

APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE COURO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

Carol Ferreira Rezende Santos¹
Rita de Cássia Silva Sant'Ana Alvarenga²
Benício Costa Ribeiro³
Charles Luiz da Silva⁴
Ana Augusta Passos Rezende⁵
Délío Porto Fassoni⁶

- (1) Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV)
(2) Professora Associada, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV)
(3) Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV)
(4) Professor, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Viçosa (UFV)
(5) Professora Associada, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV)
(6) Professor Associado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Carolrlieb@gmail.com

RESUMO

Este trabalho analisa a incorporação do resíduo de pó-de-couro ao solo, com vistas à aplicação em tijolos de solo-cimento. O pó de couro utilizado é proveniente da etapa de acabamento da indústria de couro e apresenta em sua composição o elemento cromo que, passando à forma hexavalente, torna-se cancerígeno. Realizaram-se experimentos relacionados à prensagem dos tijolos, absorção de água, compressão simples, lixiviação e solubilização de forma que as misturas mantivessem os requisitos mínimos para utilização destes tijolos. As dosagens, estudadas em volume, foram: 0%, 10%, 15%, 20%, 30% de pó-de-couro em relação ao solo. Apenas a dosagem de 10% foi capaz de atender aos requisitos da ABNT NBR 8491:1984, que prescreve resistência mínima de 2 MPa e teor de absorção inferior a 20%. Para tal dosagem, de acordo com os limites da ABNT NBR 10004:2004, o extrato lixiviado foi considerado pertencente à classe II "não inerte", tornando-se possível a utilização na construção civil.

Palavras-chave: *tijolo de solo-cimento, resíduos de couro, reaproveitamento na construção civil.*

INTRODUÇÃO

Atualmente, assuntos como preservação ambiental, desenvolvimento sustentável e construções com menor custo têm sido foco de diversos debates. Com o crescente desenvolvimento da humanidade, os recursos naturais têm sido amplamente

utilizados, gerando conseqüentemente, grandes volumes de resíduos. A reutilização destes, provenientes dos mais diversos tipos de produção tem sido apresentada como uma maneira de minimização do impacto gerado pela exploração de novas jazidas e de ambientes naturais intocados, bem como uma diminuição do custo final dos produtos acabados.

Dentro deste contexto, pode-se citar a indústria de couro, como um setor com alto potencial poluidor, pois, desde a pele esfolada até o produto acabado, ocorre a formação de resíduos perigosos (classe I), gerados principalmente durante a etapa de curtimento. É nesta etapa de beneficiamento que é largamente empregado o cromo (na forma de sulfato básico, $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$, (forma trivalente)), sendo este, metal pesado, que caso passe à forma hexavalente, é potencialmente danoso à saúde humana. O sulfato básico em questão confere ao couro propriedades importantes e essenciais, como maleabilidade e durabilidade, propriedades estas que muitas vezes não são alcançadas através de outros processos de curtimento disponíveis. Por este motivo, pesquisadores têm procurado uma forma de dar um destino adequado às sobras, criando essencialmente uma alternativa tecnológica e economicamente compatível com o volume produzido.

Segundo pesquisas, o cimento Portland possui características vantajosas como a capacidade de redução da solubilidade de elementos orgânicos, bem como possui elevada durabilidade no ambiente natural e o principal, apresenta preço baixo. Tachard (2006) explica que é possível imobilizar o cromo usado no curtimento do couro e presente nos resíduos, utilizando uma matriz de cimento Portland.

Por outro lado, buscando-se soluções que apresentem menor custo, o teor de cimento na mistura couro-cimento deve ser a menor possível. Um dos tipos de associação tecnológica de baixo custo mais comum ao cimento, e que apresenta características como durabilidade e resistência, é a mistura solo-cimento. Este composto é obtido a partir de uma compactação do solo, a qual se acrescenta uma pequena quantidade de cimento com uma umidade denominada umidade ótima, sendo esta essencial para garantir a compactação da mistura de forma a se obter resistência máxima. Devido ao seu baixo custo de produção e à relativa facilidade de se montar uma linha de produção sem grandes investimentos, esse composto é bastante utilizado na fabricação de blocos e tijolos prensados a frio, manualmente.

Portanto, uma solução considerada viável é aquela que associa baixo custo à qualidade, e que ainda respeite o meio ambiente. Dentro deste quadro, esse trabalho propõe investigar a possibilidade de produção de tijolos de solo-cimento com adição do resíduo de couro. Dentre outras motivações, tal alternativa foi sugerida visando à destinação adequada para um resíduo considerado perigoso, incorporando a um componente da construção civil, que pode ser feito manualmente, isto é sem tratamento prévio e mão-de-obra qualificada. Além disso, é uma alternativa que apresenta baixo custo de produção, sendo, portanto ideal para combater o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, pesquisou-se a associação de solo+cimento, com o resíduo de couro. Como não existem normas a respeito destas misturas, adotou-se que a mistura (solo+couro) deveria obedecer a ABNT NBR 10832: 1989, que determina critérios para escolha do solo para prensagem dos tijolos. Há ainda ensaios expeditos para seleção de solos que, segundo o Ceped (1984), que podem ser usados em situações que não existe possibilidade de ser feita uma caracterização de solo em laboratório, sendo o mais conhecido e que foi realizado neste trabalho o Ensaio da Caixa.

Caracterização dos materiais

Foi realizada a caracterização física e mecânica do solo, do resíduo e das misturas solo-couro, as quais se adicionaram diferentes teores de serragem de couro.

Procedência e Caracterização Física da serragem de couro

O resíduo em questão trata-se da serragem de couro que é proveniente da produção de equipamentos de proteção individual (EPI) tais como calçados e luvas, coletados da empresa Marluvas, situada em Dores de Campos – MG. Esta foi caracterizada quanto ao teor de umidade, análise granulométrica e densidade aproximada.

Para cálculo da densidade, foi colocado couro em 5 camadas, em um recipiente de volume conhecido, sendo que a cada camada foi aplicada uma pressão com os dedos até que o couro se compactasse, reduzindo assim a variação de volume, equação A.

$$\text{densidade aproximada} = \frac{\text{massa de couro}}{\text{volume do recipiente}} \quad (\text{A})$$

O teor de umidade foi obtido pesando-se cerca de 50g de couro em uma cápsula que foi tampada e pesada. Após a remoção da tampa, a cápsula foi colocada em estufa a 105°C por um período de 24 horas. O recipiente foi então retirado da estufa recolocando a tampa e, então, depois de frio, foi pesado novamente. O teor de umidade foi obtido através da equação (B), descrita a seguir:

$$h = \frac{mbu - mbs}{mbs - m} * 100 \quad (\text{B})$$

Onde:

h = teor de umidade

mbu = massa bruta úmida + recipiente (com tampa)

mbs = massa bruta seca + recipiente (com tampa)

m = massa do recipiente (com tampa)

A classificação granulométrica da serragem de couro foi obtida utilizando-se peneiras padronizadas pela ABNT. Por falta de normas de peneiramento da serragem, optou-se por seguir o mesmo procedimento utilizado para a fração fina do solo, realizado segundo a ABNT NBR 7181:1984. Foram utilizados 500g de resíduos, colocados na peneira de forma que o volume não ultrapassasse 2/3 de sua altura. O sistema de peneira foi montado e agitado por 2 minutos. Após este período, pesou-se a quantidade de resíduo retida em cada peneira.

Procedência e Caracterização das misturas solo-couro

O solo utilizado na caracterização das misturas solo-couro tem como procedência o Sítio Nô da Silva, localizado em Cajuri, Minas Gerais. Foram realizadas várias dosagens de mistura solo-couro, a fim de se encontrar uma que permita maior porcentagem de couro e, ao mesmo tempo, atenda aos requisitos da ABNT NBR 10832: 1989 permitindo, desta forma, sua utilização em tijolos de solo-couro-cimento. Para tal, partiu-se de uma proporção base de 1:10, de cimento e mistura, respectivamente. As porcentagens, em volume, de mistura estudadas foram 0:100, 10:90, 15: 85, 20:80, 30:70 (couro: solo).

Para caracterização física e mecânica do solo e das misturas, foram feitos os seguintes ensaios: análise granulométrica conjunta, limite de plasticidade (LP), limite de liquidez (LL), massa específica e ensaio de compactação.

- **Teor de umidade**

O teor de umidade foi obtido, utilizando cerca de 100g da mistura. O teor de umidade é obtido através da equação B.

- **Análise granulométrica conjunta**

O ensaio de granulometria foi realizado segundo a ABNT NBR 7181:1984.

- **Limite de plasticidade**

Esse parâmetro foi obtido segundo a norma ABNT NBR 7180:1984.

- **Limite de liquidez**

Esse parâmetro foi obtido para a mistura conforme a norma ABNT NBR 6459:1984.

- **Massa específica do solo**

Esse parâmetro foi obtido de acordo com a ABNT NBR 6508:1984.

- **Ensaio de compactação**

O ensaio foi realizado segundo a ABNT NBR 7182:1986.

- **Ensaio da caixa**

Para este ensaio foi tomada uma porção de mistura destorroada, cerca de 4 kg, e foi acrescentada água até a mistura aderir a uma superfície metálica, com a colher de pedreiro. Em seguida, a mistura foi colocada em uma caixa com dimensões internas de (60 x 8,5 x 3,5) cm, previamente lubrificada com um desmoldante, no caso, o óleo diesel. Deixou-se a caixa moldada com a mistura à sombra por sete dias e, em seguida, foi medida a retração no sentido do comprimento (CEPED (1984)). A retração máxima aceita é de 2 cm.

Cimento

O agente utilizado foi o cimento Portland composto com escória, CP II E 32 TUPI.

Confecção dos tijolos

Dosagem das misturas solo-cimento-couro

As dosagens foram feitas em volume, obedecendo aos traços 1:9:1;1:8,5:1,5; 1:8:2; 1:7:3(cimento, solo , couro), misturados em betoneira . O volume de água a ser acrescentado foi calculado de acordo com a umidade ótima obtida no ensaio de compactação. A mistura homogênea de cimento-solo-couro foi prensada e em seguida levada à sombra, para cura úmida, permanecendo por 7 dias.

Resistencia à compressão e absorção de água

Os ensaios para determinação da resistência à compressão e absorção de água foram executados conforme os procedimentos da norma ABNT NBR 10836:1994.

- ***Resistência à compressão simples***

Os ensaios de compressão simples foram feitos de acordo com as condições da ABNT NBR 8492:1984. De acordo com a ABNT NBR 8491:1984, a amostra ensaiada não deve apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor que 2,0 MPa, nem valor individual menor que 1,7 MPa.

- ***Ensaio de absorção***

O Ensaio de Absorção de água foi realizado segundo a ABNT NBR 13555:1996. De acordo com a ABNT NBR 8491:1984, a amostra ensaiada não deve apresentar a média dos valores de absorção de água maior que 20% nem valores individuais maiores que 22%.

Ensaio de lixiviação e solubilização

Para os tijolos que contêm resíduo de couro como componentes foram realizados ensaios de lixiviação, para classificá-los como perigosos ou não perigosos. Caso o extrato lixiviado possua teor de cromo maior que o prescrito por norma, o resíduo é considerado perigoso. Caso contrário, é necessário efetuar o ensaio de solubilização, pois assim torna-se necessário classificá-lo como inerte ou não inerte.

O ensaio de lixiviação foi realizado de acordo com a ABNT NBR 10005:2004 e o ensaio de solubilização realizado de acordo com ABNT NBR 10006:2004.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização dos materiais

A seguir são apresentados os resultados da caracterização física e mecânica do solo, do resíduo e das misturas solo-couro.

Caracterização física da serragem de couro

A serragem de couro se apresenta na forma de microrretalhos, que, compactados manualmente em um recipiente de 1,88 L, apontaram uma densidade aproximada de 0,3g/cm³. Na tabela 1 são apresentados os resultados referentes aos teores de umidade obtidos para a serragem de couro. Na figura 1 apresenta-se a curva granulométrica referente à fração grossa da serragem e na figura 2 é apresentada uma fotografia da serragem de couro estudada. A partir dos ensaios físicos iniciais, da determinação da umidade e da análise granulométrica, é possível realizar alguns comentários:

Tabela 1: Teor de umidade da serragem de couro.

Teor de Umidade				
Cápsula	g	42	F69	F87
Massa bruta úmida	g	37,11	37,88	40,19
Massa bruta seca	g	36,13	36,84	39,05
Tara da cápsula	g	27,45	27,80	29,20
Teor de umidade	%	11,29	11,50	11,57
Teor de umidade médio	%	11,46		

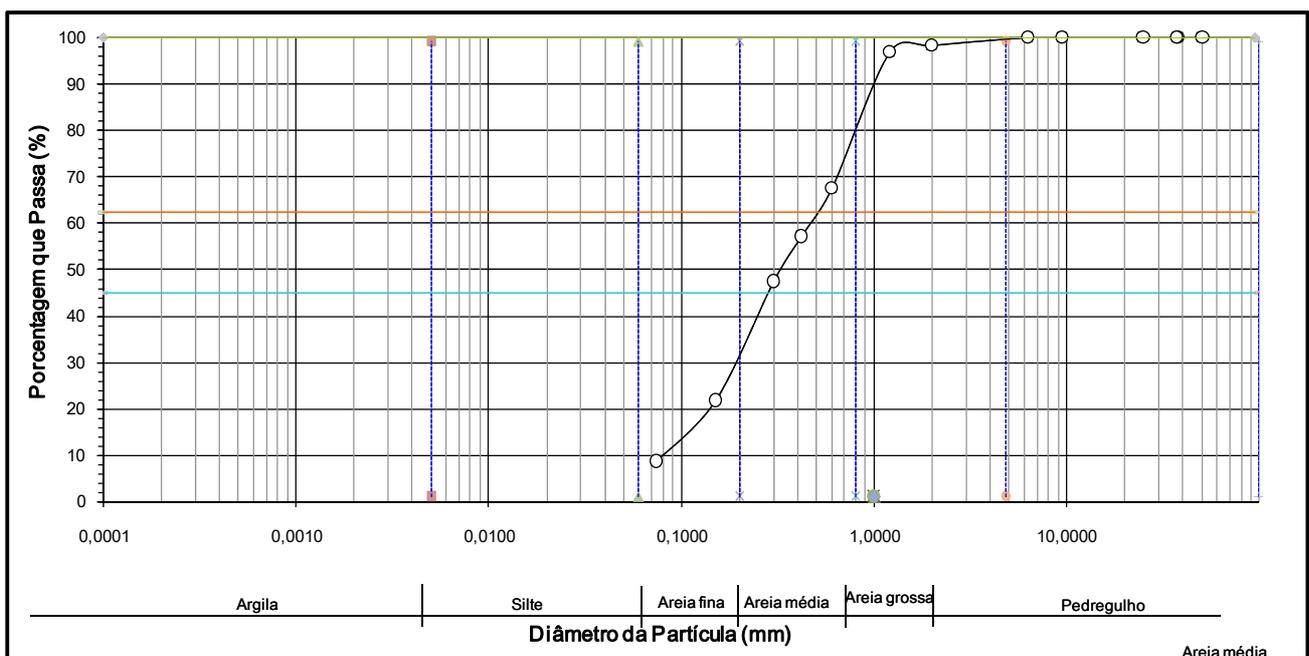


Figura 1: Determinação da granulometria da serragem de couro, para etapa relativa ao peneiramento.

Pode-se notar pela figura 1 que cerca de 60% da serragem apresenta diâmetro que varia de 0,6 mm a 0,074 mm, ou seja, apresenta dimensões próximas às da areia média à fina. A segunda maior dimensão das partículas presente na serragem de couro diz respeito à dimensão similar a dos grãos de areia grossa ($0,06 \text{ mm} < d < 2 \text{ mm}$ ABNT NBR 7181:1984), apresentando cerca de 30%. Para a fração fina do solo, não foi possível chegar a resultados conclusivos na etapa de sedimentação (que varia de 0,074 mm a 0,002 mm) visto que o couro, por ser um material heterogêneo, apresentava a cada instante um comportamento diferente.



Figura 2: Fotografia do resíduo de couro estudado.

Caracterização física do solo e das misturas

Para se utilizar um solo na confecção de tijolos de solo-cimento, é necessário verificar se ele atende às exigências da ABNT NBR 10832:1989, que são:

- Passante na peneira ABNT 4, 8 mm: 100%
- Passante na peneira ABNT 0, 075 mm: 10% a 50%
- Limite de liquidez: $\leq 45\%$
- Índice de plasticidade: $\leq 18\%$

• Teor de umidade

O resultado é apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Teor de umidade das misturas solo-couro.

teor de umidade relativo as misturas solo-couro					
dosagem	0%(couro)	10%(couro)	15%(couro)	20%(couro)	30% (couro)
teor de umidade	11,73%	1,61%	2,18%	1,82%	2,42%

• Análise granulométrica do solo e das misturas

Os resultados das análises granulométricas conjuntas das amostras são apresentados na figura 3. Na tabela 3, são apresentadas as percentagens das amostras em cada classe de tamanho das partículas.

Tabela 3: Classificação do solo segundo ABNT NBR 7181:1984.

Porcentagem	solo+(couro)				
	0%+100%	10%+90%	15%+85%	20%+80%	30%+70%
Argila	16	8	5	5	2
Silte	11	15	17	17	20
Areia	61	65	66	66	66
Pedregulho	12	12	12	12	12

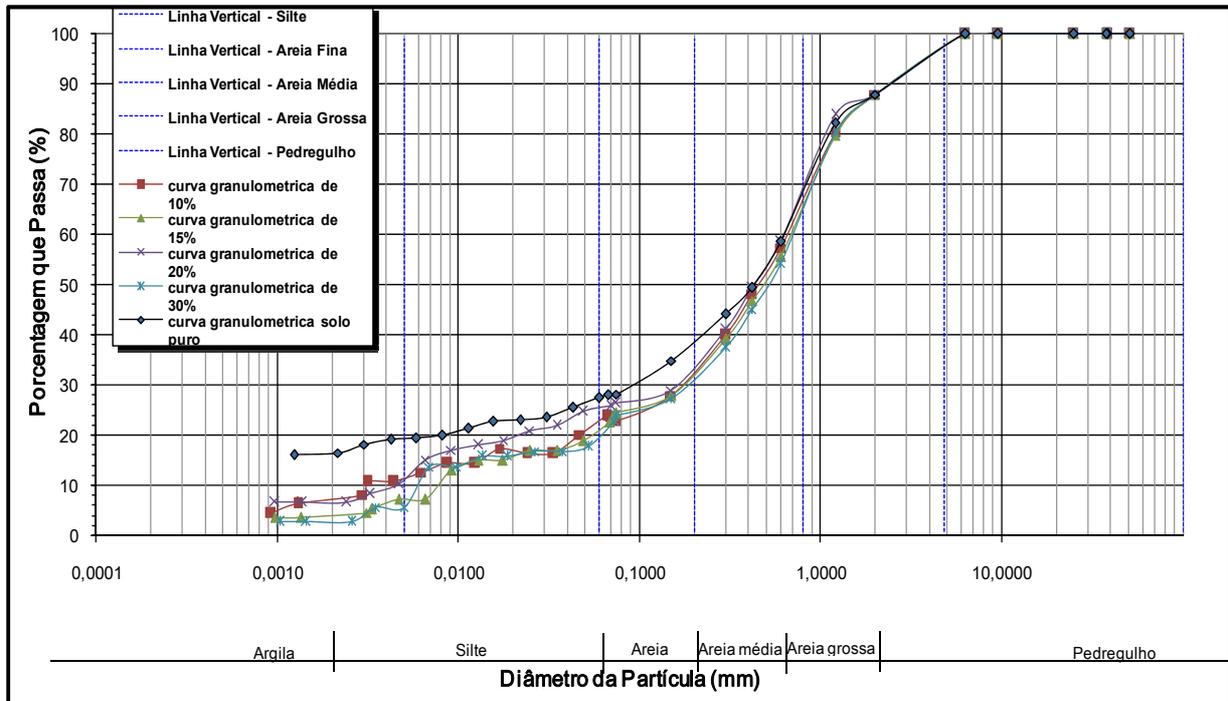


Figura 3: Análise granulométrica para todas as dosagens estudadas.

Conforme o resultado obtido, é possível perceber que a porcentagem de argila diminuiu, ao passo que a de silte aumentou o que leva a acreditar que, na mistura, a serragem de couro admite um comportamento siltoso, resultado esperado em virtude da porcentagem passante na peneira de malha 0,06 mm. Para as porcentagens estudadas foi visto que a fração mais grossa, como areia grossa e pedregulho, não apresentou mudanças de porcentagens, o que é compreensível, tendo em vista que a serragem de couro é bastante fina provocando apenas mudança nas frações finas. Ainda sim, segundo os critérios apresentados por Ceped (1984) e de acordo com a classificação na ABNT NBR 10832:1989, com relação à granulometria, as misturas em questão são adequadas para utilização em solo-cimento.

- **Limite de plasticidade do solo**

Os dados obtidos para determinação do limite de plasticidade (LP), limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) são apresentados na tabela 4:

Tabela 4: Resultado do LL,LP e IP.

Resumo dos ensaios Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade					
ensaios	dosagens				
	puro	10%	15%	20%	30%
limite de plasticidade	24,36%	26,4%	28,42%	32,64%	43,9%
limite de liquidez	29,6%	36,2%	36,9%	37,53%	51%
índice de plasticidade	5,24%	9,8%	8,48%	4,89%	7,1%

É possível notar que apesar do aumento do teor de umidade, todas as misturas estão dentro dos critérios apresentados pelo ABNT NBR 10832:1989, que estabelecem um limite de liquidez igual ou inferior a 45%

- **Massa específica das misturas solo couro**

Os dados obtidos para o ensaio de massa estão indicados na tabela 5:

Tabela 5: Resultado obtido para o ensaio de massa específica dos sólidos.

resumo da massa específica dos sólidos					
dosagens	0%	10%	15%	20%	30%
massa específica g/cm ³	2,7	2,772	2,652	2,602	2,452

Percebe-se que à medida que se adiciona serragem de couro à mistura, a massa específica dos sólidos tende a diminuir em função da substituição de um material mais pesado (solo), por um mais leve (couro) e com comportamento mais plástico.

- **Compactação das misturas solo-couro**

O ensaio de compactação foi realizado para as misturas e os resultados são apresentados na Figura 4 e na tabela 6.

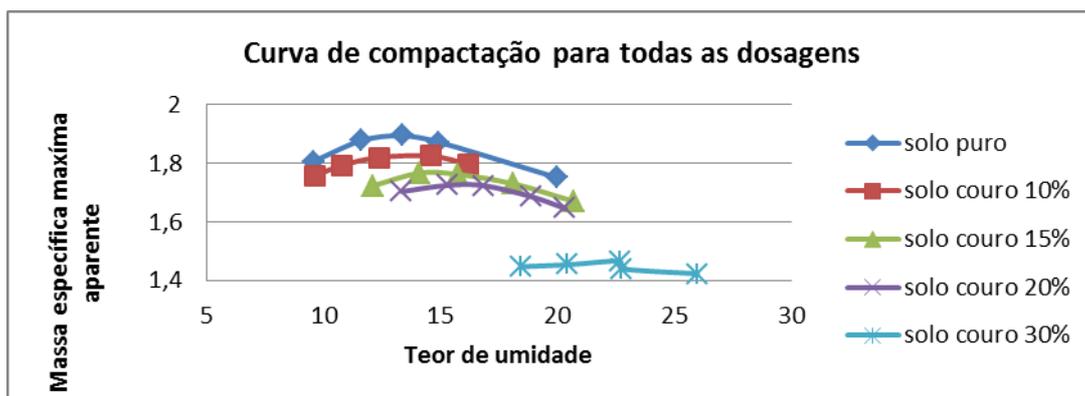


Figura 4: Curvas de compactação para todas as dosagens estudadas.

Tabela 6. Resumo dos resultados de compactação.

mistura	puro	10%	15%	20%	30%
teor de umidade ótimo (%)	13,5%	14,4%	14,6%	16,3%	22,5%
massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)	1,892	1,825	1,765	1,726	1,467

Através da tabela 6 é possível perceber que à medida que se adiciona serragem de couro, a massa específica aparente seca máxima tende a diminuir, ao passo que o teor de umidade tende a aumentar, em função do aumento de finos.

As curvas das misturas com 10%, 15% e 20% de couro em relação ao volume de material inerte (solo+couro) possuem um comportamento mais achatado, o que indica a baixa sensibilidade da curva de compactação nas proximidades do ponto ótimo, com relação ao teor de umidade. O mesmo não ocorre na curva com 30%, visto que esta apresenta um formato mais pontiagudo, indicando que qualquer variação na umidade é capaz de provocar grandes mudanças no valor da massa específica aparente seca máxima. Esta mudança de tendência ocorre geralmente em solos mais arenosos. Neste caso específico, esta variabilidade pode ter ocorrido devido à presença de grande quantidade de serragem de couro, cuja maior porcentagem corresponde a partículas de diâmetro semelhante à da areia fina.

- **Ensaio da caixa para misturas solo-couro**

Este ensaio mede retração do solo, determinando assim a possibilidade deste ser usado na fabricação de tijolos. O resultado obtido para a retração ocorrida em 7 dias foi de 1,3 cm para 0%; 1,4 cm para 10%; 1,5 cm para 15%; 1,6 cm para 20% e 1,7 cm para 30%. Nota-se que as misturas estudadas podem ser usadas para fabricação de tijolos de solo cimento, visto que a retração foi menor que o limite de 2 cm.

Caracterização física e mecânica dos tijolos de solo-cimento-couro

- **Absorção de água**

Os valores para absorção de água encontrados nos tijolos aos 28 dias estão representados na figura abaixo:

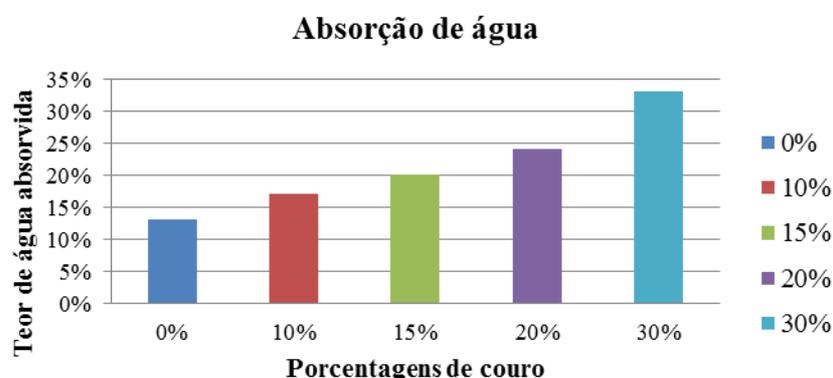


Figura 5- Absorção média dos tijolos solo-couro, com diversos teores de couro.

Pela ABNT NBR 8491:1984, o teor de umidade médio deve ser inferior a 20%, enquanto que o individual deve ser menor que 22%. Logo, pela figura 5 as dosagens de 10% e 15% se encontram dentro dos limites estipulados pela norma.

- **Ensaio de Compressão Simples**

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão simples para os tijolos nas proporções estudadas. Nas figuras 6 a 8, estão apresentados os resumos dos ensaios de resistência à compressão em tijolos maciços com os diversos teores de mistura solo-couro avaliados, para as idades de 7, 14 e 28 dias, respectivamente.

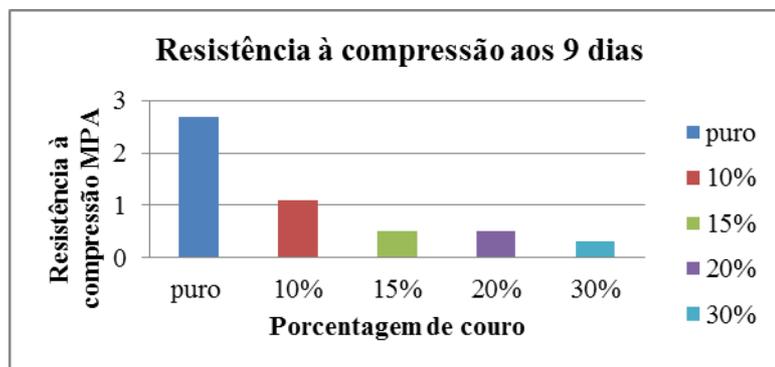


Figura 6 - Ensaio de resistência à compressão em tijolos de solo- cimento-couro, aos 9 dias.

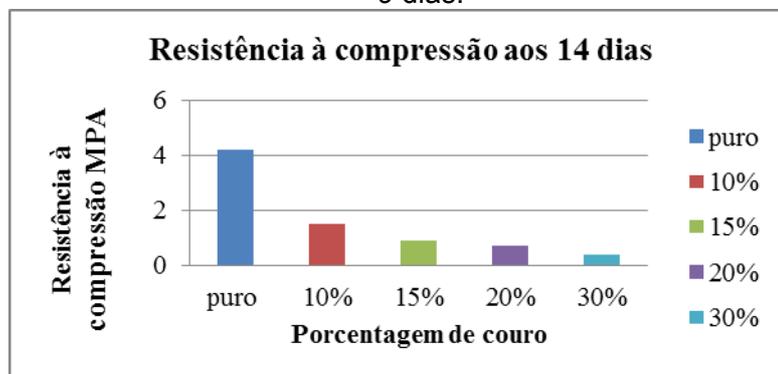


Figura 7 - Ensaio de resistência à compressão em tijolos de solo- cimento couro, aos 14 dias.

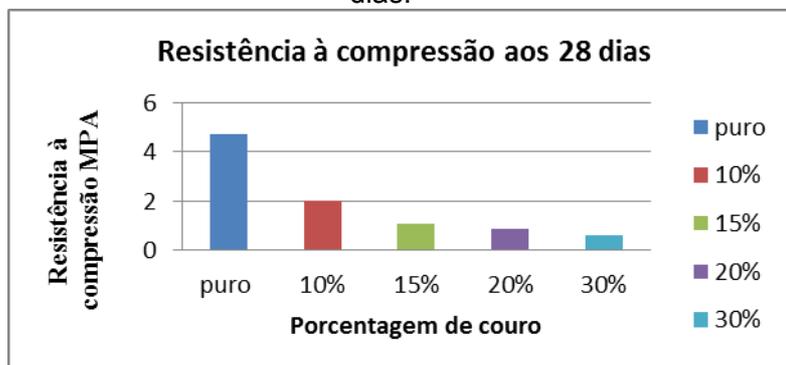


Figura 8 - Ensaio de resistência à compressão em tijolos de solo- cimento couro, aos 28 dias.

A norma para bloco vazado de solo-cimento não estrutural, ABNT NBR 10834:1984, apresenta como resistência mínima o valor de 2 MPa, a ser atingida após 28 dias de cura. Pela falta de uma norma existente que contenha o ensaio para tijolos de solo-cimento com a adição de resíduos, foi estipulado que estes apresentassem aos 28 dias no mínimo uma resistência de 2 MPa. Conforme mostrado os tijolos de 30%, 20% e 15% de couro adicionado apresentaram resistência inferior, restando apenas os de 10%.

Esta perda de resistência deve-se a presença do pó de couro, visto que este, como já foi dito, é um material que não apresenta resistência mecânica, de forma que quando solicitado este se deforma, voltando à forma inicial quando retirada a força de compressão, apresentando elevada deformabilidade. Portanto apenas os tijolos com 10% de adição podem ser comercializados, já que possuem além de resistência, níveis de absorção de água satisfatórios, restando, porém as análises de lixiviação e solubilização.

- **Ensaios de lixiviação e solubilização**

Foi feito através dos ensaios de lixiviação e solubilização, uma avaliação da insolubilidade do cromo no cimento Portland. Esta mostra-se relevante pelo fato dos resultados de resistência mecânica e absorção não certificarem a conformidade da adição do resíduo às amostras: mesmo que na resistência e absorção os resultados sejam satisfatórios, a impossibilidade de retenção do cromo nos tijolos pode ser um fator negativo a ser considerado. Na tabela 6 é possível verificar os teores de cromo encontrado nas análises das amostras dos tijolos.

Tabela 6 –Resultado do ensaio de lixiviação para amostras de tijolos de solo-cimento- couro.

resultado do ensaio de lixiviação para os tijolos de solo-cimento com inclusao de couro													
		teor de couro	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Zn	As	Ag	Ba
ID-Lab	ID-Cliente		mg/L										
1	135A	20%	7,900	0,026	7,140	3,478	0,000	0,01	0,751	0,644	0,000	0,000	10,757
2	139A	10%	3,926	0,034	7,510	2,776	0,000	0,007	0,789	0,443	0,000	0,000	10,804
3	AB-2	15%	5,360	0,027	7,640	5,94	0,000	0,008	0,854	0,557	0,000	0,000	10,206
4	AB-4	30%	8,480	0,031	7,010	3,778	0,000	0,013	0,94	0,473	0,000	0,000	9,422

De acordo com a norma ABNT NBR 10004:2004, o limite máximo de cromo total aceito no extrato é de 5,0 mg de cromo por litro lixiviado. Como a quantidade de cromo total obtido nos ensaios para porcentagem de 15%,20% e 30% foram maiores que o limite, as amostras são classificadas como “perigosas”. Apenas a amostra

relativa à porcentagem de 10% foi a que ficou abaixo dos 5 mg de cromo por litro lixiviado, sendo assim considerada “não perigosa”. Neste caso, é necessária a realização do ensaio de solubilização para determinar se é “inerte” ou “não-inerte”. O Ph final dos extratos obtidos para 10%,15%,20% e 30% são respectivamente 5,33;5,2;5,36;5,43.

Tabela 7 –Ensaio de solubilização para amostra de 10%+90% (couro+solo)

		Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Zn	As	Ag	Ba	Se
ID-Lab	ID-Cliente	mg/L											
1	1	1,389	0,109	0,000	0,008	0,137	0,001	0,103	0,011	0,000	0,000	1,588	0,000
2	2	1,41	0,11	0,000	0,006	0,130	0,003	0,089	0,012	0,000	0,000	1,802	0,000

Segundo a norma ABNT NBR 10004:2004, o teor máximo de cromo total permitido para que a amostra seja considerada inerte é de 0,05 mg por litro no extrato solubilizado. Para a amostra analisada este resultado foi de 1,41 mg/L (as duas determinações acima dizem respeito a amostra de 10%) porém este ensaio exige que seja feito, ensaio em duplicata, portanto o extrato lixiviado da amostra é considerada classe II A **Não inerte**. O Ph final para mistura de 10% foi de 10,91.

Os resíduos classificados como classe II A não inertes, apesar de não apresentarem periculosidade, podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Desta forma, sob o ponto de vista ambiental e da literatura, apesar de não ser considerado um elemento perigoso, o uso destes tijolos expostos à chuva podem trazer prejuízos devido à possibilidade de solubilização do cromo na água. Desta forma, recomenda-se que seja aplicada sobre os tijolos uma camada impermeabilizante, antes de sua utilização.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi avaliada a possibilidade de incorporação de pó de couro em tijolos de solo-cimento. Para isto, foram testados diferentes teores de couro. A incorporação do couro ao solo-cimento resultou na redução da massa específica, bem como na densidade aparente seca ótima, em função da substituição de um material mais pesado (solo), por um mais leve (couro) e com comportamento mais plástico. Os limites de liquidez e plasticidade também obtiveram um aumento na porcentagem de umidade, indicando assim um aumento de finos na mistura. Para todas as dosagens estudadas, as misturas solo-couro passaram nos critérios exigidos pela norma ABNT NBR 8491:1984, para que se pudessem prensar tijolos de solo-cimento.

No que se refere à absorção de água, foi observado que as amostras de 20% e 30% de couro (em relação ao material inerte) não satisfizeram às condições da ABNT NBR 8491:1984. Para as dosagens de 10% e 15% de couro, a absorção de água foi inferior aos limites máximos estipulados pela norma. Com relação à compressão simples, pode-se dizer que a única dosagem que atendeu ao limite mínimo de 2MPa, aos 28 dias, foi a dosagem correspondente ao acréscimo de 10% de pó de couro à mistura, em relação ao volume de material inerte. O que indica que uma pequena variação no teor de pó de couro afeta consideravelmente na resistência mecânica dos tijolos.

No ensaio de lixiviação, foi possível observar que as porcentagens 15%, 20% e 30% apresentaram no extrato lixiviado teor de cromo maior que o recomendado por ABNT NBR 10004:2004, indicando que, para estas dosagens, o produto da lixiviação dos tijolos é considerado classe I “perigosos”. Para a dosagem de 10%, o teor de cromo ficou bem abaixo do estipulado por norma, sendo, portanto considerado resíduo classe II. No ensaio de solubilização o resultado foi maior que o prescrito por norma, podendo dizer que a amostra em questão é considerada como não inerte, sendo, portanto, classificada como resíduo classe IIA não inerte. Os resíduos classe IIA “Não Inerte” não apresentam periculosidade, porém, pode ser possível que estes se solubilizem na água ou, ainda, sejam biodegradáveis.

De uma forma geral, pode-se dizer que os tijolos de solo-cimento com 10% de adição de pó de couro apresentaram resultados satisfatórios, possuindo dentre todos, os melhores resultados dos ensaios realizados. Portanto pode-se concluir que os tijolos que apresentam 10% de pó de couro em sua composição, representam uma nova alternativa para o descarte deste resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS-ABETRE. Disponível em: www.abetre.org.br .Seção “Sala de imprensa”. Acessado em out 2005
- (2) PINTO, C.A. **Estabilização por solidificação em cimento do resíduo do curtimento do couro contendo cromo**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo (SP). 2001, 90p
- (3) CAMARGO, B. **À Flor da pele. Repórter Brasil**, jun. 2005. Disponível em WWW.reporterbrasil.com.br Acessado em ago 2005.

- (4) FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL-FEPAM. **Relatório sobre a geração de resíduos sólidos industriais no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, mai 2003.
- (5) FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE-FEAM. **Inventário estadual de resíduos sólidos industriais de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2003.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –ABNT :NBR 10004. **Resíduos sólidos- Classificação** 2004. 71p
- (7) PERES, J.G.M. **Viabilidade de utilização da serragem de couro para fins de obtenção de um material alternativo de construção**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas (SP). 2004. 100p
- (8) PACHECO, J.W.F. Curtumes. **Serie P+L. CETESB** –Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo (SP) 2005. 76p
- (9) FUJIKAWA, E.S. **Incorporação dos resíduos “serragem cromada” em materiais de construção civil**. Dissertação (mestrado). Universidade estadual Paulista, Bauru (SP). 2002. 80p.
- (10) BRITO, A.L.F. **Codisposição de resíduos sólidos urbanos e resíduos sólidos de indústria de curtume**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande (PB). 1999. 131p.
- (11) **Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR). Atlanta (GA), EUA**. Disponível em <http://www.astdr.cdc.gov/HEC/CSEM/chromium>. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). **NBR 6459 – Solo Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro.

RECOVERY OF WASTE OF LEATHER MANUFACTURE OF BRICKS IN SOIL-CEMENT

ABSTRACT

This article analyzes the incorporation of residual leather to the soil with a view to application in soil-cement bricks. The powdered leather used is derived from the finishing stage of the leather industry and its composition has chromium element, passing to the hexavalent form become carcinogenic. It were made experiments related to the strength of rupture of the bricks, water absorption, solubilization and lixiviation in a way the mixtures keep minimum requirements for using these bricks. Dosages studied by volume were 0%, 10%, 15%, 20%, 30% powder-leather relative the soil. Only 10% of the dose was able to meet the requirements of ABNT NBR 8491:1984, which prescribes minimum resistance of 2 MPa and content of less than 20% absorption. For this dose, according to the limits of ABNT NBR 10004:2004, the leather extract was considered class II "not inert," becoming it possible to use in construction.

Key-words: soil-cement brick, leather waste, reuse in construction.