

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

## IMPACTO DA INCORPORAÇÃO DE RBRO EM SISTEMAS DE AUTOCONSTRUÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES FRENTE AS ODS 9, 11 E 12

Vanessa da Silva de Azevedo  
Professor Doutora, UNESA, Brasil  
[vanessa.azevedo@estacio.br](mailto:vanessa.azevedo@estacio.br)

Bárbara Mattos de Magalhães  
Graduanda em Engenharia Civil, UNESA, Brasil.  
[202202957861@alunos.estacio.br](mailto:202202957861@alunos.estacio.br)

Patricia Correia Amaral  
Graduanda em Engenharia Civil, UNESA, Brasil.  
[202007302389@alunos.estacio.br](mailto:202007302389@alunos.estacio.br)

Victor Hugo Valdebenito Silva  
Graduando em Engenharia Civil, UNESA, Brasil.  
[201908681748@alunos.estacio.br](mailto:201908681748@alunos.estacio.br)

### Resumo

Os objetivos do desenvolvimento sustentável descritos como ODS 9 Indústria, Inovação e Infraestrutura, ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis e ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis, alicerçam e reforçam a ideia de que é imperativo rever toda a cadeia de produção inserida na indústria da construção civil, de maneira a torná-la cada vez mais sustentável e desafiadoramente menos poluidora. A proposta de se incorporar o RBRO à produção de tijolos de solocimento, já considerados como ecotijolos objetiva diminuir o impacto ambiental causado pelo descarte destes resíduos na natureza, tal como a extração de matéria prima para fabricá-lo. Esta prática agrega simultaneamente valor ao produto e contribui para que este produto possa ser repensado como parte da cadeia produtiva quando se trata de economia circular. Repensar o processo de produção dos tijolos de solocimento e aplicar seu uso em autoconstruções direcionadas como habitações de interesse social (HIS) tem implicações sociais e ambientais significativas que se promovem como destaque nas discussões acerca das metas estabelecidas para os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Autoconstrução; Construção Industrializada.

### 1. Introdução

O déficit habitacional estimado para o Brasil em 2019 foi de 5,876 milhões de domicílios, dos quais 5,044 milhões estão localizados em área urbana e 832 mil, em área rural. Os dados

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

apresentados por grandes regiões do Brasil apresentam a região Sudeste com os maiores números em termos absolutos, totalizando um déficit de 2,287 milhões de domicílios, enquanto a região Nordeste, com 1,778 milhão de unidades está classificada em segundo lugar (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO,2021).

Outro dado relevante do estudo é o de que quase a totalidade do déficit habitacional do país é composto por população de baixa renda (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021). Sendo assim a Lei Federal nº 11.124 de 16 de junho de 2005 que institui o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), além de objetivar a implementação de políticas e programas que promovam o acesso à moradia digna para a população de baixa renda, prevê que esta implementação deva ser feita de modo a não contribuir com a promoção das altas taxas de desperdício e poluição associadas à indústria da construção civil.

Relacionado à qualidade dos serviços executados e produtos fabricados, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é um dos instrumentos do Governo Federal utilizado para certificar construtoras e fabricantes de materiais. Desta forma é possível observar em conjunto, um cenário de isonomia competitiva, que visa soluções mais acessíveis e de melhor qualidade para a redução do déficit habitacional no país.

Ainda que sejam desenvolvidas ações que promovam mecanismos de participação e controle social em programas habitacionais, tal como as implementadas por meio da Política Nacional de Habitação (PNH), que tem como objetivo promover a universalização do acesso à moradia, se faz necessário adequar a PNH aos conceitos estabelecidos para a Agenda 2030, no que tange ao desenvolvimento sustentável.

Os objetivos do desenvolvimento sustentável descritos como ODS 9 Indústria, Inovação e Infraestrutura, ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis e ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis, alicerçam e reforçam a ideia de que é imperativo rever toda a cadeia de produção inserida na indústria da construção civil, de maneira a torná-la cada vez mais sustentável e desafiadoramente menos poluidora.

Os objetivos deste trabalho consistem em relacionar os ODS 9, ODS 11 e ODS 12 com a construção industrializada, objeto da dimensão 10D do BIM, por meio da construção modularizada. Refletir o sistema construtivo com tijolos de solocimento a um sistema construtivo sustentável por sua concepção, tanto quanto em seu processo de fabricação, por meio de prensagem, sem emissão de CO2 na atmosfera. Associar o sistema construtivo com a incorporação de resíduos oriundos da extração e beneficiamento de rochas na composição do tijolo de solocimento. Promover a cultura da autoconstrução com o tijolo de solocimento em detrimento das práticas adotadas na atualidade para a construção de habitações de interesse social (HIS), no uso de estruturas de concreto armado e blocos de vedação em alvenaria.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

## 2. Fundamentação teórica

Das atividades diretamente relacionadas à indústria da construção civil, a extração e beneficiamento de rochas (Figura 1) compõem um cenário de relevância quando se trata de crescimento econômico no país, pois o amplo uso da matéria prima, composta por rochas silicáticas (granitos), carbonáticas (mármore) e alguns outros tipos, tais como rochas ornamentais (quartzitos, serpentinitos, travertinos, calcários e ardósias) propõem um horizonte contínuo de longo prazo (FONSECA, 2020).

Neste cenário, verifica-se que estas atividades geram uma potencial degradação ambiental, tanto na esfera da extração de recursos naturais, quanto na geração de resíduos sólidos. De acordo com a Associação Brasileira de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2021) em 2020, o Brasil atingiu uma produção de rochas ornamentais de 9,2 milhões de toneladas, envolvendo granitos, quartzitos, mármore, ardósia e outros tipos de rocha.

Figura 1 – Extração e beneficiamento de rochas



Fonte: AGF EQUIPAMENTOS, 2020.

Com base nesta produção estima-se que 30% do bloco serrado é transformado em pó e posteriormente incorporado a um veículo de diluição, resultando em um resíduo conhecido como lama abrasiva (Figura 2), ou lama granítica (MOREIRA et al., 2021). Esta taxa de 30% é um número igualmente expressivo quando se direciona o descarte do resíduo de forma incorreta, sem o devido tratamento.

Figura 2 – Lama abrasiva ou lama granítica

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito



Fonte: BARRETO NETO, 2005.

Existem diversas proposições para a mitigação do descarte dos resíduos gerados pela extração e beneficiamento de rochas, de modo que estes possam ser reincorporados na cadeia de produção relacionada a estas atividades, para tanto observa-se que os resíduos gerados por estas atividades podem ser divididos em resíduos brutos, de maior granulometria e conseqüente maior facilidade de aproveitamento e resíduos finos, de menor granulometria e que necessitam ser acondicionados de modo diferenciado, devido à presença de água na sua composição.

Os estudos destinados ao aproveitamento dos resíduos finos, classificados como resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO), apontam para sua incorporação na fabricação de materiais de construção civil de composição cerâmica e de composição cimentícia. Essa incorporação de RBRO permite que a cadeia produtiva relacionada à extração e beneficiamento de rochas seja inserida no conceito de economia circular.

### 3. Metodologia

A proposição de se utilizar o RBRO em materiais de composição cerâmica tem se direcionado em certo aspecto para a produção de tijolos de solo cimento, ou tijolos ecológicos (Figura 3), em virtude de não se utilizar o processo de queima em sua produção. Como o tijolo é formado por uma mistura de solo argiloso e cimento e sua fabricação envolve a prensagem, a utilização do RBRO é submetida à análise das características mecânicas do tijolo ecológico convencional, tal como sua performance para o uso em edificações.

Figura 3 – Tijolo de solocimento ou tijolo ecológico

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito



Fonte: ECO MÁQUINAS, 2023.

Os estudos realizados por Delunardi et al. (2014), indicam um traço de 1:10 (cimento:solo corrigido), onde o solo foi substituído nos teores de 20, 30, 40 e 50% em massa de RBRO, além do traço de referência (0% em massa de RBRO). Os resultados obtidos quanto ao comportamento dos tijolos (Tabela 1), remetem os autores a uma conclusão de que é possível produzir tijolos de solo cimento com a incorporação de RBRO, indicando que esta produção agrega valor ao desenvolvimento sustentável deste tipo de tijolo.

Tabela 1 – Resistência à compressão axial tijolos solocimento

Traço	Resistência à compressão – $f_t$ (MPa)
T0	1,74 ± 0,20
T20	2,10 ± 0,25
T30	2,36 ± 0,44
T40	3,76 ± 0,17
T50	2,53 ± 0,51
Norma ABNT NBR 8491:2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012c)	> 2,00

Fonte: DELUNARDI, 2014.

Tal como os apontamentos de Delunardi et al. (2014), os estudos realizados por Silva et al. (2016), consolidam ensaios experimentais que reforçam a potencialidade do uso de RBRO na fabricação de tijolos de solocimento quanto aos critérios de resistência do tijolo. Já os ensaios experimentais de Diniz et al. (2018), trazem a reflexão sob a necessidade de se verificar também

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

o consumo de cimento na fabricação do tijolo, de modo a torná-lo sustentável em uma esfera mais significativa, ou seja, na diminuição da quantidade de cimento utilizado.

A adoção de um modelo construtivo baseado na modularização (Figura 4) do processo permite que haja racionalização desse processo, tal como sejam utilizadas novas tecnologias como fator estratégico. O conceito de modularização e de construção industrializada (dimensão BIM 10D) caminham juntos e vem ganhando destaque na indústria da construção civil devido a suas implicações (RODRIGUES et al., 2017). Neste panorama, o sistema construtivo que envolve o uso de tijolos de solocimento é adequado e pode ser classificado como um sistema construtivo sustentável.

Figura 4 – Sistemas construtivos modulares



Fonte: PORTELA, 2017.

Desta forma, tornar o processo mais ágil, utilizando-se de métodos construtivos mais assertivos, de menor orçamento e bom planejamento, é uma necessidade e esta necessidade precisa atender aos critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 15575 Edificações habitacionais — Desempenho, pois a qualidade do produto final (edificação/moradia), não pode ser uma qualidade inferior (ANVERSA, 2021). Isto posto, o sistema construtivo com tijolos de solocimento performa de modo satisfatório quanto ao desempenho térmico e acústico de uma edificação e quanto à estabilidade estrutural do conjunto, o que o torna um processo construtivo atrativo.



A Habitação de Interesse Social, em termos gerais, é aquela voltada à população de baixa renda que não possui acesso à moradia formal e nem condições para contratar os serviços de profissionais ligados à construção civil. A associação da modularização de uma HIS conjugada à autoconstrução, ou seja, a construção da moradia pelos próprios moradores, abrange a temática social que necessita ser desenvolvida junto à indústria da construção civil.

#### 4. Resultados

Uma vez que este tipo de indústria já adota em seu modelo a mão-de-obra não especializada e mantém sincronia de sua formação técnica em campo, enquanto agentes do processo de edificação, o sistema modular proposto por edificações construídas com o tijolo de solocimento reforçam essa prática, pois podem ser praticadas em regimes de mutirão, conforme Figura 5 (NAGATO, 2013).

O regime de mutirão envolve um alinhamento social e senso de pertencimento à mão-de-obra e o sistema construtivo em tijolo de solocimento permite que a dimensão sociedade seja integrada à necessidade premente que o déficit habitacional implica.

A olaria comunitária se enquadra dentro de um programa de assistência técnica assegurado pela Lei Federal 11.888, a qual assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social (EUPHROSINO et al., 2022).

A Lei 11.124:2005 está alinhada com esta proposição, conforme seu artigo segundo:

Art. 2º Fica instituído o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, com o objetivo de:

I – viabilizar para a população de menor renda o acesso à terra urbanizada e à habitação digna e sustentável;

II – implementar políticas e programas de investimentos e subsídios, promovendo e viabilizando o acesso à habitação voltada à população de menor renda; e

III – articular, compatibilizar, acompanhar e apoiar a atuação das instituições e órgãos que desempenham funções no setor da habitação.

Figura 5 –Sistemas construtivos modulares em regime de mutirão

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito




Fonte: NAGATO, 2013.

O alinhamento das questões determinadas por lei, tal como as normativas associadas à produção do tijolo ecológico são complementares às necessidades apontadas para o desenvolvimento sustentável. O correto direcionamento das prerrogativas estabelecidas em isolado para cada tratativa mantém um horizonte longínquo no que concerne ao alcance das metas propostas pelos ODS, entretanto, mapear as cadeias construtivas e os processos de fabricação dos elementos inseridos na construção de moradias permite aproximar esse horizonte em uma projeção mais tangível e mais factível de ser alcançada.

Poderiam ainda ser ainda incorporados outros ODS a este estudo no que concerne a edificações sustentáveis como um todo, sendo eles os objetivos, 3, 7,8, 13, 15 e 17 (Figura 6), todavia, o comprometimento da indústria como principal fonte a projetar este tipo de ação é condição ímpar que visa garantir efetivamente um desenvolvimento sustentável aplicado ao direito inalienável a uma moradia digna, utilizando-se de resíduos como parte de seus recursos.

Figura 6 –Edificações sustentáveis

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito



Fonte: GBC Brasil, 2019.

## 5. Conclusões

Conjugar os ODS 9, ODS 11 e ODS 12 com o déficit habitacional brasileiro ressignifica o conceito de moradia digna e sustentável para o repensar da indústria quanto aos seus processos de fabricação e consequente incorporação de resíduos, de modo que a economia circular tenha o significado não só eliminação do desperdício, mas de revitalização do processo construtivo em torno de um objetivo maior que envolve questões sociais, políticas e econômicas palpáveis e consistentes com a realidade na qual o país está inserido.

Não é possível enxergar os ODS isoladamente, pois esta visão fragmenta a potencialidade da aplicação de soluções reais para problemas reais.

A proposta de se incorporar o RBRO à produção de tijolos de solocimento, já considerados como ecotijolos objetiva diminuir o impacto ambiental causado pelo descarte destes resíduos na natureza, tal como a extração de matéria prima para fabricá-lo. Esta prática agrega simultaneamente valor ao produto e contribui para que este produto possa ser repensado como parte da cadeia produtiva quando se trata de economia circular.

De outra forma, seu sistema construtivo permite a chamada autoconstrução, o que abre espaço para que estas discussões associadas a Agenda 2030 e a indústria da construção civil estejam alinhadas diretamente com a sociedade.



Este estudo está em desenvolvimento como parte do Programa de Iniciação Científica da Universidade Estácio de Sá, de modo que objetiva-se a aplicação direta em um sistema de cooperativa a partir da parceria com empresas privadas e prefeitura de pequenos municípios adjacentes à zona metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Seu desdobramento visa aplicação direta na urbanização de pequenos municípios, visando abraçar o conceito de Cidades Sustentáveis.

## 6. Agradecimentos (quando houver)

Agradecimento ao Programa de iniciação Científica da Universidade Estácio de Sá – PIBIC, pelo apoio direto à pesquisa e incentivo à formação discente por meio da colaboração docente.

## 7. Referências bibliográficas

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 2021. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2021. Brasília: Informe ABIROCHAS, 01/2021. Disponível em: [https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Informe-01\\_2021-Balanc%CC%A7o-2020-1.pdf](https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Informe-01_2021-Balanc%CC%A7o-2020-1.pdf). Acesso em 01 set 2023.

AGF EQUIPAMENTOS, 2020. Soluções para o setor de rochas ornamentais. Disponível em: <https://agfequipamentos.com.br/solucoes-para-o-setor-de-rochas-ornamentais/>. Acesso em 01 set 2023.

ANVERSA, G.B., 2021. Habitação de interesse social: o que é e quais as características? Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/habitacao-de-interesse-social/>. Acesso em 01/09/2023.

BARRETO NETO, A.A., 2005. A importância do equilíbrio sócio-ambiental na extração do mármore e do granito. Disponível em: <https://www.creaes.org.br/downloads/ciclo/pasta04/20feiramargran2.pdf>. Acesso em 01 set 2023.

BRASIL. Lei 11.888, de 24 de Dezembro de 2008. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm). Acesso em 01/09/2023.

DELUNARDI, L.D., et al. 2021. Utilização de Resíduos de Rochas Ornamentais (RBRO) como substituição parcial ao solo em tijolos de solocimento. A Construção Civil: em uma perspectiva econômica, ambiental e social. Publicado em 28/04/2021. 71-94 p. Capítulo 4. 2021.

DINIZ, L.D., et al. 2018. A Utilização de resíduos sólidos da construção para fabricação de blocos vazado sem função estrutural. I Congresso Sul Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade - CONRESOL. Gramado, RS. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/1conresol.htm>. Acesso em 01/09/2023.



ECO MÁQUINAS, 2023. Modelos de Blocos e Tijolos. Disponível em: <https://ecomaquinas.com.br/modelos-de-blocos-e-tijolos/>. Acesso em 01 set 2023.

EUPHROSINO, A. et al., 1. Tijolos de solo-cimento usados para Habitação de Interesse social (HIS) em mutirão: estudo de caso em olaria comunitária. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2021-47087> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/D8XXF4S3Wt8DYr8kkFfrmHr/?lang=pt>. Acesso em 01/09/2023.

FONSECA, T., 2020. A problemática dos rejeitos de rochas ornamentais. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/a-problematica-dos-rejeitos-de-rochas-ornamentais/>. Acesso em 01 set 2023.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021. Déficit habitacional no Brasil – 2016-2019. Belo Horizonte: FJP, 2021.169 p. Disponível em: [http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/21.05\\_Relatorio-Deficit-Habitacional-no-Brasil-2016-2019-v2.0.pdf](http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/21.05_Relatorio-Deficit-Habitacional-no-Brasil-2016-2019-v2.0.pdf). Acesso em 01/09/2023.

GBC BRASIL, 2019. A contribuição das Construções Sustentáveis para Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/a-contribuicao-das-construcoes-sustentaveis-para-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em 01/09/2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021. Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social, Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/sistema-nacional-de-habitacao-de-interesse-social>. Acesso em 01/09/2023.

MOREIRA, B.C. et al. Depósitos de resíduos de rochas ornamentais: Composição, dimensionamento e possíveis usos no setor de construção civil. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 40, n. 2, p. 525 - 538, 2021

NAGATO, L. M., 2013. Uso de tijolos de solo-cimento na construção de habitações de interesse social no município de Embu das Artes, SP, Brasil. 2º Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono – CIHEL, Lisboa, Portugal. Disponível em: <https://www.temafavela.com.br/site/tag/solo-cimento/>. Acesso em 01/09/2023.

PORTELA, N.F., 2017. Uso do tijolo ecológico: Aspectos e aplicações desta técnica construtiva nos dias atuais. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade FINOM Patos de Minas, MG. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/categoriasdownloads/files/20190312170303.pdf>. Acesso em 01/09/2023.