

CONSIDERAÇÕES SOBRE INSTAURAÇÃO DA ECOEFICIÊNCIA NA ENGENHARIA CIVIL: BLOCO DE SOLO-CIMENTO - BSC

*Primeiro Autor – e-mail**

*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento**

*Endereço **

*CEP – Cidade – Estado**

*Segundo Autor – e-mail**

*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento**

*Endereço**

*CEP – Cidade – Estado**

*Terceiro Autor – e-mail**

*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento**

*Endereço**

*CEP – Cidade – Estado**

Resumo: A instauração de temas transversais a partir de pesquisa-ação na engenharia pode ser um fator motriz para uma adoção de materiais e tecnologias construtivas ecoeficientes na engenharia civil. Desde 2015, o Grupo de Estudos de Sustentabilidade (GESTA) CEFET-MG Curvelo iniciou pesquisas com o bloco de solo-cimento (BSC) como material ambientalmente responsável. O objetivo deste trabalho é apresentar a trajetória do projeto de extensão associada à pesquisa que se converteu em matéria de ensino optativo. Ao longo do dinâmico processo de pesquisa e difusão, os desafios de aperfeiçoamento do processo e do produto mobilizaram professores e alunos pesquisadores apresentando aos futuros profissionais, na prática, um caminho para atuar de forma alinhada com objetivos sustentáveis. O projeto, ainda em curso, já alcançou objetivos de fomento de uso e desenvolvimento tecnológico bem como geração de recursos humanos e difusão científica/extensionista em torno do BSC. A proposta é dar sequência ao tema ofertando suporte à iniciação científica e estudos acadêmicos e pesquisa visando geração e transferência de tecnologia.

Palavras-chave: Ecoeficiência. Bloco Solo Cimento. Engenharia.

1 INTRODUÇÃO

O Grupo de Estudo de Sustentabilidade (GESTA), surge em 2015 movido pelo ideal de aprofundar a discussão em torno de temas como a ecoeficiência e a regeneratividade no curso de Engenharia Civil CEFET-MG Curvelo. Como uma de suas ações grupo propõe a pesquisa-ação agregadora em torno do bloco de solo-cimento (BSC). O trabalho que se baseia no estudo de materiais sustentáveis como motor das transformações, questionando as implicações das práticas tecnológicas da construção e a indagando sobre outras possibilidades técnicas que podem se aliar e gerar parcerias que integrem várias áreas do conhecimento.



Existe a necessidade de a engenharia formar profissionais que além de saber como fazer, entendem por que fazer e que além de produzir de forma técnica produzem de forma socialmente responsável. Socialmente responsável pode-se entender com menor impacto e atividade econômicas. (FILHO, *et. al.*, 2019)

Neste trabalho o objetivo principal é apresentar o percurso das pesquisas iniciais sobre o BSC, seus aspectos tecnológicos e seus impactos na Engenharia Civil. Ao longo do processo o GESTA contou com a parceria com docentes e alunos de graduação e pós-graduação de modo a aprimorar pesquisas dos traços e tipos de blocos prensados de solo-cimento, que podem ser propostos visando melhorar o desempenho tecnológico do material e das técnicas construtivas associadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Formar profissionais não consiste em apenas formar pessoas para o mercado de trabalho, mas capacitar pessoas que empregam conhecimentos para suprir demandas além das econômicas, sociais e ambientais, conforme indicado nas novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) da Engenharia aprovadas em 2019. Para o atendimento de demandas transversais se faz necessária a formação crítica e autônoma dos estudantes nas diversas áreas de atuação e do conhecimento, ou seja, ensinar além da técnica o seu sentido e adequação ao contexto em que ela será empregada: “como fazer e porque fazer”.

A formação do profissional da engenharia civil conversa com o conceito de ecoeficiência (ZHANG *et. al.*, 2010), que é voltada para capacitar os estudantes a atuar de maneira que os recursos sejam aplicados de forma a diminuição no consumo e impactos apesar da necessidade crescente por infraestrutura nas ocupações urbanas (CEDEÑO-LAURENT *et. al.*, 2018). No contexto da engenharia Civil a proposta para cumprir essa demanda é a construção verde, que apesar de se voltar para os fatores ambientais considera fatores econômicos e sociais como a aplicação eficiente de recursos e promoção do desenvolvimento local (OBATA; KRUGER; SEVILLE, 2016).

Outro conceito importante que devemos considerar é o de ecoeficiência.

“O conceito de simbiose industrial descreve a relação sinérgica entre duas ou mais indústrias, envolvendo intercâmbio de recursos (materiais e energia, por exemplo), de maneira mutuamente benéfica em que os benefícios coletivos são maiores que a soma dos benefícios individuais, assim, gerando oportunidades de negócios economicamente atraentes e ambientalmente benéficas (CHERTOW, 2000). Já a gestão para a geração de zero resíduo parte da ecoefetividade para atingir ao máximo da ecoeficiência (ZAMAN, 2015). A eco efetividade trata da busca pelo desenvolvimento de atividades de ciclo completamente fechado, com total retroalimentação e sem necessidade de extração de recursos naturais e deposição de resíduos, já a ecoeficiência é um modelo mais adequado às relações de consumo atuais, na qual se busca reduzir o impacto e diminuir os custos das atividades já existentes (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2013)” (SILVA, 2020, p.53).

Os blocos de solo cimento (BSC) podem ser incluído entre esse tipo de solução construtiva, por apresentar características como não demandar combustão de materiais para sua produção, utilizar como principal constituinte material abundante (solo) e admitir adições de coprodutos e resíduos de outras atividades produtivas (SCHROEDER, 2016). Por exemplo, na atividade mineradora o solo e o estéril podem ser extraídos para a composição do solo usado na fabricação dos blocos, em atividades que envolvem queima de material vegetal parte



das cinzas podem contribuir como material pozolânico, entre outras contribuições (ANDREAN *et. al.*, 2016; DONKOR; OBONYO, 2015; MURMU; PATEL, 2018; SECO *et. al.*, 2018; VIKRAM; ARIVALAGAN, 2017).

Dado o contexto apresentado a escolha como material de estudo o BSC, permite a abordagem de diferentes disciplinas para o desenvolvimento de atividades de ensino pesquisa e extensão, além de permitir a obtenção e formação de conhecimentos por parte dos participantes, a partir dos estudos conduzidos de forma autônoma ou assistida por docentes.

3 OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é relatar o processo de instauração do uso do bloco de solo-cimento pelo grupo GESTA como tema integrador de atividades acadêmicas e curricularização da extensão. Neste contexto o bloco de solo-cimento com estudo, pesquisa e difusão de resultados.

O projeto teve como um dos objetivos gerais:

- Instaurar o BSC, no meio acadêmico e na sociedade em geral num esforço combinado de extensão e pesquisa a partir de divulgação e treinamento junto à comunidade em geral e na comunidade acadêmica.
- Familiarizar o engenheiro com soluções diferentes daquelas veiculadas no currículo. Soluções estas alinhadas com reconhecimento de alternativas para os futuros profissionais de seu papel dentro de perspectivas sociais regenerativas.
- Avançar no ensino-pesquisa de qualidade com perspectiva ecoeficiente.

4 METODOLOGIA

A metodologia consiste em pesquisa experimental direcionada por pesquisa-ação. para ampliação de conhecimento com base científica sólida, para uma melhor difusão do material e melhor assistência técnica. E se materializou na forma de oficinas e ações de pesquisa de materiais e técnicas construtivas que dão origem ao material de difusão. As ações consistiram nas seguintes tarefas combinadas de pesquisa e extensão:

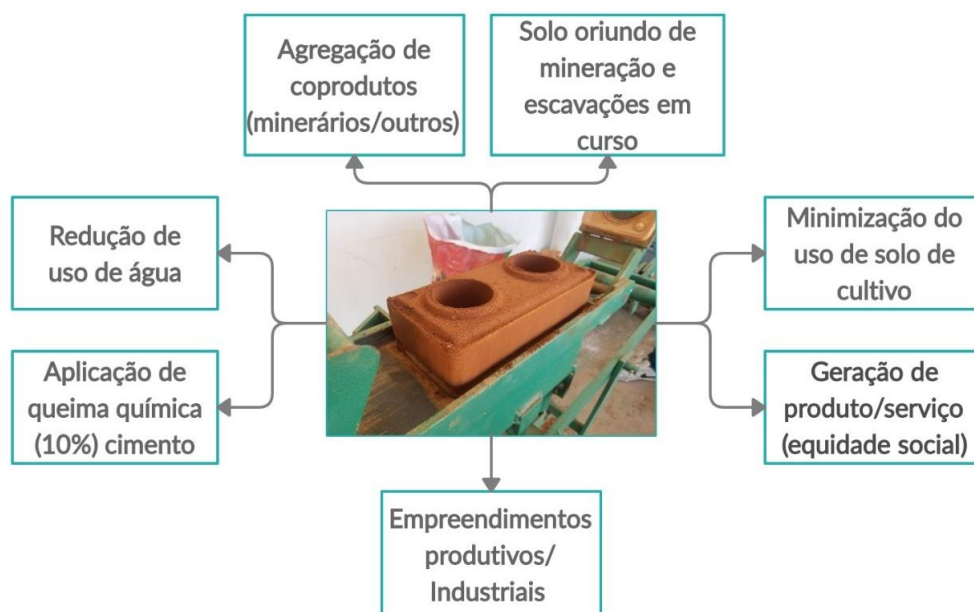
- Coleta e análise de solos e resíduos minerários típicos da região;
- Estudo tipos de BSC com distintos perfis de solo e adição de variados resíduos;
- Oferta de oficinas de produção e construção com tijolos;
- Proposta de ensaios e testes com amostras de material produzido;
- Criação de cartilhas para uso da comunidade e produção de artigos acadêmicos para publicação.

5 DESENVOLVIMENTO

Desde o começo das pesquisas o BSC se destacou por ser um material cuja produção gera impacto ambiental assimilável e alinhado com conceitos de sustentabilidade espacial e temporal. Sua produção potencializa a integração de cadeias produtivas e atividade industrial de pequeno a grande porte. Traz ainda possibilidades de impacto social virtuoso quando da instauração direta em comunidades.

O BSC leva em conta a mitigação dos impactos provocados pelo uso indiscriminado de recursos naturais. Além do menor consumo de cimento e água, o solo utilizado nos BSC estudados é preferencialmente arenoso e pode ser obtido a partir de camadas mais profundas do solo. Além disso nas propostas de pesquisa ainda em curso a busca pela inserção de rejeitos minerários compactua com a busca de cadeias de produção fechadas ou pelo menos integração de cadeias produtivas ecoeficientes.

Figura 1 – Blocos de Solo-Cimento linhas de estudo.



Fonte: As autoras.

Houve um período na história recente do solo cimento no qual, por um lado o fortalecimento da indústria do cimento, por outro uma propaganda equivocada de viés sanitarista, trouxeram descrédito ao material. Retomado esforço por utilizar materiais acessíveis e com potencial tecno-ecológico, o BSC tem recebido novas normativas e atualização das anteriores e segue no caminho de ser inserido plenamente na indústria da construção.

A experiência com BSC, que originalmente apontava para aspectos de autoconstrução e gestão direta do habitat, rapidamente se converteu uma experiência completa que desenrolou a tríade de ensino, pesquisa e extensão provocando profundas transformações conceituais e profissionais entre os envolvidos. Ampliou suas ações para o desenvolvimento de materiais com aprimoramento e transferência de tecnologia. A partir da montagem de laboratórios e instaurou-se a frequência de discussão do tema e a difusão da ótica da inserção de soluções ecoeficientes/regenerativas convenientes com a excelência do conhecimento técnico.

Através de oficinas, buscou-se avaliar o potencial tecnológico associado a treinamento de recursos humanos e difusão do tema na comunidade acadêmica (Figura 2).

Figura 2 - Oficinas de construção.



Fonte: As autoras.

A análise tecnológica do BSC como material e como método construtivo. Como produto o BSC é de produção e aplicação relativamente simples. Tendo no solo sua principal matéria prima, o potencial é que seja um material acessível e abundante, para ser utilizado de forma democrática ao redor do globo. Porém, o mesmo solo, estando sujeito a variações e anisotropia, pode e deve receber da academia pesquisas de apoio para oferecer ao auto construtor um controle tecnológico aprimorado.

O uso do solo como material de construção civil implica no reconhecimento de sua variabilidade atendendo à demanda de atenta caracterização. Ensaio de densidade real, peneiramento, sedimentação em meio líquido, determinação dos limites de plasticidade e liquidez do solo vão indicar sua adequação para a finalidade de produção dos blocos. Estes ensaios estão normatizados, mas possuem versões simplificadas para aplicação em campo. Correções granulométricas são frequentes bem como cuidadoso ajuste da umidade e da adição do aglomerante.

O processo de fabricação do BSC consiste na utilização de solo, recurso, água e cimento em quantidades médias de 10%, porém sujeita-se a alterações considerando a umidade e os

diferentes tipos de solo. A etapa de fabricação dos BSC em geral baseia-se na coleta e análise do solo, dosagem e controle de água e cimento. Na fabricação de tijolos é necessária a configuração da prensa, cura e ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos BSC de acordo com as especificações das normas. Além do BSC convencional, pôde-se realizadas inserções de produtos como rejeitos de minério e afins (Figura 3)

Figura 3: Produção e teste BSC: caracterização, dosagem, mistura, prensagem, resistência à compressão.



Fonte: Melo, 2020 TCC/Silva, 2020 Dissertação em curso. Pesquisa com apoio extensionista CEFET-MG.

Em laboratório foram realizados os ensaios e caracterização do solo, e ensaios de resistência à compressão. Em campo são realizamos todo o processo de fabricação e cura dos BSC.

A partir dessas experiências foi possível vincular os pilares de ensino, pesquisa e extensão no CEFET-MG que deram origem a inúmeras pesquisas neste seguimento, destas pelo menos dois grupos de pesquisa, um projeto de financiamento externo, um projeto de extensão, pelo menos oito projetos de iniciação científica, e pelo menos oito pesquisas divididas em artigos, trabalho de conclusão de curso e mestrados (Figura 4).

Figura 4: Panorama das ações executadas.



Fonte: As autoras.

A necessidade de conhecer melhor o material e suas variabilidades, além de dar credibilidade e trazer confiança da população, está associado diretamente através de seus membros com iniciativas acadêmicas de produção tecnológica e de difusão em torno do tema e mobiliza diretamente pelo menos trinta alunos no processo.

6 CONCLUSÕES

Desde o ponto de vista social, difundir o BSC é uma tarefa importante pelo potencial de autonomia que ele pode alcançar. Porém, a partir das ações de extensão percebemos que, se aprimorados, os ensaios de campo difundidos em torno do material podem ampliar a adoção segura. Medidas de controle tecnológico de modo a oferecer confiabilidade e estabelecer espaços para a transferência de tecnologia. Se, por um lado os processos de produção precisam de mais etapas de controle, por outro as comunidades precisam de maior quantidade e qualidade de informações para fazer uso adequado do processo.

Uma das formas de o CEFET-MG estreitar laços com as comunidades é a partir da expansão e difusão do conhecimento em torno da aplicação da tecnologia e do BSC. As ações do GESTA buscam contribuir neste sentido. Por isso, além de todas as pesquisas e estudos, um membro do grupo participa da câmara temática de revisão da norma para a produção do BSC.

Com a parceria entre docentes, alunos de engenharia e comunidade em busca do aprimoramento técnico e científico do material, realizaram várias pesquisas que buscam maiores informações do processo de produção dos BSC, a fim de trazer confiabilidade, maior controle do processo de fabricação e melhorar o desempenho tecnológico do material e das técnicas construtivas associadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto contou com encontros de 20 a 30 participantes por oficina o projeto está associado diretamente através de seus membros com pelo menos 20 iniciativas acadêmicas de produção tecnológica e de difusão em torno do tema e mobiliza diretamente pelo menos 30 alunos no processo. Além disso, o projeto difunde o CEFET-MG em vários âmbitos sociais e acadêmicos. Além da montagem de laboratório, veiculação de oficinas e fomento à pesquisa/extensão e da difusão para a comunidade acadêmica e externa, o GESTA fomentou e estruturou a criação da disciplina optativa de Materiais Alternativos do curso de graduação de Engenharia Civil no CEFET-MG Curvelo.

A expectativa é de aprimoramento técnico e científico com uma significativa participação do CEFET-MG no tanto no aspecto tecnológico quanto no social. Como perspectivas futuras estão pesquisas se aprofundando em ensaios não destrutivo (END) análises e ensaios laboratoriais e tecnológicas embasadas em tecnologias de ultra sonografia e estrutura interna do material. Além da elaboração projetos arquitetônicos e manuais completos de construção utilizando estrutura autoportantes de solo-cimento, técnicas de construção com terra crua e outras formas a promover e difundir técnicas e tecnologias ecoeficientes na comunidade estudantil do CEFET-MG, bem como na comunidade da cidade de Curvelo.

8 AGRADECIMENTOS

A Diretoria de Pesquisa e Pós- Graduação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (DPPG/CEFET-MG) pela oferta das bolsas. A Diretoria de Extensão e Desenvolvimento Comunitário (DEDC/CEFET-MG) pela certificação. Aos departamentos DECMCV e DEC CII pela parceria. Ao laboratório da LEFAD - PUC Minas, na figura dos professores Sérgio Saraiva e Paulo Waisberg e colaboradores Thiago Augusto Corlaite Lana e Juliana de Assis Meireles. À FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (FBB) pela doação de equipamentos e bolsas. Ao CEFET-MG unidade Curvelo pela aquisição de equipamentos e disponibilização de espaço físico. A comunidade e aos professores e alunos do CEFET-MG e da PUC Minas que participam das ações e desenvolvem seus projetos dentro desta perspectiva.

9 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8491**: tijolo de solo-cimento: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a. 5 p.

_____. **NBR 8492**: tijolo de solo-cimento: análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção da água: método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b. 4 p.

_____. **NBR 10833**: fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com a utilização de prensa manual ou hidráulica: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012c. 3 p.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 15 p.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

CANCIAN, M.A.; CANCIAN, V.A.; TEIXEIRA, R.S.; FONTENELE, H.B., COSTA BRANCO, C.J.M. Influência do teor de umidade, da porosidade e do intervalo de tempo até a aplicação da mistura solo-cimento em pavimento rodoviário. **TRANSPORTES** v. 25, n. 1, 2017.

CONCHA, L. M. C. ESTUDO DA FADIGA DE DUAS MISTURAS DE SOLO-CIMENTO. p. 148, 1986.

CORRAL, J. T. El suelo-cemento como material de construcción. **Ciencia y Sociedad**, v. XXXIII, p. 520–571, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES 1/2019 - Homologado. 23/02/2019.

GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. p. 148, 2003.

MOTTA, J. C. S. S. *et. al.* Tijolo De Solo-Cimento: Análise Das Características Físicas E Viabilidade Econômica De Técnicas Construtivas Sustentáveis. **E-Xacta**, v. 7, n. 1, p. 13–26, 2014.

PISANI, M. A. J. Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento. **Ensaio**, n. February, p. 1–17, 2006.

PISSATO, E.; SOARES, L. Utilização de finos de pedreira em misturas de solo-cimento: correção granulométrica de um solo argiloso. **Exacta**, v. 4, n. 1, p. 143–148, 2006.

MELO, Y. T. G. ANÁLISE DA SUPERFÍCIE DE FRATURA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO A PARTIR DA DETERMINAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL Trabalho de Conclusão de Curso em curso, CEFET-MG, 2020.

ALMEIDA III, P. R., FERREIRA, L. P., MELO, Y. T. G. Determinação do coeficiente de Hurst para análise de ruptura de tijolos de solo-cimento com apoio de software gráfico. GRAPHICA - International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design, 2019.

ANDREAN, M. *et. al.* Eco-friendly Use of Granite Fines Waste in Building Blocks. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, n. 2, p. 618–623, 2016.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W. **Cradle to cradle**. [s.l: s.n.].

CEDENO-LAURENT, J. G. *et. al.* Building Evidence for Health: Green Buildings, Current Science, and Future Challenges. **Annual Review of Public Health**, v. 39, n. 1, p. 291–308, abr. 2018.

CHERTOW, M. R. INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 25, n. 1, p. 313–337, nov. 2000.

DONKOR, P.; OBONYO, E. Materials & Design Earthen construction materials : Assessing the feasibility of improving strength and deformability of compressed earth blocks using polypropylene fibers. **Materials & Design**, v. 83, p. 813–819, 2015.

MURMU, A. L.; PATEL, A. Towards sustainable bricks production: An overview. **Construction and Building Materials**, v. 165, p. 112–125, mar. 2018.

OBATA, S. H.; KRUGER, A.; SEVILLE, C. **Construção Verde: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS NA CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL**. [s.l.] CENGAGE DO BRASIL, 2016.

SCHROEDER, H. **Sustainable Building with Earth**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

SECO, A. *et. al.* Sustainable unfired bricks manufacturing from construction and demolition wastes. **Construction and Building Materials**, v. 167, p. 154–165, 2018.

VIKRAM, A. S. V; ARIVALAGAN, S. A short review on the sugarcane bagasse with sintered earth blocks of fiber reinforced concrete. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 8, n. 6, p. 323–331, 2017.

ZAMAN, A. U. A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. **Journal of Cleaner Production**, v. 91, p. 12–25, 2015.

ZHANG, L. *et. al.* Eco-industrial parks: national pilot practices in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 5, p. 504–509, 2010.

CONSIDERATIONS ON THE ESTABLISHMENT OF ECO-EFFICIENCY IN CIVIL ENGINEERING: SOIL-CEMENT BLOCK - BSC

Abstract: *The establishment of cross-cutting themes based on action research in engineering can be a driving factor for the adoption of eco-efficient construction technologies in civil engineering. Since 2015, the CEFET-MG Curvelo Sustainability Study Group (GESTA) started researching the soil-cement block (BSC) as an environmentally responsible material. The goal of this work is to present the trajectory of the extension project associated with scientific research that has become an optional teaching subject. Throughout the dynamic process of research and diffusion, the challenges of improving the process and the product mobilized professors and student researchers, presenting to future professionals, in practice, a way to act in a sustainable manner. The ongoing project has already achieved the intention of promoting the use and technological development as well as the generation of human resources and scientific / extensionist dissemination around the BSC. The purpose is to continue the theme by offering support to scientific initiation and academic studies and research. aiming technology generation and technology transfer.*

Keywords: *Eco-Efficiency. Soil Cement Block. Engineering.*