
Viabilidade técnica da utilização de resíduo do beneficiamento de granito na indústria e na agricultura

Adriano da Costa Borges, Maurício Novaes Souza, Julia Falqueto Ambrosim, Silvia Aline Bérghamo Xavier

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c5>

Resumo

A produção de rochas ornamentais no Brasil em 2010 foi de aproximadamente 9,0 milhões de toneladas. Em 2018, mesmo com a desaceleração da economia dos principais países importadores, chegou-se a uma produção aproximada de 8 milhões de toneladas. Entre essas rochas, principalmente o granito, continua assim posicionado entre os cinco maiores produtores mundiais, representando cerca 5,4% da produção mundial. Como consequência dessa expressiva produção, é gerada uma grande quantidade de resíduos: por isso, várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de encontrar alternativas para o reaproveitamento desses resíduos. O Brasil, como um dos maiores produtores agrícolas e pecuários mundiais, também é um grande consumidor de insumos fertilizantes, estando entre os principais da produção agropecuária moderna os de base NPK: no Brasil, cerca de 70% são importados. A caracterização média aproximada desses resíduos de granito apresenta 69% de dióxido de silício (SiO₂); cerca de 15% em alumínio; seguido de potássio, sódio e ferro que ficam entre 3 a 5%; cálcio e magnésio entre 1 a 2%; e os demais, titânio, fósforo e manganês, com média abaixo de 1%. Nesse sentido, têm sido desenvolvidas várias pesquisas com experimentos de pós de rochas, entre eles os resíduos de rochas ornamentais, como o granito, por meio da prática de rochagem ou remineralização (fertilização com pós de rochas). Dessa forma, tal prática e a busca por alternativas de reaproveitamento desses resíduos é uma abordagem louável: pode representar uma fonte de renda adicional para as indústrias de rochas ornamentais, ao mesmo tempo em que fornece aos agricultores uma alternativa mais sustentável e potencialmente mais acessível em termos de insumos. Ou seja, além de seu viés ambiental, é também social, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, dando destino como remineralizador a grande quantidade de rejeitos, mitigando os impactos ambientais e contribuindo para a economia circular, por reintroduzir resíduos na cadeia produtiva como recursos.

Palavras-chave: Granito. Resíduos. Rochagem. Fertilizante. Produção Agrícola.

1. Introdução

Os dois maiores polos de extração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil são os Estados do Espírito Santo e Minas Gerais, sendo que o primeiro é responsável por cerca de 40% da produção nacional: em 2010 foi de aproximadamente 9 milhões de toneladas (ABIROCHAS, 2011). Em 2018, mesmo com a desaceleração da economia dos principais países importadores, chegou a uma produção aproximada de 8 milhões de toneladas, continuando assim posicionado entre os cinco maiores produtores mundiais, representando cerca de 5,4% da produção mundial (ABIROCHAS, 2019).

Essa indústria é de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico do Espírito Santo; porém, a extração e o processamento desse material podem acarretar em danos ao meio ambiente quando não há a gestão correta dos resíduos (RAYMUNDO et al., 2013; MENDONÇA; MORAIS; OLIVEIRA, 2016).

Em consequência dessa produção expressiva, estes Estados também geram uma enorme quantidade de resíduos sem uma destinação adequada que permita a sustentabilidade do setor. Apesar de haver no Estado do Espírito Santo uma Instrução Normativa (11/2016 do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA) para destinação e descarte desses resíduos como lama do beneficiamento de rochas ornamentais - LBRO, essa visa apenas local e forma de armazenamento (ESPÍRITO SANTO, 2016).

Assim, o reaproveitamento de resíduos provenientes da mineração se tornou um grande desafio para a atualidade, uma vez que a exploração de recursos minerais muitas vezes resulta na geração de grandes volumes de resíduos que podem ter impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. A busca por soluções sustentáveis para o gerenciamento desses resíduos tem sido uma preocupação crescente em diversas áreas, incluindo a indústria de mineração, governos e pesquisadores (PONTES; STELLIN JÚNIOR, 2005; MENDONÇA; MORAIS; OLIVEIRA, 2016; SOUSA et al., 2018; TORRES et al., 2019; CALDEIRA et al., 2019).

Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pelo acúmulo desses resíduos e ainda gerar renda, vários pesquisadores estão trabalhando em projetos que visam o reaproveitamento desses como matéria-

prima para obtenção de outros produtos, que serão empregados principalmente na construção civil. Os tipos de resíduos dos quais mais se têm pesquisado e empregado nessa atividade, são os do beneficiamento de granito (THEODORO et al., 2012; SANTOS et al., 2016; SCHWANTES et al., 2017; LUCAS et al., 2019; MAIA et al., 2021; BARBIERI et al., 2021).

No entanto, nos últimos anos, também têm sido realizadas muitas pesquisas para o uso desses resíduos em outras áreas, como na produção agropecuária: grande consumidora de insumos fertilizantes, estando entre os principais da produção agrícola moderna os de base NPK; no Brasil, cerca de 70% são importados (THEODORO et al., 2012; LUCAS et al., 2019; MAIA et al., 2021; BARBIERI et al., 2021).

A essência dessas pesquisas voltadas à produção agrícola com o uso desses resíduos de granito tem sido a rochagem, prática que segundo Santos, Santos e Reichert (2018) e Barbieri et al. (2021), apesar de antiga, ainda é pouco utilizada no país. Consiste em utilizá-los como remineralizadores do solo, geralmente como medida corretiva de recuperação da fertilidade, pois geralmente em solos tropicais há uma alta taxa de degradação.

Essa prática também pode ter sido ainda mais incentivada após a regulamentação realizada por intermédio da Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013, na qual incluiu os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à produção agrícola (BRASIL, 2013).

O objetivo deste capítulo é destacar algumas alternativas que vem sendo estudadas para o reaproveitamento dos resíduos do beneficiamento de granito de modo geral e, principalmente, com foco na produção agrícola.

2. Pesquisas com aplicações de resíduos de granitos

2.1. Cerâmica

Os principais componentes da matéria-prima cerâmica se dividem em três categorias principais: elementos plásticos, fundentes e inertes. Os principais representantes dessas categorias são: argilas, feldspato e quartzo,

respectivamente. O resíduo gerado principalmente no corte de rochas ornamentais, dentre elas o granito, em sua composição mineralógica há predominância de quartzo (sílica) e feldspatos (VIEIRA et al., 2003; BERNARDI et al., 2018). Sua utilização como matéria-prima cerâmica é potencial e poderá ser como fundente e redutor de plasticidade (SILVA, 2007; BERNARDI et al., 2018).

De acordo com esses mesmos autores, estudos realizados em várias instituições de ensino superior do país mostram que resíduos gerados na serragem de granitos, podem ser utilizados em certas concentrações como matéria-prima em cerâmica vermelha e, segundo Dantas (2010), até mesmo em cerâmica branca. Segundo o referido estudo, a incorporação dos resíduos pode melhorar as propriedades físicas das peças cerâmicas, por exemplo, a resistência à flexão.

Para tal comprovação, utilizaram-se corpos de prova com concentrações de 5 a 40% de resíduo em massa, submetendo-os a vários ensaios de caracterização e tecnológicos, dentre eles os ensaios de composição química, distribuição de tamanho de partícula e difração de raios-X. Observou-se, com os ensaios, dentre outros aspectos, que houve diminuição da plasticidade da massa cerâmica devido à adição dos resíduos de granito, com algumas vantagens (VIEIRA et al., 2003).

Dentre elas, destaca-se a economia na quantidade de água utilizada na mistura para extrusão das peças, o que tornará a etapa de secagem mais rápida, com um gasto energético menor e maior controle dimensional (MOREIRA; FREIRE; HOLANDA, 2003) por apresentarem redução na retração linear para adições superiores a 10% (AGUIAR et al., 2010).

Desta forma, apresentam maior densidade e, conseqüentemente, as peças cerâmicas terão menor porosidade (DANTAS et al., 2010). Contudo, como possivelmente há uma diferença na dilatação térmica, entre a cerâmica e os demais compostos, a utilização do material final produzido é mais adequada à construção de casas e locais onde haverá menor impacto por peso (OLIVEIRA, 2017).

Portanto, a adição de resíduos graníticos em matéria-prima de cerâmica vermelha, por influenciar em praticamente todas as etapas de produção (moldagem, secagem e sinterização) dos produtos oriundos, tais como, blocos, lajotas e telhas, pode: melhorar certas propriedades dos produtos que repercutirá diretamente na sua qualidade (VIEIRA et al., 2003; BERNARDI et al., 2018); diminuir os impactos ambientais; e ainda possibilitar a geração de novas oportunidades de emprego e renda (SILVA, 2007; BERNARDI et al., 2018).

2.2. Argamassas

As argamassas são geralmente constituídas por areia, cimento Portland⁶, água e outros elementos, tais como cal, saibro, barro e caulim - estes últimos são considerados elementos plastificantes; ou seja, os responsáveis pelo aumento de plasticidade, que irá conferir à argamassa uma maior aderência. Dentre os plastificantes mencionados, o mais recomendado é a cal ou a cal hidratada, um produto regido por normas técnicas e com eficiência comprovada por institutos de pesquisa (SILVA, 2006; SANTOS et al., 2016; BERNARDI et al., 2018).

De acordo com esses mesmos autores, as argamassas são classificadas em duas categorias segundo suas finalidades: de assentamento (blocos, azulejos, pisos cerâmicos, entre outros); e de revestimento, que possui o objetivo de regularizar e proteger as superfícies de tetos e paredes, entre outros.

Os resíduos em questão possuem granulometria fina, mas não apresentam características pozolânicas⁷, o que pode ser comprovado pela caracterização mineralógica dos mesmos feitos em algumas pesquisas, onde na análise de difração de raios-X observa-se a predominância de formas cristalinas:

⁶ Tipo mais comum de cimento utilizado na construção civil em todo o mundo. Ele é produzido a partir da moagem de clínquer, que é uma mistura calcinada de calcário e argila, juntamente com outros materiais aditivos. O cimento Portland é amplamente utilizado para fazer concreto, argamassa e outros produtos de construção.

⁷ O cimento Portland pozolânico é aquele que em sua composição permite a adição de até 50% de pozolanas. O nome das pozolanas, por sua vez, vem de rochas vulcânicas encontradas na região de Pozzuoli, perto do monte Vesúvio, no sul da Itália. Quando misturadas com cal, essas rochas, moídas, transformam-se em cimento.

apresentam baixa possibilidade de reatividade ou atividade pozolânica (TENÓRIO et al., 2005).

Então, sua incorporação na confecção de argamassas de múltiplo uso (assentamento e revestimento), seria de *efeito fíler* (preenchimento de lacunas entre as partículas de cimento, diminuição dos poros), uma vez que segundo a classificação da ABNT para resíduos sólidos, esses resíduos pertencem na sua maioria à classe III – Inertes (AFONSO, 2005).

De acordo com as pesquisas feitas por Tenório et al. (2005) com resíduos gerados no beneficiamento (polimento e corte) de chapas de granito, a adição desses resíduos à argamassa pode ser melhor em substituição a parte da areia ao invés do cimento, sendo que após alguns ensaios a concentração que mostrou melhor desempenho foi a de 10%.

Em outro estudo, realizado por Calmon et al. (1997), ao analisar os efeitos da adição dos resíduos gerados no desdobramento de blocos em argamassa de assentamento, constatou-se que quanto maior for a concentração do resíduo, a resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral tende a aumentar; ao contrário, a absorção de água e o índice de vazios diminuem (*efeito fíler*). Porém, houve uma maior exsudação de água da argamassa, fato que pode afetar mesmo que em pequena intensidade a sua trabalhabilidade.

De maneira geral, percebe-se que a adição desses resíduos na produção de argamassa pode ser considerada uma destinação ecologicamente correta, com possibilidade de emprego em grandes quantidades, podendo ainda diminuir custos de produção e apresentar desempenho igual ou superior às argamassas de referência (AFONSO, 2005; SANTOS et al., 2016; BERNARDI et al., 2018).

2.3. Tijolos de Solo-Cimento

O déficit habitacional brasileiro foi calculado em 6,273 milhões de domicílios (BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE HABITAÇÃO, 2009); e em torno de 8 milhões (IBGE - Censo, 2022) - constitui um grande desafio para o governo. As adoções de tecnologias na construção civil que visem a utilização de produtos naturais renováveis e resíduos industriais são sempre bem-vindas. Geralmente, apresentam menor custo e são

encontrados em grandes quantidades, podendo constituir uma forma de diminuir esse déficit e caminhar rumo a sustentabilidade do setor (CALMON et al., 1998; SOUSA et al., 2018).

Em uma pesquisa realizada por Calmon et al. (1998) que visava à produção de tijolos de solo-cimento com a adição de resíduos da serragem de blocos de granito, tendo o traço (cimento: barro) de 1:14 como referência, adicionou-se à mistura 10, 30, 50 e 70% de resíduo em substituição ao solo. Confeccionados os tijolos em prensa manual, foram realizados os ensaios de resistência à compressão e absorção de água aos 14 dias de idade, onde se observou que quanto maior a adição de resíduos, menor a resistência à compressão simples. Entretanto, a absorção de água não sofreu mudanças significativas, ficando dentro da Norma, abaixo de 20%.

De acordo com esses mesmos autores, os traços com até 50% de resíduos apresentaram resistência a compressão acima de 2 MPa, atendendo assim, as Normas que determinam uma resistência mínima de 2 MPa.

A produção de tijolos maciços de solo-cimento com adição de resíduos do beneficiamento de mármore e granito (10, 15 e 30%) e com teor mínimo de 15% de cimento, apresenta resistência mecânica mínima de 4,5 MPa (aos 28 dias), o que o torna compatível até mesmo para uso em alvenaria estrutural. Assim, a adição desses resíduos na mistura para confecção dos tijolos de solo-cimento mostra que além de reduzir os custos de produção e de impactos ambientais, pode ser ainda uma alternativa para a construção de moradias populares (MIRANDA; BACARJI; FERREIRA, 2007; SOUSA et al., 2018).

2.4. Ladrilhos hidráulicos

São placas de concreto de alta resistência ao desgaste utilizadas em acabamento de paredes e pisos internos e externos, contendo uma superfície com textura lisa ou em relevo, colorida ou não, de formato quadrado, retangular ou outra forma geométrica definida, conforme a NBR 9457 (ABNT, 1986).

Os ladrilhos hidráulicos geralmente são formados por três camadas (superior, intermediária e tardez⁸) sobrepostas. São constituídos geralmente por areia e, ou, pó de pedra, pigmento, cimento Portland e água, sendo que suas proporções ainda são empíricas (REIS; TRISTÃO, 2009).

Têm ampla variedade de aplicações na arquitetura e no *design* de interiores devido à sua estética única, durabilidade e versatilidade. Seu emprego nos últimos anos tem sido para confecção de calçadas com objetivos decorativos e de acessibilidade (também denominados de ladrilhos hidráulicos piso tátil), paredes, bancadas e pias, escadas, entre outros (REIS; TRISTÃO, 2009; BERNARDI et al., 2018).

Em pesquisas realizadas por Reis e Tristão (2009), após a visita em três fábricas no Espírito Santo e análise das propriedades dos ladrilhos produzidos nas mesmas, observou-se mediante aos ensaios (Tabela 1), que os mesmos não atendiam às normas existentes àquela época.

Tabela 1. Ensaios realizados e limites da NBR 9457 (ABNT, 1986).

Propriedades	Ensaio	Limites NBR 9457/1986
Absorção de água	NBR 13818 (ABNT, 1997)	Máximo de 8%
Resistência ao desgaste por abrasão	NBR 12042 (ABNT, 1992)	Máximo de 3 mm em 1000 m
Módulo de ruptura à flexão	NBR 13818 (ABNT, 1997)	Valor médio da amostra 5 MPa Valor individual mínimo 4,6 Mpa

Fonte: Reis e Tristão, 2009.

⁸ Termo que se refere à parte traseira, posterior ou de trás de algo, como um objeto ou uma superfície.

A adição dos resíduos do corte de granito nessa mistura se comporta como *filler*⁹, como nos demais concretos. Assim, pode-se verificar um aumento na densidade e na resistência à flexão. Entretanto, a absorção de água foi de aproximadamente 13%, o que continua acima do limite estabelecido em norma (Tabela 1), mas permanece dentro da média encontrada nos ladrilhos sem a adição dos resíduos, produzidos pelas empresas visitadas (REIS; TRISTÃO, 2009).

Diante dos aspectos favoráveis observados nessas pesquisas, a utilização desses resíduos na confecção de ladrilhos hidráulicos pode melhorar a qualidade dos mesmos, além de diminuir os impactos ambientais causados pelo setor de rochas ornamentais (REIS; TRISTÃO, 2009; BERNARDI et al., 2018).

2.5. Pavimento asfáltico

Grande parte da composição básica das misturas asfálticas é formada pelos agregados minerais, aproximadamente 95% em peso; o restante corresponde ao ligante CAP (cimento asfáltico de petróleo), responsável pela agregação dos minerais (Curtis, 1999 *apud* MARTIN, 2008).

A adição dos resíduos da serragem do granito na mistura asfáltica possui a função de *filler*, já que se trata de um material de granulometria fina que irá preencher os vazios, conferindo maior viscosidade, aumento na resistência aos esforços de cisalhamento e tração, entre outras propriedades (Santana, 1995 *apud* SOUZA et al., 2009).

A adição do resíduo de granito à mistura asfáltica como *filler* em substituição a parte dos convencionais, atendem as exigências do DNER (Departamento Nacional de Estradas e Rodagem) para o teor de 5,5% de CAP, o que pode ser comprovado após a confecção de corpos de prova e alguns ensaios, por exemplo, o de Estabilidade Marshall (SOUZA et al., 2009). Com isso, além de atender as normas, essa adição pode reduzir os custos de produção e os

⁹ Em construção, "fíler" é um material usado para preencher espaços vazios ou cavidades em superfícies, como paredes, pisos ou tetos, a fim de obter uma superfície lisa e uniforme para a aplicação de revestimentos, como pintura ou papel de parede.

impactos ambientais que seriam causados por esses resíduos (SOUZA et al., 2003 *apud* ALVES, 2008).

2.6. Lã Mineral

As lãs minerais são aquelas formadas por silicatos e produzidas principalmente a partir do vidro ou de rochas; apresentam estrutura amorfa (Luoto et al., 1998 *apud* ALVES, 2008); ou seja, não possuem estruturas atômicas regularmente dispostas em rede cristalinas (Chaudhari, 1980 *apud* ALVES, 2008).

Suas principais aplicações são em isolamentos termos-acústicos, principalmente nas áreas de construção civil, industrial, automotiva, eletroeletrônicos, entre outras (Luoto et al., 1998 *apud* ALVES, 2008). Dentre elas, a lã de rocha é mais utilizada pela indústria, uma vez que podem ser utilizadas em maiores temperaturas do que a lã de vidro (ALVES, 2008). Essas lãs também são bem resistentes ao fogo, não propagam chamas e nem emitem fumaça tóxica (Marabini et al., 1998 *apud* ALVES, 2008).

Como essas lãs são constituídas por uma estrutura vítrea, pode agregar quantidades de diferentes elementos; assim, constituem uma forma de emprego de resíduos industriais (Ferreira et al., 2002-a *apud* ALVES, 2008). Dessa forma, cabe destacar que seu resíduo pode ser empregado na produção de vidros do tipo sodo-cálcicos (ALEIXO et al., 2016).

O reaproveitamento dos resíduos de serragem do granito na produção de lã mineral (lã de vidro e lã de rocha), deve-se à grande quantidade de sílica (SiO_2) presente nos mesmos - cerca de 66%, sendo este o principal constituinte dessas lãs (ALVES, 2008). A alumina (Al_2O_3), também presente no resíduo de granito com 19,27%, é um componente que fornece durabilidade química aos materiais vítreos; porém, diminui a fluidez (maior viscosidade) e, conseqüentemente, a trabalhabilidade desses materiais (Alves, 2006 *apud* ALVES, 2008).

Em pesquisa realizada por Alves (2008), onde se pretendia obter lãs minerais com o reaproveitamento de resíduos de granito e de escórias de aciarias, utilizando-se de um “Forno Detroit” para a fusão das amostras, análise dos espectros de raios-X, microscopia eletrônica de varredura e viscosidade

Herty (Fluidez), chegou-se a conclusão de que o uso do resíduo de granito como matéria-prima principal para produção dessas lãs é restrito.

Apesar de poderem ser empregados como fonte dos elementos sílica e alumina, este último dificulta o vazamento do material devido à baixa fluidez proporcionada. Porém, a utilização da associação dos dois resíduos (resíduo de granito + escória de aciaria), mostrou-se eficiente para a fabricação dessas lãs, podendo ser a composição destes na mistura total das mesmas em no máximo 30% para lã de vidro e de até 70% na lã de rocha (ALVES, 2008).

2.7. Vidros

Os vidros ou materiais vítreos não possuem arranjo atômico regular (Callister, 2006 apud BABISK, 2009). Podem ser considerados como uma substância homogênea e inorgânica obtida pelo resfriamento de uma massa líquida constituída principalmente por sílica que se solidifica sem cristalizar. Seus principais constituintes são os óxidos formadores de rede, óxidos modificadores de rede e os óxidos intermediários (BABISK, 2009).

De acordo com Akerman (2000) apud Babisk (2009), os vidros podem ser produzidos com variadas composições, sendo que quimicamente são classificados em cinco categorias principais:

- ✓ Vidros de Sílica Fundida ou Quartzo (janelas de veículos espaciais, espelhos astronômicos e outras aplicações que exige baixa expansão térmica);
- ✓ Vidros de Borossilicato (utensílios domésticos e de laboratórios);
- ✓ Vidros de Chumbo (artigos finos de mesa, peças de arte e na indústria eletroeletrônica);
- ✓ Vidros de Alumino-Borossilicato (tubos de combustão, fibras de reforço, vidros com alta resistência química e vitro-cerâmicos); e
- ✓ Vidros Sodo-Cálcicos (garrafas, frascos, potes, janelas, bulbos e tubos de lâmpadas).

Esta última categoria foi o objeto de pesquisa de Babisk (2009) para o reaproveitamento dos resíduos de mármore (resíduos carbonáticos) e granito (resíduos silicáticos). Esses vidros contêm entre 8 e 12% em peso de óxido de cálcio e de 12 a 17% de óxido de sódio, podendo-se compensar o sódio com potássio e o cálcio com magnésio (Akerman, 2000 *apud* BABISK, 2009).

Nessa pesquisa foram analisadas quatro composições utilizando esses resíduos, sendo estas ajustadas com adições de outros elementos, tais como areia (sílica) e carbonatos (sódio e cálcio). Após as análises de fluorescência de raios-x (composições químicas em % peso), e de difração de raios-x (composição mineralógica) dos resíduos de granito, detectou-se a presença de óxidos de ferro, provavelmente oriundos da granalha utilizada na serragem dos blocos de granito. Entretanto, a presença desses óxidos na produção do vidro é benéfica, uma vez que, nessa mistura, eles atuam como colorante conferindo ao vidro a cor verde (BABISK, 2009).

Para esse mesmo autor, os vidros produzidos nessa pesquisa apresentaram características parecidas aos dos comerciais - devido a sua cor predominante verde, podem atuar como redutores de calor. Além disso, essa tecnologia pode ser considerada ambientalmente correta, pois dá destino aos resíduos e ainda contribui para a diminuição da extração de areia.

2.8. Concreto autoadensável

Concreto autoadensável (CAA) é caracterizado pela alta fluidez e capacidade de preencher vazios em fôrmas pelo seu próprio peso, dispensando assim, a aplicação de vibradores mecânicos para sua compactação (OKAMURA, 1997; Araújo et al., 2003 *apud* TUTIKIAN; DAL MOLIN; CREMONINI, 2005).

Geralmente é constituído de seis componentes básicos: cimento, agregados miúdos, agregados graúdos, água, aditivos superplastificantes e os materiais finos (pozolânicos e, ou, fíler) (TUTIKIAN; DAL MOLIN; CREMONINI, 2005), também denominados de adições minerais (ALVES, 2008). Para Fenato et al. (2007), estes dois últimos são responsáveis pelo aumento da fluidez e viscosidade (coesão entre os agregados graúdos e a argamassa),

respectivamente. Em alguns casos, também se pode utilizar mais um elemento químico, os agentes modificadores de viscosidade (AMV).

São utilizados principalmente em obras que se exigem excelentes acabamentos, com locais de difícil acesso ou com formatos complexos e grandes concentrações de ferragens (Camargos, 2002 *apud* LISBÔA, 2004).

Os materiais finos preenchem os vazios entre os agregados graúdos (Okamura; Ouchi, 2003 *apud* FENATO et al., 2007). Com isso, há uma menor tendência à segregação da mistura. De acordo com algumas pesquisas, nessa categoria se podem empregar os RBMG (resíduos do beneficiamento do mármore e do granito) (SILVA, 2009).

Segundo Lisbôa (2004), o CAA apresenta grandes vantagens em relação ao convencional. Algumas delas são as diminuições de mão de obra e a não necessidade de vibradores mecânicos para sua compactação, o que confere menos poluição sonora. Apesar de poderem possuir um custo de produção maior que os convencionais (TUTIKIAN; DAL MOLIN; CREMONINI, 2005), esses podem reduzir o custo final da obra em comparação aos convencionais (Camargos, 2002 *apud* LISBÔA, 2004).

Soares et al. (2009), em pesquisa com CAA utilizando como materiais finos os resíduos de mármore e granito, constataram após confeccionar corpos-de-prova e submetê-los ao ensaio de resistência a compressão aos 7, 28 e 35 dias, conforme a Norma, que esses apresentam resistência satisfatória.

O CAA confeccionado na pesquisa realizada por Lisbôa (2004), utilizando como finos os RBMG na relação da pasta resíduo/cimento = 0,5; apresentou bons resultados quanto à capacidade de preencher as fôrmas, superar obstáculos e de resistência à segregação. Entretanto, fez-se necessária a adição de 3% de sílica ativa (fíler pozolânico) para aumentar a coesão e diminuir a velocidade de fluxo da mistura (LISBÔA, 2004). Diante disso, conclui-se que a aplicação dos RBMG no CAA é uma alternativa para seu reaproveitamento, diminuição do uso dos aterros e da extração de novas matérias-primas da natureza (SOARES et al., 2009).

2.9. Concretos

Alves (2008) estudou o desenvolvimento de concretos com adição de resíduos do polimento de granito. Para isso, foram feitos diversos ensaios de sua caracterização, dentre eles: o de granulometria a laser, determinação de atividade pozolânica - método físico e químico e difração de raios-X. Por intermédio do ensaio de granulometria a laser, pode-se confirmar que esses resíduos podem ser considerados adições minerais, uma vez que 90% de sua massa total possuem grãos com diâmetros inferiores a 39,17 μm e desses 50% com diâmetros inferiores a 12,11 μm (ALVES, 2008).

Utilizando adições desses resíduos na proporção de 10 e 20% da massa de cimento, Alves (2008) constatou que quanto menor a relação água/cimento (a/c) e maior o teor de resíduo presente nos concretos, maior será a quantidade de argamassa e finos nos mesmos. A grande quantidade de finos pode implicar em uma menor trabalhabilidade em consequência da alta coesão que esses podem causar (ALVES, 2008). Podem também aumentar a necessidade de água para molhagem, quanto menores forem os diâmetros dos finos (fíler). Entretanto, podem também diminuir exsudação (GONÇALVES, 2000).

De acordo com a pesquisa realizada por Gonçalves (2000), há benefícios na obtenção de concretos utilizando como adições minerais os resíduos da serragem ou corte do granito (RCG). Os principais benefícios da adição desse *fíler* nos concretos no estado endurecido, consistem na diminuição da permeabilidade e da estrutura dos poros, o que não só implica em uma menor penetração de água e de agentes agressivos, maior resistência capilar; como também em uma maior resistência a compressão em relação aos de referências (GONÇALVES, 2000). A melhoria dessas propriedades pode representar uma maior durabilidade (Gopalan, 1996 apud GONÇALVES, 2000) e qualidade dos concretos (Ho et al., 1986 apud GONÇALVES, 2000).

3. Uso agrícola

O solo é considerado a base da produção agropecuária e da manutenção da vida terrestre: para que tenham uma melhor produtividade ao longo do tempo são necessárias correções e fertilizações (ALOVISI et al., 2020). Na Figura 1

observa-se uma área de pastagem em processo de degradação, por não receber nenhuma correção e, ou, fertilização por mais de 60 anos.



Figura 1. Área de pastagem em processo de degradação. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Os solos tropicais muitas vezes enfrentam desafios de degradação e baixa fertilidade devido a vários fatores, incluindo a remoção excessiva de nutrientes por intermédio das colheitas, a erosão do solo e a perda de matéria orgânica: é essencial para manter a fertilidade do solo, melhorar sua estrutura e a capacidade de retenção de água, bem como promover a atividade microbiana benéfica (SANTOS; SANTOS; REICHERT, 2018; MONTEIRO et al., 2023, SOUZA, 2023).

A utilização inadequada dos solos, como o seu uso intensivo sem práticas de manejo sustentável, pode agravar esses problemas. A lixiviação, que é a lavagem dos nutrientes solúveis para camadas mais profundas do solo, é um desafio particular em climas tropicais, onde a intensidade das chuvas pode ser alta. Isso pode resultar na perda de nutrientes essenciais para as plantas (Figura 2).



Figura 2. Área de pastagem com elevada taxa de lixiviação, erosão, formação de ravinas e voçorocas. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Assim, a busca por produtos que possam corrigir ou melhorar a fertilidade do solo é uma abordagem comum para lidar com esses problemas. Esses produtos podem incluir fertilizantes orgânicos ou inorgânicos, condicionadores de solo e técnicas de manejo específicas, tais como a rotação de culturas e o uso de plantas de cobertura. No caso específico do Espírito Santo, pode haver um foco maior na pesquisa e desenvolvimento de produtos e práticas que sejam adequados para as condições locais (RAYMUNDO et al., 2013; MONTEIRO et al., 2023, SOUZA, 2023).

Atualmente, devido às crescentes demandas socioambientais em nível internacional, é crucial abordar a degradação do solo e a baixa fertilidade de maneira sustentável: não apenas beneficia a produção agrícola em longo prazo, mas também contribui para a saúde do ecossistema e a preservação do meio ambiente em geral.

A agricultura sustentável envolve uma combinação de técnicas de conservação do solo, manejo de nutrientes e uso dos recursos naturais de forma equilibrada. Irá garantir a produtividade agrícola e a sustentabilidade ambiental: é a chave para enfrentar os desafios de degradação do solo e baixa fertilidade de maneira eficaz (MONTEIRO et al., 2023, SOUZA, 2023).

O fato é que o processo acelerado de degradação começa a se avolumar com o advento da chamada “Revolução Verde”, a partir dos anos da década de 1960. Objetivava o aumento da produtividade agrícola, com progressiva modernização na agricultura: mecanização, sementes geneticamente modificadas, agrotóxicos (REZENDE et al., 2021). Com isso, também o uso mais intensivo de fertilizantes químicos de alta solubilidade - entre esses, os mais utilizados possuem base mineral NPK, sendo em grande parte importados de outros países.

No entanto, o uso intensivo desses tipos de fertilizantes acarreta impacto e externalidades socioambientais. São decorrentes dos altos custos de importação, dependendo das taxas de câmbio; e as ambientais, tais como a poluição e a eutrofização de corpos d'água, e a atmosférica, com os compostos nitrosos (THEODORO et al., 2012). Além disso, aliado ao manejo inadequado, para Camara et al. (2021), nos solos tropicais, os fertilizantes podem apresentar baixa eficiência.

Assim, a busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis, menos dependentes de importação de insumos, uma maior eficiência energética e de fontes renováveis, tem sido e deve continuar sendo uma grande preocupação de todos os envolvidos nessa cadeia produtiva (COLA; SIMÃO, 2012; MONTEIRO et al., 2023, SOUZA, 2023).

De acordo com Monteiro et al. (2023) e Souza (2023), a abordagem integrada de conservação do solo, manejo de nutrientes e uso sustentável de recursos naturais visa alcançar a produtividade agrícola em longo prazo, ao mesmo tempo em que preserva a biodiversidade, a qualidade da água e a saúde do solo. É fundamental que governos, pesquisadores, agricultores e a sociedade em geral trabalhem juntos para promover a adoção dessas práticas sustentáveis e contribuir para um sistema agrícola mais resiliente e equilibrado.

Assim, o uso de pós de rochas como fonte de fertilizante natural é de fato uma alternativa interessante para melhorar a fertilidade do solo de maneira sustentável. Consistem em materiais moídos e, ou, resíduos, provenientes de diferentes tipos de rochas, que podem conter uma variedade de nutrientes essenciais para as plantas, tanto macro como micronutrientes (ALOVISI et al., 2020).

Devido à sua solubilidade mais lenta, de acordo com esses mesmos autores, os nutrientes são liberados gradualmente ao longo do tempo, o que pode resultar em uma fertilização mais equilibrada e sustentada ao longo do ciclo de cultivo.

Nesse sentido, têm sido desenvolvidas várias pesquisas com experimentos de pós de rochas; entre eles, os resíduos de rochas ornamentais como o granito por meio da prática de rochagem ou remineralização (SCHWANTES et al., 2017; ALOVISI et al., 2020; BARBIERI et al., 2021).

Essa prática consiste na aplicação no solo de certos pós de rochas moídos, ou seja, constituintes responsáveis pela própria origem do solo natural, e que geralmente apresentam baixa solubilização e potencial de liberação de nutrientes por maior período de tempo, se comparado aos solúveis químicos, mas que pode também ter esse período acelerado de acordo com o manejo a ser adotado.

Ou seja, a rochagem ou remineralização envolve a aplicação de pós de rochas diretamente no solo como forma de melhorar suas propriedades físicas e químicas. Isso pode incluir a correção do pH do solo, a liberação gradual de nutrientes e a promoção de interações benéficas entre os minerais das rochas e os microrganismos presentes no solo. No entanto, para Neves et al. (2021), como essas rochas apresentam diversas composições a depender de suas espécies e tipos de processos sofridos até o seu descarte como rejeito, isso dificulta sua aplicação como matéria-prima nobre.

Percebe-se que a essência da técnica não é nova; no entanto, mais conhecida e difundida nos processos de calagem (calcário) e fosfatagem (fósforo), podendo ser considerada não só como remineralizadora de solos degradados (intemperizados e baixa fertilidade) atribuindo elementos (multinutrientes) essenciais à fertilidade, mas também como rejuvenescedora do próprio solo, uma vez que essencialmente são formados pela própria decomposição de rochas (THEODORO et al., 2012).

Para Brito et al. (2019), a rochagem, principalmente no Brasil, pode ser considerada além de um processo de formação de solos, uma excelente alternativa pela grande diversidade geológica e demanda de fertilizantes

químicos. O uso de resíduos do beneficiamento de granito, como parte da aplicação por intermédio da rochagem, tem sido o alvo de várias pesquisas e com resultados promissores.

Com isso, em pelo menos um de seus trabalhos, buscou-se relacionar algumas das espécies mais beneficiadas no Estado do Espírito Santo e a caracterização aproximada de seus resíduos, que de forma geral apresentaram em média 69% de dióxido de silício (SiO_2), cerca de 15% em alumínio, seguido de potássio, sódio e ferro que ficam entre 3 a 5%, cálcio e magnésio entre 1 a 2% e os demais, titânio, fósforo e manganês com média abaixo de 1% (Tabela 2):

Tabela 2. Composição química média das rochas silicáticas (granitos) mais beneficiadas

	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	P_2O_5	MnO
Média	69,13	14,65	4,84	3,56	3,74	1,90	0,90	0,58	0,25	0,05
(%)										

Fonte: Adaptado de Neves et al., 2021.

No entanto, é importante observar que a eficácia dos pós de rochas como fertilizantes pode variar dependendo do tipo de rocha utilizada, das condições do solo e das práticas agrícolas adotadas. Além disso, a taxa de liberação de nutrientes dos pós de rochas pode ser mais lenta em comparação com fertilizantes solúveis, o que pode exigir um planejamento cuidadoso para atender às necessidades nutricionais das plantas ao longo do tempo.

Pesquisas contínuas são essenciais para entender melhor os benefícios e as limitações do uso de pós de rochas e para desenvolver diretrizes práticas para sua aplicação eficaz em diferentes sistemas agrícolas e condições de solo. Em última análise, a utilização de pós de rochas como parte de estratégias de manejo sustentável do solo pode contribuir para a promoção da saúde do solo, a produtividade agrícola e a conservação ambiental (ALOVISI et al., 2020).

É importante ressaltar, que a composição apresentada na Tabela 2, refere-se a média da composição natural das rochas e não de seus resíduos, pois esses geralmente apresentam teores de ferro (Fe_2O_3) e cálcio (CaO) muito variáveis, devido principalmente ao tipo de processo de serragem empregado na transformação do bloco em chapas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química média dos resíduos de granitos após a serragem

	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	P_2O_5	MnO
Média (%)	62,50	12,37	4,40	2,73	11,03	4,15	0,93	0,59	0,27	0,12

Fonte: Adaptado de Neves et al., 2021.

Existem dois principais: o tear convencional com lâminas, e os de fios diamantados (multifios); enquanto em um, além dos fragmentos da rocha são geradas partículas do desgaste das lâminas de aço, da adição da granalha abrasiva e da cal, no outro basicamente seriam geradas apenas partículas da própria rocha, respectivamente.

Diante dos resultados apresentados nas Tabelas 2 em comparação aos da Tabela 3, Neves et al. (2021) destacam que na serragem dos blocos para transformação em chapas, são geradas grandes quantidades de resíduos que variam de acordo com o processo utilizado.

Aproximadamente 80% das partículas são menores que 45 μm . Na utilização dos multifios, além dos benefícios na diminuição das perdas e geração de resíduos, que requereriam tratamento e transporte, há um aperfeiçoamento do tempo de serragem. Consequentemente, maior produtividade e menor consumo de recursos (energia, mão de obra, etc.), bem como maior controle da composição dos resíduos gerados, contribuindo assim para agregação de valor e maior potencial de aproveitamento em outras aplicações.

Com base na composição média dos resíduos da serragem do granito (Tabela 3), percebe-se que podem conter nutrientes importantes para produção vegetal, tais como potássio, cálcio e magnésio. Além disso, para Bertossi et al.

(2012), essa baixa granulometria desses resíduos, em sua maioria, representa também um grande potencial de utilização na agricultura. Pode apresentar K trocável, aumentar a reatividade no solo e a velocidade de solubilidade dos elementos nutrientes.

No entanto, esses finos também influenciam nos valores de condutividade hidráulica, com a diminuição dos poros, alterando a velocidade de penetração da água no solo: conseqüentemente, podem alterar o transporte de nutrientes e a lixiviação. Apesar disso, nas análises feitas com até 40% desses resíduos, percentual considerado elevado na rochagem, as amostras de solo chegaram no máximo ao nível Moderada (escala decrescente), não representando assim restrição ao seu uso até essa concentração (BERTOSSO et al., 2012).

Para Theodoro (2000), essa liberação mais lenta dos nutrientes por meio da rochagem, ou baixa velocidade de solubilização (quando comparada aos solúveis químicos NPK), deve ser considerada como positiva. Isso porque tornará o efeito mais prolongado, sendo uma forma de fertilização sustentável sem comprometer negativamente o equilíbrio ambiental. Além disso, essa pode ser acelerada por mecanismos físico-biológicos que já vem sendo estudados em outras pesquisas.

O potássio é um dos principais elementos na conceituação da fertilidade dos solos. Sua aplicação em formulação altamente solúvel pode não ser totalmente aproveitável pelas plantas; conseqüentemente, parte pode ser lixiviada, desperdiçando recursos econômicos e contaminando águas, alterando assim o ambiente natural e o ciclo da vida ao longo prazo (THEODORO, 2000).

Para Camara et al. (2021), a baixa solubilidade dos nutrientes presentes nos pós de rochas pode ser um desafio para sua utilização eficaz como fertilizantes. Essa baixa solubilidade significa que os nutrientes contidos nos pós de rochas são liberados de forma mais lenta no solo, o que pode limitar sua disponibilidade imediata para as plantas.

Para superar esse desafio e tornar o uso de pós de rochas mais prático e eficaz, são necessárias abordagens que considerem tanto a solubilidade quanto a liberação gradual dos nutrientes. Algumas estratégias que podem ser

exploradas incluem (SANTOS et al., 2016; SCHWANTES et al., 2017; LUCAS, 2019; BARBIERI et al., 2021):

- ✓ **Tratamento Físico e Químico:** processos de moagem mais fina ou tratamentos químicos podem ajudar a aumentar a solubilidade dos nutrientes nas rochas, acelerando sua disponibilidade no solo;
- ✓ **Uso Consorciado:** a combinação de pós de rochas com outras fontes de nutrientes, como fertilizantes orgânicos ou inorgânicos de liberação rápida, pode criar um equilíbrio entre a liberação imediata e gradual de nutrientes, atendendo às necessidades das plantas em diferentes estágios de crescimento;
- ✓ **Microrganismos Benéficos:** a presença de microrganismos benéficos no solo pode desempenhar um papel na decomposição dos minerais das rochas e na liberação gradual dos nutrientes;
- ✓ **Formulações Específicas:** pesquisas contínuas podem levar ao desenvolvimento de formulações específicas que acelerem a solubilidade dos nutrientes em pós de rochas, tornando-os mais eficazes como fontes de nutrientes;
- ✓ **Aplicação Adequada:** a aplicação de pós de rochas deve ser planejada de acordo com as necessidades da cultura e as características do solo, levando em consideração a liberação gradual de nutrientes ao longo do tempo.

A realização de mais pesquisas é fundamental para explorar essas abordagens e desenvolver estratégias práticas que maximizem o potencial dos pós de rochas como fonte de nutrientes. À medida que a compreensão sobre a interação entre os pós de rochas, o solo e as plantas avança, é possível encontrar soluções inovadoras que superem os desafios da baixa solubilidade e contribuam para uma agricultura mais sustentável e resiliente.

Santos et al. (2014) *apud* Brito et al. (2019), identificaram que, além da nutrição vegetal, como já comprovado em diversas pesquisas com os principais elementos clássicos fertilizantes mencionados anteriormente, o fornecimento de silício presente nesses pós de rocha pode tornar plantas mais resistentes às pragas e doenças.

Em trabalho conduzido por Santos, Santos e Reichert (2018) com resíduos do corte de granito (RCG) associados com a macrófita *Eichhornia crassipes* (planta aquática Aguapé), utilizando como planta experimental indicadora a *Paspalum notatum* (espécie de gramínea), verificou-se que aplicação de RCG propiciou aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, o que é desejável para facilitar uma boa nutrição vegetal.

Porém, apesar dos resíduos da produção de rochas alterarem positivamente o pH do solo, os mesmos não devem servir como única fonte para a sua correção, necessitando ainda uma utilização conjunta com outra alternativa (SOUZA et al., 2013).

Analisando de maneira mais abrangente os aspectos sociais, ambientais e econômicos da prática de rochagem com resíduos de granito, demonstrando como essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento agroecológico de maneira ampla e positiva, alguns pontos-chaves devem ser destacados (THEODORO et al., 2012; CAMARA et al., 2021; MONTEIRO et al., 2023, SOUZA, 2023):

- ✓ **Desenvolvimento Agroecológico:** a prática de rochagem com resíduos de granito pode ser considerada uma estratégia agroecológica, uma vez que promove a utilização de recursos naturais de forma sustentável e busca harmonizar as interações entre os sistemas agrícolas e o ambiente;
- ✓ **Acessibilidade e Difusão:** sendo uma tecnologia de fácil aplicação, a rochagem pode ser facilmente difundida entre os pequenos produtores de alimentos. Isso ajuda a democratizar o acesso a práticas sustentáveis de manejo do solo, beneficiando comunidades rurais e contribuindo para a segurança alimentar;
- ✓ **Redução de Rejeitos:** o reaproveitamento dos resíduos de granito provenientes de processos industriais ajuda a diminuir os rejeitos, promovendo uma gestão mais eficiente de recursos e contribuindo para a redução do impacto ambiental das indústrias de rochas;
- ✓ **Prevenção da Contaminação:** a rochagem pode ajudar a prevenir a contaminação das reservas de água pela lixiviação excessiva de fertilizantes

químicos solúveis, contribuindo para a preservação da qualidade da água potável;

- ✓ **Baixo Custo:** a prática de rochagem geralmente possui um custo menor em comparação com os métodos tradicionais de uso de fertilizantes químicos solúveis. Isso pode aliviar a pressão financeira sobre os pequenos produtores e tornar a agricultura mais acessível;
- ✓ **Impactos Positivos Múltiplos:** a adoção da rochagem pode levar a impactos positivos nas esferas ambiental, econômica e de produtividade. Isso inclui a melhoria da fertilidade do solo, a redução da dependência de fertilizantes químicos, o fortalecimento da resiliência dos ecossistemas agrícolas e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

Considerando todos esses aspectos, a prática de rochagem com resíduos de granito não apenas aborda questões técnicas de fertilidade do solo, mas também tem o potencial de criar mudanças significativas em comunidades agrícolas, promovendo a sustentabilidade e o desenvolvimento socioambiental em nível local e, possivelmente, até regional.

Contribui, ainda, para preceitos bases da Economia Circular, como melhor utilização de recursos naturais, a criação de novos produtos com menos geração de resíduos, reuso, reciclagem, entre outros (CAMARA et al., 2021).

4. Considerações finais

É interessante observar como a produção de rochas ornamentais no Brasil tem impactos não apenas na indústria de construção civil e decoração, mas também em setores como a agricultura e a busca por práticas sustentáveis.

A geração de resíduos provenientes da produção de rochas ornamentais, como o granito, representa de fato um desafio significativo. A busca por alternativas de reaproveitamento desses resíduos é uma abordagem louvável, uma vez que ajuda a mitigar os impactos e externalidades socioambientais, além de poder contribuir para a economia circular, onde os resíduos são reintroduzidos na cadeia produtiva como recursos.

Faz-se importante uma análise completa e informada sobre a importância e os benefícios potenciais do uso de resíduos de rochas ornamentais, como o granito, na agricultura. As observações aqui apresentadas buscaram destacar como essa prática pode ser uma solução abrangente e sustentável, por abordar desafios ambientais, sociais e econômicos. Merecem destaque:

- ✓ **Impacto Ambiental Positivo:** o uso de resíduos de rochas ornamentais na agricultura pode reduzir o descarte inadequado desses materiais, ajudando a mitigar impactos ambientais negativos. Além disso, ao promover a reciclagem de resíduos, a prática contribui para a economia circular;
- ✓ **Segurança Alimentar:** a pesquisa e avaliação cuidadosa são fundamentais para garantir que o uso de resíduos de rochas ornamentais não represente riscos para a segurança alimentar, contaminando o solo, as plantas ou a água. A segurança e a qualidade dos produtos agrícolas são considerações capitais;
- ✓ **Redução da Dependência de Fertilizantes Importados:** a possibilidade de substituir fertilizantes importados por fontes nacionais, como os resíduos de rochas ornamentais, é altamente benéfica para a economia e a autonomia do país. Isso também pode levar a uma redução nos impactos ambientais associados à produção e transporte de fertilizantes;
- ✓ **Práticas Agroecológicas e Sustentabilidade:** a rochagem, como prática de fertilização, alinha-se com os princípios da agroecologia e da sustentabilidade, pois considera a interação harmoniosa entre o sistema agrícola e o ambiente, promovendo a resistência do solo e a resiliência dos ecossistemas;
- ✓ **Desenvolvimento Sustentável:** a integração dos resíduos de rochas ornamentais na agricultura pode ser vista como um exemplo de desenvolvimento sustentável, beneficiando as indústrias, os agricultores e o meio ambiente; e
- ✓ **Necessidade de Pesquisa Contínua:** a investigação contínua é fundamental para determinar as proporções adequadas e os métodos de aplicação dos resíduos de rochas, garantindo que seus benefícios sejam maximizados sem comprometer a saúde do solo, das plantas e da água.

De forma geral, a presente análise buscou enfatizar como a prática de rochagem com resíduos de rochas ornamentais não é apenas uma alternativa técnica, mas também tem o potencial de promover mudanças significativas e positivas em vários aspectos da sociedade, economia e ambiente. Combinar o conhecimento técnico com considerações sociais, econômicas e ambientais é essencial para garantir a execução bem-sucedida e responsável dessa abordagem.

5. Referências

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais; MONTANI, C. (Org.). **XXX Relatório mármore e rochas no mundo 2019 - Dossiê Brasil 2019**. Brasília: Aldus Casa di Edizioni in Carrara (IT), 2019. Disponível em: <https://abirochas.com.br/wpcontent/uploads/2022/01/Dossier_Brazil_2019-mailing.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Síntese das exportações e importações brasileira de rochas ornamentais e de revestimentos em 2010**, 2011, informe n. 1. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/1124/Exporta_Junho2010.pdf>. Acesso em: 12 set. 2011.

AFONSO, W. M. **Caracterização de resíduo de corte de rochas na produção de argamassas**. Campos dos Goytacazes: 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2005.

AGUIAR, M. C.; BORLINI, M. C.; SANDRINI, I.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Utilização de Resíduo do Beneficiamento de Granito pela Tecnologia de Tear à Seco para Obtenção de Cerâmica Vermelha. *In*: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 2010, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: CBECiMat, p. 252-259, 2010.

AKERMAN, M. **Natureza estrutura e propriedades do vidro**. CETEV (Centro Técnico de Elaboração do Vidro), 2000. Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcm/wpcontent/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut_Prop_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2010.

ALEIXO, F. C.; BALLMANN, T. J. S.; FOLGUERAS, M. V.; JUNKES, J. A.; DELLA, V. P. Preparação de vidros sodo-cálcicos utilizando resíduo de lâ de rocha. **Cerâmica**, n. 62, p. 358-364, 2016. DOI: 10.1590/0366-69132016623642034

ALOVISI, A. M. T. *et al.* Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solos. **Revista Gestão e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 918-932, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e0l2020918-932

ALVES, J. O. **Compósitos cerâmicos de mulita-alumina – estudos de caso:** compósito de mulita obtida a partir do mineral topázio. 2006. Monografia (Graduação em Física) - Departamento de Física, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

ALVES, J. O. **Processo de reciclagem da escória de aciaria e do resíduo de corte do granito visando a produção de lã mineral.** Ouro Preto: 2008.100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Rede Temática em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

ALVES, M. S. **Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos.** Belo Horizonte: 2008.132 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ARAUJO, J. L.; BARBOSA, N. P.; SANTOS, S. B. dos; REGIS, P. A. **Concreto auto-adensável com materiais locais no nordeste brasileiro.** In: 45º Congresso brasileiro do concreto. CD-ROM, Vitória, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9457:** Ladrilho Hidráulico. Rio de Janeiro, 1986.

BABISK, M. P. **Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais.** Rio de Janeiro: 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2009.

BARBIERI, R. F. *et al.* Utilização de rejeito de mineração na recomposição de solos degradados e na fertilização de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, 2021.

BATTAGIN, A. F.; SCANDIUZZI, L. A Utilização da Escória granulada de Alto Forno como Agregado Miúdo. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, São Paulo, boletim, n. 35, 1990.

BERNARDI, L. F.; MUNHOZ, J. C.; MENDONÇA, G.; SOUZA, R. D. Reaproveitamento de rejeitos da mineração de cobre como pigmentos em cerâmica vermelha. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

BERTOSSI, A. P. A. *et al.* Influência da utilização do resíduo fino de beneficiamento de rochas ornamentais silicáticas na qualidade do solo e da água. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 185-195, 2012. Disponível em: <https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/31_2/Art04_Bertossi_et_al.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

BRANDÃO, B. P.; PINTO JÚNIOR, L. A. B. **Estudo da viabilidade técnica do aproveitamento de resíduos provenientes do corte de granito para ajuste da composição química da escória de aciaria LD, visando à produção de clínquer de cimento Portland.** Vitória: 2009. 79 p. Monografia (Graduação em Tecnologia em Processos Metalúrgicos - Instituto Federal do Espírito Santo). Vitória, 2009.

BRASIL, Ministério das Cidades; Secretaria Nacional de Habitação. **Déficit Habitacional no Brasil 2007.** Projeto PNUD-BRA-00/019 - Habitar Brasil – BID/, Belo Horizonte, 128 p., 2009.

BRASIL. Lei n.12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 11 dez. 2013.

BRITO, R. S. et al. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, Rio Branco, v. 6, n. 1, 2019. ISSN: 2446-4821

CALDEIRA, M. S.; MORAIS, C. A. M.; DIAS, G. S. F.; SILVA, C. G. Avaliação do desempenho mecânico de argamassas produzidas com resíduos de mineração de ferro. **Revista Matéria**, v. 26, n. 1, 2021.

CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais:** uma abordagem integrada. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

CALMON, J. L. et al. Reciclagem do Resíduo de Corte de Granito para a Produção de Argamassas. In: I Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis, 1997, Canela, RS. **Anais...** Canela: ANTAC, 1997.

CALMON, J. L.; TRISTÃO, F. A.; LORDÊLLO, F. S. S.; DA SILVA, S. A. C.; MATTOS, F. V. Aproveitamento do Resíduo de Corte de Granito para a Produção de Tijolos de Solo-Cimento. In: VII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído qualidade no processo construtivo, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, p. 900-907, 1998.

CAMARA, G. R. et al. **Utilização de rochas ornamentais ricas em minerais potássicos como fonte alternativa de insumo agrícola via rochagem – Parte I.** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021.

CAMARGOS, U. A. Concreto Auto-Adensável e Autonivelante. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 59, p. 04-05, 2002.

CHAUDHARI, P.; GIESSEN, B. C.; TURNBULL, D. Metallic Glasses. **Scientific American**, v. 242, p. 84-96, 1980.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p.15-27, 2012.

Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1132>>. Acesso em: 20 set. 2022.

CURTIS, C. W. **Investigation of asphalt-aggregate interactions in asphalt pavements**, Chemical Eng Dept, Auburn University, 1999.

DANTAS, A. P. A. et al. Utilização de Resíduos de Rochas Ornamentais na Produção de Cerâmica Branca. **Holos**, v. 1, n. 26, p. 92-108. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/309/310>>. Acesso em: 21 mar. 2011.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado do Meio ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instrução Normativa nº 11 de 11 de outubro de 2016**. Vitória: Diário Oficial dos Poderes do Estado. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/>. Acesso em: 21 maio 2021.

FENATO, T. M.; CARBONARI, B. M. T.; LEITE, F. M.; YOSHIDA, H. H. Verificação da Existência de Propriedades Autoadensáveis em Concretos de Alto Desempenho, Através de Ensaio Experimentais. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 65-78, jan./jun. 2007.

FERREIRA, E. B.; ZANOTTO, E. D.; SCUDELLER, L. A. M. Nano Vitrocerâmica de Escória de Aciaria. **Química Nova**, v. 25, p. 731-735, 2002-a.

GEYER, T. R.; DAL MOLIN, D.; VILELA, A. C. F. Possibilidades e Fatores Limitantes da Reutilização de Escórias de Aciaria na Construção Civil, In: 51º CONGRESSO ANUAL DA ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABM, v. 4, p. 305-314, 1996.

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. Porto Alegre: 2000. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2000. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/1676>>. Acesso em: 12 set. 2021.

GOPALAN, M. K. Sorptivity of Fly Ash Concretos. **Cement and Concrete Research**, v.26, n. 8, p. 1189-1197, 1996. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958389196001056>>. Acesso em: 20 set. 2022.

GUMIERI, A. G. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de escória de aciaria do processo LD como adição em cimento**. Porto Alegre: 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/2652>. Acesso em: 12 set. 2022.

HO, D. W. S.; HINECZAK, I.; CONROY, J. J.; LEWIS, R. K. Influence of slag cement on the water sorptivity of concrete. In: International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, 2, Madrid, Spain.

Proceedings... Detroit: American Concrete Institute, v. 2. (ACI Special Publication, 91), p. 1463-1473, 1986.

ISAIA, G. C. **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. 1 ed., São Paulo: IBRACON, p. 1-43, 2005.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. Maceió: 2004. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2004.

LUCAS, Y. et al. Application of crushed waste rock as a soil amendment for acidified agricultural soil. **Journal of Environmental Management**, v. 250, 109555, 2019.

LUOTO, K.; HOLOPAINEN, M.; KANGAS, J.; KALLIOKOSKI, P.; SAVOLAINEN, K. Dissolution of short and long rockwool and glasswool fibers by macrophages in flowthrough cell culture. **Environmental Research**, v. 78, p. 25-37, 1998. ISSN 0013-9351

MACHADO, A.T. **Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria**. São Paulo: 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Acesso em: 01 out. 2010.

MAIA, C. M. B. F. et al. Aplicação de rejeitos de mineração como fonte de nutrientes para plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, 2021.

MARABINI, A. M.; PLESCIA, P.; MACCARI, D.; BURRAGATO, F.; PELINO, M. NEw Materials from Industrial and Mining Wastes: Glass-Ceramics and glasses and Rock-Wool Fibre. **International Journal of Mineral Processing**, v. 53, Issues 1-2, p. 121-134, February 1998.

MARTIN, C. M. M. S. Utilização do Rejeito Oriundo do Corte de Rochas Ornamentais como Agregado Mineral em Pavimentação Asfáltica. In: XVI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (JIC), 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, p. 106-112, 2008.

MENDONÇA, G.; MORAIS, C. A. M.; OLIVEIRA, M. L. S. Reaproveitamento de rejeitos da mineração: proposta de classificação com ênfase em estudos de caso de minério de ferro. **Revista Escola de Minas**, v. 69, n. 2, p. 175-180, 2016.

MIRANDA, R. A. C.; BACARJI, E.; FERREIRA, R. C. Estudo da Aplicação de Resíduo de Beneficiamento de Mármore e Granito em Tijolos de Solo-Cimento. In: IV Encontro nacional e II Encontro latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis (ELECS), 2007, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: ANTAC, p. 33-42, 2007.

MONTEIRO, R. J.; OLIVEIRA, K. P. de; LOUBACK, G. C.; CRESPO, A. M.; PERON, I. B.; FIGUEIREDO, J. S. M.; ARAUJO, O. P.; SOUZA, M. N. Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural. In: SOUZA,

M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c2>

MOREIRA, J. M. S.; FREIRE, M. N.; HOLANDA, J. N. F. Utilização de Resíduo de Serragem de Granito Proveniente do Estado do Espírito Santo em Cerâmica Vermelha. **Cerâmica** [online]. v. 49, n. 312, p. 262-267, 2003.

NASCIMENTO, G. B. do. **Caracterização e utilização de pó-de-pedra em revestimentos para restauração de edificações históricas em estilo art déco**. Belo Horizonte: 2008. 188 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

NEVES, M. A. et al. Lama de beneficiamento de rochas ornamentais processadas no Espírito Santo: composição e aproveitamento. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 123 - 136, 2021. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15020>>. Acesso em: 20 set. 2022.

OKAMURA, H. Self-compacting High-performance concrete. In: **Concrete International**, v. 19, n. 7, p. 50-54, 1997.

OKAMURA, H.; OUCHI, M. Self compacting concrete. **Journal of Advanced Concrete Technology**, Tokyo, v. 1, n. 1, p. 5-15, 2003.

OLIVEIRA, G. S. **Utilização de resíduo de rochas ornamentais para produção de cerâmica de revestimento**. Alegre: 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, 2017.

PINTO JUNIOR, L. A. B.; GRILLO, F. F.; ARRIVABENE, L. F.; VIEIRA, E. A.; TENÓRIO, J. A. S.; OLIVEIRA, J. R. Adequação da Composição Química da Escória de Aciaria LD para a Fabricação de Cimento Portland. In: 41º Seminário de aciaria internacional, Resende. **Anais...** Resende – RJ, p. 368-379, 2010.

POLESE, M. O.; CARREIRO, G. L.; SILVA, M. G.; SILVA, M. R. Caracterização Microestrutural da Escória de Aciaria. **Revista Matéria** [online]. 2006, v. 11, n. 4, p. 444-454. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10814> >. Acesso em: 28 mai. 2010.

PONTES, I. F.; STELLIN JÚNIOR, A. Utilização de Resíduos de Rochas Ornamentais nas Indústrias de Construção Civil. In: XXI Encontro nacional de tratamento de minérios e metalurgia extrativa (XXI ENTMME), 2005, Natal, RN. **Anais...** Natal: ENTMME, p. 607, v. 2, 2005.

RAYMUNDO, V.; NEVES, M. A.; CARDOSO, M. S. N.; BREGONCI, I. S.; LIMA, J. S. S.; FONSECA, A. B. Resíduos de serragem de mármore como corretivo da acidez de solo. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 1, p. 47-53, 2013.

REIS, A. S.; TRISTÃO, F. A. Análise Comparativa das Propriedades Físicas e Mecânicas de Ladrilho Hidráulico Piso Tátil com Aproveitamento de Resíduo de Corte de Granito e Ladrilho Hidráulico Piso Tátil Convencional. In: Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção, 2009, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: ENARC, p. 166-178, 2009.

REZENDE, C. C. et al. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e50810212725, 2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228267/1/rsd-2021.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2022.

ROCHA, C. A. A. **Estudo de concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos**. Campos dos Goytacazes: 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

SANTANA, H. **Considerações sobre os nebulosos conceitos e definição de fíler em misturas asfálticas**. In: Reunião anual de pavimentação, 29. Associação Brasileira de Pavimentação, Cuiabá, MT, v. 1, 1995.

SANTOS, G. R. et al. Aplicação de resíduo da mineração de calcário na fertilização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 9, p. 791-796, 2016.

SANTOS, J. F. et al. Produção agroecológica de batata em relação à doses de pó de rocha. **Rev. Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 1, p. 29-35, 2014.

SANTOS, R. P.; SANTOS, I. B. C.; REICHERT, G. A. Avaliação da Aplicação de Resíduos de Corte de Granito e *Eichhornia Crassipes* em Solos de Baixa Fertilidade. In: **Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia – CONTECC, 2018**, Maceió. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/28_adadrddcdgee.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

SCHWANTES, D. et al. Aplicação de rejeito de mineração como fonte de nutrientes para o solo e para plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 213-221, 2017.

SILVA, A. L. da. **Reciclagem de escória cristalizada para a produção de argamassas**. Itajubá: 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais para Engenharia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

SILVA, B. J. da. **Incorporação de resíduo de granito em massa cerâmica para revestimento**. Campina Grande: 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SILVA, E. B.; SILVA, M. F. G.; BARBOZA, A. da S. R.; GOMES, P. C. C. Produção de Concreto Auto-Adensável com Adição de Fibras e Resíduos da Serragem de Mármore e Granitos. In: Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção, 2009, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: ENARC, p. 185- 198, 2009.

SNIC - **Press Kit 2010**, Sindicato nacional das Indústrias de Cimento. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/presskit_SNIC_2010.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2010.

SOARES, M. S.; GACHET - BARBOSA, L. A.; RIBEIRO, L. C. L. J.; JACINTHO, A. E. P. G. de A.; LINTZ, R. C. C. Incorporação dos Resíduos Obtidos do Corte e Boleamento de Mármore e Granitos da Região de Limeira-SP na Produção de Concretos Auto-Adensável. In: Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção, 2009, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: ENARC, p. 133- 143, 2009.

SOUSA, A. S.; ABREU, F. R. de; GOMES, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C. S. Estudo da aplicação de resíduos da mineração de ferro em matrizes cimentícias. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 211-224, 2018.

SOUSA, G. M. **Estudo experimental de escória de aciaria para fins de caracterização tecnológica como material de lastro ferroviário em vias sinalizadas**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

SOUZA, J. N. de; RODRIGUES, J. K. G.; SOUZA NETO, P. N. de. Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como material de enchimento em concretos asfálticos usinados à quente. **Revista Interação**, Campina Grande, v.2, p. 13-17, 2003.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, P. R. L.; FARIA, R. M.; SOUZA, J. L.; CRUZ, D. P.; ROCHA, G. C. **Utilização de Resíduos de Granito na Correção da Acidez de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. In: XXXIV Congresso brasileiro de ciência do solo, 2013, Florianópolis, SC. 2013.

TENORIO, J. A. S.; ARAÚJO, F. G. S.; PEREIRA, S. S. R.; FERREIRA, A. V.; ESPINOSA, D. C. R.; BARROS, A. Decomposição da fase majoritária do cimento portland - parte II: alita com adições de Fe e Al. Rem: **Rev. Esc. Minas** [online], v. 56, n. 2, p. 113-117, 2003.

TENÓRIO, J. J. L.; LAMEIRAS, R. de M.; LIMA, L. A. de. Desempenho de Argamassas Produzidas com Resíduo do Beneficiamento de Chapas de Granito (RBCG). In: VI Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas, 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBTA, p. 34-44, 2005.

THEODORO, S. C. H. **A fertilização da terra pela terra:** uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. 2000. 225 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

THEODORO, S. H.; TCHOUANKOUE, J. P.; GONÇALVES, A. O.; LEONARDOS, O.; HARPER, J. A importância de uma rede tecnológica de rochagem para a sustentabilidade em países tropicais. Pernambuco: **Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 1390-1407, 2012. ISSN: 1984-2295.

TORRES, F. C.; VILELA, A. C. F.; SILVA, F. S.; OLIVEIRA, T. F. S. Reaproveitamento de rejeitos de mineração de ferro em argamassas. **Revista Matéria**, v. 24, n. 4, 2019.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D.; CREMONINI, R. **Viabilização Econômica do Concreto Auto-Adensável.** In: 12º Concurso Falcão Bauer. CBIC. Disponível em: <http://www.allquimica.com.br/arquivos/websites/artigos/Viabiliza%C3%A7%C3%A3o_econ%C3%B4mica_do_concreto_autoadens%C3%A1vel200693081825.pdf>. Acesso em: 17 maio 2020.

VIEIRA, C. M. F.; SOARES, T. M.; MONTEIRO, S. N. Efeito da Adição de Resíduo do Corte de Granito de Santo Antônio de Pádua-RJ em Massa Cerâmica Vermelha. In: 47º Congresso brasileiro de cerâmica, 2003, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), p. 1109, 2003.