



Características mecânicas de tijolos ecológicos com incorporação de resíduo

Élito SIQUEIRA^{1*}, Adriana Garcia do AMARAL¹, Roselene Maria SCHNEIDER¹, Caroline ATOATTI¹

¹ Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

* E-mail: elitosiqueira@hotmail.com

Recebido em outubro/2015; Aceito em março/2016.

RESUMO: O objetivo desse estudo foi avaliar as características mecânicas em tijolos fabricados a partir da mistura de solo, cimento e resíduo. O experimento foi realizado em Sinop-MT, o solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo-Distrófico. O cimento utilizado foi o Cimento Portland (CP II Z-32) e o resíduo era proveniente de tornearia mecânica. Os tijolos de solo-cimento-resíduo foram fabricados com três teores de resíduo, 5, 10 e 15% e uma testemunha, sem adição de resíduo, foram moldados em prensa manual e mantidos em cura úmida durante 7 dias. Os ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água foram realizados de acordo com a NBR 8.492 (2012). Em média os valores de resistência obtidos variaram de 0,33 à 0,45 Mpa. Os tijolos testados apresentaram capacidade de absorção variando entre 7 e 13%, ficando dentro do limite estabelecido pela NBR 8.491 (ABNT, 2012). Os tijolos fabricados a partir da mistura solo-cimento-resíduo não atingiram a resistência mínima exigida por norma, o mesmo foi observado nos tijolos sem adição de resíduo, independente da idade de ensaio.

Palavras-chave: solo-cimento, sustentável, resistência, absorção.

Mechanical characteristics of ecological bricks with residue incorporation

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the mechanical properties of bricks made from the soil mix, cement and residue. The experiment was realized in Sinop, MT, Brazil, the soil was a Red-Yellow-Dystrophic Latosol. The cement used was Portland cement (PC II-32 Z) and the residue was from mechanical turning. The soil-cement-residue bricks were made with three concentrations of residue, 5, 10 and 15% and a witness without addition of residue were molded in a manual press and kept moist curing for 7 days. Resistance assays for compressive and water absorption were realized according to NBR 8492 (2012). On average resistance values obtained were 0.33 to 0.45 MPa. Tested residue levels have absorptive capacity varying between 7 and 13%, which was within the limit set by the NBR 8491 (ABNT, 2012). The bricks made from soil-cement-residue mixture did not meet the minimum resistance required as a rule, the same was observed in bricks without adding residue, regardless of age test.

Keywords: soil-cement, sustainable, resistance, absorbency.

1. INTRODUÇÃO

Problemas ocasionados por resíduos em áreas urbanas e rurais, a partir de atividades humanas e agrícolas, chamam a atenção devido a precariedade do sistema de saneamento básico, ao alto custo de tratamento e pelos danos ambientais causados.

A busca de alternativas para solucionar esses problemas motiva a realização de muitas pesquisas nessa área (RAMOS, 2009). Tendo em vista que a reutilização dos resíduos pode retardar o seu descarte final em locais inadequados, minimizar possíveis problemas futuros e preservar reservas de matérias primas.

Oficinas de torno mecânico, são locais onde presta-se serviços de usinagem de peças, como, fabricação, acabamento e consertos de peças metálicas e não metálicas, sendo essa de várias formas e dimensões, como exemplo, engrenagens, parafusos, mancais, pinos e peças cilíndricas.

Os serviços prestados dentro desses estabelecimentos geram alguns subprodutos, como óleos usados, sólidos diversos e misturados em óleo, água misturada com graxas e sólidos, entre outros, necessitando de um tratamento adequado antes de seu descarte final.

Visando garantir um manejo adequado dos resíduos gerados, a empresa precisa tomar alguns cuidados como criar áreas de manejo de óleos dotadas de piso impermeável e sistema de drenagem para uma caixa separadora de areia e óleo, a qual é indicada para a remoção do óleo flutuante, gasolinas, compostos de petróleo leve e graxo, além de prover um destino adequado (TOMAZ, 2008).

Sabendo do aumento do volume de resíduo gerado e a dificuldade de uma destinação ambientalmente correta, o reaproveitamento dos resíduos pode ser uma saída viável para o problema, visando o desenvolvimento de tecnologias que proporcionem a reutilização e a preservação do meio ambiente, como por exemplo, inserir estes resíduos na fabricação de materiais de construção.

Nos últimos anos muito tem se falado sobre sustentabilidade e práticas voltadas para a mesma, dentro da área de construções não foi diferente, pois essa visão de sustentabilidade pode trazer inúmeros benefícios, como designers diferenciados, versatilidade de produtos e agregação de valor ao imóvel. Em especial, o tijolo solo-cimento tem ganhado destaque cada vez maior.

Segundo Fittipaldi (2008), propor uma arquitetura voltada para o meio ambiente, utilizando tijolo solo-cimento para prover materiais alternativos para a construção, que podem ser encontrados na região, além de escolher materiais que apresentem um bom conforto térmico, se torna uma alternativa mais consciente para sobreviver no futuro.

Construções feitas com solo-cimento resultam em ambientes com ótimo conforto térmico (devido à grande massa da parede que lhe confere inércia térmica, ou seja, demora a esquentar durante o dia, e demora a esfriar durante a noite) bom comportamento acústico, além de apresentar aspectos ligados à reciclagem da construção, já que não há produção de entulhos (PEREIRA & PEZUTO, 2010).

O tijolo solo-cimento é basicamente uma mistura de solo, cimento e água devidamente homogeneizados e prensados. Trata-se de um processo físico-químico de estabilização, onde ocorre uma estruturação resultante da reorientação das partículas sólidas com a deposição de substâncias cimentadas nos contatos intergranulares, alterando a qualidade relativa de cada uma das três fases: sólidos, água e ar que constituem o solo (MIELI, 2009).

O uso de tijolo solo-cimento e também a busca por novas tecnologias se apoia no fato já comprovado da escassez de recursos e do inadequado descarte de resíduos sólidos urbanos no meio ambiente. Portanto, a utilização dos tijolos de solo-cimento permeia todo esse contexto mencionado e contempla em diferentes esferas a adaptação tecnológica que tanto urge na sociedade atual. E isso se deve a infinidade de vantagens que o tijolo solo-cimento apresenta, como material e técnica construtiva (PRESA, 2011).

Para Carneiro et al. (2001) deve se considerar ainda, que no processo de fabricação do tijolo não há o consumo de madeira e combustível, já que, não ocorre o cozimento e a queima do tijolo, resultando em um consumo de energia relativamente baixo com consequente redução de danos ambientais. Pode-se citar ainda a possibilidade de incorporação de outros materiais na sua fabricação, como agregados produzidos com entulho reciclado e resíduos industriais (sílica ativa, cinzas volantes, escória de alto forno, finos de serrarias e outros).

Para Silva (2013) este material apresenta ainda economia com revestimento pelo fato de não haver a necessidade de revestimento da obra devido ao acabamento liso das paredes monolíticas proporcionado pela alvenaria, sendo recomendado apenas uma pintura para melhorar a impermeabilização e o aspecto visual.

Além dessas vantagens, segundo Taveira (1987), os tijolos ecológicos não oferecem condições para instalações e proliferações de insetos nocivos à saúde pública, atendendo às condições mínimas de habitabilidade. Proporcionam uma construção limpa e com menor quantidade de resíduos e entulhos, já que a estrutura é encaixada abolindo a necessidade de pregos, arames e furos na parede. Aumentam a resistência estrutural e funcionam como um sistema térmico e acústico que minimiza a umidade das paredes. Dispensam a utilização

de conduítes, nos tijolos fabricados com furos, pois os furos formam condutores para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas. Além de reduzir o consumo de argamassa de assentamento, uma vez que estes podem ser assentados com cola PVA.

Diante disto, objetivou-se com este estudo a fabricação de tijolos de solo-cimento, incorporando resíduos gerados em oficinas de torno mecânico, que possuam em sua constituição predominância de areia e terra, com o intuito de possibilitar uma destinação ambientalmente correta ao resíduo, à fim de criar um produto alternativo com características mecânicas adequadas ao seu uso e de baixo custo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho constituiu na caracterização dos materiais utilizados, na produção dos tijolos e na determinação dos parâmetros de resistência e absorção de água dos tijolos produzidos.

Uma amostra de solo foi coletada previamente, a uma profundidade de 0,40 metros, para determinação granulométrica e verificação quanto ao atendimento à norma NBR 10.833 (ABNT, 2012). O ensaio foi realizado segundo a norma NBR 7.181 (ABNT, 1984), utilizando-se um agitador de peneiras e aparelho de dispersão. O solo coletado foi destorroado, peneirado e armazenado em local seco e protegido para posterior uso.

O resíduo foi coletado na caixa de separação de óleos e graxas, em uma tornearia mecânica no município de Sinop, sendo então levado ao campus da UFMT-Sinop e acondicionado em bandejas plásticas. Como o material coletado apresentava-se bastante úmido e pastoso, houve a necessidade de seca-lo ao ar. Após estar seco, passou-se o material em peneira de tela de arame galvanizado para a retirada de impurezas grosseiras e desagregação de partículas, até que atingisse aspecto de areia grossa.

Para fabricação dos tijolos os componentes sólidos da mistura, solo, cimento e resíduo foram adequadamente homogeneizados, posteriormente adicionou-se água aos poucos até cerca de 18%, quantidade necessária para deixar a mistura em estado de umidade ótima.

O traço utilizado foi de 1:12, uma parte de cimento e doze partes de solo, tendo sido utilizado cimento Portland tipo II-Z, cimento com adição de material pozolânico, cuja resistência característica é de 32 MPa.

A composição da mistura solo-cimento-resíduo para a fabricação dos tijolos foi realizada em quatro traços diferentes, sendo os teores de resíduo os seguintes, 0, 5, 10 e 15%. Para assegurar uma melhor compactação, a mistura ficou em repouso por cerca de 10 min. A moldagem foi feita utilizando uma prensa manual, a qual compactava um volume de mistura de cerca de 3,6 L, resultando em tijolos com dimensões finais médias de 25 x 10 x 7 cm. Os tijolos foram armazenados em prateleiras e passaram por um período de cura úmida de 7 dias, havendo a necessidade de serem umedecidos duas vezes ao dia.

Para verificar a viabilidade da incorporação do resíduo nos tijolos quanto a resistência, foram moldados sete tijolos maciços para cada teor de resíduo testado (0, 5, 10 e 15%) em cada idade a ser avaliada, 7, 28 e 56 dias. Para possibilitar o ensaio dos mesmos a compressão foram seguidos os procedimentos especificados na norma NBR 8.492 (ABNT, 2012).

O ensaio de absorção de água foi realizado segundo a norma NBR 8.492 (2012), foram utilizados 3 tijolos maciços para cada teor de resíduo testado.

O experimento foi montado segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado tendo sido utilizada a análise de variância e, em função dos resultados dos testes F a análise de regressão, a um nível de 5% de significância. Para avaliar a resistência mecânica à compressão simples foi utilizado um esquema fatorial 3 x 4, três idades (7, 28 e 56 dias) e 4 teores de resíduo (0, 5, 10 e 15%), com 7 repetições. Para avaliar a absorção de água nos 4 teores de resíduo (0, 5, 10 e 15%) foram utilizadas 3 repetições. Para todas as análises realizadas foi utilizado o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2000)..

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se os resultados da análise granulométrica do solo utilizado. Os dados obtidos demonstraram uma porcentagem de areia presente no solo muito alta, o resultado do ensaio granulométrico demonstrou a necessidade de ajuste do solo, para isso, procedeu-se o ajuste na quantidade de silte e argila.

Os solos mais apropriados para a fabricação de tijolos solo-cimento são os que possuem teor de areia entre 45% e 50%. Quando não se dispõe de um solo com características indicadas, deve-se considerar a possibilidade de se efetuar a mistura de dois ou mais solos, ou mesmo a adição de areia grossa, de modo que o resultado seja favorável técnica e economicamente (SOUZA et al., 2006).

Os resultados da análise de variância demonstraram efeito significativo da quantidade de resíduo inserido na mistura e da idade sobre a resistência mecânica a compressão simples dos tijolos.

Na Figura 1 pode-se observar a influência da incorporação de resíduo na resistência a compressão dos tijolos, nota-se

Tabela 1. Granulometria do solo coletado.

Table 1. Particle size distribution of the collected soil.

Frações do solo	Teor das frações do solo (%)
Areia	70,00
Silte	10,50
Argila	19,50

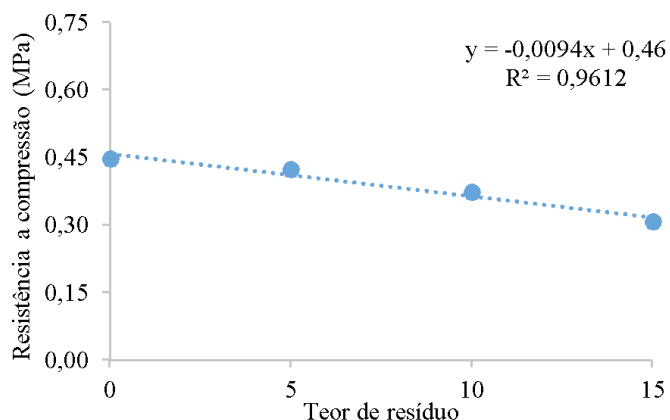


Figura 1. Análise de resistência a compressão de tijolos solo-cimento-resíduo em função do teor de resíduo inserido na mistura.

Figure 1. Analysis of the compression strength of the soil-cement-residue bricks in relation of the inserted residue content.

que com o aumento do teor de resíduo houve decréscimo na resistência.

Na Figura 2 observa-se o efeito da idade sobre a resistência dos tijolos, verifica-se que quanto maior a idade mais resistente o material fica. Esta característica é própria de materiais fabricados a partir de um aglomerante, neste caso o cimento.

De acordo com os valores estabelecidos pela norma NBR 8.491 (2012), ressalta-se que os valores médios de resistência à compressão simples alcançados pelos tijolos solo-cimento-resíduo não atenderam a norma.

Assim, independente da inserção ou não de resíduo a resistência à compressão não atingiu o mínimo exigido por norma, este fato pode estar ligado à compactação efetuada para fabricação do tijolo. Por se tratar de prensa manual, construída a partir de um modelo testado experimentalmente, não havia como mensurar ou garantir que a mesma força fosse aplicada em todas as moldagens. O que pode ter resultado em compactação inferior ao necessário.

Para Grande (2003) a compactação adequada é essencial para a obtenção de um solo-cimento satisfatório, pois somente uma boa compactação pode garantir que o material atinja um determinado peso específico, ou densidade aparente, que lhe confira resistência mecânica apropriada para um determinado fim.

Segundo Silveira (1966) uma redução de apenas 5% na massa do material compactado, proporciona diminuição de cerca de 15% na resistência mecânica para o mesmo teor de cimento.

Oliveira et al. (2014) ao avaliar as características mecânicas de tijolos solo-cimento-resíduo, resíduo de tornearia, observou aumento de resistência à compressão simples em função da incorporação de resíduo na mistura e em função do aumento da idade. Os autores ressaltam que nenhum traço testado atingiu o mínimo estabelecido por norma e explica que tal fato pode ter ocorrido tanto pela influência da porosidade da mistura devido à compactação ter sido inferior ao necessário para a fabricação do tijolo, tanto pelo fato de que os tijolos foram moldados num período com baixa umidade relativa, favorecendo a evaporação rápida da água contida nos tijolos, não havendo tempo para a água reagir adequadamente com todos os grãos de cimento.

Neste experimento o material a ser compactado era revolvido para a mistura dos componentes, isso lhe proporcionava uma grande quantidade de espaços vazios, e

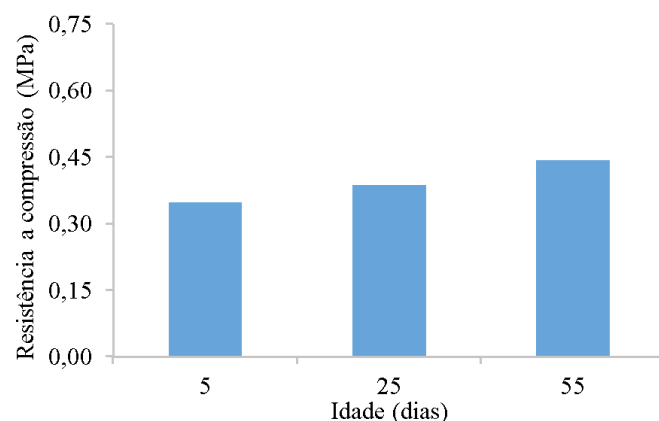


Figura 2. Análise de resistência a compressão de tijolos solo-cimento-resíduo em função da idade de ensaio.

Figure 2. Analysis of the compression strength of the soil-cement-residue bricks in relation of the age assays.

com o tempo, o material adensava-se. Como a medição era feita em volume, isso em termos práticos não garante uma relação direta com a massa, podendo ter ocorrido diferença na quantidade de massa compactada ao longo do experimento.

A cura também é de grande importância para que o tijolo de solo-cimento tenha uma resistência elevada, uma vez que quando estabilizados, os tijolos necessitam manter a umidade para evitar que a perda de água seja rápida, ocorrendo a evaporação, não haverá água para reagir com todos os grãos de cimento, fazendo com que sua resistência fique comprometida.

Certamente realizou-se a cura de maneira adequada, tomando-se o cuidado de armazenar dos tijolos em local apropriado e mantendo-se a umidade adequada para a hidratação do cimento, cobrindo-o os mesmos para evitar a perda de água para o ambiente.

Carvalho & Hallack (1991) sugerem que a resistência à compressão simples do tijolo solo-cimento é apenas um indicador de sua qualidade e não sua característica principal, sendo influenciada por diversos fatores.

Quanto aos resultados do ensaio de absorção de água, Figura 3, verificou-se que houve diferença significativa entre os diferentes teores de resíduo incorporados à mistura. O menor valor foi de 7,96% para os tijolos com 0% de resíduo e o maior valor médio de absorção foi de aproximadamente 12% para os tijolos com 10% de resíduo.

Segundo a NBR 8.491 (2012), a média dos valores de absorção de água não deve ser maior do que 20%. Observa-se assim, que os tijolos atenderam a especificação da norma, apresentando valores médios abaixo de 13%, ou seja, do ponto de vista de absorção de água os tijolos estariam aprovados para utilização.

Oliveira et al. (2014) obteve resultados médios do ensaio de absorção de água variando de 36,23% para os tijolos com 15% de resíduo à 40,91% para os tijolos com 0% de resíduo e observou que os tijolos que apresentaram maior resistência à compressão simples ao longo do tempo foram também os que apresentaram menor absorção de água.

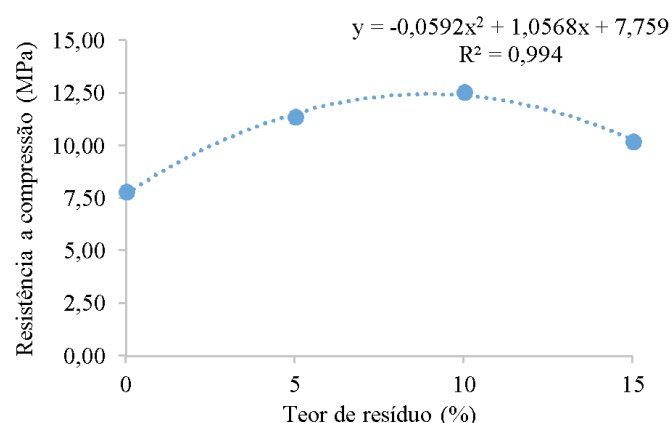


Figura 3. Resultados para ensaio de absorção em tijolos solo-cimento-resíduo.

Figure 3. Results for absorption test of the soil-cement-residue bricks.

4. CONCLUSÕES

O processo de fabricação dos tijolos ocorreu de acordo com o esperado, o resíduo foi incorporado a mistura originando o

tijolo solo-cimento-resíduo, tendo desta forma, uma destinação ambientalmente correta e de baixo custo.

Os resultados dos testes de resistência para as condições testadas apontam que a inserção de resíduo na mistura não é viável para o uso, uma vez que resultou em queda na resistência a compressão.

Independente do teor de resíduo inserido os tijolos não alcançaram o mínimo de resistência exigido pela NBR 8.491 (ABNT, 2012).

A análise de absorção de água mostrou que o tijolo solo-cimento-resíduo se enquadra nas especificações da NBR 8.491 (ABNT, 2012).

5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FAPEMAT pelo auxílio financeiro ao projeto executado e a Tornearia Sinop pelo fornecimento do resíduo.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7.181: Análise granulométrica do solo**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8.491: Tijolo solo-cimento - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8.492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.
- CARNEIRO, A. P.; CASSA J. C. S.; BRUM, I. A. S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção** – Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.
- CARVALHO, B. M. T.; HALLACK, A. **Construção e controle de obras rodoviárias de contenção e de revestimento de solo-cimento ensacado**. Anais. São Paulo: Associação Brasileira de Pavimentação, V.3, 1991.
- FITTIPALDI, M. **Habituação social e arquitetura sustentável em Ilhéus/BA**. Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2008.
- GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- MIELI, P. H. **Avaliação do tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil**. 2009. Projeto de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- OLIVEIRA J. R.; AMARALA. G.; SCHNEIDER R. M. **Incorporação de resíduos sólidos de tornearias mecânicas na fabricação de tijolos solo-cimento**. Revista Nativa, Sinop, v. 2, n. 1, p. 53-57, 2014.
- PEREIRA, D. B.; PEZZUTO, C. C. **Estudo do solo-cimento para a fabricação de tijolos ecológicos**. In: Encontro de iniciação científica, 15, 2010, Campinas. Anais. Campinas: PUC, 2010.

- PRESA, M. B. **Resistência a compressão e absorção de água em tijolos de solo-cimento**. 2011. Projeto de Conclusão de Curso – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- RAMOS, F. M. S. **Tratamento de resíduos sólidos da indústria têxtil**. Maringá: UEM/PEQ, 2009, 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química).
- SILVA, A. P. M. **O uso do tijolo de na construção civil**. 2013. Curso de Especialização em Construção Civil – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil, 2013.
- SILVEIRA, A. **Estabilização de solo com cimento**. São Paulo. Anais. São Paulo: USP, 44 p. 1966.
- SOUZA, M. I. B. et al. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 205-212, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200014>
- TAVEIRA, E. S. N. **Construir, morar, habitar: No campo e na cidade**. São Paulo: Ícone. 120p. 1987.
- TOMAZ, P. **Manejo de águas pluviais**. Cap. 36 – Caixa de retenção de óleo e sedimentos, Brasil, 2008.