

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE CACOS E CASQUEIROS DO BENEFICIAMENTO DE MÁRMORE E GRANITO

Vinícius Freisleben Bernardi¹ e Alvim Borges da Silva Filho²

¹Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Venda Nova do Imigrante - FAVENI, Av. Ângelo Altoó, 888, Santa Cruz, Venda Nova do Imigrante - ES, coordenacaoengambiental@faveni.edu.br; ²Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Avenida Fernando Ferrari, nº514, Goiabeiras, Vitória - ES, alvim@pobox.com.

RESUMO - A presente pesquisa busca evidenciar o processo de recuperação e valorização de resíduos e sua contribuição para a sustentabilidade corporativa. Para tanto, foi avaliado a gestão sustentável de cacos e casqueiros da indústria de beneficiamento de mármore e granito. As principais contribuições do trabalho foram a abordagem da recuperação e valorização de resíduos como fatores importantes para ganhos na sustentabilidade das empresas e a possibilidade de generalização do estudo para novos cenários como outros setores da economia, bem como a variação da escala. Para tanto, quantificou-se a geração de cacos e casqueiros na indústria de mármore e granito, obtiveram-se informações preliminares quanto ao manejo desses resíduos, identificaram-se os principais produtos fabricados com cacos e casqueiros e ainda aplicaram-se indicadores para avaliar os impactos da recuperação e valorização desses resíduos na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito. A pesquisa aborda os casos de 4 empresas: 2 serrarias (S1 e S2) e 2 marmorarias (M1 e M2). Observou-se que as empresas não abordam os cacos e casqueiros como matéria-prima para novos produtos. Verificou-se que os principais produtos fabricados com esses resíduos são aplicados em pavimentação e decoração. A pesquisa evidenciou que o processo de recuperação de cacos e casqueiros impacta positivamente na sustentabilidade da indústria de mármore e granito, mais especificamente nas marmorarias.

PALAVRAS-CHAVE: Recuperação, mármore e granito, valorização de resíduos, caco e casqueiro.

ABSTRACT - The purpose of the present research was to evaluate how do the wastes-recovery and valorization contribute to the corporative sustainability. Therefore, the sustainable management of marble- and granite-industry wastes has been assessed. The main contributions of this work are the approach of residues-recovery and –valorization as important factors for gains in sustainability of businesses, along with the possible generalization of this study toward new scenes like other economy sectors, as well as scale variation. Thus, the generation of wastes in the marble and granite industry has been quantified. Preliminary information was obtained about wastes handling. The main waste-products have been identified. And, indicators were used to assess the impacts from the recovery and valorization of those residues on the marble and granite industry's sustainability. The survey approaches the cases of 4 businesses: 2 wood businesses (S1 and S2), and 2 marble businesses (M1 and M2). It was observed that the businesses do not see wastes as raw-materials for new products. The main products from those residues are used in asphalt and decoration. This survey has evidenced the wastes recovery's positive impact on the marble- and granite-industry sustainability, specially in the marble businesses.

KEYWORDS: sustainability assessment, recovery, marble and granite, valorization, marble and granite wastes.

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da sociedade para as posturas mais sustentáveis, a divulgação de informações sobre desempenho ambiental, econômico e social das empresas são cada vez mais

acessíveis. Segundo Barby & Jenkins (2006), as empresas privadas têm sido crescentemente pressionadas a serem mais transparentes, divulgando seus resultados de sustentabilidade.

As pressões quanto à sustentabilidade em sua operação também são realidade para a indústria de beneficiamento de mármore e granito, principalmente quanto a tratamento e disposição final de resíduos da produção. Contudo, avaliar a sustentabilidade da gestão de resíduos exige vários níveis de informação (YEHEYIS et al., 2013).

Várias das pressões sofridas pelo setor de beneficiamento de mármore e granito relacionam-se aos resíduos produtivos gerados. Conforme Rajgor & Pitroda (2013), os resíduos do beneficiamento de mármore e granito podem ser classificados como: i) pó de pedra, ii) lama, iii) agregados; iv) grandes rochas; v) blocos; e vi) chapas danificadas.

A geração de resíduos na referida indústria ocorre em todas as etapas do processo produtivo. Exemplificando o potencial de geração, Bacarji et al. (2013) afirmam que até 30% do bloco extraído é convertido em lama na serragem das chapas. Ademais, restos de chapas também são expressivamente gerados, mas podendo ser utilizados enquanto material sustentável secundário. Assim é possível afirmar que, conforme o Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais, Cal e Calcários do Espírito Santo - Sindirochas (2014), o Brasil gerou, apenas em relação às rochas ornamentais exportadas, entre janeiro 2014 e abril de 2014, um total de 246.817,5 toneladas de lama abrasiva. Ressalta-se ainda que o Espírito Santo contribuiu com 70,4% desse total.

Agravando esse cenário, ainda conforme Bacarji et al. (2013), atualmente o beneficiamento de mármore e granito tem ocasionado sérios passivos ambientais. Enormes quantidades de lama e outros resíduos estão sendo produzidos anualmente, causando graves ameaças ao meio ambiente, poluindo o solo e a água e, quando seca, se transformando em um pó fino prejudicial à saúde pública.

Rajgor & Pitroda (2013) também afirmam que resíduos de rochas ornamentais podem causar inconvenientes ao ambiente, à saúde pública e à economia. Afirmam ainda que a indústria de corte de mármore produz grandes quantidades de resíduos sólidos, cenário com perspectiva de aumento devido à expansão da construção civil e ao crescimento da produção mundial. Portanto, recuperar e valorizar esses resíduos é excelente forma de amenizar os impactos do beneficiamento de mármore e granito na sociedade, afora gerar emprego e renda.

Segundo Menikpura et al. (2013), a grande vantagem da reciclagem é seu potencial de gerar renda, além de desenvolver o mercado da gestão de resíduos. Outro benefício intimamente relacionado à recuperação de resíduos é a possibilidade de ampliar a inclusão social de grupos desfavorecidos na sociedade. Conforme Darby & Jenkins (2006) é possível empregar pessoas com dificuldade de aprendizagem, desempregados, ex-detentos, aumentando a empregabilidade.

Esta pesquisa relaciona o tema central sustentabilidade, amplamente discutido na literatura, a dois subtemas, os indicadores de sustentabilidade e a recuperação e valoração de cacos e casqueiros. A recuperação e valoração de cacos e casqueiros é praticamente inexplorado pelas pesquisas acadêmicas, já os indicadores de sustentabilidade possuem estudos relevantes já realizados, embora ainda em desenvolvimento no campo do gerenciamento de resíduos.

Focada na problemática da gestão de resíduos de mármore e granito, a presente pesquisa visou ampliar o estudo a cerca dos resíduos desse setor de forma a realizar um cotejo entre a gestão de cacos e casqueiros e a sustentabilidade. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar os impactos da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade corporativa da indústria de beneficiamento de mármore e granito. Para tanto, buscou-se: i) quantificar a geração de cacos e casqueiros em 4 empresas; ii) obter informações iniciais sobre a gestão de cacos e casqueiros; iii) identificar os principais produtos fabricados através da recuperação de cacos e casqueiros;

e iv) avaliar a contribuição da recuperação e valorização de cacos e casqueiros para a sustentabilidade das empresas.

É válido ressaltar que a pesquisa inova ao investigar os impactos da recuperação e valorização de cacos e casqueiros, praticamente inexplorados nas pesquisas acadêmicas, através da avaliação da sustentabilidade por meio de indicadores ambientais, econômicos e sociais, bastante explorado nas pesquisas científicas, mas em desenvolvimento no campo do gerenciamento de resíduos.

1.1 OS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE MÁRMORE E GRANITO

As pesquisas enfocando resíduos da indústria do mármore e granito, conforme demonstrado na Tabela 1, em sua maioria buscaram solucionar a disposição final da lama abrasiva gerada no processamento das rochas ornamentais. Assim, observa-se subexploração dos demais resíduos gerados no setor em pesquisas científicas.

Tabela 1: Referências de pesquisas enfocando resíduos da indústria do mármore e granito.

PESQUISAS	AUTORES
Uso dos resíduos de beneficiamento de mármore e granito (lama abrasiva) na produção de cerâmica de barro vermelho	Xavier (2001), Silva (2003), Silva <i>et al.</i> (2005), Acchar <i>et al.</i> (2006), Mello (2006) e Silva (2009)
Uso de lama abrasiva na produção de cerâmica em geral	Pontes (2001), Vieira (2004) Filho (2003), Segadaes (2006) e Cabral (2009)
Uso da lama abrasiva na produção de tijolos, variando entre tijolos em geral, tijolos de sílica-cal e tijolos de solo-cimento	Araújo (2002), Filho (2005), Segadaes <i>et al.</i> (2005) e Miranda (2007)
Uso da lama abrasiva na produção de blocos pré-moldados com aplicação em alvenaria de vedação, blocos de alvenaria sem função estrutural e blocos prensados e de encaixe para alvenaria.	Moura e Leite (2011), Feitosa (2004) e Destefani (2009)
Aplicação de lama abrasiva na produção de concreto autoadensável.	Lisbôa (2004), Almeida <i>et al.</i> (2007), Barros (2008), Lopes (2007), Faganello (2008), Gomes (2008), Lisbôa (2011) e Nepomuceno <i>et al.</i> (2012)
Uso de lama abrasiva na produção argila crua	Saboya <i>et al.</i> (2007)
Uso de lama abrasiva na produção de argamassa em substituição a cal hidratada	Gonçalves (2011)
Uso de lama abrasiva na produção de lâ mineral e uso agrícola na correção de acidez do solo	Rodrigues (2009)
Uso agrícola de lama abrasiva na correção de acidez do solo	Santos (2010)

Fonte: Produzido pelo autor.

Algumas poucas pesquisas indicam a viabilidade de agregar valor aos resíduos de cacos e casqueiros. As principais aplicações desse rejeito são como agregados para produção de concreto e asfalto (Tabela 2). Também pode ser aplicado na produção de mosaicos e artigos de decoração.

Tabela 2: Referência de pesquisas enfocando reutilização de rejeitos de caco e casqueiro.

PESQUISAS	AUTORES
Estudo da durabilidade do concreto fabricado com resíduos de cacos e casqueiros da indústria do mármore e granito como agregado grosso	Binici <i>et al.</i> (2008)
Utilização de cacos e casqueiros enquanto agregado para fabricação de asfalto quente	Souza (2001), Rubio <i>et al.</i> (2010) e Singh <i>et al.</i> (2013)
Uso de cacos e casqueiros como peças decorativas	Santos <i>et al.</i> (2009)

Fonte: Produzido pelo autor.

1.2 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS

Os indicadores podem ser usados para traduzir e comunicar informações complexas em unidades facilmente compreensíveis que por sua vez podem auxiliar na tomada de decisão em todos os níveis, seja a compra de um produto, ou na formulação de políticas de alto nível, podendo ser medidos ao longo do tempo (DARBY; JENKINS, 2006).

Para Staniskis & Arbaciauskas (2009), os indicadores de sustentabilidade permitem a avaliação sistemática do desempenho oferecendo informações para decisões adequadas. Stasiskiene et al. (2011) complementam afirmando que indicadores continuamente medidos e calculados permitem rastrear tendências de sustentabilidade de longo prazo de um ponto de vista retrospectivo. Conforme Misra (2008), a análise dessas tendências permite aos tomadores de decisão projeções de curto prazo e decisões relevantes para o futuro.

Segundo Stasiskiene et al. (2011), um indicador eficaz deve ser: i) eficiente, facilmente medido e analisado com os dados existentes; ii) sensível à mudança e claramente ligado a fatores causais; iii) economicamente e logisticamente viável, já que está sendo medido; e iv) "confiável, preciso e contínuo" (MISRA, 2008).

Com o desenvolvimento de estudos sobre avaliação da sustentabilidade, Darby & Jenkins (2006) comentam que uma gama de ferramentas tem sido formulada para permitir à Sociedade desenvolver as próprias metodologias de avaliação de indicadores de sustentabilidade.

Para o gerenciamento de resíduos, Chung & Lo (2003) estabeleceram os principais critérios de avaliação da gestão sustentável de resíduos:

- **conveniência ambiental:** as opções de gestão de resíduos protegem a saúde pública e o ambiente;
- **otimização econômica:** relação custo-benefício de cada opção de gestão de resíduos em uso e a solidez econômica da estratégia de gestão de resíduos;
- **aceitabilidade social e equidade:** a forma pela qual a comunidade local entende e suporta as atuais opções de gestão de resíduos e parcerias na gestão de resíduos; e
- **diligência administrativa:** capacidade administrativa suficiente para garantir boas práticas e políticas contínuas e sustentáveis no longo prazo.

Corroborando os conceitos já abordados para avaliar a sustentabilidade de um sistema de gerenciamento de resíduos, incluindo as etapas de geração de resíduos, manejo e disposição final, é necessário um conjunto de indicadores e índices inovadores (STANISKIS; STASISKIENE, 2005). E ainda, geralmente os indicadores servem não só aos tomadores de decisão, mas também aos municípios, agências, ao público em geral e assim por diante (STASISKIENE et al., 2011).

De maneira bastante assertiva e na mesma direção da gestão integrada de resíduos, a Política Nacional Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) estabeleceu as bases para as práticas deste cenário com novos e importantes desafios. Pela nova lei, as partes interessadas nos âmbitos ambiental, social e econômico devem identificar os principais geradores de resíduos, calcular melhor os custos para seu manejo e criar indicadores para medir o desempenho do serviço público nesse campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa possui enfoque empírico, inovador e se propõe a fazer as primeiras descobertas sobre o impacto da valoração de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria de mármore e granito. Ou seja, é uma aproximação ao assunto. Segundo Scotti (2002), o enfoque empírico inovador tem algo como autorização à descoberta. Não se trata de

comprovação nem de proposição de teoria para o problema. O caráter inovador, bem como a aproximação ao assunto, confere à pesquisa a condição de estudo exploratório.

Para atender os objetivos da pesquisa optou-se por duas formas de coleta de dados, a primeira delas foi a realização de uma pesquisa *on-line*. O questionário de entrevista combinando questões abertas e fechadas, foi submetido aos dirigentes das empresas de beneficiamento de mármore e granito associados ao Sindirochas. O questionário ampliou o entendimento e forneceu informações sobre o manejo de cacos e casqueiros pelas empresas do setor.

A segunda forma de coleta de dados foi desenvolvida em 4 empresas da indústria de beneficiamento mármore e granito, 2 serrarias e 2 marmorarias. Para resolver o problema lançado nesta pesquisa, optou-se por selecionar uma serraria e uma marmoraria com prática cotidiana de valorizar e recuperar os rejeitos de cacos e casqueiros. Selecionou-se também uma serraria e uma marmoraria ainda sem essa etapa em seu processo produtivo.

A primeira empresa é uma serraria de mármore e granito do Espírito Santo, localizada no Município de Venda Nova do Imigrante, que produz novos produtos com os resíduos da serragem dos blocos (casqueiros). A segunda empresa é marmoraria do Paraná, do Município de Foz do Iguaçu, que realiza recorte e acabamento de chapas de mármore e granito aplicando o conceito de "lixo zero", experiente na valorização de cacos, o que originou fábrica de mosaicos artesanais.

As demais empresas, uma serraria e a outra marmoraria, foram selecionadas para permitir a análise do impacto da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito. Ambas se situam no Espírito Santo: a serraria, em Venda Nova do Imigrante; e a marmoraria, em Castelo. Essas empresas fazem o contraponto às empresas supracitadas, pois ainda não abordam a valoração de cacos e casqueiros como processo produtivo do seu empreendimento.

Não processar e valorizar os cacos e casqueiros de maneira industrial não significa empreendimentos em desacordo com as práticas de gerenciamento de resíduos industriais, nem com as normas ambientais. Todas as empresas, devidamente licenciadas nos órgãos competentes, atendem a todos os requisitos de saúde, segurança e ambiente.

Ressalte-se que este estudo não tem a pretensão de analisar as possíveis influências regionais, sendo irrelevante a localização do empreendimento. Relevante é a existência, ou não, da recuperação de cacos e casqueiros, permitindo avaliar os impactos dessa ação na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito. Como praticamente a recuperação de cacos e casqueiros não é realizada, foi necessário selecionar empresas em estados diferentes.

2.1 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

O primeiro critério para a seleção da amostra é a abrangência às etapas produtivas do beneficiamento de mármore e granito. Para esse critério selecionaram-se empresas que serram blocos (Serrarias) e as que realizam o polimento e recorte de chapas (Marmorarias).

A amostra também deve abranger duas condições distintas e contrárias, a existência ou não de valoração de cacos e casqueiros. Esse é o segundo critério para a seleção da amostra. Assim foram selecionadas duas empresas que realizam a valoração de cacos e casqueiros no seu dia a dia e empresas que ainda não desenvolvem a valoração como etapa do processo produtivo. Ambos os cenários contam com serraria e marmoraria.

O terceiro critério para seleção da amostra deve atender a condição de a empresa selecionada ser atendida pelo empreendimento do qual o pesquisador participa. Esse critério é considerado único, exclusivamente para minimizar os problemas de acesso a informação, já que

a competitividade do setor de mármore e granito cria ambiente inacessível a "estranhos". O quarto e último critério é o tempo disponível para o estudo.

2.2 PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa visou dados primários sobre geração de cacos e casqueiros, identificando os principais métodos de recuperação desses resíduos. Ao final do trabalho de campo determinou-se o total em metros cúbicos (m^3) de cacos e casqueiros gerados e os principais produtos fabricados na recuperação dos resíduos estudados. As medições *in loco*, devido às características e dimensões desses resíduos, foram realizadas de maneira diferenciada entre as serrarias (casqueiros) e as marmorarias (cacos). A medição ocorreu em fevereiro de 2014 durante quatro semanas consecutivas.

Os casqueiros, Figura 1, grandes e de difícil manipulação, não puderam ser pesados, sendo mensurado o volume do resíduo. Para tanto, mediu-se o comprimento, a largura e a espessura de cada casqueiro. A espessura foi medida em 4 partes, considerando-se espessura o valor médio das 4 medições.

Nas marmorarias, Figura 2, medir o volume dos cacos gerados tornou-se inviável por possuírem dimensões diversas, sendo impossível medir todos. Assim, pesaram-se os cacos. Em cada marmoraria utilizaram-se carrinhos para acondicionar e medir a produção, conforme Figuras 3 e 4. Para todos os carrinhos foram identificados tara e capacidade de carga em peso. Controlou-se então quantos carrinhos foram carregados por dia para remoção do resíduo e aferiu-se o peso total gerado por dia.

Diante da impossibilidade de medir o volume, foi necessário transformar o peso apurado em volume. A conversão embasou-se nas informações passadas pelos gestores das próprias empresas estudadas, os quais apontaram densidade média de $2800,00 \text{ kg}/m^3$.

Figura 1: Casqueiro gerado na serragem do bloco de mármore e granito.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 2: Caco gerado no corte e acabamento de chapas de mármore e granito.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 3: Carrinho utilizado na medição da geração de cacos nas marmorarias.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 4: Tara do carrinho para medição da geração de cacos nas marmorarias.



Fonte: Produzido pelo autor.

2.3 AVALIAÇÃO ON LINE

A avaliação *on line* ampliou o conhecimento sobre o manejo e destinação dos cacos e casqueiros gerados na indústria de beneficiamento do mármore e granito. O questionário contou com 15 questões, 3 abertas e 12 fechadas. Das fechadas, 9 também ofereceram opção discursiva permitindo opinar ou dar resposta diferente das opções disponíveis. O questionário foi enviado a 450 empresas; 402 receberam o formulário *on line*; 48 não o receberam por erro no cadastro de associados do Sindirochas; 22 responderam (5,47%). As respostas foram consideradas relevantes por tratar-se das primeiras investigações sobre o tema, afora complementarem a análise do problema de pesquisa proposto.

O questionário colheu informações sobre cargo, processo produtivo e geração, recuperação, valorização e disposição final dos cacos e casqueiros. Também foi investigado se os empreendimentos são efetivamente cobrados pelos órgãos competentes para destinarem corretamente esses resíduos.

2.3.1 Avaliação da Sustentabilidade

A avaliação da sustentabilidade proposta neste artigo abarcou as dimensões ambiental, social e econômica. Para tanto utilizou-se os indicadores propostos no Bernardi (2014) como apresentados nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3: Indicadores da dimensão ambiental.

Indicadores ambientais	Impacto na sustentabilidade
Total de Água Recirculada (%)	Positivo
Geração Média de Lama Abrasiva (m ³ /mês)	Negativo
Geração Média de Caco e Casqueiro (m ³ /mês)	Negativo
Consumo Médio de Energia (kwh/mês)	Negativo

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 4: Indicadores da dimensão econômica.

Indicadores econômicos	Impacto na sustentabilidade
Custo Médio para Destinação dos Resíduos (R\$/mês)	Negativo
Produção Média Mensal (m ³ /mês)	Negativo
Receita Média da Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$/mês)	Positivo
Total de Investimentos para Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$)	Positivo
Total de Investimentos Subsidiados (R\$)	Positivo

Fonte: Produzido pelo autor.

Tabela 5: Indicadores da dimensão Social.

Indicadores sociais	Impacto na sustentabilidade
Número de Reclamações da Vizinhança (Ocorrências)	Negativo
Total de Empregos Diretos Gerados (N° de func.)	Positivo
Total de Afastamentos com Perda de Tempo (Ocorrências)	Negativo
Média Mensal de Horas de Treinamento (horas/mês)	Positivo
Total de Iniciativas de Educação Ambiental (Ocorrências)	Positivo
Total de Funcionários com Nível Superior (N° de func.)	Positivo
Total de Funcionários com Nível Técnico (N° de func.)	Positivo
Total de Funcionários com Nível Básico (N° de func.)	Negativo
Total de Funcionários do Sexo Feminino (N° de func.)	Positivo
Total de Funcionários com Necessidades Especiais (N° de func.)	Positivo

Fonte: Produzido pelo autor.

Para mensurar os indicadores de sustentabilidade, utilizou-se a metodologia de Vinyes et al. (2013) para análise da sustentabilidade. A metodologia permite comparar casos.

Primeiramente, para cada indicador a ser mensurado é determinado seu impacto na sustentabilidade (positivo ou negativo), ou seja, para os indicadores negativos, quanto maior o valor mensurado, menor a contribuição para a sustentabilidade, e o inverso para os positivos. A metodologia de Vinyes et al. (2013) calcula a contribuição de cada caso estudado. Definida a contribuição em %, determina-se a pontuação para cada indicador (Tabela 6).

Tabela 6: Escala de Pontuação para avaliação da sustentabilidade.

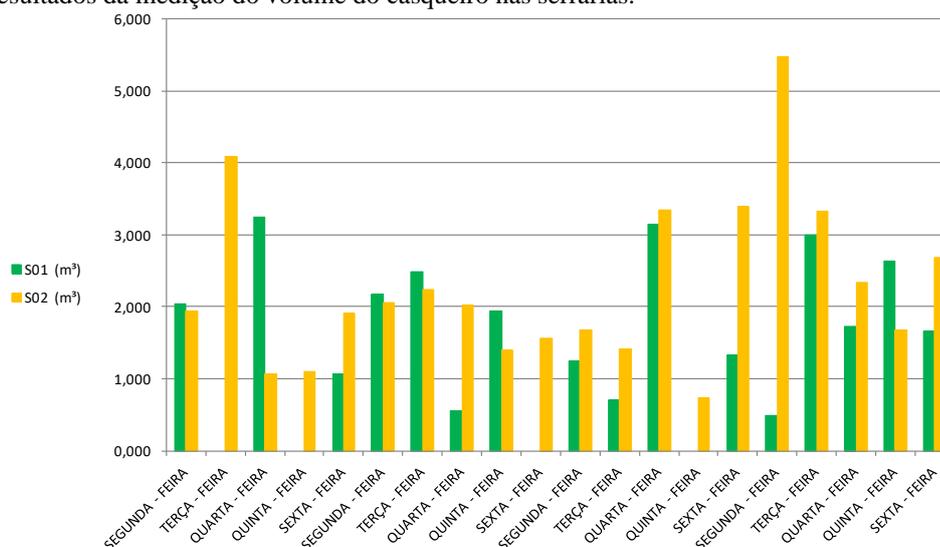
ESCALA DE PONTUAÇÃO					
CONTRIBUIÇÃO PARA SUSTENTABILIDADE	0%-20%	21%-40%	41%-60%	61%-80%	81%-100%
Indicadores positivos	1	2	3	4	5
Indicadores negativos	5	4	3	2	1

Fonte: Produzido pelo autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, a pesquisa de campo mensurou o total de cacos e casqueiros gerados nas serrarias e marmorarias estudadas nesta pesquisa. A Figura 5 compara o total gerado por dia das duas serrarias.

Figura 5: Resultados da medição do volume do casqueiro nas serrarias.



Fonte: Produzido pelo autor;

A serraria 1 (S1) beneficia os casqueiros gerados no empreendimento; a 2 (S2) destina os casqueiros para processos de recuperação; mas beneficiar esses resíduos ainda não é corriqueiro na empresa. A S1 gerou 86 casqueiros em 30 serradas, totalizando 29,44 m³, média de 1,47 m³/dia. Já S2 gerou 114 casqueiros em 57 serradas, totalizando 45,43 m³, 2,27 m³/dia em média.

Verifica-se também que dos 20 dias úteis mensurados, S1 não gerou resíduo em 4, diferente de S2, com geração diária de casqueiros. Essa diferença deve-se à produção de cada empresa. S1 possui 4 teares convencionais para serrar os blocos; S2 6, mais um tear multifio. No tear convencional um bloco é serrado em 36 horas em média, e no multifio em 8. Daí a produção de S2 ser maior, gerando diariamente casqueiros, o que não ocorre em S1.

Quanto ao volume de resíduos, S2 gerou 54% a mais do que S1, mas S1 gerou mais casqueiros por serrada. Essa diferença ocorreu porque S1 serra os blocos denominados "Intera"

para produção de chapas. As "interas" são blocos menores que são dispostos juntos na serragem e ocupam o espaço de um bloco convencional (Figura 6). Assim, mesmo gerando menos volume, S1 produziu mais casqueiros.

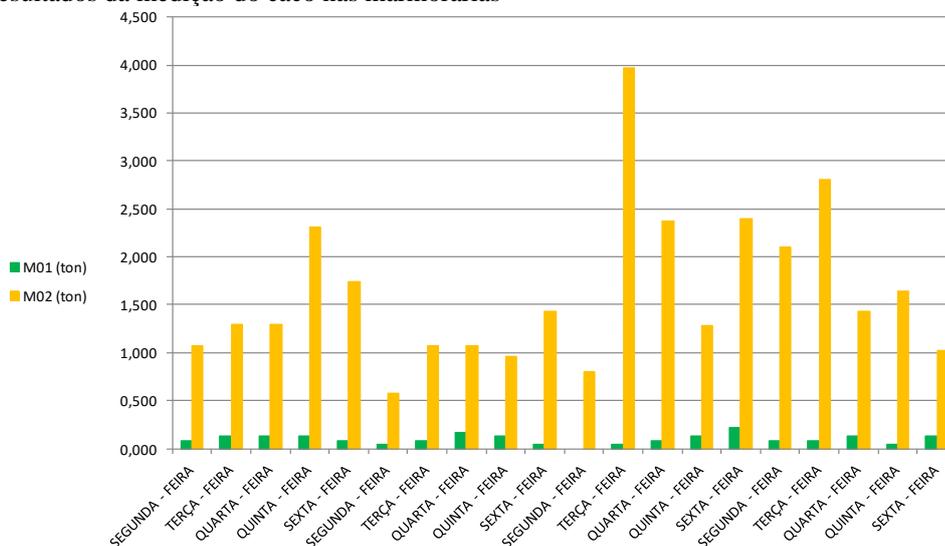
Figura 6: Exemplo de serragem de blocos "interas".



Fonte: Produzido pelo autor.

Quanto às medições nas marmorarias, apresentadas na Figura 7, M1 processou em média 505 m²/mês de chapas, com 1,90 ton de resíduos no período estudado, ou seja, 0,095 ton/dia. M2 processou em média 3500 m²/mês e gerou 32,65 ton, média de 1,63 ton/dia. Percebe-se assim que M2 processou aproximadamente 7 vezes mais do que M1, com 17 vezes mais resíduo.

Figura 7: Resultados da medição do caco nas marmorarias



Fonte: Produzido pelo autor.

Conforme medições, M2 gera expressivamente mais resíduos do que M1. Essa discrepância vincula-se a 2 fatores: i) foco produtivo do empreendimento; e ii) inexistência de recuperação de cacos. M1 produz diversos produtos com dimensões variadas. Os retalhos são armazenados para fabricação de outras peças, diminuindo expressivamente a quantidade de resíduos. M2 é especializada em produzir pisos e rodapés padronizados, daí grande parte dos retalhos não ser reaproveitada para produzir outros produtos, sendo encaminhados enquanto resíduos para disposição final.

Outra questão relevante é a existência de recuperação de cacos. M1 possui sistema interno de recuperação e valorização de cacos, apresentado na Figura 8, assim processando

Os resíduos de cacos gerados nas marmorarias são reaproveitados principalmente na fabricação de peças decorativas e revestimentos. São produtos mais refinados, com acabamento mais trabalhado, como mosaicos, seixos, britas e granilhas. As Figuras 13, 14, 15, 16 exemplificam produtos fabricados com cacos.

É válido ressaltar que M1 possui fábrica de mosaicos artesanais e peças decorativas produzidas com resíduos de mármore e granito. Estima-se que o comércio desses produtos arrecadará aproximadamente R\$ 420.000,00 por ano. Todas as ações realizadas para concretizar a iniciativa proporcionaram a M1 bons resultados nas dimensões ambiental, econômica e social.

Figura 13: Mosaico fabricado com caco de mármore.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 14: Seixo fabricados com caco de mármore



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 15: Brita decorativa fabricada com caco de mármore e granito.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 16: Granilha fabricada com caco de mármore e granito.



Fonte: Produzido pelo autor.

Quanto ao questionário, após aplicação, verificou-se que o resultado demonstra expressiva participação do gestor da empresa na resposta aos questionamentos. Os resultados também evidenciaram que as atividades de serraria e marmoraria foram bem representadas e equilibradas.

Outra constatação é que a maioria das empresas não considera cacos e casqueiros matéria-prima para novos produtos. Mesmo assim identificou-se que das 11 respostas obtidas na pergunta 4, 7 apontam possível reutilização na construção civil em muros, estradas e jardinagem.

Quando questionados sobre a possibilidade de obter retorno financeiro com a recuperação de cacos e casqueiros, das 21 respostas, 11 confirmaram a possibilidade de retorno financeiro e 10 a impossibilidade de obter renda com os resíduos. Esses participantes da pesquisa apontaram as seguintes dificuldades: i) consideram a retirada do material do pátio da empresa por terceiros um benefício, uma limpeza; ii) o casqueiro ocupa muito espaço

institucional; iii) a inexistência de interessados pelo material; iv) custo do frete; v) baixo valor de venda do produto; falta de mão de obra e equipamentos para o processamento.

Quanto ao local de geração desses resíduos, observou-se um equilíbrio entre as etapas de serragem de blocos e corte e acabamento de chapas. Verificou-se também que o armazenamento temporário dos cacos e casqueiros é realizado no próprio pátio da empresa. Apenas uma pessoa participante da pesquisa indicou caçambas estacionárias como uma possibilidade de uso para o armazenamento temporário desses resíduos.

Verificou-se o baixo aproveitamento dos resíduos pelas empresas. Dentre os motivos apresentados destacam-se: i) cacos e casqueiros contaminados com lama abrasiva; ii) falta de padrão do resíduo; iii) custo da mão de obra; iv) falta de empresa para recolhimento e reaproveitamento; v) falta de máquinas e equipamentos; vi) falta de recursos; e vii) falta de mercado

Para as empresas que não reaproveitam todo o caco e casqueiros buscou-se compreender o destino dos resíduos. Dentre as respostas, 9 empresas não possuem destinação específica, 3 encaminham o resíduo para estação bota-fora de entulho e 2 encaminham para aterro. 7 empresas dão outro destino: obras e estradas, empresa de beneficiamento de resíduos e uso na empresa. Evidenciou-se também que o manejo de cacos e casqueiros não conta com parcerias para disposição final, os que informaram possuir parceria informaram o envio para estações bota-fora de entulho e doações.

Todos os participantes da pesquisa indicaram ausência de programa específico de recuperação de cacos e casqueiros. No entanto 19 entrevistados reconhecem benefícios para a Sociedade como um todo. São eles: i) preservação ambiental; ii) geração de emprego e renda; iii) matéria-prima alternativa para a construção civil econômica. Do total de empresas, 14 não possuem o controle da geração desses resíduos. 8 informaram controlar a geração de cacos e casqueiros.

Para as empresas com histórico, perguntou-se o quantitativo de resíduos gerados, ou mesmo uma estimativa anual. Obtiveram-se as seguintes respostas: i) 180 toneladas por ano; ii) 63,0 m³ de casqueiros, porém não há controle da geração de cacos; iii) de 500,0 a 1000,0 m²; iv) aproximadamente 170 toneladas de casqueiros e 40 caçambas de 7 m³ por mês; v) em média 432 casqueiros por ano; vi) 36 casqueiros por mês, mas sem pesagem; vii) em média 20% a 25% do total de chapas processadas; e viii) aproximadamente 2000,0 m².

Em relação a existência de alguma exigência específica quanto à recuperação de cacos e casqueiros. 18 empresas responderam não ser exigida a recuperação. As empresas que são exigidas a recuperarem os cacos e casqueiros informaram que suas exigências são: i) especificar a disposição final do resíduo; ii) a exigência consta nas condicionantes da Licença de Operação; iii) destinar os cacos em empresas licenciadas pelo órgão ambiental competente.

Após a aplicação dos questionários, procedeu-se a avaliação dos impactos da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade das empresas. A Tabela 7 apresenta os resultados da avaliação da sustentabilidade. De modo geral, M1 obteve 73 pontos e foi a empresa com melhor resultado em todas as dimensões da sustentabilidade, demonstrando que os esforços da empresa na implantação do programa "lixo Zero" proporcionou ganhos na sustentabilidade. O segundo melhor resultado foi de M2, com 53 pontos, seguido de S1, 40, e S2, 36.

Na dimensão ambiental as marmorarias M1 e M2 obtiveram os melhores resultados, destacando-se ligeiramente a M1. Esses resultados relacionam-se com a geração de resíduos nos empreendimentos. As serrarias S1 e S2 beneficiam muito mais mármore e granitos, gerando assim mais resíduos e consumindo mais energia. A única diferença entre M1, 20 pontos, e M2, 19, foi a quantidade de cacos gerados no empreendimento, demonstrando a relevância da recuperação de cacos de M1. No caso das serrarias, S1 obteve 13 pontos e S2 8.

Essa diferença correlaciona-se também com a quantidade de resíduo gerado e o consumo de energia.

Na dimensão econômica, Tabela 7, as marmorarias M1 e M2 também obtiveram os melhores resultados em relação às serrarias S1 e S2. Porém, há diferença expressiva entre o resultado de M1 e as demais empresas. M1 obteve 21 pontos, M2 9, S1 8 e S2 5.

M1 obteve tal resultado por ausência de custos de destinação de resíduos, consumo menor de matéria-prima, receita e investimentos elevados pela recuperação de cacos. Esse resultado confirma os impactos positivos de tal atividade na sustentabilidade da empresa. A recuperação de casqueiros proporcionou melhores resultados a S1 em relação a S2, diferença ofuscada pelos resultados de M1.

Tabela 7: Avaliação da sustentabilidade das indústrias de beneficiamento de mármore e granito.

DIMENSÕES E INDICADORES			RESULTADOS				CONTRIBUIÇÃO				PONTUAÇÃO			
DIMENSÕES	INDICADORES	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE	S1	S2	M1	M2	S1	S2	M1	M2	S1	S2	M1	M2
AMBIENTAL	Total de Água Reciclada (%)	Positivo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	5	5	5	5
	Geração Média de Lama Abrasiva (m³/mês)	Negativo	222	371	0	7	60%	100%	0%	2%	3	1	5	5
	Geração Média de Caco e Casqueiro (m³/mês)	Negativo	29	45	0,70	11,66	65%	100%	2%	26%	2	1	5	4
	Consumo Médio de Energia (Kwh/mês)	Negativo	98226	170828	3486	3413	57%	100%	2%	2%	3	1	5	5
											13	8	20	19
ECONÔMICA	Custo Médio para Destinação dos Resíduos (R\$/mês)	Negativo	R\$ 292,68	R\$ 383,90	0	R\$ 423,35	69%	91%	0%	100%	2	1	5	1
	Produção Média Mensal (m³/mês)	Negativo	368	640	10	70	57%	100%	2%	11%	3	1	5	5
	Receita Média Gerada na Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$/mês)	Positivo	R\$ 3.083,33	R\$ 570,00	R\$ 35.116,17	0	9%	2%	100%	0%	1	1	5	1
	Total de Investimentos para Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$)	Positivo	R\$ 2.700,00	0	R\$ 140.000,00	0	2%	0%	100%	0%	1	1	5	1
	Total de Investimentos Subsidiados (R\$)	Positivo	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
											8	5	21	9
SOCIAL	Média Mensal de Horas de Treinamento (horas/mês)	Positivo	2,7	1,3	34,00	1	8%	4%	100%	3%	1	1	5	1
	Número de Reclamações da Vizinhança (Ocorrências)	Negativo	0	1	0	0	0%	100%	0%	0%	5	1	5	5
	Total de Afastamentos com Perda de Tempo (Ocorrências)	Negativo	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	5	5	5	5
	Total de Empregos Diretos Gerados (Número de funcionários)	Positivo	12	56	11	16	21%	100%	20%	29%	2	5	1	2
	Total de Funcionários com Necessidades Especiais (Número de funcionários)	Positivo	0%	0%	0	0	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
	Total de Funcionários com Nível Básico (Número de funcionários)	Negativo	100%	88%	91%	81%	100%	88%	91%	81%	1	1	1	1
	Total de Funcionários com Nível Superior (Número de funcionários)	Positivo	0%	13%	9%	6%	0%	100%	73%	50%	1	5	4	3
	Total de Funcionários com Nível Técnico (Número de funcionários)	Positivo	0%	0%	0%	13%	0%	0%	0%	100%	1	1	1	5
	Total de Funcionários do Sexo Feminino (Número de funcionários)	Positivo	0%	21%	64%	13%	0%	34%	100%	20%	1	2	4	1
	Total de Iniciativas de Educação Ambiental (Ocorrências)	Positivo	0	0	6	0	0%	0%	100%	0%	1	1	5	1
											19	23	32	25
PONTUAÇÃO FINAL DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE											40	36	73	53

Fonte: Produzido pelo autor.

Na dimensão social, Tabela 7, o resultado das marmorarias superou o das serrarias. M1 computou 32 pontos, seguido por M2 com 25, S2 com 23 e S1 com 19. O destaque de M1 deveu-se a aspectos como investimento no treinamento de funcionários, ausência de reclamações da vizinhança e afastamentos com perda de tempo, quantidade de funcionários com curso superior, funcionários do sexo feminino e as iniciativas de educação ambiental. O investimento nos recursos humanos de M1 relaciona-se diretamente à recuperação de cacos. M2 obteve o segundo melhor resultado pela porcentagem de funcionários com curso superior e do sexo feminino. M2 também foi a única empresa com funcionários com curso técnico. A diferença entre de S2 e S1 relaciona-se aos recursos humanos, pois S1 obteve o pior resultado por só possuir funcionários com nível básico.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo se propôs avaliar os impactos da recuperação e valorização de resíduos na sustentabilidade de 4 empresas. A primeira conclusão desta pesquisa é a quantificação de cacos e casqueiros. Observou-se que a forma como a matéria-prima é beneficiada e o produto fabricado pelo empreendimento influenciam na geração de cacos e casqueiros. A serraria que beneficia os blocos denominados "interas" gera mais casqueiro por serrada. E a marmoraria especializada num produto específico gera mais cacos por dificuldade de reutilizar os retalhos da produção.

Em marmoraria, recuperação e valorização de cacos é fundamental para a redução desses resíduos, tornando-os matéria-prima para novos produtos com valor agregado. Essa recuperação na empresa também se mostrou eficiente, pois a produção é centralizada e o resíduo de uma etapa de recuperação é utilizado como matéria-prima na outra etapa.

A segunda conclusão do trabalho é em relação ao manejo de cacos e casqueiros. Na avaliação *on line*, verificou-se que os próprios gestores das empresas responderam o questionário. No entanto a maioria dos gestores ainda não percebe os cacos e casqueiros enquanto matéria-prima para fabricar novos produtos. E os que reconhecem a possibilidade de recuperar e reaproveitar esses resíduos os direcionam para fins menos nobres e com baixo, ou nenhum, valor agregado.

Esses gestores afirmarem que não recuperam todo caco e casqueiro e não dão destinação específica reforçando não serem esses resíduos considerados oportunidade de geração de renda para os empreendimentos. Contudo, a maioria reconhece a importância desse processo para a Sociedade.

A terceira conclusão da pesquisa é em relação aos produtos fabricados utilizando os cacos e casqueiros enquanto matéria-prima. Observou-se que os produtos fabricados com caco, gerado na marmoraria, são mosaicos, seixos, britas e granilhas. De acabamento mais refinado, são aplicados principalmente em decoração, agregando valor ao produto. Já os produtos fabricados com casqueiro, gerado na serraria, possuem menos acabamento, ou nenhum, e são aplicados principalmente na pavimentação. Essa aplicação agrega menos valor ao produto.

A quarta conclusão do estudo é o cotejo recuperação e valorização de cacos e casqueiros *versus* avaliação da sustentabilidade das empresas de beneficiamento de mármore e granito. Comprovou-se a contribuição da recuperação de cacos na empresa M1 para a sustentabilidade do empreendimento.

Tal conclusão também se vincula às posturas e decisões dos gestores da empresa. Para solucionar problema com a disposição final de cacos, os gestores promoveram inovação, dotada de empreendedorismo, reaproveitando esses resíduos para produzir brita, granilhas e seixos artesanais. Com o desenvolvimento do negócio, os cacos foram utilizados também para produção de mosaicos decorativos, comuns no revestimento de ambientes.

As marmorarias obtiveram melhores resultados na avaliação da sustentabilidade. Esse resultado é influenciado pelo baixo consumo de insumos e matérias-primas quando comparado com as serrarias. Por isso a geração de resíduos também é expressivamente menor. Constatou-se que a marmoraria que recupera cacos (M1) foi mais sustentável do que a outra sem processo de recuperação (M2), bem como em relação às serrarias. Esse resultado representa contribuição clara da recuperação de cacos para a sustentabilidade de M1.

A serraria que beneficia os casqueiros (S1) obteve resultado melhor em relação a outra serraria (S2). Esse resultado não representa contribuição clara da recuperação de cacos na sustentabilidade da empresa. O resultado de S2 foi pior por sua produção mensal, consumo de insumos, utilização de matéria-prima e geração de resíduos, não por não beneficiar os casqueiros gerados em sua indústria.

Quanto as limitações da pesquisa, aponta-se o tamanho da amostra e as diferenças entre os materiais processados (mármore e granitos) por essas empresas. Esse cenário deve ser melhor investigado em pesquisa ampla de diversos tipos de granitos processados pela indústria. No entanto, o processo de avaliação da sustentabilidade apresentado nesse estudo, a abordagem da recuperação e valorização de resíduos como aspecto importante para melhoria da sustentabilidade das empresas e a generalização de uso são as grandes contribuições do trabalho para a academia possibilitando o desenvolvimento de novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

ACCHAR, W. et al. Effect of marble and granite sludge in clay materials. **Materials Science & Engineering A**, vol. 419, n. 1, p. 306-309, 2006.

ALMEIDA, N. et al. Recycling of stone slurry in industrial activities: application to concrete mixtures. **Building and Environment**, vol. 42, n. 2, p. 810-819, 2007.

ARAÚJO, E. S. **Utilização dos resíduos em serragem de granitos na produção de tijolos Silica-Cal para uso em construção civil**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

BACARJI, E. et al. Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers. **Construction and Building Materials**, vol. 45, p. 1-10, 2013.

BARROS, P.G. S. **Avaliação das propriedades de durabilidade do concreto auto-adensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

BARROS, R.L.P. **Diagnóstico da situação da gestão ambiental nas indústrias do setor de mármore e granitos**. Sebrae-ES, 2004. Disponível em <<http://gestaoportal.sebrae.com.br/uf/espírito-santo/areas-de-tuacao/industria/rochas-ornamentais/biblioteca/visualizar-bol/documento/4C2A9610ECF7BF07832572DE00712A9A>>. Acesso em: 04 mar.2014.

BINICI, H. et al. Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates. **Journal of Materials Processing Technology**. vol. 208, n.1-3, p, 299-308, 2008.

BERNARDI, V. F. **A sustentabilidade com a recuperação e valorização de cacos e casqueiros provenientes de mármore e granito.** 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 out. 2013.

CABRAL, D. H. P. **Uso de rejeitos do granito rain forest para a produção de revestimentos cerâmicos com baixa absorção de água.** 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Ceará, Recife, PE.

CHUNG, S. S; LO, C. W. H. Evaluating sustainability in waste management: The case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling.** vol. 37, n. 2, p. 119-145, 2003.

DARBY, L.; JENKINS, H. Applying sustainability indicators to the social enterprise business model: the development and application of an indicator set for Newport Wastesavers, Wales. **International Journal of Social Economics,** vol. 33, n. 5-6, p. 411-431, 2006.

DESTEFANI, André Zotelle. **Utilização do planejamento experimental na adição do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais para produção de blocos prensados de encaixe.** 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

ELDABI, T. et al. Quantitative and qualitative decision-making methods in simulation modelling. **Management Decision,** vol. 40, n.1, p. 64-73, 2002.

ESPÍRITO SANTO. **Rota do mármore e granito.** Disponível em: <http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/rota_marmore_granito.aspx>. Acesso em: 04 ago. 2013.

FAGANELLO, L. **Avaliação do desempenho de concretos obtidos com a incorporação do resíduo do acabamento e manufatura de mármore e granitos.** 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FEITOSA, A.O. **Utilização do resíduo da serragem de granito para uso em blocos de concreto sem função estrutural.** 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

FILHO, H. F. M. **Caracterização e aplicação tecnológica do rejeito da indústria do mármore e do granito.** 2003. 137 f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

FILHO, M. L. S. S. **A utilização de co-produtos da siderurgia e da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais na produção de tijolos prensados.** 2005. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

GEHRKE, A. E. B. **Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio a gestão pública de resíduos da construção civil em municípios de pequeno porte.** 2012. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

GOMES, K. N. A. E. S. **Avaliação da influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG) como fíler nas propriedades do concreto.** 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

GONÇALVES, G. P. **Estudo da substituição da cal hidratada por resíduo de mármore na produção de argamassa.** 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

LISBOA, E. M. **Avaliação da adição de um biopolímero e de resíduo de mármore e granito nas propriedades do concreto.** 2011. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, AL.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto autoadensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas.** 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

LOPES, J. L. M. P. **Influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, nas propriedades do concreto.** 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

MENIKPURA, S. N. M. et al. Evaluation of the effect of recycling on sustainability of municipal solid waste management in Thailand. **Waste Biomass Valor**, vol. 4, n. 2, p. 237-257, 2013.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação.** 2002. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

MIRANDA, R. A. C. **Viabilidade técnica da aplicação de resíduo de beneficiamento de mármore e granito em tijolos de solo-cimento.** 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

MISRA, K. B. Sustainability: Motivation and pathways for implementation. In: **Handbook of performability engineering.** Springer London, p. 843-856, 2008.

MOURA, W. A.; LEITE, M. B. Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação. **Rem: Rev. Esc. Minas**, vol. 64, n. 2, p.147-154, 2011.

NEPOMUCENO, M. et al. Methodology for mix design of the mortar phase of self-compacting concrete using different mineral additions in binary blends of powders. **Construction and Building Materials**, vol. 26, n.1, p. 317-327, 2012.

POLAZ, C. N. M. **Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2008. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, SP.

PONTES, I. F. **Aproveitamento de finos gerados nas serragens de mármore e granitos**. 2001, 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

RAJGOR, M; PITRODA, J. Stone sludge: economical solution for manufacturing of bricks. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, vol. 2, n. 5, p.16-20, 2013.

RUBIO, M.C. et al. Reuse of waste material from decorative quartz solid surfacing in the manufacture of hot bituminous mixes. **Construction and Building Materials**, vol. 24, n. 4, p. 610-618, 2010.

SABOYA, F. et al. The use of the powder marble by-product to enhance the properties of brick ceramic. **Construction and Building Materials**, vol. 21, n. 10, p. 1950-1960, 2007.

SANTIAGO, L.S; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, p.203-212, 2012.

SANTOS, A. et al. Cascade approach on recycling for marble and granite product design. **Materials and Design**. vol. 30, n. 2, p. 287-291, 2009.

SANTOS, C. L. **Materiais corretivos da acidez do solo no desenvolvimento inicial e nutrição da cultura da mamona**. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

SCOTTI, M. A. **Implementação de estratégias de internacionalização de empresas: um processo de aprendizagem organizacional**. 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ.

SEGADAES, A. M. Use of phase diagrams to guide ceramic production from wastes. **Advances in Applied Ceramics**, vol. 105, n. 1, p. 46-54, 2006.

SEGADÃES, A.M et al. Using marble and granite rejects to enhance the processing of clay products. **Applied Clay Science**, vol. 30, n. 1, p. 42-52, 2005.

SILVA, F. D. **Estudo da reutilização do rejeito industrial de mármore e granitos na indústria cerâmica e na construção civil**. 2009. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

SILVA, J. B et al. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. **Cerâmica**, vol. 51, p. 325-330, 2005.

SILVA, J. B. **Reaproveitamento de resíduos oriundos da serragem de mármore e granito das indústrias do Rio Grande do Norte como matéria-prima de cerâmica vermelha**.

2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

SINDIROCHAS. **Dados de exportação**. Disponível em <http://sindirochas.com/dados-de-exportacao/>. Acesso em: 26 ago.2014.

SINGH, M. et al. Strength characteristics of SBS modified asphalt mixes with various aggregates. **Construction and Building Materials**. vol. 41, p. 815-823, april 2013.

SOUZA, J. N. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como fíler no concreto asfáltico usinado a quente**. 2001. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

STANISKIS, J. K. & V. ARBACIAUSKAS. Sustainability performance indicators for industrial enterprise management. **Environmental Research, Engineering and Management**. vol. 48, n. 2, p. 42-50, 2009.

STASISKIENE, Z. et al. Assessing the sustainability of the lithuanian hazardous waste management system. **Journal of Industrial Ecology**. vol. 15, n. 2, p. 268-283, 2011.

VIEIRA, F. A. **Processamento e caracterização de materiais cerâmicos obtidos através da incorporação de resíduos de mármore e granito provenientes das indústrias do RN**. 2004. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

XAVIER, G. C. **Utilização de resíduos da serragem do mármore e granito na confecção de peças cerâmicas vermelhas**. 2001. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Techn Environ Policy**, vol. 15, n. 1, p. 81–91, 2013.

Recebido para publicação: 17 de novembro de 2016

Aprovado: 03 de março de 2017