005, 10006 e 10007. Foi constatado que o resíduo é classe III (inerte) e que os testes mostraram a grande capacidade deste material na retenção de metais pesados e de cromo. (Pires, 2003) e (Andrade, 2014).

Os minerais industriais não-metálicos são compostos pelas substâncias: Vermiculita, quartzo hialino, (cristal de rocha), potássio, salgema, feldspato, talco, caulim, barita, argila. Os Jazimentos irregularmente distribuídos pelo território nacional, servem de base para diversificadas cadeias produtivas industriais. O processo de extração gera impacto ambiental nas cavas ou barragens de rejeitos.

3.2. Formulação do Problema do Resíduo no Processamento da Mina de Germano (Samarco Mineração)

O minério de ferro proveniente da Mina de Germano (Samarco Mineração) sai por meio de correntes transportadoras, alimentando uma usina de britagem e peneiramento. Posteriormente, sofre um processo de flotação, que é um processo em que uma parte do minério se decanta e a outra parte fica suspensa. O processo de flotação utilizado é chamado de catiônica reversa porque utiliza um coletor catiônico (eteraminas ou eterdiaminas) e um depressor (o amido) (Pires et al, 2003)

Tanto o depressor como o coletor são compostos orgânicos que possuem uma cadeia polar ou hidrofílica, apresentando afinidade com a água, e outra que não possui nenhuma afinidade com este solvente.

A eteramina comumente usada como coletor adsorve o quartzo sobre sua superfície, tornando-o hidrofóbico e promovendo sua flotação. Este mineral é considerado a parte inútil do minério tratado, sendo coletado através de bolhas de ar e jogado fora. A flotação é chamada de reversa porque nesse processo, ao usar um coletor, retira-se o constituinte de menor interesse no produto final do processo produtivo.

O processo de depressão ocorre de modo a promover a decantação do mineral de interesse no minério, a hematita. Antes de fazer a depressão do minério, o depressor passa por um processo chamado de gelatinização, que consiste em adicionar uma solução de hidróxido de sódio até a solução atingir pH 10,5, o que é feito para quebrar as ligações entre os carbonos e oxigênios presentes na amilopectina, que é um açúcar presente no amido, constituído de moléculas de glicose. Com esta quebra expõem-se os oxigênios deste açúcar, promovendo a adsorção da goethita em suas paredes superficiais.

3.3. Construção do Modelo

3.3.1. As características físico, química e mineralógicas da Lama

a) Determinação da Composição Química

A composição mineralógica do material, indica que o material é formado, em sua maior parte, por goethita (FeOOH), hematita (Fe_2O_3) e quartzo (SiO_2). Foi encontrada também alguma caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Estes dados foram utilizados como uma tentativa de determinação quantitativa da composição mineralógica. Dadas às quantidades de cada componente, as determinações de ferro total, SiO_2 e H_2O foram realizadas por métodos clássicos como volumetria de oxirredução e gravimetria, enquanto o alumínio foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica. (Andrade, 2014).

b) Determinação de Elementos-Traços

As determinações de elementos-traços presentes no rejeito do processamento da Samarco tiveram a sua escolha baseada na necessidade da verificação de sua presença, conforme exigido pela Norma 10004 da ABNT (Pires et al, 2003).

A Classificação do Resíduo de Minério de Ferro e a classificação do resíduo de minério de ferro foi feita de acordo com as Normas ABNT 10005 e 10006. Além da pura e simples classificação, realizou-se a avaliação do potencial poluidor do resíduo, através dos testes de lixiviação e solubilização, que podem ser interpretados como a quantidade de material poluidor que pode ser mobilizado para o sistema hídrico. (Andrade, 2014).

c) Composição Química do Resíduo de Minério

Diversos autores (Pires et al, 2008; Gomes, 2009), apresenta a composição química do resíduo proveniente do tratamento do minério de ferro. Os teores de ferro estão em torno de 57,2%, em média. Já os teores de SiO_2 estão na casa dos 14%, os de água de constituição em torno de 8% e os de Al, de 1,3%.

d) Testes de Lixiviação e Solubilização dos Resíduos

Os diversos elementos-traços obtidos nos testes de lixiviação (Cr, Cd e Pb) e solubilização (Cr, Cd, Pb, Mn, Fe e Na). A simples inspeção e comparação dos valores obtidos com os valores tabelados na norma indicam que o resíduo pode ser classificado como classe III (inerte) (Rocca et al. 1993) – Teores dos constituintes maiores do resíduo do tratamento do minério da Samarco Mineração S.A. Os limites máximos permissíveis no extrato obtido no teste de

lixiviação e solubilização, segundo a Norma 10004 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). (Andrade, 2014).

3.3.2. Proposta de Composição da Massa de Argila com Resíduo de Lama no Processo de Produção de Peças de Cerâmica Vermelha

A argila é composta por grande quantidade de material amorfo, predominando o material cristalizado. Os cristais da argila podem agrupar em espécies mineralógicas bem definidas. Os principais constituintes das argilas segundo Andrade, (2014), são:

- Os silicatos - são os principais constituintes das argilas. Sua unidade fundamental é o tetraedro silício-oxigênio.
- Minerais do grupo caulinita - A caulinita faz parte da maioria das argilas. Tem forma de placas hexagonais irregulares. A composição química da caulinita é: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
- Minerais do grupo Montmorilonita ou esmecita - Este mineral é geralmente encontrado nas bentonitas que são rochas derivadas de cinzas vulcânicas. A água penetra facilmente na montmorilonita provocando o seu inchamento.
- Minerais micáceos - As micas são encontradas em muitas argilas, argilitos e xistos.
- Minerais de alumínio hidratados. - Gibsita, constituinte dos solos lateríticos, é o principal mineral de alumínio. A bauxita é um minério comum do alumínio, sendo uma mistura de bauxita, caulinita, limonita e outros minerais.

Neste trabalho se propõem a adição da lama com resíduo de minério na formulação da matéria prima para fabricação das peças de cerâmica. O aproveitamento do resíduo tomou como base os estudos desenvolvidos por Pires (2003) e Andrade (2014) que identificaram as características físicas, químicas e mineralógicas da lama através de uma amostra dos rejeitos da Samarco.

Um dos desafios deste trabalho é o de conhecer a composição química de um minério, ou seja, verificar que elementos devem ser analisados em uma caracterização mineralógica, levando em conta a complexidade mineral e química do minério analisado e qual a utilização deste minério.

A determinação eficiente da composição química de um minério depende da escolha correta dos métodos utilizados para a análise química dos elementos constituintes da amostra

É praxe antes da obtenção das informações de caracterização, fracionar a amostra para facilitar a identificação dos minerais, quantificar melhor e identificar determinadas propriedades físicas do minério. Geralmente estas informações (que são muito importantes para a obtenção do resultado), são obtidas por análise granulométrica, separação em meio denso e separação magnética.

Através de ensaios físicos é possível se determinar a porcentagem de liberação de um mineral utilizando-se líquidos densos, dosagens químicas do elemento principal, ou estudos em lupa binocular e/ou microscopia óptica. É possível determinar a porcentagem de liberação de um mineral valioso pela dosagem do teor do principal elemento químico do mineral, através dos produtos, obtidos numa separação em líquido denso.

Amostra - Estudos de Concentração de Rejeitos

A amostragem realizada foi por meio de sondagem (SPL) para verificação da representatividade da barragem A finalidade da utilização do Serviço de Sondagem por lavagem foi para dar subsídio a retirada de amostras do rejeito. A sondagem por lavagem através da circulação de água seguiu a Norma Brasileira da ABNT, específica para o assunto e utilizou-se polímero orgânico A utilização de polímeros evita a contaminação das amostras. (Andrade, 2014).

Foi Considerada uma amostra representativa da barragem de Germano (Samarco Mineração). Nessa amostra Encontrou-se a seguinte composição química: Fe (24,97%), SiO_2 (62,70%), Al_2O_3 (0,61%), P (0,016%), PPC (0,94%). Os valores de d₅₀, F₈₀ e a quantidade de lama presente na amostra (-10µm) eram respectivamente: 50µm, 100µm e 10%. A fração acima de 44µm continha 5,3% de ferro. O quartzo era o mineral predominante da amostra. Com relação aos minerais de ferro presentes, a hematita especular mostrou elevada participação (85% do total). (Pires, 2003) e (Andrade, 2014).

O modelo conceitual caracterizado por este estudo apresenta a oportunidade de adicionar lama com resíduos de minério na propriedade tecnológica e da microestrutura de peças de cerâmica vermelha. A utilização dessa Lama poderá proporcionar vantagens técnicas e ambientais como redução da utilização argila no processo de produção, e reduz o impacto ambiental relativo à disposição da Lama no meio ambiente.

As quantidades de resíduos incorporados em massas cerâmicas podem variar de 10 e 60 %, podendo provocar pequenas mudanças nas propriedades mecânicas, retração e absorção (Sabrah et. at.,1987). É interessante ressaltar que os resíduos redutores de plasticidade não necessariamente agem apenas reduzindo a plasticidade das massas cerâmicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção da proposta do modelo conceitual demonstra que é possível a produção de peça de cerâmica vermelha a partir da ideia da incorporação da lama com resíduo de minério, rejeito oriundos da empresa Samarco.

A composição da massa de argila com lama foi realizada a partir dos estudos desenvolvidos por Pires (2003) e Andrade (2014).que caracterizaram a composição de resíduo sólido da Barragem de Germano, da Samarco Mineração S.A. localiza-se no município de Mariana-MG.

O modelo proposto deve ser testado em indústria de cerâmica vermelha localizadas na região próximo a estocagem do rejeito e calculado a viabilidade econômica, devido ao baixo valor agregado à rejeitos. São importantes, portanto,

projetos para a caracterização dos rejeitos, e então a identificação e desenvolvimento de potenciais aplicações dos mesmos.

A incorporação de resíduos em cerâmica é uma preocupação mundial que visa a otimização das características do produto final e do ciclo de vida do produto, de acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica.

5. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. R. M. P., NOVAES, A. C. N. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminos silicatos. Departamento de Química Orgânica, Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ. Quím. Nova, vol.25, nº 6b, p.1145-1154. 2001.
- ANDRADE, Luana Caetano Rocha de - Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil / Luana Caetano Rocha de Andrade. – Viçosa, MG, 2014
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR –10004. Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 1987. 63 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR –10005. Lixiviação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 1987. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR –10006. Solubilização de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 1987. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10007:2004. Amostragem de resíduos sólidos: procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- DONDI, M., Marsigli, M., Fabbri, B. Recycling of Industrial and Urban waster in Brink Production- A Review (Part 2): Tile & Brink Int. Vol.13, nº 4, 302 – 308p. 1997b
- DONDI, M., MARSIGLI, M., FABBRI, B. Recycling of Industrial and Urban waster in Brink Production- A Review: Tile & Brink Int. Vol.13, nº 3, 218-225p. 1997a
- GOMES, C.F. (1988). Argilas: o que são e para que servem. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, Portugal.
- MENEZES, R.R, NEVES, G.A., FERREIRA, H.C.(2002). O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas Rev.Bras. Eng. Agric. Amb. , Vol 6,nº2, 303 – 313p.
- MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL JUNIOR, M. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. Cerâmica Industrial. v. 6, nº2.28-39p. 2001.
- PRACIDELLI, S., MELCHIADES, F.G. A importância da composição granulométrica de massas para a cerâmica vermelha. Cerâmica Industrial, v.2, n.1-2, jan./abr., 31- 35p. 1997.
- ROCCA, A. A. C. et al. Resíduos sólidos industriais CETESB. São Paulo. 2.ed. 233 p. 1993.
- SABRAH, B.A., Ebied, E.A. (1987). Utilization of cement-dust a substitute of some Clay content in Clay-sand. Freiburg, 1, 5129-5137p.
- SANTOS, I. J. Estudo de produção de concentrados de minérios de ferro a partir dos rejeitos da barragem de Germano. 2003. 107p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- SANTOS, W. K. dos. Rotas de processo para concentração de minérios itabiríticos e hematíticos da Mina de Fábrica. 2009. 170p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- TOLEDO, R. (2006). Técnicas fototérmicas e de raios-X para monitoramento de sólidos e gases em materiais cerâmicos. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Campos dos Goytacazes - RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF. 326p.
- TOLEDO, R. Técnicas fototérmicas e de raios-X para monitoramento de sólidos e gases em materiais cerâmicos. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Campos dos Goytacazes - RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF. 326p. 2006.
- VIEIRA, C.M.F. Introdução à tecnologia de cerâmica vermelha. Campos dos Goytacazes. RJ,134p. 2002.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores Jose Francisco Penido Xavier, Francisco de Assis Bandeira Alves, Míriam Carmen Maciel da Nóbrega Pacheco, Marina Rodrigues Brochado, Paulo Affonso Duffrayer Ormond Junior, na qualidade de autor e titular dos direitos autorais do artigo científico intitulado Proposta de Aproveitamento de Resíduos com Base na Modelagem Conceitual da Análise do Efeito da Adição da Lama com Resíduo de Minério nas Propriedades Tecnológicas e na Microestrutura da Cerâmica Vermelha, autorizamos ao CONEM 2016, a publicá-lo gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, no anais do congresso.

Ao firmar o presente termo, declaramos que o conteúdo do artigo, acima identificado, é de nossa exclusiva autoria, não existindo sobre ele qualquer impedimento quanto à sua publicação, especialmente por não infringir as normas reguladoras do direito autoral, razão pela qual nos responsabilizamos por eventuais questionamentos judiciais ou extrajudiciais surgidos em decorrência de sua divulgação, eximindo o CONEM 2016 de qualquer responsabilidade nesse sentido.

Em acréscimo, declaramos ainda assumir inteira responsabilidade pelo conteúdo do texto cuja publicação aqui autorizamos, eximindo o CONEM 2016 de qualquer responsabilidade pelas informações e opiniões contidas no mesmo. Por fim, procedo a entrega do presente texto, estando o seu conteúdo já revisado.

PROPOSED WASTE WITH BASIC EXPLOITATION IN MODELING CONCEPTUAL ANALYSIS OF EFFECT OF MUD ADDITION WITH ORE WASTE IN TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF RED CERAMIC

Jose Francisco Penido Xavier, jfpxavier@yahoo.com.br¹

Francisco de Assis Bandeira Alves, francisco.assis.bandeira@gmail.com¹

Miriam Carmen Maciel da Nóbrega Pacheco, nobrega.miriam@gmail.com¹

Marina Rodrigues Brochado; marinabrochado@gmail.com¹

Paulo Affonso Duffrayer Ormond Junior; ormod.paulo@gmail.com¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET-RJ, Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro, CEP 20271-110

ABSTRACT: *In recent years around the world the awakening of ecological awareness has led much of the population to reflect on the waste of natural resources. These resources have been used to many years of exploratory and without criteria. The terms of pollution and contamination are confused in the ordinary sense of the language of the day-to-day. In the scientific field they have distinct meanings. The term contamination is used to describe a chemical substance in a sample, with no evidence that it causes harm. Moreover, the term pollution is used in cases where the presence of a substance is harmful. Pollutants are thus chemicals which cause environmental damage. The types of pollution are diverse, ranging from simple thermal pollution to the inclusion of heavy metals in the environment. Industrial pollution began with the manipulation of materials by primitive man, particularly the generation of waste, when the man began to handle metals such as iron, copper and subsequently lead, the residue being released into the environment, and the final recipients of these releases ended up being the rivers, lakes, soils and the atmosphere. Today, one of the major polluters are industrial waste, which originate from colds, washes, discharges, extraction, impregnation, chemical treatments, among others. The accident occurred recently with the breakup of the mining company's dam Samarco reached several municipalities in Minas Gerais and Espírito Santo and generated huge amounts of mud residues from the treatment of iron ore, which generated an unprecedented environmental impact in Brazil. The incorporation of ceramic waste has been increasing research target in the world, aimed at optimizing the final product characteristics. According to the Brazilian Association of Ceramic (2009), ceramic material comprises all inorganic materials, nonmetallic, usually obtained after heat treatment at high temperatures. The ceramic industry is very broad and can be divided into sub-sectors or segments depending on various factors such as raw material, properties and area of operation. Thus, it adopts the following classification: red ceramics, coatings materials (ceramic tiles), white ceramic, refractory materials, thermal insulation, tapes and dyes, abrasives, glass, cement, lime and advanced ceramics. This paper presents a conceptual model of analysis of the effect of the addition of mud with ore residue on technological properties and microstructure of red ceramic, being given the physical characteristics, chemical and mineralogical data; identified the proper amount of sludge to be incorporated in the clay formulation for the manufacture of parts. Using this mud may provide technical and environmental advantages such as reduction of clay usage in the production process, and reduces environmental impact on disposal of the mud into the environment. So it is imperative the reuse of mud environmentally clean way.*

Keywords: ore residue; Red ceramics; Mud; Sustainability