

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE INDÚSTRIA QUÍMICA PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS

**Danilo Fortes Faria¹, Paulo Sérgio Mello de Oliveira², Reinaldo J. dos Santos³,
Fernando S. Ortega⁴, Ana Paula F. Albers⁵**

¹⁻³UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi, 2911 – São José dos Campos –SP, danilo.faria@cognis.com, paulo-sergio.oliveira@cognis.com, reinaldo@univap.br

^{4,5}UNIVAP/IPD, Av. Shishima Hifumi, 2911, São José dos Campos –SP, fortega@univap.br, albers@univap.br

Resumo: Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo sobre a utilização de resíduos sólidos de indústria química em argamassas de construção civil, demonstrando que é possível não somente viabilizar uma destinação mais adequada, sob o ponto de vista ambiental, mas também agregar valor a estes resíduos, eliminando os custos de sua disposição em aterros industriais. O resíduo utilizado neste trabalho é gerado no processo de dimerização de ésteres, constituído basicamente de argila montmorilonítica que foi incorporada em corpos de prova de argamassa em substituição ao agregado fino. Em seguida, os corpos de prova foram mantidos em maturação e posteriormente testados em compressão uniaxial quanto a sua resistência e, preparados para ensaio de lixiviação. Os resultados evidenciam que a utilização do resíduo em substituição ao agregado fino em teores de até 5%, é perfeitamente viável quanto à resistência mecânica.

Palavras-chave: Argamassa, resíduo sólido, dimerização de ésteres, argila.

Área do Conhecimento: Engenharia Ambiental

Introdução

O processo de dimerização de ésteres mais utilizado atualmente prevê elevadas pressões, temperaturas e catálise heterogênea utilizando argila montmorilonítica como catalisador e um co-catalisador inorgânico, além de água, que têm a função de aumentar a eficiência da argila durante a reação.

O resíduo de argila é classificado fisicamente como molhado, quimicamente orgânico, de origem industrial [5]. Atualmente este resíduo está sendo destinado a aterros sanitários, trazendo como complicadores custo extra e agravamento dos problemas ambientais, pois os aterros sanitários são denominados como reatores biológicos que possuem desvantagens como: longa imobilização de terreno, emissão de CO₂, metano, vapor d'água, N₂, ácido sulfúrico e sulfuretos, resíduos mineralizados e águas lixiviadas, que são impactados diretamente no ar, na água e no solo.

O presente trabalho visa propor a reutilização de resíduos de argila gerados no processo de dimerização, diminuindo o impacto ambiental e os custos com a disposição destes. A proposta é o emprego da argila em substituição ao agregado mais fino da areia na produção de argamassas.

Dentre os componentes da argamassa[1], o aglomerante é um material ligante que tem como função promover a união do material inerte (agregado, ou seja, areia); são usados na

fabricação de argamassas e concretos, sendo responsáveis por resistência mecânica.

Os aglomerantes classificam-se em ativos e inertes. Os aglomerantes inertes endurecem por simples secagem, tendo como exemplo a argila. Já os aglomerantes ativos dividem-se em aéreos e hidráulicos. O cimento Portland é um aglomerante ativo hidráulico, pulverulento, à base de silicatos e aluminatos que, misturados à água, se hidratam e resultam no endurecimento da massa, que então adquire elevada resistência mecânica. Este é um fenômeno físico-químico complexo e compreende a formação de um gel que se entrelaçando, endurece.

Neste trabalho, estudou-se a viabilidade de substituição da areia fina por resíduo argiloso. Para isso, variou-se os teores de resíduo adicionado à argamassa e as diversas composições foram testadas por ensaios de compressão uniaxial. Ensaios de lixiviação também são importantes e serão realizados em trabalhos futuros.

Materiais e Métodos

Para fabricação da argamassa, adotou-se como padrão a NBR 12821/1993 – Preparação de concreto em laboratório [2], utilizando os seguintes materiais:

Resíduo argiloso: constituído basicamente de argila montmorilonítica, que é um silicato de

alumínio e magnésio cuja alta atividade catalítica em dimerizações de ácidos graxos não foi ainda completamente entendida, mas atribui-se esta atividade a sua estrutura lamelar, construída basicamente de tetraédros e octaédros de átomos ou íons de oxigênio e hidroxila, ao redor de pequenos cátions, principalmente Si^{4+} e Al^{3+} . Este tipo de argila apresenta alguns sítios isomorfos onde ocorre a substituição de Al^{3+} por Mg^{2+} na camada octaédrica e a substituição de Si^{4+} por Al^{3+} na camada tetraédrica.

Cimento: aglomerante ativo hidráulico. Neste trabalho usou-se cimento CAUÊ CP II (CP 25) da Usina Jurubatuba, que é um material próprio para obras pequenas e médias, estruturas em concreto simples e armado, peças pré-moldadas e construções em geral.

Areia: areia natural, sem impurezas e lavada, de forma tal a não afetar a resistência do cimento ou influenciar as reações de hidratação. A areia adotada como padrão é uma areia encontrada no rio Tietê em São Paulo, que é classificada nas peneiras 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, e 0,15 mm conforme NBR 7214.

O resíduo foi caracterizado conforme NBR 10004/2004 [4] em massa bruta, solubilizado e lixiviado.

A composição de argamassa utilizada foi uma composição padrão, citada na Norma NBR 12821 (Tabela 1), na qual adicionou-se 12% em massa de água.

Tabela 1: Traço da Norma NBR 12821

Matéria-prima	% em massa
Cimento	25
Fração grossa nº 14 (1,2mm)	18,75
Fração média/grossa nº28 (0,6mm)	18,75
Fração média fina nº 48 (0,3mm)	18,75
Fração fina nº 100 (0,15mm)	18,75

As demais composições propostas estão descritas na Tabela 2.

Na Tabela 2 é citado água com traços de detergente. Isso refere-se à adição de 2% em massa de detergente em relação à massa de água utilizada. A adição foi necessária pois o resíduo sólido argiloso contém óleos, que dificultam a homogeneização da argamassa, pois óleos são substâncias apolares insolúveis na água, que é polar.

Tabela 2 – Composições estudadas

Amostra	Composição
A	Traço da NBR 12821
B	Cimento, água e argila, substituindo toda a areia.
C	Cimento, água (com traços de detergente) e 5% de argila na fração fina (nº 100) de areia.
D	Cimento, água (com traços de detergente) e 10% de argila na fração fina (nº 100) de areia.
E	Cimento, água (com traços de detergente) e 15% de argila na fração fina (nº 100) de areia.
F	Cimento, água (com traços de detergente) e 100% de argila na fração fina (nº 100) de areia.

Para a preparação dos corpos-de-prova, misturou-se a massa seca em travessa de aço inox e moldando-a em forma de coroa adicionou-se à água (em alguns casos, com adição de detergente). Buscou-se a homogeneização da massa com a água por 1 minuto e amassou-se energeticamente por 5 minutos. A mistura foi então colocada em moldes cilíndricos de altura de 100mm e diâmetro de 50mm; com auxílio de espátula. Para melhor compactação, o molde foi preenchido em 3 camadas de altura semelhantes, recebendo 10 golpes moderados com o soquete normal em cada uma delas. Após a compactação da última camada procedeu-se o nivelamento dos corpos de prova. Os corpos de prova foram armazenados em câmara de umidade (98% umidade e 23º C temperatura).

A caracterização dos corpos de prova foi por ensaio de compressão uniaxial (Figura1), em máquina universal de ensaios após cura durante 3, 7, 14, 21 e 28 dias. A resistência mecânica [3] foi obtida utilizando-se:

1. Area da seção transversal em mm^2 :

$$S = \Pi \cdot D^2 / 4$$

2. Resistência em MPa = $P / (S \cdot g)$
onde P é a resistência obtida no teste de compressão e g, a aceleração da gravidade ($9,81\text{m/s}^2$)

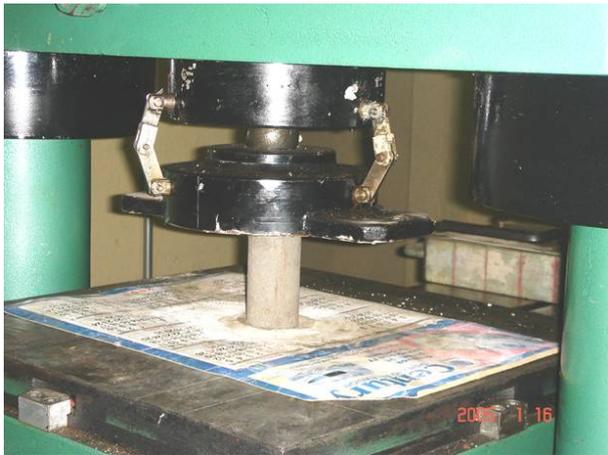


Figura 1 – Compressão uniaxial em um corpo de prova.

Resultados

Os resultados de resistência mecânica obtidos com ensaios de compressão uniaxial estão expressos na Tabela 3. Todos os corpos-de-prova romperam de modo semelhante, como apresentado na Figura 2.

Tabela 3 – Resistência mecânica das composições estudadas após diversos tempos de cura (MPa).

Amostra	Tempo de cura (dias)				
	3	7	14	21	28
A	8,57	15,84	17,14	19,74	25,97
B	0,08	0,26	0,26	0,26	0,26
C	8,57	15,58	16,10	17,92	19,74
D	7,01	9,61	14,02	16,36	17,14
E	3,90	8,31	11,17	13,25	13,76
F	0,26	0,34	0,29	0,29	0,26



Figura 2 – Detalhe da fissura de um corpo de prova.

Discussões

O ensaio do resíduo conforme NBR 10004/2004 em massa bruta, solubilizado e lixiviado, caracterizou-o como resíduo classe 1, contendo fenóis, alumínio, manganês e surfactantes acima do limite estabelecidos na norma, em seu teste solubilizado. No teste de massa bruta os limites ultrapassados foram os parâmetros: hidrocarbonetos e óleos e graxas. Já no teste de lixiviação, todos os parâmetros da apresentaram resultados dentro do limite. Resíduos dessa natureza podem ser utilizados em argamassas de construção civil, desde que não comprometam a resistência mecânica e sejam incorporados à mistura, de forma que após a cura, os itens tóxicos não sejam lixiviados quando exposto às intempéries. Neste trabalho, foi avaliada a resistência mecânica das argamassas, sendo que ensaios de lixiviação serão realizados em etapa posterior.

A resistência mecânica da argamassa descrita pela Norma NBR 12821 deve alcançar 8, 15 e 25 MPa em 3, 7 e 28 dias respectivamente, de acordo com normalização.

Os testes efetuados demonstram que a amostra A, traço da NBR 12821, comprovou sua eficiência quanto à resistência requerida. Em todos os ensaios, a resistência obtida foi superior ao especificado pela norma, servindo portanto como referência na comparação com as demais amostras.

A baixa resistência mecânica da composição B, que se refere apenas à combinação resíduo/cimento, evidenciou que não houve homogeneização da mistura, ou seja, a argila impregnada em óleo não se misturou à pasta de cimento. Além disso, por se utilizar apenas argila (de granulometria fina) nessa composição, não houve empacotamento adequado de partículas que resultasse em maior resistência mecânica.

Buscando solucionar o problema de homogeneização da mistura que leva ao comprometendo as propriedades mecânicas do produto final, adicionou-se detergente nas demais composições. Com a adição de detergente, que é um surfactante, foi possível compatibilizar as superfícies envolvidas, favorecendo a adesão e aumentando a resistência mecânica da argamassa.

A amostra **C** obteve eficiência nos testes de compressão realizados nos tempos de cura de 3, 7 e 14 dias, apresentando resistência inferior ao padrão com tempo de cura de 21 e 28 dias, mas ainda suficiente para aplicações que não requeiram elevada resistência mecânica, por exemplo, em revestimento de paredes internas. Para esta composição, o teor de finos adicionado ao sistema e o óleo presente, parecem não ter comprometido drasticamente o desempenho, como observado para as composições D e E.

As amostras D, E e F não atingiram o padrão necessário nos testes realizados, o que descaracteriza sua aplicação para as atividades propostas. Este fato está associado ao elevado teor de resíduo que foi utilizado nessas composições, pois as argilas são constituídas de partículas de pequeno tamanho, aumentando consideravelmente a fração de finos nestas composições, comprometendo o empacotamento das partículas e conseqüentemente a resistência mecânica do sistema.

Vale salientar que a resistência de uma argamassa é dependente de diversos fatores, dentre eles, relação água/cimento, distribuição granulométrica dos componentes e energia de mistura. Desta forma, um estudo mais detalhado envolvendo estes parâmetros pode resultar em ganho de resistência mecânica.

Conclusões

A presença do óleo no resíduo dificultou a homogeneização do sistema, pois a argila impregnada com óleo apresentou caráter hidrofóbico.

A utilização de um agente surfactante (detergente) melhorou a compatibilidade da argila com a pasta de cimento, possibilitando a conformação dos corpos-de-prova.

Por apresentar pequenos tamanhos de partículas, ao adicionar argila à argamassa, substituindo completamente a areia, elevou-se consideravelmente o teor de finos da composição, comprometendo o empacotamento e conseqüentemente a resistência mecânica do produto final. Porém, adicionando-se até 5% de resíduo argiloso, os resultados de resistência mecânica são relativamente próximos daqueles determinados pela norma, possibilitando a aplicação da argamassa em situações que não

requeiram elevada resistência mecânica, por exemplo, em revestimento de paredes internas.

De qualquer forma, ensaio de lixiviação para a composição **C** deverá ser realizado, para certificar-se que o resíduo não será lixiviado quando exposto às intempéries.

Referências

[1] ARMANGE, L.C.; NEPPEL, L.F.; GEMELLI, E.;CAMARGO, N.H.A. Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa. **Revista Matéria**, v. 10, n. 1, pp. 51 – 62, Março de 2005.

[2] NBR 12821 - Preparação de Concreto em Laboratório, Rio de Janeiro, 1993.

[3] NBR 7215 - Determinação da Resistência à Compressão – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, 1982.

[4] NBR 1004 - Resíduos Sólidos, Rio de Janeiro, 1987.

[5] www.ambientebrasil.com.br