

Série Tecnologia Ambiental

Rochas aglomeradas: Uma alternativa tecnológica e ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais

Mônica Castoldi Borlini Gadioli

Mariane Costalonga de Aguiar

Ana Júlia Nali Giori

Abiliane de Andrade Pazeto

Maria Carolyna Sopeletti Fernandes



SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Rochas aglomeradas: Uma alternativa tecnológica e ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Jair Messias Bolsonaro

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

Marcos Cesar Pontes

Ministro de Estado

Sergio Freitas de Almeida

Secretário-Executivo

Paulo Mauricio Jaborandy de Mattos Dourado

Subsecretário de Unidades Vinculadas

Vanessa Murta Rezende

Coordenadora-Geral de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Silvia Cristina Alves França

Diretora

Marusca Santana Custodio

Coordenadora Substituta de Administração - COADM

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

Paulo Fernando Almeida Braga

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

STA - 115

Rochas aglomeradas: Uma alternativa tecnológica e ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais

Mônica Castoldi Borlini Gadioli

Engenheira Química, D.Sc., Pesquisadora Titular do CETEM/MCTI

Mariane Costalonga de Aguiar

Química, D.Sc., Bolsista PCI/CETEM/MCTI

Ana Júlia Nali Giori

Engenheira Química, M.Sc., Bolsista FAPES
CETEM/MCTI

Abiliane de Andrade Pazeto

Tecnóloga em Rochas Ornamentais, D.Sc., Bolsista
PCI/CETEM/MCTI

MariaCarolyna Sopeletti Fernandes

Mestranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, IFES

CETEM/MCTI

2021

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Luis Gonzaga Santos Sobral

Editor

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Subeditora

CONSELHO EDITORIAL

Marisa Bezerra de M. Monte (CETEM), Paulo Sergio M. Soares (CETEM), Saulo Rodrigues P. Filho (CETEM), Sílvia Gonçalves Egler (CETEM), Vicente Paulo de Souza (CETEM), Antonio Carlos Augusto da Costa (UERJ), Fátima Maria Zanon Zotin (UERJ), Jorge Rubio (UFRGS), José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánches (EPUSP), Virginia Sampaio Ciminelli (UFMG).

A Série Tecnologia Ambiental divulga trabalhos relacionados ao setor minerometalúrgico, nas áreas de tratamento e recuperação ambiental, que tenham sido desenvolvidos, ao menos em parte, no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Valéria Cristina de Souza

Coordenação Editorial

Editoração Eletrônica

Mariane Costalonga de Aguiar

Revisão

CIP – Catalogação na Publicação

R672

Rochas aglomeradas: uma alternativa tecnológica, ambiental para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais / Mônica Castoldi Borlini Gadioli [et al.]. — Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021.

44p. - (Série Tecnologia Ambiental; 115).

ISBN 978-65-5919-009-6

1. Rochas ornamentais - resíduos. 2. Rochas aglomeradas. 3. Sustentabilidade. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Gadioli, Mônica Castoldi Borlini. III. Aguiar, Mariane Costalonga de. IV. Giori, Ana Júlia Nali. V. Pazeto, Abiliane de Andrade. VI. Fernandes, Maria Carolyne Sopeletti. VII. Série.

CDD - 553

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 - 5849

SUMÁRIO

RESUMO _____	7
ABSTRACT _____	8
1 INTRODUÇÃO _____	9
2 OBJETIVO _____	11
3 PRODUÇÃO DE ROCHAS NATURAIS E ROCHAS AGLOMERADAS: NO BRASIL E NO MUNDO _____	12
4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS _____	17
5 ECONOMIA CIRCULAR _____	20
6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS ROCHAS AGLOMERADAS _____	22
7 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE ROCHAS PARA FABRICAÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS__	25
8 A PROPOSIÇÃO DE NORMAS BRASILEIRAS PARA ROCHAS AGLOMERADAS _____	33
9 CONCLUSÃO _____	36
10 AGRADECIMENTOS _____	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	38

RESUMO

O Brasil é um dos principais produtores de rochas ornamentais do mundo e o Estado do Espírito Santo é onde se concentra a maior parte da produção. Como grande produtor de rochas, o país também gera uma grande quantidade de resíduos. Os resíduos são uma preocupação crescente para o setor de rochas ornamentais brasileiro, pois seu descarte inadequado pode causar problemas ambientais. Contudo, os resíduos de rochas possuem características relevantes para serem utilizados como matérias-primas na fabricação de novos produtos e já são estudados para fabricação de diversos materiais, em especial para a produção de rochas aglomeradas. Os dados de importações brasileiras de rochas mostraram o crescimento do consumo nacional de rochas aglomeradas frente às rochas naturais. Esse crescente mercado pode ser aproveitado, juntamente com a utilização dos resíduos de rochas e, desta forma, contribuir para a redução de consumo de matérias-primas naturais, para a diminuição da quantidade de resíduos a ser descartada na natureza, além de agregar valor ao resíduo e gerar, dessa forma, mitigação do impacto ambiental e economia para o setor.

Palavras-chave

Rochas ornamentais, resíduos, rochas aglomeradas.

ABSTRACT

Brazil is one of the main producers of ornamental stones in the world and the state of Espírito Santo is where most of the production is concentrated. As a major producer of stone, the country also generates a large amount of waste. Waste is a growing concern for the Brazilian ornamental stone sector, which is the main environmental problem, as its improper disposal can cause environmental pollution. However, stone waste has relevant characteristics to be used as raw materials in the manufacture of new products. This waste is currently studied for the manufacture of various materials, especially for the production of agglomerated stone. Data from Brazilian stone imports showed the growth of national consumption of agglomerated stone compared to natural stone. This growing market can be harnessed together with the use of stone waste, contributing to the reduction of consumption of natural raw materials, reducing the amount of waste to be disposed of in nature, and adding value to the waste; thus generating, mitigation of environmental impact and economy for the sector.

Keywords

Ornamental stone, waste, agglomerated stone.

1 | INTRODUÇÃO

Frequentemente, a taxa de crescimento em infraestrutura de um país atua como um dos principais indicadores de crescimento econômico. Dessa forma, a extração, produção, transporte, utilização e reciclagem dos materiais de construção impactam, de forma significativa, no crescimento de um país. Com o desenvolvimento e avanço tecnológico, a necessidade por materiais mais inteligentes, funcionais e sustentáveis tem aumentado cada vez mais (SAMUI et al., 2020).

Diante disso, a fabricação de materiais de forma artificial é um importante avanço para o setor de construção, pois permite inovação e desenvolvimento de novos materiais, como os compósitos. Um compósito é um material feito de forma artificial, diferente de um material que ocorre ou que se forma naturalmente e as fases que os constituem são diferentes quimicamente e estão separadas por uma interface distinta (CALLISTER, 2016).

A rocha aglomerada comum encontrada é fabricada, basicamente, a partir da mistura de quartzo e resina polimérica, e recebe a denominação comercial de superfície de quartzo. Sua origem remonta a Itália na década de 1980, poucos anos após a companhia italiana Breton S.p.A desenvolver o primeiro maquinário que possibilitou a produção em escala industrial (BRETON, 2018). A rocha aglomerada também pode ser encontrada como rocha artificial.

Nos últimos anos a demanda por esses materiais em todo o globo tem crescido de forma muito expressiva, posicionando-os como o maior concorrente da rocha natural no acabamento de obras civis. O Brasil possui 2 fábricas nacionais, inúmeros centros de distribuição e o país passou a exportar o produto.

Essa valorização no mercado da construção deve-se, principalmente, à qualidade do produto final e também à sua versatilidade de aplicação. De acordo com Hamoush et al. (2011), o processo de produção controlada da rocha artificial supera, com sucesso, muitas das deficiências do projeto e instalação da rocha natural. Além disso, a industrialização envolve um alto controle de qualidade das matérias primas, resultando em um produto final de cores homogêneas, baixa porosidade e excelente resistência mecânica (LEE et al., 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores de rochas naturais do mundo e atrelada a esta produção está a geração de uma grande quantidade de resíduos. Observando-se o aumento contínuo na demanda por rochas artificiais, surge a oportunidade de aproveitar os resíduos da cadeia produtiva de rochas ornamentais na fabricação de materiais artificiais, gerando não só produtos ecológicos, com boas propriedades tecnológicas e potencial de mercado, mas também colaborando para a mitigação do problema ambiental do descarte de resíduos.

O CETEM vem desenvolvendo pesquisas na linha de aproveitamento de resíduos para produção das rochas aglomeradas. Finalizou em 2020 o projeto “Desenvolvimento de novos materiais utilizando resíduos da extração e do beneficiamento de rochas ornamentais” financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES e está com o projeto em andamento “Desenvolvimento de norma para rochas artificiais e vidros utilizando resíduos do processamento de rochas ornamentais”, também financiado pela FAPES.

2 | OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico acerca das rochas aglomeradas e do aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais na produção das mesmas, destacando o potencial mercadológico do produto dentro da dinâmica da economia circular.

3 | PRODUÇÃO DE ROCHAS NATURAIS E ROCHAS AGLOMERADAS: NO BRASIL E NO MUNDO

O mercado de rochas é um importante setor da economia de vários países, incluindo a do Brasil. Na Tabela 1 pode ser observada a produção anual dos principais países produtores de rochas naturais.

Tabela 1. Produção mundial de rochas naturais.

Países	Milhões de toneladas				
	2014	2015	2016	2017	2018
China	42,5	45,0	46,0	49,0	48,0
Índia	20,0	21,0	23,5	24,5	26,0
Turquia	11,5	10,5	10,75	12,25	12,0
Irã	7,0	7,5	8,0	8,7	9,0
Brasil	8,75	8,2	8,5	8,35	8,25
Itália	6,75	6,5	6,25	6,3	6,0
Outros	46,75	41,3	42,0	42,9	43,75
TOTAL	136,5	140,0	145,0	152,0	153,0

Fonte: Adaptado de Montani, 2019.

A China se destaca dos demais países com uma produção de 48 Mt em 2018, quase o dobro da produção do segundo maior produtor, a Índia, que apresentou uma produção de 26 Mt, seguido da Turquia, Irã, Brasil e Itália.

Em 2018, a indústria mundial de rochas obteve uma produção de 153 Mt, obtendo um aumento de 12% em relação ao ano de 2014. Esse resultado é positivo para o setor e pode também ser observado na Tabela 1.

As exportações brasileiras de materiais rochosos naturais de ornamentação e revestimento somaram US\$ 987,4 milhões e 2,16 milhões de toneladas em 2020, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2020). Em destaque, o Espírito Santo apresenta-se como o principal estado produtor de rochas ornamentais do Brasil, correspondendo a 77% do volume físico e 82% do faturamento total das exportações nacionais (ABIROCHAS, 2019).

Contudo, as pedras naturais, como mármore e granito, estão em concorrência com os materiais alternativos, em especial com os materiais utilizados no acabamento, como as rochas aglomeradas e as cerâmicas (MONTANI, 2019).

As rochas aglomeradas são derivadas das rochas naturais, uma vez que são compostas, em grande parcela de sua composição, por material natural.

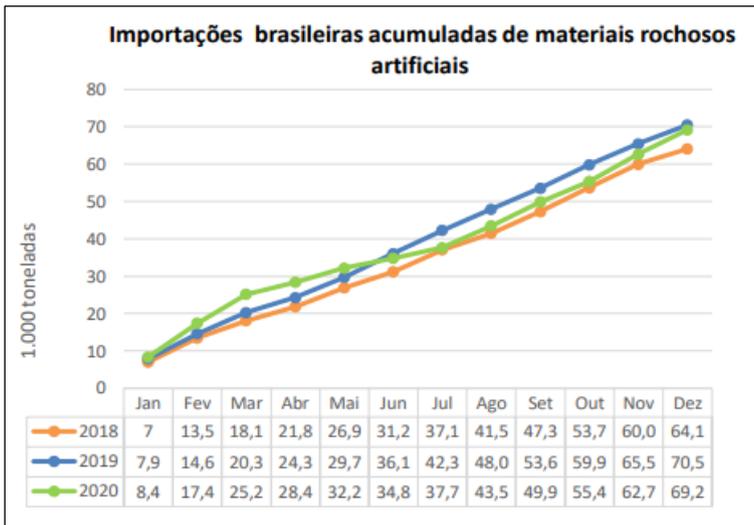
A rocha aglomerada apresenta uma demanda consistente e uma tendência favorável para o consumo, especialmente na América do Norte (MONTANI, 2019). A análise do mercado americano foi baseada nas importações de rochas aglomeradas e está demonstrado na Tabela 2, onde é possível observar um crescimento de, aproximadamente, o dobro no valor das importações desses materiais nos últimos quatro anos.

Tabela 2. Importação de rochas artificiais nos Estados Unidos da América.

Países	Milhões USD				
	2014	2015	2016	2017	2018
China	545	683	846	1.106	1.291
Canadá	199	243	247	255	288
Espanha	79	97	110	162	190
México	115	138	134	139	154
Vietnã	44	71	91	107	117
Outros	215	302	323	361	416
TOTAL	1.265	1.584	1.765	2.138	2.456

Fonte: Montani, 2019.

No Brasil, as importações de rochas aglomeradas, somaram US\$ 39,1 milhões e 69,2 mil toneladas em 2020, com variação negativa de respectivamente 12,9% e 1,8% frente a 2019. Seu preço médio teve um recuo de 11,3%, passando de US\$ 637,6/t em 2019 para US\$ 565,4/t em 2020. China, com 65 mil toneladas, e Espanha, com 2,5 mil toneladas, foram nossos principais fornecedores, compondo 97,5% do total do volume físico das importações (ABIROCHAS, 2020). A Figura 1 apresenta as quantidades acumuladas das importações brasileiras de rochas aglomeradas nos últimos anos.

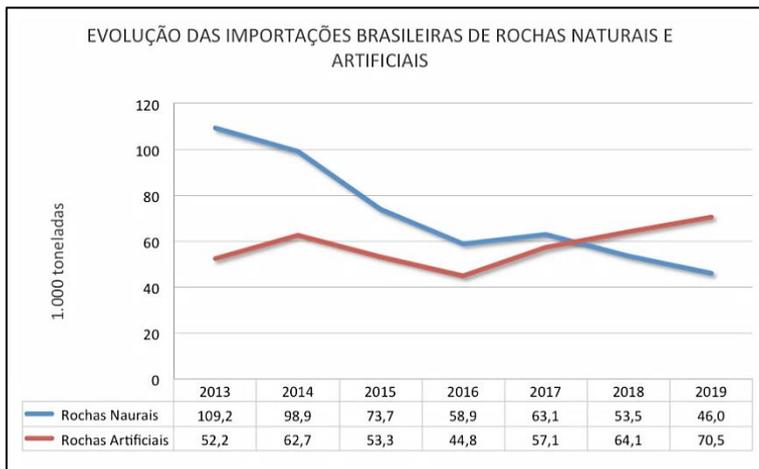


Fonte: Abirochas, 2020.

Figura 1. Importações brasileiras acumuladas de rochas aglomeradas.

Os principais fornecedores de materiais artificiais para o Brasil foram: China com 65 mil toneladas e Espanha com 2,5 mil toneladas, compondo 97,5% do volume total físico das importações. (ABIROCHAS, 2020).

Outro importante dado para o setor de rochas aglomeradas do Brasil é o fato de as importações brasileiras de materiais aglomerados superarem, em valor e volume físico, as de materiais rochosos naturais nos últimos anos, conforme pode ser observado na Figura 2.



Fonte: Abirochas, 2019.

Figura 2. Evolução das importações brasileiras de rochas naturais e aglomeradas.

Desse modo, os dados apresentados sugerem que o consumo de rochas aglomeradas no Brasil também está aumentando, acompanhando uma tendência mundial de crescimento do consumo desses materiais.

4 | GERAÇÃO DE RESÍDUOS

O Espírito Santo possui um papel importante no que diz respeito à produção de rochas ornamentais no País. Contudo, um grande volume de resíduos é gerado no ciclo de produção das rochas ornamentais. Há diversos fatores que contribuem para isso, por exemplo, a falta de investimento em estudo geológico abrangendo desde o conhecimento da rocha até um plano de lavra, descapacitação da mão de obra e as dificuldades financeiras por parte de micro e pequenas empresas para suas atividades; conseqüentemente, menor acesso às inovações tecnológicas. Isso causa assolamento de reservas minerais, quantitativas perdas de material, impacto ambiental, condições precárias de trabalho e afeta a competitividade dessas micro e pequenas empresas ao acesso aos mercados internos e externos em grande escala (CAMPOS et al., 2009).

A cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais é dividida em extração e beneficiamento, que por sua vez, é subdividido em serragem e polimento. Na extração, o bloco é extraído do maciço rochoso e posteriormente transportado para a serragem, onde ocorre o desdobramento do bloco em chapas. O equipamento utilizado para a realização do processo de serragem é denominado tear, que é constituído por lâminas de aço ou fios diamantados, denominados de teares multilâmina ou multifio, respectivamente. Um processo, que atualmente é muito realizado no beneficiamento dos blocos de materiais mais frágeis, é o envelopamento, no qual se utiliza uma manta de fibra de vidro e resina envolta dos blocos antes de serem serrados, para suportar os esforços mecânicos. São gerados resíduos tanto na extração quanto no beneficiamento.

Os resíduos das rochas ornamentais dividem-se em duas categorias principais: resíduos grosseiros, oriundos da extração nas pedreiras e resíduos finos, provenientes das plantas de beneficiamento. O fato é que ao longo da cadeia produtiva ocorrem perdas de matéria-prima que são da ordem de 83%. Vidal et al. (2014) estimam que no Brasil foram gerados mais de 22 milhões de toneladas (Mt) de resíduos em 2012: aproximadamente 20 Mt são resíduos grossos gerados nas pedreiras e 2 Mt de resíduos finos nas indústrias, sendo que destes 1,5 Mt somente no estado do Espírito Santo. Além da quantidade, o problema agrava-se visto que a destinação de grande parte dos resíduos são os aterros, acumulando-se, sem previsão de retirada e cada vez mais a necessidade de novos aterros.

A composição do resíduo pode variar de acordo com a composição das rochas, do processamento e insumos utilizados e do processo de reaproveitamento da água. Na serragem de rochas utilizando teares multilâmina é gerado um resíduo que pode conter pó de rocha, granalha, cal e/ou bentonita, pó das lâminas e água, enquanto na serragem utilizando multifio, o resíduo é constituído principalmente pelo pó de rocha e água, podendo conter ainda substâncias provenientes do fio diamantado. Os resíduos provenientes da serragem de materiais que foram antes envelopados podem conter ainda substâncias provenientes dos insumos utilizados, inserindo, assim, novos elementos/compostos nesse resíduo.

Conforme ressaltado anteriormente, a geração dos resíduos de rochas ornamentais é muito grande e uma preocupação crescente para o setor brasileiro. Contudo, a utilização desses resíduos para a fabricação de novos materiais pode colaborar para a redução de consumo de matérias-primas naturais e diminuição do impacto ambiental.

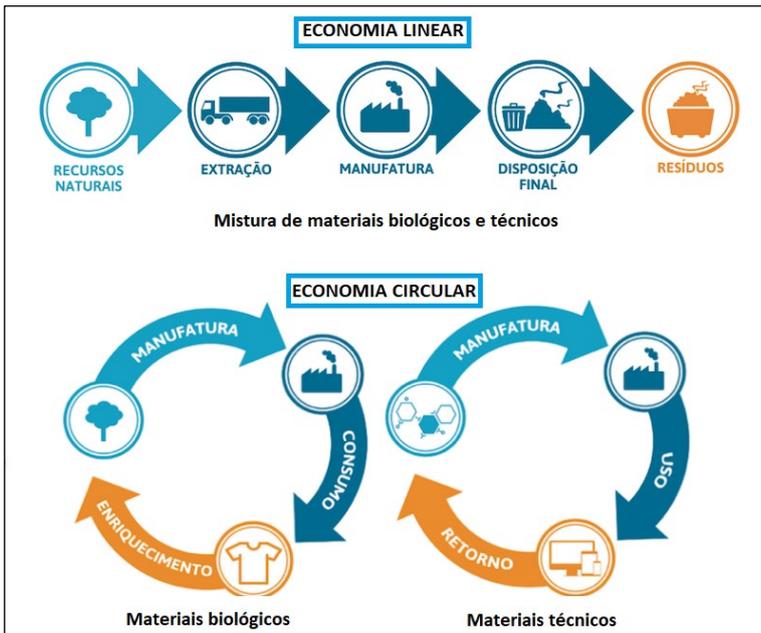
A preocupação relacionada à destinação desses resíduos levou ao desenvolvimento de inúmeros estudos visando incorporar esses subprodutos em outros materiais, tais como rochas aglomeradas, cerâmica, concreto, vidro, cimento, asfalto, argamassa, entre outros, buscando não só reduzir o descarte inadequado, mas também desenvolver produtos ecológicos com capacidade de valor agregado. Essas iniciativas refletem o modelo da Economia Circular, no qual os materiais são reutilizados, recuperados e reciclados objetivando um ciclo fechado e resíduo zero.

5 | ECONOMIA CIRCULAR

Apesar de sua importância econômica, do ponto de vista ambiental, sabe-se que o modelo linear de operação (extrair-transformar-descartar) das indústrias de rochas traz inerente um sério problema, pois, atrelada à grande produção, está a geração de um enorme volume de resíduos.

A crescente preocupação global em relação às questões ambientais, tais como o uso sustentável dos recursos e o manejo correto dos resíduos provenientes das atividades industriais tem levado a abordagens que buscam transformar a lógica linear de produção dos diversos segmentos econômicos em um modelo mais eficiente (Figura 3).

Como se sabe, uma economia industrial linear extrai recursos naturais, agrega valor convertendo-os em mercadorias, distribuindo-os, depois os rejeita como resíduo no final da vida (ASHBY, 2016). Em resposta a uma economia linear propensa à ruptura, uma economia circular é restauradora e regenerativa por princípio: a economia circular visa dissociar o crescimento do consumo finito de recursos, baseando-se em um princípio fundamental que é manter produtos, componentes e materiais em seu maior nível de utilidade e valor e em uso. Isso significa projetar para reutilização, remanufatura e reciclagem a fim de manter componentes e materiais circulando e contribuindo para a economia, o que permite, ao mesmo tempo, regenerar os sistemas naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Dentro dessa dinâmica, os resíduos são matérias-primas para a fabricação de novos produtos que continuam integrando e retroalimentando o ciclo econômico.



Fonte: Adaptado de Phillipi Jr., Sampaio e Fernandes, 2017.

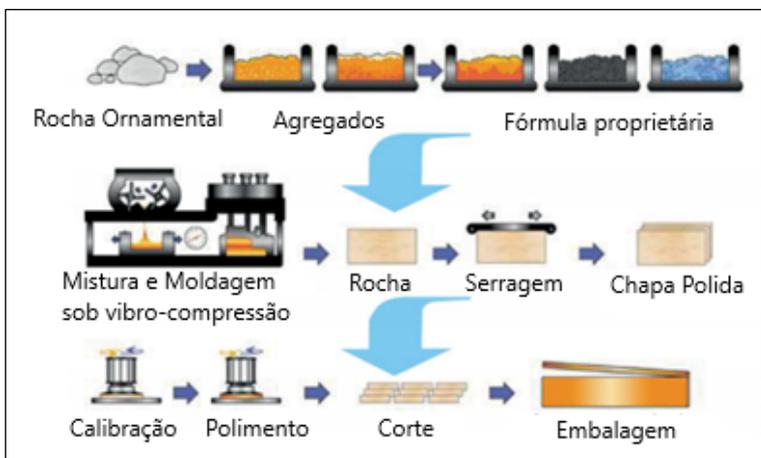
Figura 3. Gestão de recursos e resíduos nos modelos linear e circular.

Levando-se em consideração a grande disponibilidade de resíduos de rochas ornamentais e as novas tendências globais relacionadas à um ciclo produtivo mais sustentável, uma alternativa tecnológica e ambiental é a utilização desses resíduos em rochas aglomeradas, produtos de alto valor agregado e que podem agregar grandes quantidades de resíduos.

6 | PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS ROCHAS AGLOMERADAS

Existem tecnologias utilizadas para o processo de fabricação de rochas aglomeradas, que enfocam na vibração, compressão com vácuo. A Figura 4 ilustra o processo produtivo de forma mais detalhada.

Primeiro ocorre o recebimento da matéria-prima; nesta fase faz-se a moagem dos materiais e selecionam-se as partículas das granulometrias desejadas.



Fonte: Good industry practices, 2008.

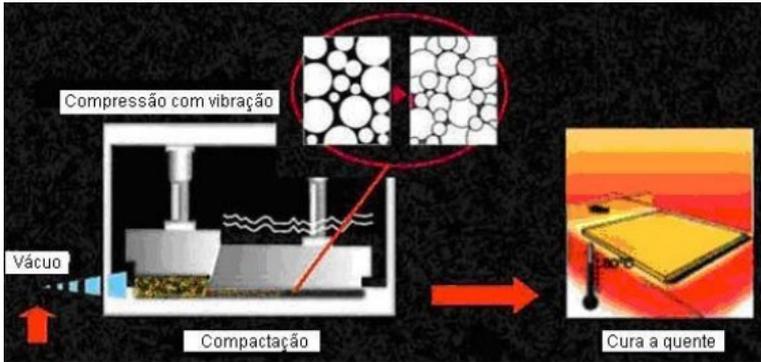
Figura 4. Esboço esquemático do ciclo de produção.

Na sequência, ocorre a mistura dos componentes, com as proporções corretas de resina polimérica, catalisadores e aditivos, para formar o compósito de rocha. Também é realizada nesta etapa a dosagem, em moldes, da quantidade do compósito para a formação dos blocos de rochas aglomeradas. Ressalta-se que as plantas instaladas no Brasil e

na maioria dos países fabricantes possuem capacidade de produzir apenas chapas de rochas aglomeradas. A produção de blocos é possível nos maquinários italianos desenvolvidos em caráter pioneiro pela Breton (BRETON, 2018), e atualmente, por alguns fabricantes chineses.

Continuando o processo, para a produção do bloco de rocha aglomerada é realizado o acondicionamento do material nos moldes conforme dimensões dos blocos e ocorre a vibro compressão a vácuo. Em seguida, ocorre o corte com disco de diamante dos blocos conforme especificações dos produtos para a inspeção final e para embalagens e expedição. No caso das empresas que não fabricam o bloco, a mistura se espalha sobre o molde com as dimensões da chapa final.

De modo geral, a fase de vibro-compressão é uma das etapas importantes do processo, mas depende fundamentalmente da primeira fase em que se dá a moagem dos minerais, ou seja, a necessidade de granulometrias diferenciadas dentro da faixa de 0,1 a 6 mm, que garantem o preenchimento por completo dos interstícios, ou seja, os vazios existentes entre duas ou mais partículas de grandes dimensões juntas no momento da vibro compressão (MOLINARI, 2007), como pode ser observado na Figura 5. Atualmente, os materiais conhecidos como rochas aglomeradas são produzidos por este processo.



Fonte: Good industry practices, 2008.

Figura 5. Etapa de compactação por vibro compressão a vácuo, mostrando as pequenas partículas acomodando-se entre as grandes partículas.

7 | APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE ROCHAS PARA FABRICAÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS

O cenário ambiental da indústria de rochas ornamentais é preocupante, se considerado a continuidade do modelo linear ao longo prazo. Mas por outro lado, é profícuo, uma vez que a enorme quantidade de resíduos se traduzem também em inúmeras possibilidades de aplicação dentro da logística circular.

A Tabela 3 lista os trabalhos realizados utilizando resíduos de rochas na fabricação de rochas aglomeradas e descreve as matérias-primas utilizadas em cada pesquisa.

Tabela 3. Pesquisas realizadas com a utilização de resíduos de rochas para fabricação de rochas aglomeradas.

Autores	Ano	Matérias-primas utilizadas
Lee <i>et al.</i>	2008	Resina polimérica insaturada + resíduo de vidro + resíduo de mármore e granito
Borsellino <i>et al.</i>	2009	Resinas epóxi e poliéster + mármore
Chang <i>et al.</i>	2010	Agente solidificante de cimento pozolânico + resíduo de mármore + resíduo do processamento de areia e cascalho
Ribeiro <i>et al.</i>	2014	Resina poliéster UPR + resíduo de mármore
Barani e Esmaili	2016	Resina polimérica insaturada + resíduos de mármore e granito + quartzo + resíduo de vidro
Aguiar	2016	Resina epóxi DGEBA e geopolímero + resíduo de mármore
Ribeiro <i>et al.</i>	2017	Resina poliéster UPR + resíduo de mármore
Carvalho <i>et al.</i>	2018	Resina epóxi DGEBA + trietilenotetramina + resíduo de granito
Gomes <i>et al.</i>	2018	Resina epóxi DGEBA + trietilenotetramina + resíduo de rocha ornamental do processo de extração+ chamote
Demartini <i>et al.</i>	2018	Resina epóxi DGEBA + trietilenotetramina + resíduos de mármore dolomítico
Silva <i>et al.</i>	2018	Resina epóxi DGEBA + tetraetilenopentamina + resíduo de mármore calcítico
Agrizzi <i>et al.</i>	2019	resina epóxi de diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA) + Tetraetilenotetramina + resíduo de quartzito

As rochas aglomeradas produzidas com resíduos do beneficiamento de rochas naturais (DEMARTINI; RODRÍGUEZ; SILVA, 2018; RIBEIRO et al., 2017; AGUIAR; SILVA, GADIOLI, 2016; BARANI; ESMAILI, 2016) têm-se mostrado a alternativa mais interessante do ponto de vista econômico e sustentável para os resíduos, pois substituem os agregados naturais necessários na fabricação das rochas aglomeradas convencionais e têm grande potencial para geração de receita.

A utilização dos resíduos como matéria prima no desenvolvimento de produtos ecológicos com aplicação industrial e a certificação tecnológica desses materiais são soluções para promover o desenvolvimento industrial sustentável e impulsionar a competitividade do setor de rochas com benefícios para o estado do Espírito Santo, que é o maior produtor, e para o país. Não se restringindo ao correto manejo de resíduos, estes subprodutos incorporados em produtos com aplicação industrial, denominados “eco eficientes”, podem gerar além de sustentabilidade, oportunidades de novos negócios para o setor.

Nesse sentido, as rochas aglomeradas produzidas com resíduos contribuem para iniciar possíveis soluções de um problema estratégico e de fundamental importância para o setor de rochas, que é a utilização e valorização de resíduos.

Lee et al. (2008) utilizaram resíduos de mármore e granito e resíduo de vidro em pó adicionados à resina polimérica insaturada para fabricação de rocha aglomerada em diferentes pressões de compactação (4,9 MPa a 19,6 MPa), frequências de vibração (8,3 Hz a 50 Hz) e pressões de vácuo (50 mmHg e 200 mmHg). Os autores obtiveram densidades variando de 2,030 a 2,448 e absorção de água de 0,011% a 0,221%.

Os maiores valores de resistências à compressão e à flexão foram dos corpos de prova utilizando maiores pressões de compactação e frequência de vibração e menores pressões de vácuo.

Bosselino et al. (2009) fabricaram rochas aglomeradas com a utilização de 60%, 70% e 80% de resíduo mármore com duas resinas distintas, epóxi e poliéster. Os resultados demonstraram que as peças fabricadas com resina poliéster obtiveram maior viscosidade e apresentaram baixa trabalhabilidade e alto efeito de sedimentação. No teste de flexão, as peças fabricadas com essa resina demonstraram um comportamento elástico com frágeis fraturas. As peças fabricadas com a resina epóxi apresentaram comportamento elástico-plástico e apresentaram menores valores de absorção de água. Observou-se, também, que com o aumento da concentração de resíduos nos corpos de prova, a resistência à flexão diminuiu.

Chang et al. (2010) fabricaram rochas aglomeradas com agentes solidificantes compostos por 92% de cimento pozolânico e com resíduos de mármore e lama do processamento de areia e cascalho, numa proporção sempre de 15% em peso de agente solidificante. A proporção do resíduo de mármore variou entre 5% e 55%, aumentando em intervalos de 10%, enquanto as proporções do lodo do processamento de areia e cascalho variaram entre 80% e 30%, diminuindo em intervalos de 10%. Os materiais foram então compactados com o compactador vibratório em três frequências de vibração, 16,7, 33,3 e 50,0 Hz. A velocidade de compactação foi ajustada em 0,15 MPa por segundo, compactando amostras a 9,8, 19,6, 29,4, 39,2 e 49,0 MPa.

Chang et al. (2010), assim como também foi concluído por Lee et al. (2008), inferiram que a compactação vibratória exerce forte influência na resistência à compressão, aumentando os valores de resistência conforme o aumento da pressão de compactação. Os autores observaram, também, que a frequência de vibração adequada ajuda a melhorar a estrutura da peça, aumentando a resistência à compressão conforme a frequência de vibração aumenta. Porém, quando foram alcançadas frequências 33,3 e 50,0 Hz, a resistência à compressão das amostras não aumentou de forma significativa, indicando que aumentar a frequência depois que a estrutura compactada for obtida não traz benefícios relevantes.

Ribeiro et al. (2014) utilizaram resíduos de mármore com resina poliéster UPR para fabricação de rochas aglomeradas com composição de 15% de resina e 85% de resíduo. Os resultados obtidos de resistência à compressão e à flexão foram baixos, de 16,7 MPa e 9,2 MPa, respectivamente, e absorção de água significativamente alta de 3,64%, quando comparados aos resultados obtidos pelos outros autores citados na Tabela 4.

Barani e Esmaili (2016) utilizaram resina polimérica insaturada com quartzo, resíduos de mármore e granito e resíduo de vidro para fabricação dos corpos de prova. Os autores fizeram testes com quatro misturas distintas desses materiais e obtiveram materiais com qualidade para a cobertura de paredes ou pavimentos. Os melhores resultados de absorção de água, resistência à compactação, flexão e tração foram obtidos com a massa de 30% de granito, 32% de quartzo, 25% de vidro e 13% de resina. Ao utilizar os resíduos de mármore, os melhores resultados foram da massa composta por 30% resíduo de mármore, 35% resíduo de quartzo, 25% de vidro e

10% de resina. Os melhores resultados nos dois casos foram alcançados com as maiores adições de quartzo e resíduo de vidro e menores adições de resíduos de mármore e granito.

Aguiar (2016) estudou a utilização de resíduos de mármore em diferentes granulometrias na produção de rochas aglomeradas com resina epóxi DGEBA, 30% em peso de resina e 70% em peso de resíduo, e com geopolímero composto por 35% de resíduo, 9% cimento Portland, 20% metacaulim, 21% Na_2SiO_3 , 9% de KOH, 6% de H_2O e 79 g de pigmento TiO_2 . Por meio dos resultados obtidos foi possível inferir que as rochas aglomeradas produzidas com resina obtiveram melhores resultados de resistência mecânica que as produzidas com o geopolímero e que, de fato, a produção com a utilização do geopolímero proposto não foi viável por apresentar resistência muito baixa. A autora também observou que a massa composta por granulometrias menores, de 180 mesh, obtiveram melhores resultados, pois a quantidade de espaços vazios diminui e a peça apresenta maior densidade e resistência mecânica.

Ribeiro et al. (2017) utilizaram resíduos de mármore com resina poliéster UPR para fabricação de rochas aglomeradas com composição de 15% de resina e 85% de resíduo com diferentes tecnologias para a conformação dos corpos de provas, uma por transferência de resina e outra por vibrocompressão a vácuo. A microestrutura de baixa densidade com cavidades das peças fabricadas com o método por transferência de resina foi característico de um material alternativo que pode ter excelentes propriedades acústicas e térmicas; enquanto o por vibrocompressão representa uma alternativa ambientalmente atraente ao mármore natural com as mesmas aplicações na indústria da construção civil.

Carvalho et al. (2018) utilizaram, para fabricação das peças, resina epóxi DGEBA com trietilenotetramina (TETA) e resíduo de granito, com composições de 10% e 15% de resina. Os resultados de absorção de água foram de 0,35% e 0,25% e resistência à flexão de 30 MPa e 32 MPa, respectivamente, para as composições com 10% e 15%. Demonstrando, deste modo que as diferentes concentrações não influenciaram significativamente nos resultados obtidos.

Gomes et al. (2018) utilizaram 20% de resina epóxi DGEBA com trietilenotetramina (TETA), 48% resíduo do processo de extração de rochas ornamentais e 32% de resíduo de chamote para fabricação dos corpos de prova. Os resultados obtidos foram de 0,38% de absorção de água e 0,18% de porosidade aparente. Os autores realizaram também ensaios de ataque químico com NH_4Cl , $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, KOH , HCl e NaClO e obtiveram, após 24 horas de ataque, perdas de 0,025%, 0,031%, 0,047%, 0,073% e 0,036% em peso, respectivamente.

Demartini et al. (2018) realizaram ensaios nas rochas aglomeradas fabricadas com 15% de resina epóxi DGEBA com trietilenotetramina (TETA) e 85% resíduo de mármore dolomítico. Os autores obtiveram baixa absorção de água de 0,06% e valores de resistência à compressão e à flexão de 96,49 MPa e 33,93 MPa, respectivamente.

Silva et al. (2018) realizaram ensaios de rochas aglomeradas fabricadas com 20% de resina epóxi DGEBA com tetraetilenopentamina (TEPA) e 80% de resíduo de mármore calcítico. Os autores obtiveram nos materiais baixa absorção de água de 0,05% e valores de resistência à compressão e à flexão de 85,2 MPa e 31,87 MPa, respectivamente.

Agrizzi et al. (2019) fabricaram rochas aglomeradas com resíduos de pedreiras (lavra) e do processo de beneficiamento de rochas ornamentais e matriz polimérica de resina epóxi (polímero termorrígido). Foram selecionadas três granulometrias do resíduo para a mistura destes materiais, o que maximizou a densidade, conseqüentemente, minimizando o volume de vazios interparticular das placas. A densidade aparente do material desenvolvido foi de $2,34 \text{ g/cm}^3$, absorção de água de 0,13% e porosidade de 0,31%, resistência à flexão foi de 27,96 MPa. Os valores encontrados nos ensaios atenderam às normas técnicas e em relação às rochas ornamentais naturais, são superiores.

Conforme citado anteriormente, o CETEM vem desenvolvendo pesquisas na área de aproveitamento de resíduos para utilização na produção de rochas artificiais, além de em outros produtos para a construção civil e agricultura. Os resultados dos trabalhos já realizados são muito promissores e também foram produzidas rochas artificiais com resíduos e resina vegetal, obtendo um produto ecoeficiente. Assim, o aproveitamento de resíduos, gerados pelo setor de rochas ornamentais, em rochas aglomeradas, pode gerar novos produtos com ótimas propriedades físicas e mecânicas e oferecer, dessa forma, uma alternativa tecnológica, ambiental e econômica para o aproveitamento de resíduos.

8 | A PROPOSIÇÃO DE NORMAS BRASILEIRAS PARA ROCHAS AGLOMERADAS

As características tecnológicas das rochas, assim como a previsão do seu desempenho em serviço, são obtidas por meio de análises e ensaios, executados segundo procedimentos rigorosos estabelecidos por organismos de normatização (MENDES; VIDAL, 2002). No entanto, ainda não existe no corpo de normas brasileiro nenhuma diretriz que estabeleça requisitos mínimos para o emprego das rochas aglomeradas.

Além disso, nos últimos anos a construção civil brasileira vem passando por uma grande mudança nos seus parâmetros de qualidade e passou a estabelecer exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais por meio da NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais (ABNT, 2013). Esta é a primeira norma a tratar da qualidade dos produtos da construção civil, bem como a sua utilização pelos consumidores. A norma associa a qualidade de produtos ao desempenho na habitação, incluindo o conhecimento do comportamento em uso dos materiais e trouxe reflexos para o setor brasileiro de rochas ornamentais no que tange a caracterização de seus produtos.

Para além da barreira de segurança ambiental, a caracterização das rochas aglomeradas por meio de ensaios tecnológicos é um requisito fundamental para inseri-las no mercado, que está cada vez mais exigente com a procedência e qualidade dos produtos. O CETEM faz parte da Comissão Especial de Estudos de Rochas Ornamentais - CEE 187, instituída pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tem por objetivo a elaboração de normas técnicas referentes a produtos de rochas ornamentais e sua utilização.

No último triênio dois estudos pré-normativos para rochas naturais foram elaborados e submetidos à CEE 187 como propostas de norma, atestando a competência técnica e de infraestrutura do CETEM para desenvolver estudos desse nível.

O CETEM também possui histórico de excelência no desenvolvimento de projetos de pesquisa que trazem ecoeficiência para a indústria de rochas nacional, sendo uma das principais linhas de ação o aproveitamento de resíduos finos e grossos de rochas em diferentes áreas. Atualmente está em fase de execução o projeto “Desenvolvimento de norma para rochas artificiais e vidros utilizando resíduos do processamento de rochas ornamentais”. Outro projeto nesse tema foi finalizado em 2020, intitulado “Desenvolvimento de novos materiais utilizando resíduos da extração e do beneficiamento de rochas ornamentais”, com o apoio financeiro da FAPES para os dois projetos.

Visando sanar a lacuna técnica que prejudica a fabricação e aplicação das rochas aglomeradas, atualmente está em curso no Núcleo Regional do Espírito Santo (CETEM/NRES) um estudo pré-normativo de ensaios de caracterização tecnológica. Baseando-se no pacote de normas europeu 14617, específico para rochas aglomeradas; esse estudo permitirá, futuramente, propor à CEE 187 métodos de ensaio para serem normatizados pela ABNT, de modo a atender os requisitos da NBR 15575 (op. cit). As normas específicas também permitirão obter parâmetros de desempenho tecnológico para os produtos produzidos com resíduos de rochas viabilizando sua aplicação na construção civil.

Apesar de terem demonstrado resultados promissores (AGUIAR; SILVA; GADIOLI, 2016; RIBEIRO et al., 2014), esses produtos ecológicos encontram barreiras ambientais e tecnológicas para de fato empregar seus produtos na construção civil, dada a falta de normas específicas e certificações adequadas para caracterizar e especificar tais produtos.

Além disso, seria possível inserir de fato o setor de rochas na economia circular, a partir da certificação técnica de seus ecoprodutos, contribuindo, assim, para o desenvolvimento econômico e sustentável do setor.

Atualmente, em fase de reprodução dos ensaios de acordo com a metodologia europeia que baseia o estudo, a previsão é que no próximo ano seja submetida para apreciação da ABNT as propostas de normas brasileiras para os ensaios de densidade e absorção d'água, resistência à flexão e resistência química.

9 | CONCLUSÃO

Por meio dos dados discutidos nesse estudo, pode-se constatar que o Brasil é um grande produtor de rochas ornamentais e, por consequência, gerador de uma quantidade expressiva de resíduos, que são descartados muitas vezes de forma inadequada na natureza. Deste modo, cresce a busca por modelos econômicos mais eficientes, como é o caso da economia circular, na qual há inserção de resíduos gerados de volta ao processo.

As análises de mercado demonstraram aumento no consumo de materiais artificiais, e com os trabalhos que vêm sendo desenvolvidos no CETEM e a revisão dos trabalhos publicados na área, foi possível concluir que os resíduos de rochas ornamentais se mostram muito valiosos como matéria-prima para produção de rochas aglomeradas.

A aplicação dos resíduos na fabricação desses materiais poderá trazer vários benefícios, como a geração de novos empregos, valorização e mitigação dos resíduos, diminuição de retirada de matéria prima natural, diminuição do impacto ambiental e conseqüentemente, sustentabilidade e, dessa forma, mais economia e competitividade para os setores envolvidos. Portanto, a rocha aglomerada é uma alternativa tecnológica, ambiental e econômica para a utilização dos resíduos de rochas ornamentais.

10 | AGRADECIMENTOS

Ao CETEM e a todos seus colaboradores, à FAPES e à Secretaria de Estado de Economia e Planejamento (SEP), processos FAPES n° 84876732 e n° 80857019 pelo apoio financeiro e pela bolsa processo n° 81752270 e ao CNPq pelas bolsas processos n° 301593/2020-5, n°301583/2020-0 e n° 139885/2019-6.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. Balanço das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2019. ABIROCHAS, 2019. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br/balancos>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. Balanço das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2020. ABIROCHAS, 2020. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br/balancos>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15.575/13: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

ASSOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN - AENOR. **UNE-EN 14617**.

AGRIZZI, C.P., GADIOLI, M.C.B., SANTOS, E.A.C.C., DELAQUA, G.C.G., VIEIRA, C.M.F. Produção e Caracterização de Rocha Artificial com Resíduos de Quartzitos da Lavra e Beneficiamento de Rochas Ornamentais. 74 Congresso Anual ABM Week. 1 a 3 de outubro de 2019. São Paulo-SP.

AGUIAR, M.C. Desenvolvimento de rocha artificial com pó de rocha e aglomerante polimérico e geopolimérico. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Ciência dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.

AGUIAR, M.C., SILVA, A.G.P. & GADIOLI, M.C.B. Caracterização de Resíduos de Mármore para Fabricação de Rocha Artificial. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, 22° CBECiMat, Natal - RN, p. 939-950, 2016.

ASHBY, M.F. Materials and Sustainable Development. 1st ed. Chapter 5 - Materials Supply-Chain Risk. Elsevier, p. 85-100, 2016.

BARANI, K & ESMAILI, H. Production of artificial stone slabs using waste granite and marble stone sludge samples. *Journal of Mining and Environment*, v. 7, p. 135-141, 2016.

BORSELLINO, C., CALABRESE, G. & DI BELLA, G. Effects of powder concentration and type of resin on the performance of marble composite structures. *Construction and Building Materials*, v. 23, p. 1915-1921, 2009.

BRETON S.p.A. Bretonstone. 2018. Disponível em: https://www.breton.it/en/engineered-stone/blog/breton_bretonstone. Acesso em 30 jun. 2020.

CALLISTER Jr., W.D. & RETHWISCH, D.G. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 9ª ed. LTC, 2016. 912 p.

CARVALHO, E.A.S., VILELA, N.F., MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F. & SILVA, L.C. Novel artificial ornamental stone developed with quarry waste and epoxy composite. *Materials Research*, v. 21, 2018.

CAMPOS, A.R., CASTRO, N.F., VIDAL, F.W.H. & BORLINI, M.C. Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental. In: XXIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Ceará. Anais do XXIII Simpósio de Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. Artigos, p. 9-12. ISBN 978-85-61121-778. 2009.

CHANG, F.C., LEE, M.Y., LO, S.L. & LIN, J.D. Artificial aggregate made from waste stone sludge and waste silt. *Journal of Environmental Management*, v. 91, p. 2289-2294, 2010.

DEMARTINI, T.J.C., RODRIGUEZ, R.J.S. & SILVA, F.S. Physical and mechanical evaluation of artificial marble produced with dolomitic marble residue processed by diamond-plated bladed gang-saws. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 7, p. 308-313, 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Cities in the circular economy: an initial exploration. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Cities-in-the-CE_An-Initial-Exploration.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

GOMES, M.L.P.M., CARVALHO, E.A.S., SOBRINHO, L.N., MONTEIRO, S.N., RODRIGUEZ, R.J.S. & VIEIRA, C.M.F. Production and characterization of a novel artificial stone using brick residue and quarry dust in epoxy matrix. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 7, p. 492-498, 2018.

GOOD INDUSTRY PRACTICES: Design and Material Selection for Quality. (2008) Agglomerated Marble. Cap.1, vol 2, 8-15. Disponível em: <https://www.bca.gov.sg/Publications/EnhancementSeries/design2.html>. Acesso: Março 2020.

GOOD INDUSTRY PRACTICES: Design and Material Selection for Quality. (2008) Engineered Quartz Stone. Cap.2, vol 2, 18-21. Disponível em: <https://www.bca.gov.sg/Publications/EnhancementSeries/design2.html>. Acesso: Março 2020.

HAMOUSH, S., ABU-LEBDEH, T., PICORNELL, M. & AMER, S. Development of sustainable engineered stone cladding for toughness, durability, and energy conservation. *Construction and Building Materials*, v. 25, p. 4006-4016, 2011.

LEE, M.Y., KO, C.H., CHANG, F.C., LO, S.L., LIN, J.D., SHAN, M.Y. & LEE, J.C. Artificial stone slab production using waste glass, stone fragments and vacuum vibratory compaction. *Cement & Concrete Composites*, v. 30, p. 583-587, 2008.

MENDES, V.A. & VIDAL, F.W.H. Controle de qualidade no emprego das rochas ornamentais na construção civil. III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, PE. 2002.

MOLINARI, E. J. Reutilização dos resíduos de rochas naturais para o desenvolvimento de compósitos poliméricos com matriz termofixa na manufatura de pedras industriais. 2007. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MONTANI, C. XXX Rapporto marmo e pietre nel mondo 2019: congiuntura internazionale, produzione, scambi, consumi, tecnologie, beni strumentali, schede dei paesi leader. Carrara: Aldus, 2019. Disponível em: <https://issuu.com/marmonews/docs/report_2018>. Acesso em: nov. 2019.

PHILIPPI JR, A.; SAMPAIO, C.A.C.; FERNANDES V. Gestão empresarial e sustentabilidade. 1 ed. Manole: São Paulo, 2017, 1180 p.

RIBEIRO, C.E.G., RODRIGUEZ, R.J.S. & CARVALHO, E.A. Microstructure and mechanical properties of artificial marble. *Construction and Building Materials*, v. 149, p. 149-155, 2017.

RIBEIRO, C.E.G., RODRIGUEZ, R.J.S., VIEIRA, C.M.F., CARVALHO, E.A., CANDIDO, V. S. & MONTEIRO, S. N. Fabrication of artificial stone from marble residue by resin transfer molding. *Materials Science Forum*, v. 775-776, p. 336-340, 2014.

SAMUI, P., IYER, N.R., KIM, D. & CHAUDHARY, S. (ed.). *New Materials in Civil Engineering*. Butterworth-Heinemann, 2020. 1104 p. ISBN 978-0-12-818961-0.

SILVA, F.S., RIBEIRO, C.E.G. & RODRIGUEZ, R.J.S. Physical and mechanical characterization of artificial stone with marble calcite waste and epoxy resin. *Materials Research*, v. 21, 2018.

VIDAL, F.W.H., AZEVEDO, H.C.A. & CASTRO, N.F. *Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento*. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 700p., 2014.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2020, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 360 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Tecnologia Ambiental

STA-114 - **Geração de revestimentos poliméricos contendo resíduos de pegmatitos com características de isolamento térmico.** Gabriella Neto Chagas, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, 2020.

STA-113 - **Molecular modeling study of biocides interaction with talc, the main mineral component of soapstone monuments.** Julio Cesar Guedes Correia, Lucas Andrade Silva, Fernanda Barbosa da Silva, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, 2020.

STA-112 - **Resinas aplicadas ao beneficiamento de rochas ornamentais.** Alexandre Moni Pereira, Lucas Andrade Silva, Thiago Guedes Garrot, Julio Cesar Guedes Correia, Alexandre Nelson Martiniano Carauta, 2020.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Geral: (21) 3865-7222
Biblioteca: (21) 3865-7218
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 43 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.