

REAPROVEITAMENTO DE ESTOQUES REMANESCENTES DE MÁRMORE BEGE BAHIA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL COM AGREGAÇÃO DE VALOR

Bruna Bitencourt Costa¹; Isabella Marina R. Rotondano Sales² Renata Aline Silva Rocha³ Luara Batalha Vieira⁴

¹ Bolsista; Pesquisa Desenvolvimento e Inovação (PD&I) - EMBRAPPII; bbitencourtcosta@gmail.com

² Bolsista; Pesquisa Desenvolvimento e Inovação (PD&I) - EMBRAPPII; isabellartsales@gmail.com

³ Bolsista; Pesquisa Desenvolvimento e Inovação (PD&I) - EMBRAPPII; renata.aline.sr@gmail.com

⁴ Professora assistente; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; luara.batalha@fieb.org.br

RESUMO

Em virtude de suas características naturais, o Brasil é rico em variedade de rochas ornamentais. Consequentemente, o Brasil se posiciona entre os cinco maiores produtores dentro do cenário mundial. No entanto, esse tipo de indústria trabalha com um grande índice de perda de material por conta da natureza de sua extração. Este fato não é diferente quando se diz respeito ao mármore Bege Bahia, extraído principalmente no município baiano de Ouroilândia. Portanto, são necessários programas de reaproveitamento para os remanescentes derivados da extração desta rocha, de modo a reduzir os estoques de excedentes que não são aproveitados de alguma forma durante o desdobramento tradicional. O presente projeto surge desta necessidade, tendo alternativas sustentáveis de reaproveitamento para remanescentes graúdos do mármore Bege Bahia na forma de protótipos de produtos arquitetônicos para o mercado da construção civil como resultado. Para tal, o projeto se utilizou do BIM (*Building Information Modeling*) para desenvolver objetos inteligentes parametrizados referentes às peças desenvolvidas durante o processo.

PALAVRAS-CHAVE: Mármore Bege Bahia, reaproveitamento de rocha ornamental, construção civil.

1. INTRODUÇÃO

Rochas são utilizadas na construção civil desde o início dos tempos tanto com funções estruturais quanto ornamentais. Apesar disso, esta indústria só se destacou no contexto brasileiro na década de 1980 no momento em que houve uma grande demanda internacional de exportação deste tipo de matéria-prima.¹ O Brasil é naturalmente muito rico em variedades de mármore e granitos e, consequentemente, existem cerca de 200 aglomerados trabalhando no setor de mineração do país. A rocha ornamental foco da pesquisa corrente é o mármore Bege Bahia, uma formação rochosa sedimentar característica da região do semiárido baiano² encontrada principalmente no município de Ouroilândia. No entanto, devido à natureza da extração e comércio das rochas ornamentais, esta indústria trabalha com um grande índice de perda de material, podendo chegar a um percentual de perda de até 70%³.

O objetivo da pesquisa aqui exposta é mitigar o desperdício de matéria-prima através da destinação dos remanescentes graúdos de mármore Bege Bahia para a confecção de produtos arquitetônicos aplicados à construção civil. Para tal, profissionais da indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) e do design desenvolveram conceitos para peças enquanto que a equipe técnica do SENAI CIMATEC produziu a parcela técnica-científica, incluindo a caracterização laboratorial do remanescente de mármore, a elaboração dos objetos inteligentes BIM (*Building Information Modeling*) representativos das peças (revestimentos para parede, pisos e meio-fio), além da modelagem e renderização dos ambientes virtuais nos quais elas foram aplicadas.

2. METODOLOGIA

O presente projeto teve como objetivo o desenvolvimento de conceitos e, em momento posterior, objetos inteligentes BIM para protótipos de produtos voltados para o acabamento de edificações e de ambientes urbanos (revestimentos para parede, pisos e meio-fio), utilizando o estoque de remanescente graúdo do mármore Bege Bahia. Para tal e em primeiro momento, foram desenvolvidos o estudo de levantamento da arte, para melhor entendimento das condições atuais da indústria do mármore Bege Bahia, e o relatório informacional, resultado de revisão de literatura e pesquisa por patentes existentes. Estas ações caracterizaram a Macro Entrega I.

As outras ações desenvolvidas durante este projeto de Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento (PD&I) foram: (1) criação de conceitos e design das peças para acabamento em construção civil; (2) modelagem BIM de objetos inteligentes referentes às mesmas, (3) elaboração dos documentos para registro de desenho industrial, (4) preparação do projeto executivo para auxiliar a fabricação dos protótipos físicos, (5) ensaios

laboratoriais de caracterização do resíduo, (6) criação de programação visual para os catálogos de apresentação dos resultados do projeto para as partes interessadas e (7) acompanhamento técnico no corte e beneficiamento dos protótipos físicos no município de Ourulândia. Estas atividades compõem em conjunto as Macro Entregas II e III.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção esclarece os resultados atingidos ao longo deste PD&I.

3.1. Relatório Informacional: Estudo de Estado da Arte e de Anterioridade

Esta etapa foi fruto de uma revisão de literatura a respeito do tema, além do preenchimento do relatório informacional. A revisão bibliográfica desvendou que há estudos anteriores relacionados tanto ao processo de extração e ao desperdício que existe no processo de lavra e desdobramento de rochas ornamentais como um todo, quanto ao reuso dos estoques remanescentes de rocha.^{3,4} Em relação à patente e ao desenho industrial, no entanto, notou-se que maior parte do desenvolvimento científico foca no resíduo fino de rocha e não no remanescente graúdo que é o foco deste PD&I.

3.2. Desenvolvimento de conceitos para as peças

O SENAI CIMATEC convidou profissionais da indústria AECO para a criação de conceitos para as peças em remanescente graúdo de mármore Bege Bahia. Foram desenvolvidos, no total, 26 conceitos e usos diferentes para o mármore, entre eles revestimentos para paredes, pisos, peças de mobiliário e peças para acabamento de ambientes urbanos.

3.3. Objetos inteligentes BIM

Objetos inteligentes BIM são componentes virtuais e paramétricos que possuem dados referentes ao projeto e ao edifício como um todo dentro de um *software* BIM. Eles são semânticos no sentido que entendem as suas relações com os outros elementos construtivos dentro de um modelo digital lidando potencialmente, portanto, com o aspecto multidisciplinar e colaborativo que é característica de processos BIM.⁵ Para este PD&I, foram desenvolvidos vinte e seis (26) objetos inteligentes BIM baseados nos conceitos desenvolvidos pelos profissionais convidados. Estes objetos foram elaborados em *software* BIM específico e contêm parâmetros de informação diversos, como material, acabamento e dados do fabricante.

3.4. Registro de Desenho Industrial

Após o desenvolvimento dos objetos inteligentes BIM, foi feito o registro destes desenhos industriais. De acordo com o artigo 95 do CPI/96 (Código de Propriedade Industrial),⁶ desenho industrial é “a forma plástica ornamental de um objeto ou o conjunto ornamental de linhas e cores que possa ser aplicado a um produto, proporcionando resultado visual novo e original na sua configuração externa e que possa servir de tipo de fabricação industrial”.

3.5. Projeto executivo

Simultaneamente à etapa de elaboração da documentação para o Registro de Desenhos Industriais, foram elaborados também os projetos executivos das peças. Esta documentação em específico se referiu à toda informação técnica necessária (dimensões, ângulos, listagem de materiais consumíveis, entre outras) para a confecção dos protótipos físicos por parte das empresas associadas.

3.6. Relatório de caracterização

A etapa de caracterização foi composta pela análise dos remanescentes de mármore Bege Bahia em ensaios laboratoriais que buscaram identificar suas propriedades e a viabilidade do seu uso. Os ensaios utilizados foram: (1) análise química e mineralógica, (2) composição granulométrica, (3) índice de forma, (4) teor de umidade, (5) índices físicos (massa específica, massa específica aparente e absorção de água) da brita, blocos e chapas e (6) resistência à compressão.

As análises indicaram que o mármore Bege Bahia é uma rocha carbonática cujo mineral predominante é a calcita (CaCO_3) e que seu composto químico principal é o óxido de cálcio (CaO). O material ensaiado apresentou também um teor de umidade igual a 0,29%, massa específica de $2,64 \text{ g/cm}^3$, massa específica aparente de $2,57 \text{ g/cm}^3$ e 1,13% de absorção de água. Quanto aos índices físicos, a amostra possui densidade aparente de $2617,26 \text{ kg/m}^3$, índice de porosidade aparente de 3,98% e absorção de água de 1,53%. Ademais, ela apresenta resistência à compressão de 101,85 Mpa na condição seca e 94,43 Mpa na condição saturada.

3.7. Catálogo de ideias

O catálogo foi desenvolvido para melhor apresentar as ideias e princípios empregados para o reuso dos remanescentes do mármore Bege Bahia. O catálogo contou com representações dos objetos BIM aplicados em ambiente virtual, renderizadas em imagens foto-realistas.

3.8. Acompanhamento técnico no corte e beneficiamento dos protótipos

Após a escolha das peças e posterior desenvolvimento de seus projetos executivos, a equipe técnica do SENAI CIMATEC viajou para o município baiano de Ouarândia para acompanhar o corte, beneficiamento e acabamento superficial dos protótipos físicos. Esta visita técnica foi importante para esclarecer quaisquer dúvidas por parte das empresas associadas, auxiliando a confecção dos protótipos de maneira fidedigna ao conceito inicial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria do mármore Bege Bahia é de extrema importância para a economia do estado. Políticas de reaproveitamento dos remanescentes graúdos são necessárias para a manutenção tanto dos estoques naturais do mármore quanto da economia que gira ao redor desta prática, fazendo com que a mitigação dos estoques de remanescentes graúdos do mármore seja uma política prioritária para os empresários da macrorregião de Jacobina. O PD&I, parceria entre o SENAI CIMATEC, EMBRAPPII e empresas da área, alia o BIM, metodologia inovadora da indústria da construção civil, com conceitos de sustentabilidade e reuso de matéria-prima natural do planeta, tendo como resultado protótipos de peças voltadas para a construção civil e acabamento de ambientes urbanos com grande potencial de movimentar a economia baiana devido ao seu caráter disruptivo.

5. REFERÊNCIAS

¹ CAMPOS, Antônio Rodrigues de et al. Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental. In: XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2009, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: CETEM/MCT, 2009. p. 9 - 18.

² VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; BABISK, Michelle Pereira; CASTRO, Nuria Fernandez. APL's de rochas ornamentais: estudo de casos. In: XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste., 2009, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: CETEM/MCT, 2009. p. 19 - 30.

³ RIBEIRO, R. C. C.; OLIVEIRA, M. G. **Aproveitamento de resíduos oriundos da lavra e do beneficiamento do Mármore Bege Bahia visando a geração de compósitos poliméricos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015. (Série Tecnologia Mineral, 82).

⁴ ZAMPIROLI, L. Mosaico com resíduos de rochas ornamentais como possibilidade de desenvolvimento regional. In: Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais, 3, 2007, Natal. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 341-353.

⁵ CHEN, Szu-Yin; LOK, Kokfu; JENG, Taysheng. Smart BIM Object for design intelligence. In: 21st International Conference of the Association for Computer-Aided Architecture Design Research in Asia (CAADRRIA), 2016, Hong Kong. **Proceedings...** . Hong Kong: [S.I.], 2016. p. 457 - 466.

⁶ BRASIL. Constituição (1996). Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. **Código de Propriedade Industrial**.