

# **PLACAS MODULARES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL CONSISTIDAS DE RESÍDUOS DO BENEFICAMENTO DE VARVITOS E RESINA VEGETAL DE MAMONA**

## **MODULAR PLATES FOR CIVIL CONSTRUCTION CONSISTING OF WASTE FROM THE PROCESSING OF VARVITES AND VEGETABLE RESIN FROM CASTOR**

**Ana Beatriz André da Silva Martins**

Graduanda em Engenharia Civil, 8º período, UFRJ  
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: agosto de 2022 a julho de 2023  
anabeatrizmartins@poli.ufrj.br

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**

Orientador, Engenheiro Químico, D.Sc.  
rcarlos@cetem.gov.br

**Rosana Elisa Coppedê Silva**

Coorientadora, Engenheira Geóloga, D.Sc.  
rsilva@cetem.gov.br

### **RESUMO**

A relação do homem com a natureza ao longo da história evoluiu de uma total submissão e aceitação fatalista dos fenômenos da natureza a uma visão equivocada de que o “homem” sempre venceria. As inundações que devastaram o Estado do Rio Grande do Sul afetaram mais de 400 mil famílias e, quase 200 falecidos. Muitas das mortes estão relacionadas ao soterramento das pessoas em suas casas, construídas com materiais convencionais, como concreto, tijolos e ferragens. Dessa forma, objetivou-se gerar placas modulares leves para construção de casas populares, constituídas de poliuretano (PU) de mamona e resíduos da extração de varvito. Para tal, foram realizados ensaios de FRX e DRX para caracterização do resíduo, foram formulados corpos de prova variando-se o teor de varvito de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90%, que foram submetidos a ensaios de colorimetria, dureza, porosidade, absorção de água e densidade e, verificação das amostras à exposição as intempéries (névoa salina, SO<sub>2</sub> e raios-UV). Pôde-se concluir que a adição de resíduos no beneficiamento de varvito foi possível até um teor máximo de 80% em massa, porém, a resistência mecânica a partir de 70% já é reduzida a 50% limitando tais percentuais. Dessa forma, gerar placas modulares para construção civil contendo 60% de resíduo de varvito, com valor de dureza de 389 HLD, absorção de água inferior a 0,5%, densidade em torno de 1 kg.cm<sup>-3</sup> e porosidade de 1% indica ser a formulação mais adequada para esse processamento. Trata-se de um material ecologicamente correto e consiste em importante requisito para a mitigação dos potenciais impactos da geração de resíduos de rochas e destinação adequada dos mesmos, juntamente com uma resina vegetal, contribuindo para a circularidade e sustentabilidade das cadeias produtivas, além de atender uma parcela carente da população.

**Palavras-chave:** resíduos de rochas, varvito, placas modulares.

### **ABSTRACT**

Man's relationship with nature throughout history has evolved from total submission and fatalistic acceptance of natural phenomena to a mistaken view of domination by technology. The floods that devastated the State of Rio Grande do Sul affected more than 400 thousand families and almost 200 people died. Many of the deaths are related to the burial of people in their homes, built with conventional materials such as concrete, bricks and hardware. In this way, the objective was to generate lightweight modular plates for the construction of popular

houses, made of castor bean polyurethane and residues from the extraction of the ornamental rock varvite. To this end, XRF and XRD tests were carried out to characterize the residue, test specimens were formulated varying the varvite content from 0, 10, 20,30, 40, 50, 60, 65, 70, 75, 80, 85 and 90%, which were subjected to colorimetry, hardness, porosity, water absorption and density tests and verification of samples on exposure to the elements (salt fog, SO<sub>2</sub> and UV rays). It can be concluded that the addition of waste in varvite processing was possible up to a maximum content of 80% by mass, however, mechanical resistance from 70% is already reduced to 50%, limiting such percentages. In this way, generating modular plates for civil construction containing 60% varvite residue, with a hardness value of 389HLD, water absorption of less than 0.5%, density around 1 kg.cm<sup>-3</sup> and porosity of 1% indicates be the most suitable formulation for this processing.

**Keywords:** dimension stone waste, varvito, modular boards.

## 1. INTRODUÇÃO

Desastres Naturais constituem um tema cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. Ainda que em um primeiro momento o termo nos leve a associá-lo com terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, eles contemplam, também deslizamentos, inundações e erosão, que podem ocorrer naturalmente ou induzidos pelo homem e são responsáveis por expressivos danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental. As inundações que ultrapassaram e romperam diques e barragens em Nova Orleans, por ocasião do Furacão Katrina em 2005, nos Estados Unidos e o terremoto de Kobe no Japão em 1995, com milhares de vítimas e pessoas afetadas, são exemplos que demonstram que muitas vezes os fenômenos naturais surpreendem até mesmo as nações mais bem preparadas para enfrentá-los (TOMINAGA et al., 2009).

Em 2024, o Estado do Rio Grande do Sul enfrentou uma das piores enchentes de sua história, onde mais de 400 mil famílias foram afetadas, perdendo suas casas, pertences e, tragicamente, quase 200 falecidos foram encontrados. Muitas das mortes estão relacionadas ao soterramento das pessoas em suas casas, construídas com materiais convencionais, como concreto, tijolos e ferragens. De acordo com EM-DAT, o Brasil encontra-se em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas. O gerenciamento de desastres é um dos instrumentos de gestão urbana, que integrado a outras políticas públicas, tem finalidade de reduzir, prevenir e controlar de forma permanente o risco de desastres na sociedade (NOGUEIRA, 2002; LAVELL, 2003). Dessa forma, associar a tecnologia para criação de novos materiais mais leves para construção de casas ecológicas torna-se uma alternativa. Um exemplo promissor é a geração de placas modulares capazes de construir 100% uma casa muito mais leve que os materiais convencionais utilizados, minimizando acidentes caso haja algum desabamento.

Nesse contexto, aparece o setor de rochas ornamentais (mármore, granitos, ardósias, etc.) que geram desde a lavra ao beneficiamento mais 80% de resíduos que são depositados em aterros. Muitos estudos (RIBEIRO et al., 2023; RIBEIRO et al., 2024) vêm sendo desenvolvidos para geração de novos materiais associando tais resíduos com polímeros, como por exemplo, o óleo de mamona, que é 100% natural, possibilitando a geração de materiais ecologicamente corretos, contribuindo para mitigação do impacto ambiental e da economia circular e sustentabilidade.

## 2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi a incorporação de resíduos do beneficiamento de varvitos como carga em matrizes de resina de mamona para a geração de placas de construção modular a fim de desenvolver casas populares ecologicamente corretas e mais leves.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Origem dos Materiais**

Foram utilizados resíduos do beneficiamento de varvito, uma rocha sedimentar, formada pela sucessão repetitiva de lâminas ou camadas, comercializada como ardósia de Trombudo Central, oriundo do Estado de Santa Catarina e foi cedida pela empresa Alto Vale Mineração. Já o óleo da mamona foi adquirido na empresa Poliard/Tecnologia em Revestimentos Ltda.

#### **3.2 Caracterização Química e Mineralógica do Resíduo**

O resíduo foi avaliado quimicamente por meio de fluorescência de raios-X (FRX) e mineralogicamente por difração de raios-X (DRX).

#### **3.3 Composição dos Corpos de Prova**

Foram gerados corpos de prova cilíndricos medindo 2,54 cm de altura e 1,27 cm de diâmetro, variando-se os teores de varvito em 0, 10, 20,30, 40, 50, 60, 65, 70, 75, 80, 85 e 90%.

#### **3.4 Caracterização dos Corpos de Prova**

Os corpos de prova foram avaliados por meio de colorimetria utilizando-se um equipamento *Spectro Guide Sphere Gloss* da marca *BYK*. Determinou-se a dureza superficial Leeb média nos corpos de prova, utilizando a sonda D acoplada ao equipamento *Equotip 3* da marca *Proceq*. Foram determinadas a porosidade, absorção de água e densidade segundo por meio de picnometria à gás Hélio. Por fim, para determinar o comportamento das amostras à exposição as intempéries, as mesmas foram submetidas à ciclos de alteração em câmaras de névoa salina, SO<sub>2</sub> e raios-UV, conforme as normas NBR 8094/83, NBR 8096/83 e ASTM ASTM G53, respectivamente.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **4.1 Caracterização do Varvito**

A análise química do resíduo de varvito indicou teores em torno de 60% de SiO<sub>2</sub>, 17% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4% de K<sub>2</sub>O, 3% de MgO e 3% de Na<sub>2</sub>O e a avaliação mineralógica indicou a presença dos minerais majoritários muscovita, albita e quartzo.

#### **4.2 Determinação de Cor e Brilho**

Em termos de colorimetria, verificou-se que a resina pura apresenta cor amarela, com valor do índice b em torno de 17°, que é reduzido substancialmente para valores em torno de 6° em todas as proporções de carga, verificando-se uma homogeneização da coloração cinza escura, típica do varvito. O efeito da carga na coloração do compósito é fundamental, pois muitas vezes a cor amarela, não é atrativa esteticamente na área da arquitetura, e tal alteração gera um material de interesse para o setor.

#### **4.3 Índices Físicos**

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de absorção de água das amostras antes e após os ensaios de alterabilidade. Verifica-se que a absorção da resina se encontra em torno de 4% e a adição de carga é responsável pela queda de absorção, chegando-se a valores inferiores a 0,5% indicando que a carga ocupa os poros da resina vegetal tornando o material mais impermeável. Os ensaios de alterabilidade não afetaram as condições dos corpos de prova e o ensaio específico de exposição aos raios-UV teve menor influência ainda, pois os resultados de absorção foram exatamente iguais ao do material ao natural.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados de densidade do material onde se verifica que a resina apresenta densidade em torno e 1,0 kg.cm<sup>-3</sup> e que a inserção de carga pouco afeta essa

propriedade até 50% de carga. A partir desse ponto, há um aumento da densidade chegando-se a valores de  $1,5 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Verifica-se que os ensaios de alterabilidade pouco afetaram as propriedades dos corpos de prova, com exceção do ataque de  $\text{SO}_2$  que com mais de 30% de carga indicaram queda na densidade a valores em torno de  $0,5 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Os resultados de porosidade estão apresentados na Figura 4 onde se observa que a resina pura apresenta porosidade de 5,5% e à medida que se adiciona carga a porosidade diminui, chegando-se a valores de 1% com 80% de carga, uma vez que a carga mineral ocupa os poros do poliuretano de mamona diminuindo assim sua porosidade.

#### 4.4 Avaliação de Dureza

Na Figura 5 estão apresentados os resultados de dureza das amostras em relação ao percentual de varvito, antes e após os ensaios de alterabilidade. Pode-se verificar que a dureza da resina isenta de carga encontra-se na faixa de 400 HLD e que a adição de carga até 60% não afeta quedas significativas da dureza, observando-se valores em torno de 388 HLD. A partir de 70% os valores são reduzidos para 200 HLD indicando que o excesso de carga não foi capaz de suportar a carga aplicada. Os ensaios de alterabilidade não afetaram a resistência mecânica do material.

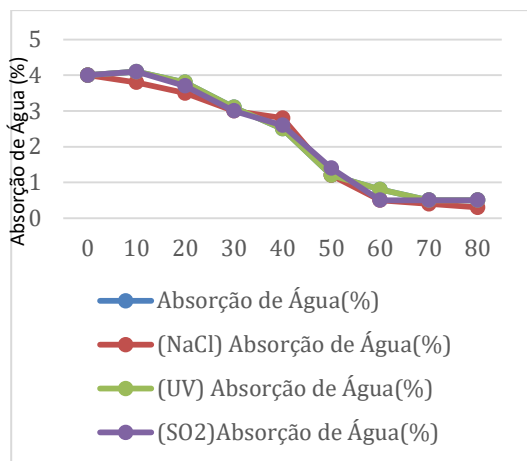


Figura 2: Absorção de água (%) dos CPs.

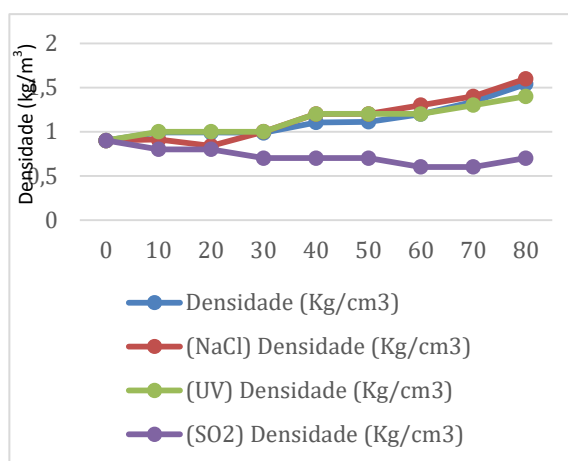


Figura 3: Densidade dos CPs.

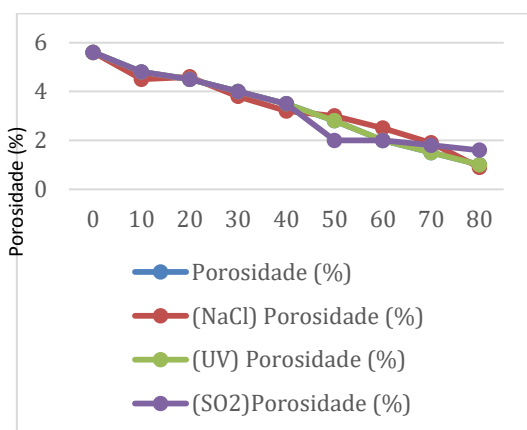


Figura 4: Porosidade (%) dos CPs.

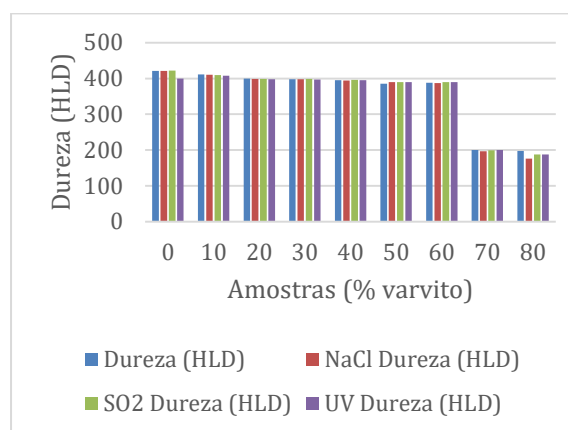


Figura 5: Dureza (HLD).

## 5. CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que a adição de resíduos do beneficiamento de varvito foi possível até um teor máximo de 80% em massa na matriz do poliuretano de mamona, porém, a dureza a partir de 70% já é reduzida a 50% limitando tais percentuais. Dessa forma, gerar placas modulares para construção civil contendo 60% de resíduo de varvito, com valor de dureza de 389HLD, absorção de água inferior a 0,5%, densidade em torno de 1 kg.cm<sup>-3</sup> e porosidade de 1% indica ser a formulação mais adequada para esse processamento. Trata-se de um material ecologicamente correto e consiste em importante requisito para a mitigação dos potenciais impactos da geração de resíduos de rochas e destinação adequada dos mesmos, juntamente com uma resina vegetal, contribuindo para a circularidade e sustentabilidade das cadeias produtivas.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CETEM pela infraestrutura, ao CNPq pela bolsa, a COAMI e ao LACON, além da empresa Poliard/Tecnologia em Revestimentos Ltda e Mineração Alto Vale.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983 NBR 8094/83: Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina, RJ.

\_\_\_\_\_. (1983) NBR 8096/83: Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição ao dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), Rio de Janeiro.

ASTM G53 Practice for Operating Light- and Water-Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials, Withdrawn. 2000.

EM-DAT Emergency Database, the Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Univesritè de Louvain, Brussels, Belgium.

LAVELL, A. (2003). La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Guatemala: CEPREDENAC/PNUD, 2003. 101 p

NOGUEIRA, F.R. (2002). Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Rio Claro. 256p.

RIBEIRO, R.C.C.; BASTOS, D.C.; CONCEIÇÃO, M.N.; BASTOS, M.M.T. (2023) Processo para geração de cápsulas de café biodegradáveis contendo resíduos de rochas ornamentais como fontes de fertilizantes de solos, Patente INPI BR 1020230116655.

RIBEIRO, R.C.C.; OLIVEIRA, M.G.; BASTOS, M.M.E.; RABELO, L. (2024) Processo de formação e compósito constituído de poliuretano e minerais com propriedades de isolamentos, acústico e térmico, BR1020190163712, Carta patente concedida pelo INP.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.E DO AMARAL, R. (2009) Desastres Naturais: conhecer para prevenir, 1ª edição, São Paulo – SP, Instituto Geológico.