

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas - UFPE**

**“APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MARMORARIA NA CADEIA
PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS”**

por

Jonas Ronald Guilhermino Silva

Administrador

**Trabalho realizado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mineral – PPGEMinas/CTG/UFPE.**

Recife, 2013

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas - UFPE**

DISSERTAÇÃO

**Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral -
PPGEMinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de**

MESTRE EM ENGENHARIA MINERAL

Área de concentração: Rochas Ornamentais

por

**Jonas Ronald Guilhermino Silva
Administrador**

**Orientador: Prof. Júlio César de Souza
Engenheiro de Minas, Dr.Eng^a**

**Co-Orientador: Farah Diba da Silva
Geógrafa, mestre em Eng^a Mineral**

Recife, 2013

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas - UFPE**

**“APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MARMORARIA NA CADEIA
PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS”**

por

**Jonas Ronald Guilhermino Silva
Administrador**

**Orientador: Prof. Júlio César de Souza
Engenheiro de Minas, Dr.Eng^a**

**Co-Orientador: Farah Diba da Silva
Geógrafa, mestre em Eng^a Mineral**

Recife, 2013

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S586a Silva, Jonas Ronald Guilhermino.
Aproveitamento de rejeitos de marmoraria na cadeia produtiva de rochas ornamentais / Jonas Ronald Guilhermino Silva. - Recife: O Autor, 2013.
101 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César de Souza.
Coorientadora: Profa. Farah Diba da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2013.
Inclui Referências.

1. Engenharia Mineral. 2. Rejeito de marmoraria. 3. Industrialização rochas ornamentais. 4. Sustentabilidade ambiental. 5. Gestão de resíduos sólidos. I. Souza, Júlio César de. (Orientador). II. Silva, Farah Diba da. (Coorientadora). III. Título.

UFPE

622.35 CDD (22. ed.) BCTG/2014-155



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

JONAS RONALD GUILHERMINO DA SILVA

**“APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MARMORARIA NA CADEIA
PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS”**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ROCHAS ORNAMENTAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência
do Dr. Júlio César de Souza

Jonas Ronald Guilhermino da Silva, Aprovado.

Recife, 19 de Dezembro de 2013.

Prof. Dr. Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros
Examinador Interno (UFPE)

Prof. Dra. Risale Neves
Examinador Externo (UFPE)

Prof. Dr. Fernando Gomes de Paiva Júnior
Examinador Externo (UFPE)

Profa. Dr^a Felisbela Maria da Costa Oliveira
Examinador Interno (UFPE)

Dedico este trabalho aos meus pais, minha noiva, minha irmã e cunhado que nas constantes horas de alegrias e tristezas estão sempre presentes.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS, por sua bondade para comigo, dando forças nesta nova etapa de crescimento acadêmico, pessoal e profissional, uma promessa cumprida, que me faz melhor.

Ao meu pai Ivanildo Guilhermino da Silva e minha mãe Rosana Paschoim Guilhermino da Silva por sempre estarem ao meu lado apoiando nos momentos de dificuldade e por serem meu maior motivo de felicidade.

A minha noiva pela atenção e apoio nas explicações de suma importância para a finalização do trabalho.

A minha irmã Izana Guilhermina e ao meu cunhado por estarem sempre ao meu lado ajudando com conselhos valiosos que me motivam ao alcance de meus objetivos.

Ao Professor. Dr. Júlio César de Souza Depto. de Eng. de Minas , Vice Coordenador e fundador do curso da pós-graduação Engenharia Mineral, por sua orientação na construção deste trabalho de pesquisa. Enfatizo mais agradecimentos por seu apoio e dispensação de palavras sábias e precisas e encorajadoras em cada etapa desta pesquisa.

A Professora Dra. Kênia Valença que esteve sempre me apoiando nos momentos de dificuldades. A MSc. Farah Diba pelo apoio e acompanhamento em diversas etapas deste trabalho de pesquisa.

Agradeço a GranRochas em nome do Senhor Ivanildo Guilhermino da Silva pelo fornecimento dos rejeitos em forma de tiras e de fragmentos de diversos tamanhos para a britagem e para a confecção de peças mobiliárias. Além, do fornecimento do rejeito fino da serragem de produtos finais do polímero, catalizador, balança e equipamentos de serragem utilizados na pesquisa e pelo espaço interno da empresa para desenvolver o trabalho prático da pesquisa.

Ao Laboratório de Planejamento de Lavra – LAPLA/UFPE

Ao Laboratório de Estruturas do DECIV/UFPE

As secretárias Edna Maria dos Santos e a Voleide Barros por estarem sempre aconselhando e dando apoio como profissionais na instituição de ensino.

Agradeço a todos os colegas da pós-graduação a excelente convivência e as conversas descontraídas e o compartilhamento de experiências.

A Capes pela concessão da bolsa que me possibilitou a realização deste trabalho.

Finalmente a todos aqueles cujos nomes não foram declinados que contribuíram, direta ou indiretamente, para que este trabalho pudesse ser realizado.

SUMÁRIO

REFLEXÃO.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
SUMÁRIO.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo Geral.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. Justificativa.....	3
1.3. Motivação.....	5
1.4. Estrutura da Dissertação.....	5
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1. A Indústria de Rochas Ornamentais.....	7
2.2. Aspectos do Mercado de Rochas Ornamentais.....	11
2.3. A Sustentabilidade no Setor de Rochas Ornamentais.....	18
2.4. Impactos Ambientais causados pelo Setor de Rochas Ornamentais.....	21
2.5. Aplicações dos Resíduos Sólidos da Serragem e do Polimento de Rochas Ornamentais.....	26
2.6. O Empreendedorismo no Setor de Rochas Ornamentais.....	30
2.7. A aplicação dos Polímeros na Construção civil.....	35
2.8. Gestão de Resíduos Sólidos.....	39
2.9. O Efeito da Gestão Ambiental nas Marmorarias.....	40
CAPÍTULO III	
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1. Estudo de Caso.....	43
3.1. Rochas utilizadas nos ensaios.....	44
3.2. Custos no beneficiamento de rochas ornamentais na Marmoraria.....	46
3.3. Classificação Granulométrica.....	48
3.4. A conformação dos corpos de prova.....	49
3.5. Propriedades Físicas dos corpos de prova.....	50
3.6. Resistência de Ruptura a Compressão Uniaxial.....	51
3.7. Resistência de Ruptura à Flexão.....	51

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1. Classificação dos rejeitos pétreos e de suas fontes geradoras.....	53
4.2. Caracterização do Resíduo de Corte de Rochas Ornamentais na Marmoraria.....	61
4.3. Classificação Granulométrica das Rochas Britadas.....	65
4.4. Propriedades Físicas dos Compósitos produzidos com Material Britado e Resina Acrílica.....	66
4.4.1. Resistência de Ruptura por Compressão Uniaxial.....	68
4.4.2. Resistência à Tração por Flexão.....	69
4.5. Levantamento de dados na Marmoraria Piloto.....	71
4.5.1. Levantamento dos Aspectos Operacionais e Ambientais.....	72
4.5.2. Caracterização Operacional da Marmoraria – Piloto.....	75
4.5.2.1. Quadro de Colaboradores.....	75
4.5.2.2. Seqüências de Operações Unitárias.....	75
4.5.2.2.1. Recebimento e Movimentação de Chapas.....	75
4.5.2.2.2. Escolha e seleção de chapas.....	77
4.5.2.2.3. Cálculo do aproveitamento das chapas.....	77
4.5.2.2.4. Corte e Furação.....	77
4.5.2.2.5. Acabamento.....	78
4.5.2.2.6. Expedição.....	79
4.5.2.2.7. Higiene e Segurança no Trabalho.....	79

CAPITULO V

5.1. Modelo de Gestão de Resíduos na Marmoraria Piloto.....	81
5.2. Aproveitamento de resíduos sólidos (sobras e aparas).....	84

CAPITULO VI.....	92
-------------------------	-----------

CONCLUSÕES FINAIS.....	92
-------------------------------	-----------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais Exportadores Mundiais do Setor de Rochas Ornamentais em 2011 (valores em 1.000 t).....	15
Tabela 2	Fatores motivadores para PMEs adotarem a NBR ISO 14001.....	18
Tabela 3	Comparação técnica e econômica de tecnologias para lavra de bloco rochoso.....	34
Tabela 4	Resistência a Compressão dos corpos de prova cilíndricos.....	70
Tabela 5	Resistência a Tração por Flexão dos corpos de prova cilíndricos.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Esquema simplificado das operações industriais do setor de rochas ornamentais.....	8
Figura 02	Fluxograma de produção, produtos de materiais pétreos.....	10
Figura 03	Lama da serragem de rochas (A); Lama no meio ambiente (B).....	23
Figura 04	Exemplos de objetos decorativos fabricados a partir de sobras de marmoraria.....	32
Figura 05	Demanda Europeia por tipo de resina em 2010. Fonte: PLASTICS EUROPE (2011).....	37
Figura 06	Aspecto das rochas utilizadas nos ensaios de aproveitamento de sobras como material britado Fonte: Catálogo de Rochas Ornamentais Brasileiras – ABIROCHAS (2009)	44
Figura 07	A) Máquina de Corte; A1) Detalhe do Tanque de efluente; B) Disco Diamantado.....	47
Figura 08	Resíduos em forma de efluentes da marmoraria na estufa: A) Decantação do efluente... do mármore Bege Bahia; B) Efluente do granito Preto São Gabriel; C) Lama do granito Preto São Gabriel; D) Efluente do granito Amarelo Icaraí.	47
Figura 09	A) Balança de precisão; B) Pesagem dos rejeitos graúdos; C) Cominuição manual com o uso do martelo; D) Britagem; E) Coleta do rejeito britado; F) Detalhe do rejeito britado.	49
Figura 10	Corpos de prova conformados. A) Resina acrílica incolor; B) Resíduo da britagem, C) Britado de mármore Branco Rajado; D) Britado do granito Vermelho Brasília.	50
Figura 11	(A) Corpo de prova submetido à esforço de compressão; B) Dimensões dos corpos de prova.	51
Figura 12	Característica dos corpos de prova de flexão.....	52
Figura 13	Fluxograma do modelo de produção da marmoraria.....	53
Figura 14	Origem dos principais rejeitos gerados em processos de marmoraria.....	54
Figura 15	Estimativa de geração de rejeitos tipo tiras ou aparas das chapas utilizadas nos processos de marmoraria.	55
Figura 16	Exemplo do corte de peças a partir da chapa de rocha ornamental.....	56
Figura 17	Revestimento de muros e calçadas públicas com tampos de mesas e cacos.....	57
Figura 18	Fragmentos irregulares utilizados no revestimento de escadaria e pisos.....	58
Figura 19	A) Britador; B) Brita do mármore Branco Rajado; C) Brita do granito Cinza Ocre.....	58
Figura 20	Britas de rejeito da abertura de placas de pias de cozinha.....	60
Figura 21	A) Britador; B) Brita do mármore Branco Rajado; C) Brita do granito Cinza Ocre.....	60
Figura 22	Britas dos rejeitos de placa petrea utilizada para fabricação de lavatórios.....	61
Figura 23	Produção de britagem em quantitativo da abertura em mm.....	61
Figura 24	Quantitativo de resíduo sólido e do tempo de serragem de rochas ornamentais.....	63

Figura 25	Distribuição percentual total dos fatores envolvidos na serragem em marmoraria.....	64
Figura 26	Distribuição granulométrica do material britado	66
Figura 27	Distribuição granulométrica do material britado.....	66
Figura 28	Índices físicos do material composto de resina acrílica com rocha britada.....	68
Figura 29	Resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial de material compósito..... fabricado com britas finas e resina acrílica.	71
Figura 30	Resultados dos ensaios de resistência à tração por flexão de material compósito..... fabricado com britas finas e resina acrílica.	72
Figura 31	Organograma hierárquico da estrutura administrativa da marmoraria piloto.....	73
Figura 32	Fluxograma do processo produtivo na marmoraria piloto.....	74
Figura 33	Fluxograma de insumos e produtos finais da etapa de corte na marmoraria piloto.....	76
Figura 34	Fluxograma de insumos e produtos finais da etapa de acabamento na marmoraria piloto.	76
Figura 35	Fluxograma de processos no encaminhamento dos rejeitos sólidos e efluentes líquidos.	86
Figura 36	Tipos de rejeitos gerados no processo de produção no momento do corte.....	88
Figura 37	Reutilização dos rejeitos gerados na linha de produção.....	88
Figura 38	Reutilização dos rejeitos gerados na linha de produção.	89
Figura 39	Mosaico de sobras de rocha ornamental aplicado no piso do Shopping Praça da..... Alfândega – Recife/PE.	90
Figura 40	Aplicação de cacos e aparas em painéis verticais (logomarca e parede de edifício.....	91
Figura 41	Aplicação de cacos e aparas na montagem do painel vertical (logomarca do Juanito tacos).	92
Figura 42	Processo de produção de material britado de sobras de rocha ornamental.....	93
Figura 43	Aplicação de material britado em piso na forma de Fulget.....	94

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABIROCHAS	Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society For Testing And Materials
ATP	Analizador de Tamanho de Partículas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNER	Departamento de Estradas e Rodagens
EVA	Etil Vinil Acetato
FOB	Free On Board
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
ISO	International Organization for Standardization
LEMA	Legislação do Meio Ambiente
LTM	Laboratório de Tecnologia Mineral
MEA	Massa Específica Aparente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Registrada
PA	Porosidade Aparente
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de Baixa Densidade Linear
PET	Politereftalato de Etileno
Ph	Potencial de hidrogênio
PMes	Pequenas e Médias Empresas
PP	Policarbonato e Polipropileno
PPGEMinas	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIQUIM	Sistema da Informação sobre a Indústria Química
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

O setor de rochas ornamentais tem evoluído na última década principalmente pela aceleração do consumo no setor da construção civil, até mesmo após a crise do final da década passada. Tradicionalmente essa atividade tem ocasionado impactos e deixado um passivo ambiental relacionado com rejeitos provenientes das diversas fases de beneficiamento. Em suas etapas, desde a fase de extração nas pedreiras, passando pelas etapas de beneficiamento primário, industrialização e aplicação são gerados rejeitos que podem ser revertidos para a utilização em diversos segmentos industriais, em especial no setor da construção civil. A questão ambiental foi o principal motivador para o desenvolvimento dessa dissertação que buscou desenvolver metodologias para o aproveitamento dos rejeitos sólidos produzidos na etapa de industrialização nas marmorarias. Esses rejeitos foram caracterizados e mostraram potencial para gerar ganhos econômicos para a indústria de rochas ornamentais. A produção de materiais compósitos de resina acrílica e de rejeito pétreo britado pode representar uma alternativa para desenvolvimento de novos produtos para a área de decoração de ambientes. O rejeito quando visto de forma consciente e sustentável pode resultar em ganhos econômicos, novos materiais e em benefícios para a sociedade e meio ambiente. Um modelo inicial de gestão de rejeitos baseado no conceito de sustentabilidade ambiental e empresarial é apresentado para desenvolvimento de ações que visem o aproveitamento dos rejeitos de marmoraria.

Palavras-chave: rejeito de marmoraria, industrialização rochas ornamentais, sustentabilidade ambiental, gestão de resíduos sólidos.

ABSTRACT

The ornamental stone sector has developed in the last decade mainly by acceleration of the construction sector consumption, even after the crisis of the past decade final. Traditionally this activity has caused environmental impacts and passives related to wastes from the various processing stages. In its phases, from initial extraction at the quarries, passing through the steps of primary processing, industrialization and application are generated waste that can be reversed for use in various industrial segments, especially in the construction sector. The environmental issue has been the Prime motivator for implementing this dissertation that aimed to develop methodologies for the use of solid waste produced in the final industrialization phase at ornamental stone industry. These wastes were characterized and have showed a huge potential to generate economic gains to the ornamental stone industries. The production of acrylic resin composite materials with crushed stone waste may represent an alternative to developing new products for adorning rooms, paving and facades buildings. The waste when seen as a way of sustainable and consciously can result in economic gains, new materials and benefits for society and environment. The waste management initial model based on environmental sustainability and business concepts is presented for developing actions that aim to use the waste from ornamental stone industry.

Key-words: marble waste; dimension stone processing; environmental sustainability; solid waste management.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Na maior parte dos processos produtivos são potenciais geradores de resíduos, em muitos casos são altamente poluentes ou provocam algum tipo de passivo ambiental. As serrarias e marmorarias, empresas responsáveis pelo beneficiamento de rochas ornamentais e personalização de peças exclusivas para seus clientes, geram grandes transtornos ao meio ambiente, nesse decurso devido a consideráveis volumes de rejeito a serem descartados no pátio da indústria beneficiadora.

O tema ambiental é uma preocupação dentro do setor de rochas ornamentais como uma consequente comprovação de que o crescimento econômico a longo prazo é possível quando acompanhado da assistência ao social impactado pela indústria combinado ao conceito de sustentabilidade ambiental.

Desta forma, a reciclagem, o reaproveitamento dos resíduos gerados do beneficiamento de granitos e mármore pode ser visto como técnico-econômico e ecologicamente viáveis, minimizando os grandes volumes dispostos em aterros às vezes irregulares os chamados “bota-foras”, realizando uma contribuição para o desenvolvimento sustentável de sua cidade.

A geração incontrolável de resíduos nos dias atuais torna-se cada vez mais problemática, causando grande preocupação aos órgãos ambientais, do ponto de vista ao armazenamento adequado desses resíduos, os quais, se dispostos de forma não controlada, podem contaminar lençóis freáticos, solos e cursos d'água.

O reaproveitamento dos resíduos garantirá maior vida útil dos recursos naturais que é não renovável. A caracterização de tecnologias para o aproveitamento de rejeitos na cadeia produtiva de rochas ornamentais é o objeto de estudo deste trabalho, tendo em vista que a utilização deste material tem sido pouco estudada.

Portanto, merece uma atenção maior por parte dos pesquisadores, uma vez que na busca de resultados com sucessos visa à conotação de resíduo em transformá-lo em um subproduto de maior valor agregado, especialmente para o setor de construção civil como miúdos agregados ou peças decorativas.

Este estudo avalia a possibilidade na implantação de possíveis tecnologias para o reuso e aproveitamento de resíduos sólidos na cadeia produtiva de rochas ornamentais.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo é a verificação das tecnologias possíveis para o reuso e aproveitamento dos resíduos sólidos gerados no processamento de chapas de rochas ornamentais em marmorarias.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar a quantidade e a qualidade de rejeito gerado durante o corte de chapas de rochas ornamentais nas marmorarias;
- ✓ Caracterizar a curva a distribuição granulométrica do material britado na marmoraria, oriundo de sobras de processamento (tiras, pedaços rejeitados na confecção de pias, tampos de mesas) e do pó fino do corte de produtos na marmoraria;

- ✓ Quantificar o rejeito fino produzido no corte de diversas rochas graníticas e carbonática de fins ornamentais;
- ✓ Caracterizar os parâmetros operacionais envolvidos na corte de produtos pétreos da marmoraria (tempo de corte, quantidade de água, etc);
- ✓ Definir metodologia para o aproveitamento econômico dos resíduos sólidos (retraços) oriundos do corte de chapas;
- ✓ Caracterizar as propriedades tecnológica de um novo material desenvolvido a partir de brita fina produzida com rejeito de chapas de rochas ornamentais e resina acrílica incolor;
- ✓ Elaborar uma proposta de modelo de gestão de resíduos para marmorarias.

1.2 Justificativa

Uma grande geração de resíduos tem sido produzida no setor da indústria de rochas ornamentais devido ao consumo expressivo de materiais pétreos para revestimento de pisos, paredes e de confecção de móveis do mercado imobiliário. O emprego de materiais pétreos na construção civil tem sido justificado pela resistência física dos materiais e por ser considerado um produto de luxo na construção.

O setor de rochas ornamentais tem atuado como um grande causador de poluição ao meio ambiente, merecendo assim uma atenção especial de pesquisadores para empregar a viabilidade do rejeito gerado pelo setor. Órgãos fiscalizadores indicam os montantes de pilhas de rejeitos que são gerados anualmente durante o processo de beneficiamento de rochas.

Apenas nos processos de cortes, nos teares, e no polimento, nas máquinas politrizes, estima-se que o Brasil gera anualmente em torno de 280.000m³ de resíduos em forma de lama, com partículas de granulometria bastante reduzida (SINROCHAS-MG, 2003). Com esses dados fica claro que há necessidade de se estudar possibilidades viáveis da utilização dos resíduos gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais utilizadas no setor de construção civil.

A busca pelo desenvolvimento sustentável do setor de rochas ornamentais inicia-se pela diminuição de resíduos gerados na cadeia produtiva, passando pela otimização dos processos produtivos, reciclagem de resíduos e reutilização de materiais que atualmente não são fonte de aproveitamento no país.

A indústria de rochas ornamentais não produz rejeito altamente danosos ao meio ambiente, mas a sua viabilidade de uso do rejeito sólido em forma de lama ou de graúdo (tiras, aparas) não requer altos custos. Rejeitos graúdos podem ser britados e empregados na produção de concreto e seu britado fino menor que 0,075mm pode ser empregados na indústria cerâmica vermelha. O rejeito da indústria de rochas ornamentais não se inclui na afirmação de Gonçalves e Heliodoro (2005) quando afirmam que um dos motivos de resistência das empresas para o reconhecimento da responsabilidade social no que diz respeito à proteção ambiental é motivada pelos altos custos para a aquisição de novas tecnologias de redução e eliminação dos resíduos tóxicos e pela inexistência de legislação apropriada ao nível ambiental de acordo com Gonçalves e Heliodoro (2005).

De um modo mais amplo o estudo das possíveis tecnologias para o aproveitamento de rejeitos visa contribuir para futura regulamentação tecnológica e disposição do material, auxiliando os órgãos ambientais competentes a orientar destinações adequadas dos resíduos gerados pelo setor de rochas ornamentais.

1.3 Motivação para o estudo

Este trabalho se propõe a levantar dados quantitativos de geração de resíduos em marmorarias e discutir possíveis alternativas para o aproveitamento desses resíduos gerados no momento de corte e acabamento das peças personalizadas de acordo com a necessidade e desejo dos clientes assim solicitados.

Logo, vale discutir dados que caracterizem a viabilidade tecnológica de um novo material composto de resina acrílica e britado do rejeito graúdo de placas rochosas. Considerando que a resina acrílica é um polímero que tem sido muito utilizado na construção civil, na produção de novos materiais com propriedade de resistência estrutural e química. Normalmente o polímero é empregado na fabricação de divisória de Box, mesas, portas flexíveis para ambientes internos como quartos, banheiros. A resina quando transformada em produto final (portas, mesas) não provoca danos a saúde de seus usuários.

Além desse tipo de aproveitamento é possível também a utilização dos rejeitos sólidos (sobras de recorte de chapas em diversas aplicações na área de arte e decoração, muitas das quais são discutidas da presente dissertação).

1.4 Estrutura da Dissertação

A dissertação foi desenvolvida e organizada por capítulos, onde, no primeiro capítulo, é apresentada uma contextualização das informações sobre o setor de rochas ornamentais e sobre os diversos tipos de rejeitos que se originam nas etapas de serragem no tear de blocos rochosos, na serragem de chapas em marmorarias, e que muitas vezes estes rejeitos são lançados diretamente no meio ambiente.

Capítulo 2 – referente se fundamento teórico, onde são citados o conceito de rocha ornamental, são também abordados as operações industriais do setor de rochas ornamentais, ou seja, suas transformações em produtos finais que irá atender os diversos setores como a construção civil, funerário, arte e decoração e urbanismo. São citados alguns exemplos de emprego da lama do tear na indústria cerâmica, de argamassa, na produção de vidro, na correção de acidez de solo, são alternativas que contribuem para a prática do conceito de sustentabilidade, segundo as definições de diversos autores sobre os temas discutidos.

Capítulo 3 - apresenta a metodologia empregada para a obtenção de resultados práticos através da observação na prática de uma marmoraria piloto, a caracterização tecnológica do material de rejeito obtido no corte das chapas na marmoraria piloto e os procedimentos de ensaio utilizados na caracterização do material de rejeito, em especial os ensaios de caracterização mecânica e para utilização dos rejeitos como matéria-prima para construção civil.

Capítulo 4 – mostra os resultados obtidos na fase de acompanhamento do processo produtivo, tipos e característica dos rejeitos gerados bem como avaliação geral dos ensaios realizados visando a utilização do material de rejeito na construção civil.

Capítulo 5 – é desenvolvido e apresentado um modelo de gestão de resíduos para uma marmoraria, baseado nos levantamentos realizados na marmoraria-piloto, onde são abordadas técnicas de organização e planejamento da produção.

Capítulo 6 - conclusões finais e apresentação dos principais resultados obtidos ao longo dos estudos realizados e sugestões para aprimoramento da gestão de resíduos em marmorarias.

CAPÍTULO II

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Indústria de Rochas Ornamentais

Rochas Ornamentais é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004), como sendo: materiais rochosos naturais, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizado para exercer uma função em sua estética. A crescente utilização de rochas ornamentais ao longo dos últimos anos tem mudado o hábito das pessoas para o uso adequado acarretando uma satisfação e conforto ao ambiente.

Segundo Fernandes (2004), o setor marmorista é uma das peças fundamentais para que essa cadeia produtiva de rochas ornamentais ou de revestimentos, pois é o setor, que cria e transforma chapas brutas ou polidas de granitos dando um maior valor agregado ao produto. Tais produtos como: soleiras, pias, bancadas, divisórias, mesas e entre outras. Segundo Ribeiro *et al.* (2007), o setor de rochas ornamentais absorve diversos processos de beneficiamento, sendo fonte geradora de enormes quantidades de rejeito.

Segundo Alencar *et al.* (1996), momento após a extração a próxima etapa é a serragem ou desdobramento do bloco. Nesta etapa, os blocos obtidos após a extração são cortados em chapas ou tiras, com espessuras bastante próximas daquelas que terão os produtos finais. As principais máquinas e equipamentos projetados para este fim são os teares, talha-blocos de disco diamantado e máquinas de corte a fio diamantado.

Em segundo momento no beneficiamento secundário ou final estão os processos de marmoraria e industrialização. É nesta etapa que as peças adquirem forma, dimensões e aparência final. É subdividida em fases diferenciadas tais como: o polimento, o corte e o acabamento final. É no beneficiamento final que se obtém a maior diversidade de produtos. Os principais produtos gerados nessa etapa são: ladrilhos e painéis de revestimentos de pisos e paredes internos e externos, rodapés, soleiras, bancos de parques, entre outros módulos e inúmeras outras peças.

Segundo o SEBRAE (1999), o processo de produção da marmoraria é a combinação de recursos naturais (matéria prima) como mão-de-obra, tecnologia, equipamentos, materiais abrasivos, água, energia utilizados com métodos eficazes de trabalho, resultando em produtos com alto valor agregado. Segundo Mello Mendes (1974), na indústria moderna das rochas ornamentais, as operações podem ser agrupadas em duas fases: Lavra e Beneficiamento, porém o beneficiamento compreende três operações: serragem, semi-transformação e transformação, como demonstra figura 1.

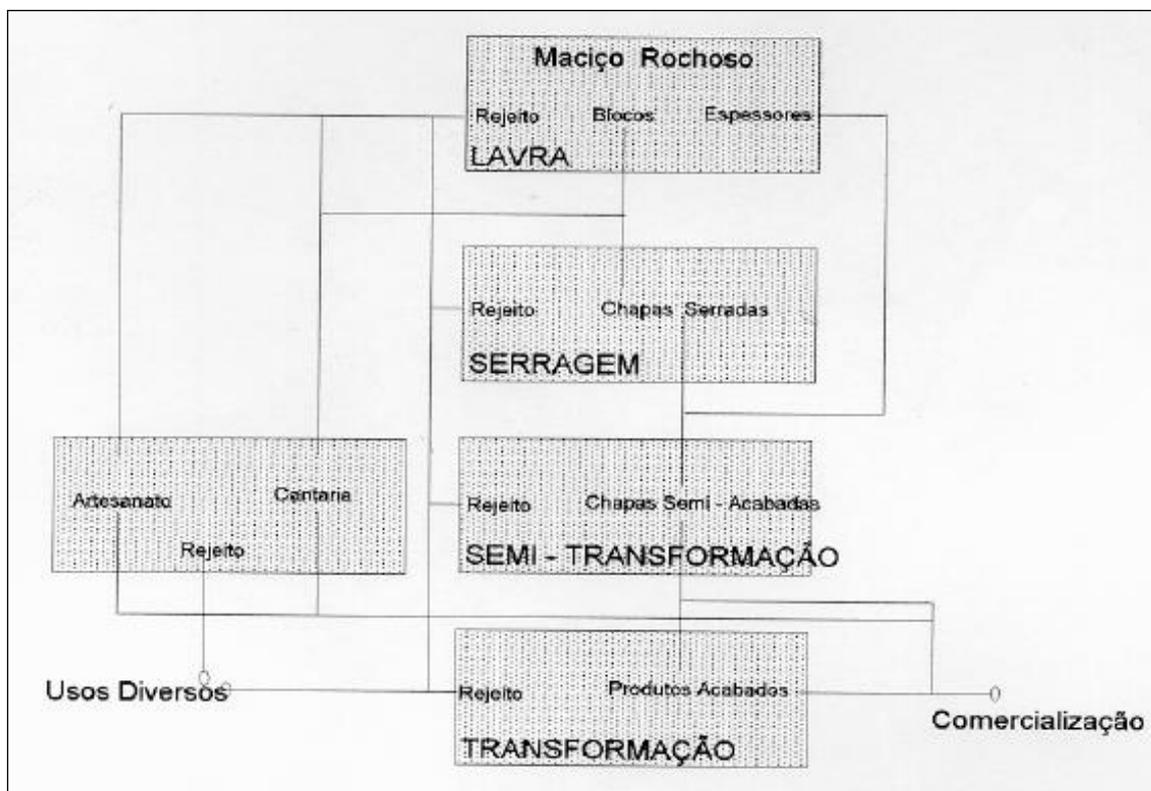


Figura 1 - Esquema simplificado das operações industriais do setor de rochas ornamentais.
Fonte: Mello Mendes, (1974)

A segmentação da cadeia produtiva do setor existe quatro etapas bem distintas como: (extração, beneficiamento primário, beneficiamento secundário, acabamento), é refletida no segmento da constituição do nicho de cada mercado. No processo produtivo envolve a extração da matéria-prima na forma de blocos (5 a 8m³ valores aproximados), seu desdobramento etapa de serragem e a preparação dos produtos semi-acabados (chapas), ou finais (placas dimensionadas, ladrilhos, balcões, mesas) nas marmorarias (Mello, 2001).

Segundo o SEBRAE (1999), os produtos das marmorarias são direcionados a pequenas construtoras e a consumidores final que estejam construindo ou reformando sua residência ou local de trabalho por indicação através de decoradores e arquitetos que estejam auxiliando em suas paginações e ambientação dos cômodos das residências. E a política de vendas das empresas que atuam neste segmento se caracteriza pela chamada política de balcão, o qual simplesmente é recebida as encomendas sem nenhum ou pouco esforço no sentido de melhor conhecer a rocha ornamental para que possa melhor se adequar ao ambiente desejado.

Este sistema de encomenda muitas vezes caracterizam o produto não consolidado no mercado até mesmo a falta de uma estratégia de venda, SEBRAE (1999). Desta forma resulta o estímulo a demanda dos bens finais e de proporcionar reflexos para que possa envolver de forma mais ampla a cadeia produtiva do setor de mármore e granito desde a extração até o beneficiamento final.

Salientando que a entrada num mercado já de certa forma ocupado por concorrentes, vai requerer estratégias definidas e bem trabalhadas de vendas. Neste caso ter um produto de qualidade pelo menos igual aos comercializados no mercado é de extrema importância.

O conhecimento do mercado concorrente e principalmente das características físicas do processo produtivo, bem assim como a estruturação da composição de custos mínimos são primordiais para que viabilize o lado mercadológico do produto. O grande ganho do empreendedor será obtido com postura empresarial de se estabelecer uma política permanente de busca de redução de custos.

A cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais pode ser caracterizada a partir da decomposição nas etapas produtivas necessárias à transformação dos blocos extraídos nas pedreiras em produtos finais como ilustra a figura 2.

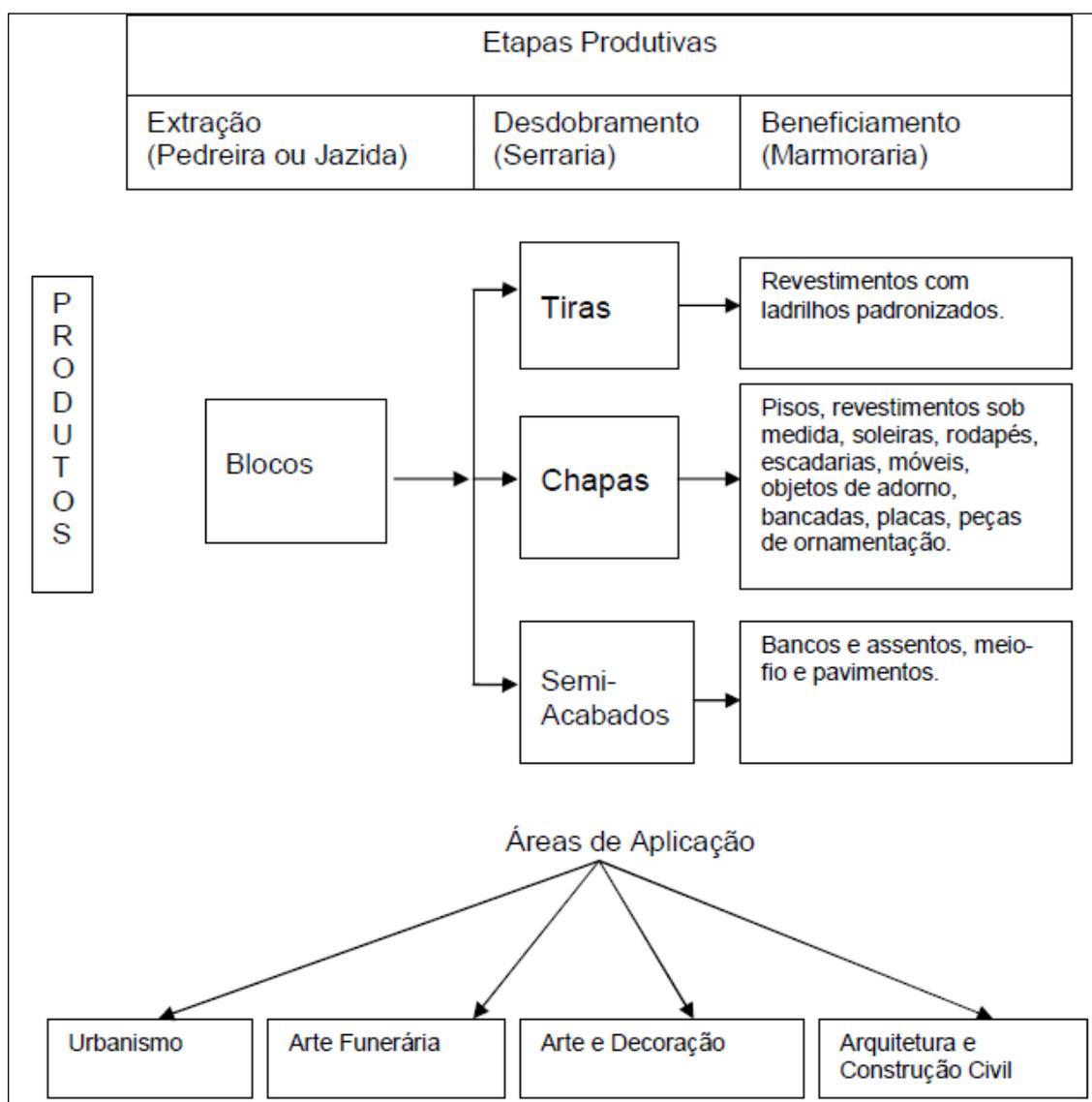


Figura 2: Fluxograma de produção, produtos de materiais pétreos.
Fonte: Sabadini (1998)

2.2 Aspectos do Mercado de Rochas Ornamentais

No setor de rochas ornamentais o Brasil tem participado como produtor, consumidor e importador e exportador de rochas ornamentais processadas e brutas. Segundo a ABIROCHAS *apud* DNPM (2008) existem cerca de 7.000 marmorarias no Brasil, 2.200 empresas de beneficiamento, 1.600 teares, 1.000 empresas dedicadas à lavra com cerca de 1.800 frentes ativas de produção (em um total de 400 municípios).

A variedade de rochas no Brasil é muito grande, possuindo centenas de tipos diferentes. O catálogo da *Revista Rochas de Qualidade* expressa essa geodiversidade ao apresentar uma amostragem de 455 variedades de rochas, sendo 353 somente de “granitos”. Há rochas consideradas especiais como os xistos vulcânicos, granitos pegmatóides amarelados. Os granitos amarelos e brancos ainda se sobressaem entre as rochas clássicas.

A produção nacional (>90%) está representada em ordem decrescente pelos estados ES, MG, BA, CE, PR, RJ, GO e PB. Os estados do Espírito Santo e Minas Gerais respondem por 70% a 75% dessa produção. Dentre outras rochas, Minas Gerais se destaca especialmente pela produção de ardósias (900.000 t1), quartzitos folheados (600 mt) e pedra-sabão (esteatita). São 18 Arranjos Produtivos Locais (APL) ligados a rochas ornamentais em 10 estados.

De acordo com Nery e Silva (2001), os principais municípios produtores de mármore do Brasil são: Cachoeiro do Itapemirim (ES), Ourolândia, Campo Formoso e Mirangaba (BA), Italva (RJ), Fronteiras (PI). Os principais municípios produtores de granito são: Nova Venécia, Barra de São Francisco e São Gabriel (ES), Rui Barbosa e Medeiros Neto (BA), Formiga e Itapeçerica (MG). Os Granitos Azul Bahia, Quartzitos Azul Imperial e Azul Macaúbas são encontrados no município de Potiraguá, direção sudoeste do estado próximo à divisa com Minas Gerais.

De acordo com o DNPM (2008), vale ressaltar que no anuário mineral de 2006, considerou as reservas recuperáveis (30% das reservas medidas), as estimativas apontam para um volume de 6 bilhões de metros cúbicos de rochas ornamentais no Brasil. A produção mundial de rochas para ornamentação e revestimento atingiram a ordem de 92,7 Mt/ano. Em 2006 foram comercializadas no mundo cerca de 41,4 Mt de rochas brutas e beneficiadas.

O ABIROCHAS estimou que a produção nacional em 2006 na ordem de 7,5 Mt como afirma o DNPM (2008). Em relação às exportações o Brasil se posicionou em 5º lugar, com 2,52 Mt, na frente da Espanha e atrás da China (10,25 Mt), Índia (4,52 Mt), Turquia (3,98 Mt) e Itália (3,07 Mt). As rochas processadas, em 2007, atingiram US\$ FOB 891,6 milhões, representando 81,3% em valor, com 1,30Mt,(48,1% em peso). As exportações de chapas totalizaram 16,90 milhões metros quadrados (2007) ante 16,67 milhões de metros quadrados em 2006. As vendas para a Itália e China (rochas brutas) recuaram de US\$ FOB 89,4 milhões para US\$ FOB 84,9 milhões e US\$ FOB 77,1 milhões para US\$ FOB 70,8 milhões respectivamente de 2006 para 2007. As quantidades importadas pela Itália, China e Espanha atingiram 373,6 mt, 493,5 mil t e 143,9 mt, respectivamente.

No Brasil o consumo aparente estimado em 2007 de rochas no Brasil foi de 5,582 Mt, representando um acréscimo de 10,6% em relação ao ano anterior (5,046 Mt), estimulado pelo expressivo crescimento do setor da construção civil, pela redução de taxas de juros e crescimento da oferta de crédito imobiliário. Considerando que cada metro cúbico de rocha gera 35 metros quadrados e que o consumo equivalente, para 2007 foi de 2,067 milhões de metros cúbicos, estima-se o consumo total de 72,36 milhões de metros quadrados. Desse quantitativo, 39% (28,22 milhões de metros quadrados) dos materiais foram granitos e conglomerados; 37,3% de ardósias, quartzitos maciços e folheados; 15% de mármore e travertinos; e 2,1% de importados. A região Sudeste responde por cerca de 70% a 75% do consumo nacional de rochas ornamentais, conforme o DNPM (2008).

No ano de 2011, a produção mundial de rochas para ornamentação e revestimento atingiu 116 milhões t em 2011, com variação positiva de 4,0% frente a 2010. Desta produção total, 68,5 milhões t (59%) foram referentes a rochas carbonáticas (mármore, travertinos e calcários diversos), 41,7 milhões t (36%) a rochas silicáticas e silicosas (granitos, quartzitos e similares) e 5,8 milhões t (5%) a outras rochas, sobretudo ardósias. A produção de 116 milhões t corresponderia a 42,95 milhões m³ ou 1.265 milhões m² equivalentes em chapas com 2 cm de espessura.

A China respondeu por 36 milhões t (31%) da produção mundial, seguindo-se, em ordem decrescente, a Índia (14 milhões t), Turquia (10,6 milhões t), Iran (8,5 milhões t), Itália (7,5 milhões t), Brasil (7,25 milhões t), Espanha (5,5 milhões t) e outros. A ABIROCHAS considera, neste caso, subestimada a produção brasileira e como síntese, os dados da produção mundial teriam a seguinte estimativa:

- ✓ Produção bruta de lavra (*gross quarrying*): 237,20 milhões t (A);
- ✓ Rejeitos de lavra (*quarrying waste*): 121,20 milhões t (B = A - 51%);
- ✓ Produção líquida de lavra (*raw production*): 116,0 milhões t (C = A - B);
- ✓ Rejeitos do beneficiamento (*processing waste*): 47,56 milhões t (D = C - 41%);
- ✓ Produção líquida do beneficiamento (*processed production*): 68,44 milhões t (E = C - D).

Se calculada em metros cúbicos equivalentes, esta produção seria:

- ✓ Produção bruta de lavra (A): 87,85 milhões m³;
- ✓ Rejeitos de lavra (B): 44,90 milhões m³;
- ✓ Produção líquida de lavra (C): 42,95 milhões m³;
- ✓ Rejeitos do beneficiamento (D): 17,60 milhões m³;
- ✓ Produção líquida do beneficiamento (E): 25,35 milhões m³.

Se apresentada em metros quadrados equivalentes de chapas com 2 cm de espessura, a produção mundial de 2011 seria:

- ✓ Produção líquida de lavra (C): 2.145 milhões m² (116 milhões t ou 42,95 milhões m³);
- ✓ Rejeitos do beneficiamento (D): 880 milhões m² (41% de perda assumida no beneficiamento);
- ✓ Produção líquida do beneficiamento (E): 1.265 milhões m² (59% de recuperação assumida no beneficiamento).

A produção líquida do beneficiamento equivale ao consumo mundial de rochas ornamentais. Estima-se que desta produção líquida (68,44 milhões t), cerca de 75% (51,33 milhões t) sejam destinados a edificações e 25% (17,10 milhões t) a outros usos. Em relação ao consumo total discrimina-se o seguinte:

- ✓ 21,58 milhões t (31,5%) para pisos / pavimentos;
- ✓ 5,9 milhões t (8,5%) para paredes / fachadas externas;
- ✓ 1,95 milhões t (3,0%) para degraus;
- ✓ 8,2 milhões t (12%) para paredes internas;
- ✓ 13,70 milhões t (20%) para peças e obras especiais;
- ✓ 3,4 milhões t (5%) para paisagismo;
- ✓ 11,30 milhões t (16,5%) para arte funerária; e
- ✓ 2,4 milhões t (3,5%) para outros usos e trabalhos especiais.

Assinala-se que 49,55 milhões t foram comercializadas no mercado internacional no ano de 2011: 24,76 milhões t referentes a rochas brutas (blocos), das quais 13,81 milhões t enquadradas no código fiscal 2515 (rochas carbonáticas) e 10,95 milhões t enquadradas no código fiscal 2516, utilizado para granitos e rochas afins; e, 24,79 milhões t referentes a rochas processadas acabadas e semiacabadas, abrangendo 3,42 milhões t enquadradas no código 6801, 20,12 milhões t no código 6802 e 1,25 milhões t no código 6803, códigos estes utilizados respectivamente para produtos de beneficiamento simples, produtos de beneficiamento especial e produtos de ardósia, ABIROCHAS (2012).

O grupo dos principais países exportadores e sua participação no total mundial, no ano de 2011 é apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Principais Exportadores Mundiais do Setor de Rochas Ornamentais em 2011
(valores em 1.000 t)

Países/NCM		Rochas Carbonáticas (2515)	Rochas silicáticas (2516)	6801*	6802 **	Ardósias	Total
Principais Exportadores	China	115	1.310	1.103	10.577	402	13.507
	Turquia	5.012	238	140	1.772	3	7.165
	Índia	65	3.970	3	1.146	16	5.200
	Itália	1.287	162	153	1.450	10	3.062
	Espanha	1.340	271	28	454	504	2.597
	Egito	2.086	3	1	150	-	2.240
	Brasil	6	1.181	102	761	120	2.170
	Portugal	481	248	386	303	11	1.411
	Subtotal (A)	10.392	7.383	1.916	16.613	1.066	37.352
Outros Países	Subtotal (B)	3.420	3.562	1.499	3.511	188	12.198
Total Geral	(A+B)	13.812	10.945	3.415	20.124	1.254	49.550
Participação (*)		75,2%	67,5%	56,1%	82,6%	85,0%	75,4%

* Produtos de processamento simples; ** Produtos de processamento especial.
Fonte Adaptada: ABIROCHAS (2012).

De acordo com informações consubstanciadas pela ABIROCHAS, as exportações brasileiras de rochas ornamentais somaram 2.189 mil t em 2011. O Brasil colocou-se como o 7º maior exportador mundial, em volume físico total, e em 3º lugar como exportador de blocos de granitos (atrás da Índia e China) e produtos de ardósia (atrás da Espanha e China). A Turquia apresentou-se como maior exportador mundial de rochas carbonáticas; a Índia de blocos de rochas silicáticas; a China de produtos de processamento simples e especial (6801 e 6802); e, a Espanha, de produtos de ardósia.

As vendas de blocos de rochas carbonáticas, pela Turquia, assim como os blocos de granitos e similares, pela Índia e Brasil, são em geral direcionadas à China. As exportações mundiais de 2011 tiveram variação positiva de 2,1%, em volume físico, frente ao ano de 2010. Já em 2010 estas exportações ultrapassaram os valores anteriores ao da crise de 2008/2009. O Brasil ultrapassou a China em exportações para o mercado dos EUA, tanto em faturamento quanto em volume físico. Isto se deve as 606 mil t vendidos aos EUA em 2011, 594 mil t das quais referentes a chapas de granito. No total, a China exportou 598 mil t de rochas aos EUA em 2011, ABIROCHAS (2012).

Quanto aos maiores importadores mundiais de rochas em 2011, todos com volume físico superior a 1 milhão t, são dez que compuseram 62,9% do total das importações mundiais de acordo com o ABIROCHAS: China (importadora de blocos de rochas carbonáticas e silicáticas); a França (importadora de ardósias); a Alemanha (importadora de produtos de processamento simples); e os EUA (importador de produtos de processamento especial).

Para os EUA, o Brasil foi o principal fornecedor, seguindo-se pela China (US\$ 411 milhões), Itália (US\$ 321 milhões), Turquia (US\$ 304 milhões) e Índia (US\$ 248 milhões). Todos os demais fornecedores dos EUA tiveram seus faturamentos inferior a US\$ 80 milhões.

O consumo mundial de rochas ornamentais e de revestimento foi estimado em 1.265 milhões de m² equivalentes (2 cm de espessura) em 2011. O Brasil já se encontra entre os cinco maiores consumidores mundiais, junto com China, Índia, EUA e Coreia do Sul. No ano de 2013 o Brasil continua no mercado dos EUA, como fornecedor, e á manutenção das importações da China, ultrapassando, assim, a marca de US\$ 1,1 bilhão de 2007. As exportações de rochas ornamentais somaram US\$ 867,72 milhões (+19,92%) e 1,8 milhões de toneladas (+17,41%) no período janeiro-agosto de 2013. Ficou agora mais concreta a projeção de exportações de até US\$ 1,3 bilhão em 2013, com variação positiva de 20% no faturamento.

Em suma no ano de 2013 foi registrado de acordo o ABIROCHAS (2013); um faturamento de US\$ 867,72 milhões (+19,92%); volume físico – 1,79 milhões t (+17,41%); participação de rochas processadas no faturamento de 77,77%; participação de rochas processadas no volume físico de 48,05%; importações de materiais rochosos naturais de 70,8 mil t (+7,60%); importações de materiais rochosos artificiais de 32,0 mil t (-29,55%); saldo da balança comercial do setor de US\$ 823,1 milhões; exportações efetuadas em agosto/2013 de US\$ 135,3 milhões e 300,2 mil t.

No mês de agosto de 2013 foi registrado US\$ 135,3 milhões e 300,2 mil t em exportações brasileira, superando a capacidade logística exportadora (em torno de 250-270 mil t/mês). Manteve-se um nível elevado (78%) de participação de rochas processadas no faturamento das exportações, conforme o ABIROCHAS (2013).

As importações brasileiras de rochas cresceram em 2013, movida pelo mercado interno da construção civil imobiliária. Há esforços empresarial para a modernização do parque nacional de serragem de chapas, um motivador positivo para a produtividade das empresas.

Atualmente, somos, sem dúvida, um dos mais competitivos polos mundiais de processamento de chapas de grandes dimensões, superando até Itália e China, devido à maciça incorporação de teares multifios diamantados. Embora, não se tem uma solução equivalente à dos multifios para as ardósias, quartzitos foliados e outras rochas brasileiras de processamento simples, até mais intensivas em mão de obra que os mármore e granitos, e ora em dificuldade.

2.3 A Sustentabilidade no Setor de Rochas Ornamentais

Segundo Slack *et. al.* (1997, p. 30 e 31), a administração da produção é um processo de controle sobre todos os setores utilizando de forma correta os recursos disponíveis, bem como conhecer seu mercado e traçar estratégias de como atingir seu objetivo principal chamado assim de meta. Logo, a função de produção é central da organização, porque produz os bens e serviços que são a razão de sua existência e como as outras funções internas da organização merece análise de planejamento. Cabe as organizações de acordo com suas funções desempenharem suas responsabilidades específicas com base no conceito de sustentabilidade. Embora essas funções tenham sua parte a executar nas atividades da organização, são (ou devem ser) ligadas com a função produção, por objetivos organizacionais comuns.

Grande parte das pequenas e médias empresas (PMEs) vende seus produtos para as grandes empresas. Atualmente, parte significativa das grandes empresas já possui a certificação NBR ISO 14001, e começaram a exigí-la de seus fornecedores. Desta forma, para as PMEs, a certificação ambiental significa o fortalecimento de sua imagem e a garantia de sua permanência na cadeia de suprimentos.

Tabela 2: Fatores motivadores para PMEs adotarem a NBR ISO 14001

Fator motivador	Descrição
Melhoria da imagem e da reputação da empresa	Este fator facilita a entrada da organização em novos mercados, o ganho de concessão, etc.
Exigências dos clientes	A adoção da NBR ISO 14001 pelas PMEs pode acarretar parcerias de longo prazo com as grandes empresas.
Exigências das partes interessadas	A certificação pode melhorar a imagem da organização com os consumidores, com os órgãos de controle ambiental, com os seus empregados, com as ONGs, etc.
Processo de inovação	A implementação de programas de prevenção à poluição pode auxiliar a organização a diminuir seus custos devido ao aumento da eficiência.

Um fator importante que se destaca para as pequenas empresas se adequarem ambientalmente é o fortalecimento da legislação ambiental brasileira. As empresas que estiverem constantemente avaliando seus processos em relação aos riscos ambientais certamente estarão evitando problemas com os órgãos fiscalizadores.

De acordo com Tubino (2000), a função de produzir bens ou serviços, impulsiona a empresa a elevar o seu grau de melhoria contínua de qualidade, aumentando o nível de competitividade e conseqüentemente, vasta redução nos custos de produção. Concordando com Aloe e Valle (1967) quando afirmaram que produzir é criar utilidade e, para isso, quem se propõe a produzir, tem de suportar encargos, renúncias e riscos em maior ou menor escala, ou seja, todo objetivo econômico com caráter oneroso implica um custo.

Autores como Almeida (2002), admitem que uma empresa para ser considerada sustentável deve procurar em suas ações e decisões a ecoeficiência, procurando produzir com uma melhor qualidade e utilizando menos recursos naturais. A empresa que segue os princípios da sustentabilidade deve ainda ser socialmente responsável, assumindo que está num ambiente em que causa influência e ao mesmo tempo sofre influência.

A empresa de transformação deve se preocupar com todas as etapas de produção e a viabilidade de seus rejeitos. A viabilidade do rejeito industrial pode resultar em ganhos econômicos e em aceitação no mercado como empresa responsável. Conforme Gonçalves e Heliodoro (2005) a responsabilidade social das empresas não pode ser ignorada pelas empresas que pretendem vencer nos mercados e economias modernas, sendo considerada atualmente como parte integrante da estratégia empresarial.

A responsabilidade social da empresa deve voltar-se para a eliminação e/ou redução dos efeitos negativos do processo de produção e preservação dos recursos naturais, principalmente os não renováveis, através da adoção de tecnologias eficientes, concomitantemente ao atendimento dos aspectos econômicos de acordo com Ribeiro (1992).

A indústria de rochas ornamentais é uma indústria transformadora de produtos e geradora de rejeito que necessita viabilidade de emprego. Conforme Figueiredo *et. al.* (2001) afirmam que a maior parte da lama de granito é produzida nas empresas de transformação, ao longo das operações de serragem em transformação de blocos por chapas, corte, polimento, e acabamento. O processo de extração de rochas ornamentais como granito e mármore gera toneladas de rejeitos minerais grossos (aparas) e finos (pó), que representam um grande problema ambiental para o setor de acordo com Carvalho *et. al.* (2006).

Segundo o CONAMA (2002), o reaproveitamento de resíduos pode ser abordado com três enfoques distintos:

- ✓ Recuperação: compreendem na extração e remoção de algumas substâncias presentes nos resíduos, como óxidos, metais e etc;
- ✓ Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem que haja nenhuma transformação ou beneficiamento do mesmo;
- ✓ Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter transformado para alguma utilidade.

Uma das grandes preocupações é com o aumento da escassez dos recursos naturais, somando ao crescimento desordenado da população mundial e intensidade dos impactos ambientais, surge o conflito da sustentabilidade dos sistemas econômico e natural, e faz do meio ambiente um tema literalmente urgente e estratégico, segundo Lavorato (2005).

Concordando com Lima e Dias (2009), deve haver uma tomada de consciência generalizada diante dos problemas surgidos com a natureza pelo elevado descontrole no uso dos recursos naturais.

[Digite texto]

2.4 Impactos Ambientais causados pelo Setor de Rochas Ornamentais

Uma das principais preocupações do setor de rochas ornamentais e de todos os outros setores de produção e transformação de matérias-primas em produtos é o de direcionar o rejeito da matéria prima para sua possível aplicação na fabricação de um novo produto. O reuso para Bonnie e Huang (2001), a evolução do crescimento industrial nos últimos dois séculos tem apresentado uma melhoria no padrão de vida do ser humano, no entanto tem causado como consequência a elevação dos custos ambientais.

A aplicação do rejeito industrial pode resultar em ganhos econômicos para a empresa de transformação. Andrade *et. al.* (2002), afirmam que os gastos com proteção ambiental começam a ser vistos pelas empresas líderes, não primordialmente como custos, mas como investimentos no futuro e, paradoxalmente, como vantagem competitiva. Mas, observa-se que conforme Gonçalves e Heliodoro (2005),

A partir da década de 70, vem ocorrendo uma evolução na atitude das empresas face ao ambiente, passando-se de uma situação de ausência de preparação, para estratégias que envolvem uma crescente integração dos aspectos ambientais e do conceito de sustentabilidade na cultura e na gestão empresarial.

A cultura ambiental é formada pela mudança de comportamento alcançada com informações e práticas ambientais que são implantadas na organização conforme Ferreira (2003).

A variável ambiente para Wernke (2001) pode ser utilizada como uma ferramenta que permite a empresa destacar-se das outras empresas, suas concorrentes, e ganhar participação de mercado, através, por exemplo, do uso de materiais recicláveis e de financiamento de programas de preservação ambiental.

A Lei dos Crimes Ambientais de 13/02/1998 nº 9.605, contempla em seu artigo 225, parágrafo terceiro da Constituição Federal: as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, as sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. O Decreto 3.179, de 21 de setembro de 1999 especifica as sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Apresenta em seu art. 2º, o rol das medidas punitivas impostas aos agentes que desrespeitam as normas ambientais e infligem danos ao meio ambiente, bem como, fixa em seu art. 41, os valores das multas referentes à poluição e às outras infrações ambientais, os quais podem alcançar cifras de R\$ 50 milhões (cinquenta milhões de reais).

No setor de rochas ornamentais afirma Matta (2003), que em relação às questões ambientais os resíduos gerados por este tipo de atividade são problemas de grande magnitude enfrentando pelas empresas desse setor. E que normalmente, esses resíduos são descartados em bacias de deposição adjacentes à serraria conforme Vieira Júnior (2001).

Logo, a gestão ambiental nas empresas é atualmente condicionada pela pressão das regulamentações, pela busca de melhor reputação, pela pressão de acionistas, investidores e bancos para que as empresas reduzam o risco ambiental, pela pressão de consumidores e pela própria concorrência, conforme Souza (2002).

Os resíduos sólidos são gerados na primeira etapa de obtenção do bloco rochoso na mina de acordo com Matta (2003), a lama produzida no processo de extração gerada pelo processo primordial, gera destruição do solo florestal e agrícola, alteração nas condições de drenagem do solo, poluição do ar, modificação e até mesmo destruição da paisagem natural ocasionando um distúrbio visual. Os rejeitos em sua grande maioria são descartados em lagoas de decantação e aterros, Filho *et. al.* (2005).

Os impactos estão na origem de problemas como o da inutilização do solo, contaminação ou degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, destruição da vegetação, Oliveira (2005). Conforme Silva (2010) a deposição dos resíduos, de forma ecologicamente incorreta, afeta esteticamente a paisagem além de acarretar despesas de armazenamento e poluição ambiental, (figura 3). E esta lama, de granulação muito fina quando tratada de forma adequada, pode substituir os agregados finos utilizados em argamassas e na produção de materiais cerâmicos, impactando de maneira positiva, o meio ambiente.



Figura 3: Lama da serragem de rochas (A); Lama no meio ambiente (B).
Fonte: Silva (2010)

Após a etapa de exploração dos blocos rochosos na serragem de chapas Freitas (2008) alerta que em geral, o pH dos rejeitos varia de acordo com o tipo de bloco serrado, e que para o mesmo bloco não há uma tendência evidente de queda ou aumento no pH, como consequência de uma provável não uniformidade no emprego dos insumos (principalmente cal).

Desta forma, a lama gerada no corte de mármore é mais concentrada e o processo de corte é mais rápido e de menor custo. Portanto, para cada tonelada de lama residual gerada, temos uma descarga de aproximadamente 440 lt de água pura, considerando-se a densidade ($\rho = 1,00 \text{ kg/lt}$) dessa substância nas condições ambientais, conforme Freitas (2008).

O processo de transformação de blocos em chapas resulta na perda de rocha da ordem de 30 a 40% da massa do bloco, conforme Peyneau (2004). Durante o polimento, e em todas as outras etapas do beneficiamento, até chegar ao estágio final do produto especificado, a produção de rejeitos finos é menor que aquela quando da serragem do bloco em chapas, Junior *et. al.* (2001), Silva *et. al.* (2005), Souza, (2005).

No caso específico do setor de extração de rochas, o sistema de desdobramento de blocos para a produção de chapas, gera uma quantidade significativa de resíduos na forma de lama, de 20% (vinte por cento) a até 30% dos blocos tornam-se resíduo, em média segundo Godoi (2009), 27% do bloco se torna lama abrasiva, geralmente formada de água, granalha, cal e de pó de rocha, que após o processo de beneficiamento é lançada nos poços de depósito, ou diretamente nos rios, provocando grandes prejuízos ao meio ambiente e a população, como a compactação dos solos ou contaminação de nascentes e rios.

A serragem de granitos é realizada com o uso do tear convencional, constituído por multi-lâminas. O corte do bloco se dá pela combinação da lama abrasiva (mistura de granalha, cal e água), conduzido por um conjunto de lâminas movimentadas pelo tear, conforme Spínola (2003). Algumas empresas têm utilizado filtro prensa em seu processo produtivo, no sentido de diminuir o teor de água final no rejeito gerado da serragem e reutilizar esta água no processo de forma a mitigar seu possível impacto ambiental. Normalmente, esse teor diminui para 30% ou menos de acordo com Prezotti *et. al.* (2004).

O uso do filtro prensa conforme Peyneau e Pereira (2004) representa vantagens como a rapidez com que reduz o volume das lamas, o fato de permitir o reaproveitamento da água, requerer menor área para o armazenamento temporário, diminuir os custos e facilitar o transporte, e ainda reduzir gastos com mão-de-obra e equipamentos.

Na etapa de desdobramento os resíduos decorrentes são resíduos no estado sólido correspondente ao material restante do berço (argila, areia ou gesso), da varrição do pátio, aos casqueiros, às laminas desgastadas, aos bicos de aço, às embalagens dos produtos e insumos e os resíduos no estado semi-sólido são os efluentes da lavagem dos blocos e a lama descartada dos teares, sendo esta constituída de pó-de-rocha, cal, granalha e desgaste das lâminas de acordo com Prezotti *et. al.* (2004).

Na etapa de polimento os resíduos sólidos representados por cacos, decorrentes de possíveis quebras das chapas, pastilhas de abrasivos desgastadas, embalagens de produtos e insumos, escovas de polimento, materiais impregnados com resinas e/ou pigmentos e pellets de madeira. Nesta etapa também é gerada uma lama fluída, constituída por pó de rocha, agregada a outros produtos como restos de abrasivos, resinas e vernizes de acordo com Melo *et. al.* (2006).

Na etapa de corte e acabamento de produtos pétreos os resíduos gerados são discos de serras das cortadeiras e encabeçadeiras, cacos de chapas de mármore e granito, embalagens de produtos e insumos, restos de lixa, rebolos abrasivos das politrizes de acabamento, lama fluída, materiais impregnados com cola, massa plástica, dentre outros.

O tratamento da lama é normalmente constituído por duas etapas: decantação e desaguamento, possibilitando uma destinação final adequada para este resíduo. No processo de decantação de lama do polimento ocorre a separação da fase sólida e fase líquida da lama, possibilitando a recirculação de água e funcionando como etapa anterior aos processos de desaguamento da lama. Esse processo reduz o grau de umidade da lama, para possibilitar a disposição final adequada. A umidade necessária para a destinação final em aterros específicos para resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais é de no máximo 30%, conforme estabelecido na NBR 13896/1997 e na IN nº 019/05 do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

Os sistemas mais utilizados para o desaguamento da lama são: tanque de sedimentação construído, sedimentador de fluxo vertical e filtro-prensa e o *bags* (para marmorarias e empresas de pequeno porte), segundo Peyneau e Pereira (2004):

- ✓ O processo de sedimentação permite tratar o efluente a partir do adensamento da lama para ser descartada de forma adequada. Neste processo, a lama vai para um reservatório onde, geralmente, adiciona-se floculante para a agregação das partículas em suspensão. A lama se acumula no fundo do sedimentador, sendo periodicamente é retirada e enviada à destinação final ou para outro processo de desidratação para garantir a umidade inferior a 30%, como um filtro prensa.
- ✓ O filtro-prensa separa a fase sólida da líquida através da compressão de placas, onde a lama fica retida nas telas formando o bolo de filtração. Ao fim do ciclo de filtração as placas abrem-se e são descarregadas as tortas de lama desidratada. Esse processo permite o reaproveitamento da água no processo de beneficiamento e garante a umidade da lama inferior a 30%.
- ✓ O sistema de *bags* é um sistema alternativo de desaguamento da lama de empresas de pequeno porte e marmorarias, onde a disponibilidade para investimentos são menores. O sistema consiste em instalação dos *bags*, que são uma espécie de “grandes sacos” de material plástico que permite o escoamento da água até uma umidade inferior a 30%.

2.5 Aplicações dos Resíduos Sólidos da Serragem e do Polimento de Rochas Ornamentais

Considerando que o rejeito da indústria de rochas ornamentais não é um rejeito altamente danoso e não tóxico ao meio ambiente. Estudos vem crescendo com a aplicação dos resíduos como adições na composição de argamassas, argamassas, tijolos de solo-cimento, tijolos cerâmicos, concretos, blocos de concreto para vedação, blocos de pavimentação, lajotas de piso, componentes para indústria cerâmica e *filler* para pavimentação de acordo com Mello (2006).

Alternativas de aplicação do rejeito são ainda na fabricação de vidros e no setor agrícola. Conforme Martins e Laugeni (2001), a produção de um bem e/ou serviço ao menor custo possível é um objetivo permanentemente de toda organização, em se tratando de custo que pode traduzir-se em menor preço de venda, é o grande desafio das empresas para com o consumidor.

O setor da construção civil é o que mais tem consumido matéria prima como areia, britas e bens naturais não renováveis diretamente da natureza. O setor da construção civil consome grandes volumes de recursos naturais e parece ser o mais indicado para absorver grandes quantidades de resíduos, conforme Moura (2002). Conforme o Sumário Mineral (2004), o setor da construção civil consome entre 20 a 50% dos recursos naturais. Para aterros, onde é misturado com um solo areno-siltoso, uma vez que não poderia ser utilizado sozinho devido à sua granulometria muito fina, Moura (2002).

A forma a reciclagem do rejeito é uma alternativa que possibilita agregar-lhe valor, gerar novos empregos e ajudar a minimizar o problema ambiental, Filho et al. (2005). Menezes *et. al.* (2009) admite em seu estudo que a substituição do aglomerante por resíduo na produção de argamassas pode ser efetuada com sucesso em teores de até 50%, e os resíduos utilizados, propiciam aumentos significativos na resistência à compressão simples das argamassas.

Na produção de misturas asfálticas pode ser utilizado resíduos da serragem de rochas ornamentais, nos concretos asfálticos, como *filler*, em substituição aos produtos convencionais do tipo cimento Portland, cal, entre outros, como formas de aproveitamento deste tipo de resíduo industrial e de redução do custo final dos concretos asfálticos de acordo com Souza et al. (2004).

Filer é um material fino que preenche espaços vazios, constituído de partículas minerais proveniente de agregados graúdos e/ou miúdos empregados nas misturas asfálticas, tendo como objetivo nesta melhorar o desempenho reológico, mecânico, térmico e de sensibilidade a água.

A utilização do resíduo fino da serragem de rochas graníticas, como *filer* nas misturas asfálticas em substituição aos produtos convencionais pode ser de 6% percentual de material, satisfazendo as exigências preconizadas pelo DNER, enquanto que no método tradicional o cimento asfáltico alcança um teor de utilização de *filer* em torno de 5,5%. Além, de reduzir os custos finais de produção de massas asfálticas.

Na indústria cerâmica, alguns autores tem empregado o rejeito fino da indústria de rochas ornamentais na composição de massas cerâmicas. Moreira *et. al.* (2005), aplicou o resíduo como matéria-prima para cerâmica vermelha. A massa cerâmica foi composta de argila e resíduo contendo até 20% do total da massa de rejeito de rochas ornamentais. Os resultados obtidos demonstraram adições de até 20% não promovem variações significativas nas propriedades físico-mecânicas da massa argilosa padrão. Resíduos do tipo gnaisse, podem ser utilizados como matéria-prima na formulação de massa argilosa para fabricação de cerâmica vermelha.

Souza *et. al.* (2004) afirma que os corpos cerâmicos contendo até 60% em peso de resíduo de rocha ornamental apresentaram propriedades promissoras para serem utilizados na fabricação de tijolos maciços, blocos cerâmicos e telhas, dependendo sempre da temperatura de queima, porém reafirmando seu potencial como insumo na produção de vários produtos, proporcionando ganhos econômicos bastante satisfatórios.

Com rejeitos finos da serragem de granitos em tear e outro rejeito granítico do processo de polimento de chapas rochosas da indústria de rochas ornamentais, Silva *et. al.* (2010) empregou combinações de argila e pó fino da serragem (PFS) de blocos rochosos em chapas (lama abrasiva) e argila com o pó fino do polimento (PFP), em percentuais de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%. Foi verificado ser possível aplicar 30% percentual em peso de PFS e de PFP a uma argila caulinita sem perda de aceitáveis propriedades de características de cor vermelha da cerâmica, baixas retrações de secagem e de queima, valores admissíveis de absorção de água e com o alcance de resistência mecânica admissíveis para a fabricação de telhas e tijolos.

Adições de PFP registraram maiores valores de retração durante o período de secagem e de queima quando comparados aos mesmos percentuais de PFS, devido principalmente ao fato de o PFP ser menos denso do que o PFS que contem granalha. A fratura e a perda de peças cerâmicas são verificadas durante a secagem de massas cerâmicas contendo percentuais de 40 e 50% de PFP. O reaproveitamento de PFS e do PFP pode ser utilizado com sucesso na indústria cerâmica vermelha, Silva *et. al.* (2010).

Na produção de vidro pode ser utilizado resíduo da serragem de rochas ornamentais, como mármore e granito Babisk (2009) mostra que o problema ambiental causado pelo pó fino das serrarias poderá ser minimizado, ao mesmo tempo em que se gera uma nova fonte de matéria prima para a indústria do vidro.

A pesquisa concluiu que a transformação de resíduos de granito e mármore em vidro é viabilizada pela presença de substâncias que utilizadas em larga escala como matérias-primas na produção de vidros. Junto aos resíduos das rochas, coletados em Cachoeiro de Itapemirim (ES), são misturados areia e carbonato de cálcio e sódio em quantidades controladas para que a composição se aproxime ao máximo das características do vidro comercial (normalmente produzido).

Com a utilização destes resíduos reduz bastante o consumo de areia, minimizando outro problema sério, a extração excessiva desse recurso. Um terceiro benefício ambiental é a utilização também dos óxidos ferrosos despejados no solo através das limalhas de ferro ou aço que são jateadas contra a rocha no processo de corte. Haverá a diminuição dos impactos ambientais na região, já que antes eles eram descartados diretamente no solo ou rios e córregos da região, Babisk (2009).

Correção de acidez de solo, resultados de pesquisas científicas tem mostrado a potencialidade para ser utilizados como fontes de Ca (cálcio) e Mg (magnésio) para as plantas e solo. Conforme estudos de Machado *et. al.* (2008) a utilização de resíduos de rochas ornamentais promoveu aumento na produção de matéria seca (MS) e dos teores de Ca (cálcio) e Mg (magnésio) no solo e na planta, consequências almejadas para a melhoria do solo. Além do fato dos resíduos de rochas ornamentais podem ser utilizados como fonte de Ca (cálcio) e MG (magnésio).

2.60 Empreendedorismo no Setor de Rochas Ornamentais

O termo utilizado como “empreendedorismo” é atribuído a Richard Cantillon (1755) e a Jean Baptiste Say (1800). Ambos definiam empreendedorismo como pessoas que corriam riscos porque investe em seu capital “dinheiro” em empreendimentos.

Mais tarde Schumpeter, J. (1978) associa o empreendedorismo à inovação afirmando que a essência do empreendedorismo está na percepção e aproveitamento de novas oportunidades no âmbito dos negócios, focando num ângulo a criação de uma nova forma do uso de recursos nacionais, em que eles sejam deslocados do seu emprego tradicional e sujeito a novas combinações.

A cada dia que surge às necessidades e desejos do ser humano são renovadas freqüentemente, por isso novos produtos são lançados no mercado com intuito de conquistar clientes e consumidores. Para isso as PMEs e indústrias são obrigadas a se modernizar, trazendo novas tecnologias, oferecendo qualidade e ainda enfrentar a acirrada concorrência do mercado como explica Ruiz (2005).

Logo, o planejamento é uma ferramenta útil às empresas. No ambiente empresarial, Welsch (1983) afirma que planejar significa estabelecer sistematicamente os objetivos relevantes da empresa e formular estratégias e planos realistas para alcançar tais objetivos de curto e longo prazo. Controlar o sistema de gestão de custos tem como principal vantagem é a capacidade de fornecer informações que auxiliam a tomada de decisões e no planejamento e controle dos recursos de produção, constituindo instrumento gerencial fundamental na busca da sustentação competitiva da organização, que pode ser traduzida, na atualidade, por aspectos que envolvem a sobrevivência, o crescimento e o desenvolvimento da organização (SAKURAI, 1997).

Segundo Borna (1995), para enfrentar esta situação que se apresenta, é necessário que os sistemas de gestão (planejamento) e de informações gerenciais (controle e avaliação) adaptem-se ao novo ambiente, desenvolvendo-se novos princípios e métodos apropriados ao novo contexto.

Outra ferramenta importante surgiu por volta de 1970, denominada planejamento estratégico, que consiste, segundo Cunha (2000), no processo de análise sistemática dos pontos fortes da empresa e das oportunidades e ameaças do meio ambiente, estabelecendo objetivos, estratégias e ações que possibilitem o aumento da competitividade empresarial.

A prática do conceito de sustentabilidade e empreendedorismo tem sido observada na empresa GranRochas quando há a fabricação de móveis domésticos de a partir de chapas pétreas que representariam perdas por apresentarem fissuras.

Outra prática é o aproveitamento das sobras de placas de revestimento de pisos e paredes na confecção de objetos de decoração tais como bases de moveis (fotografia C). Tabuleiros bicolores também podem ser fabricados a partir de pedaços irregulares de tiras e de cacos (fotografia I). Na figura 4 podem ser verificados outros exemplos de objetos decorativos fabricados com sobras de marmoraria tais como bases de sustentação de mesas, centro e tabuleiro bicolor para jogos (entretenimento).

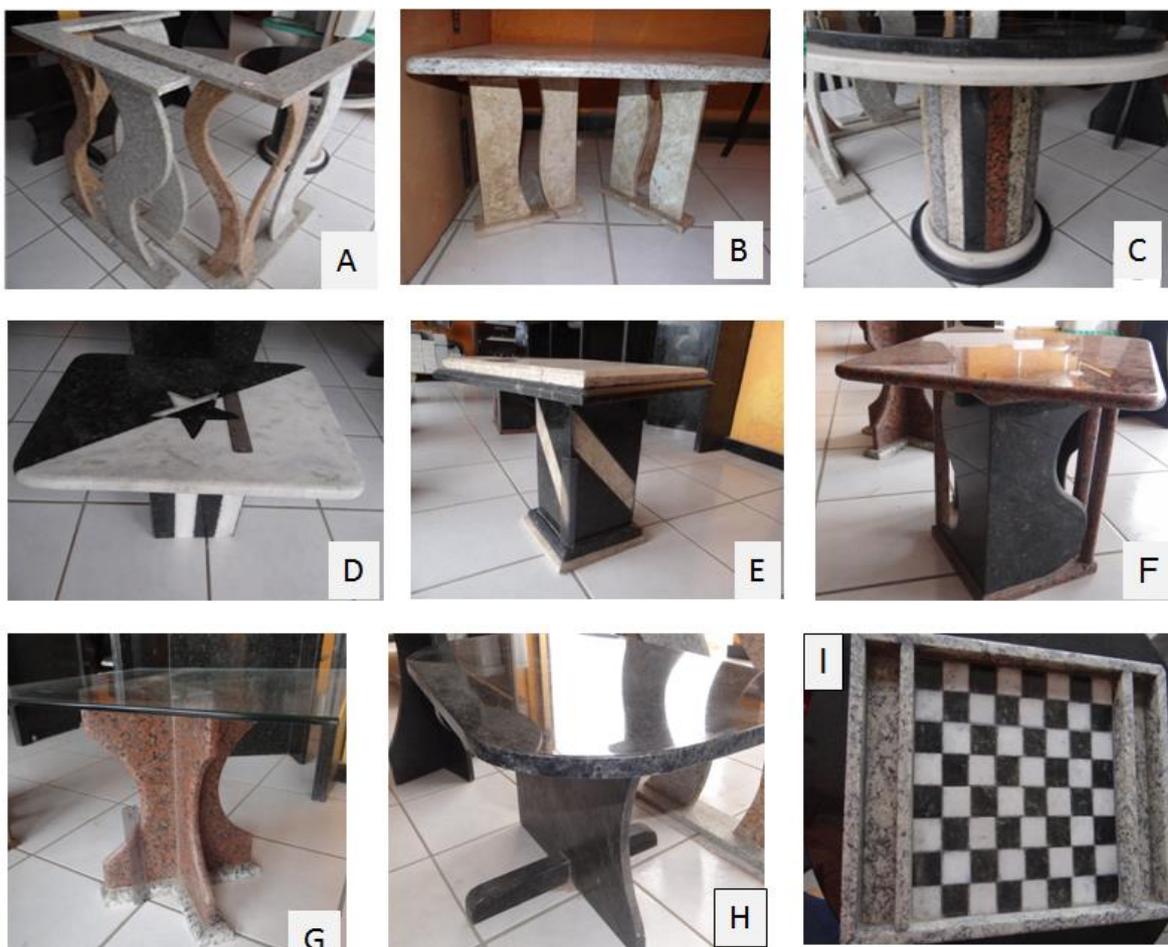


Figura 4: Exemplos de objetos decorativos fabricados a partir de sobras de marmoraria
Fonte: Marmoraria GranRochas (autor)

O conhecimento dos custos, segundo Martins (2003) é vital para saber se, dado o preço, o produto é rentável; ou, se não rentável, se é possível reduzi-los. A gestão estratégica de custos torna-se vantagem competitiva e segundo Catelli (2001), é o momento em que cenários futuros são antecipados e oportunidades e ameaças são identificadas. Como a indústria ser rotulada de poluidora ao meio ambiente.

O uso de novas tecnologias de corte e que venham a gerar menos rejeito, passivo ambiental, e mais eficiência de corte é empreendedorismo no setor de rochas ornamentais. Matta (2003) cita no Brasil duas tecnologias de corte de blocos rochosos na mina que são mais usadas, a tradicional, mais poluente, conhecida como tecnologia de fio helicoidal e outra menos poluente, denominada de tecnologia limpa, conhecida como tecnologia de fio diamantado ou de corte contínuo, pois para obtenção dos blocos nas jazidas as fases de cortes não são interrompidas até que se atinja o momento final do equipamento em determinado local da rocha.

Segundo o CETEM (2006), a tecnologia do fio helicoidal foi utilizada na Itália no início do séc. XX e o uso do fio diamantado anos 70. A tecnologia de fio diamantado é constituída por um motor com roldanas, numa velocidade de corte em torno de 3 a 5 m²/hora para granitos, sendo consumido nesse processo em média de 500 litros de água/m².

O corte acontece pela ação abrasiva dos anéis ou pérolas com grãos de diamante, dispostos ao longo do fio, sendo que estes tencionam sobre o bloco rochoso, resultando no corte pelo fio tencionado em alta velocidade de translação que gira em contato com o bloco e cortando-o com precisão conforme Alencar *et. al.* (1996) *apud* Coimbra Filho (2006).

Tabela 3; Comparação técnica e econômica de tecnologias para lavra de bloco rochoso.

Modalidade Operacional e Prestação	Parâmetros Técnicos	
	Fio Diamantado	Fio Helicoidal
Velocidade do Corte (m ² /h)	3 a 4	1 a 2
Largura do Corte (mm)	11 a 12	80 a 100
Rugosidade (cm)	2 a 4	4 a 6
Espessura da zona de desperdício (cm)	1	10 a 20
Custo do corte unitário (US\$/M ²)	60 a 90	75 a 90

Fonte: Bortolussi et. al. (1988) *apud* CETEM (2003).

Na tabela 3 as vantagens do fio diamantado em relação ao helicoidal são notadas facilmente. A velocidade de corte é maior variando de 3 a 4m²/h enquanto que fio helicoidal varia de 1 a 2 m²/h isto porque a largura de corte no primeiro caso é menor (11 a 12 mm) que no segundo (80 a 100 mm) dessa forma ocorre um corte com maior precisão e levando uma rugosidade menor para o fio diamantado (2 a 4 cm) em relação ao helicoidal (4 a 6 cm) evitando deste modo desperdício de matéria-prima e diminui a poluição no meio ambiente.

Outra vantagem é o custo do corte unitário para fio diamantado variando de 60 a 90 U\$/m², portanto, menor que no caso do fio helicoidal que é de 75 á 90 U\$/m². Além, destas vantagens é importante destacar que a tecnologia do fio diamantado se comparado ao fio helicoidal, modelo usado no país, necessita na implantação menos obra de fundação e o investimento é quatro vezes menor; e a área utilizada para instalação do equipamento de corte pode chegar a um quarto em relação ao modelo tradicional.

Minimiza também o índice de problemas de saúde, devido a exposição (inalação) ao pó fino de rocha serrada, uma doença chamada silicose, que é provocada pela poeira da sílica que aspirada pelo funcionário ao longo do tempo provoca fibrose intersticial no pulmão. Com o processo de corte com fio diamantado esses problemas podem ser minimizados, visto que o processo é todo automatizado e durante o corte é usado apenas água gerando menos impacto negativo ao trabalhador e ao meio ambiente, conforme ROCHAS DE QUALIDADE (2004) apud Coimbra Filho (2006),

2.7A aplicação dos Polímeros na Construção civil

A principal matéria-prima para a fabricação dos plásticos é o petróleo, porém somente 4% da produção mundial de petróleo e gás é usada como matéria-prima para a produção de plásticos, e outros 3 a 4% são usados como energia no processo de acordo com Hopewell *et. al.* (2009) e Thompson *et. al.* (2009).

As resinas produzidas são então processadas para a geração de variados produtos nas indústrias de transformação plástica, ou seja, após a produção das resinas, estas recebem aditivos e plastificantes (pigmentos, corantes, retardantes de chama, antioxidantes, etc.) para cumprirem as funções para as quais foram fabricadas, resistirem aos processos de transformação e tornarem-se produtos duradouros, SIQUIM/EQ/UFRJ, (2003).

Os polímeros plásticos podem ser classificados em dois grandes grupos distintos pelo comportamento térmico durante o processamento: os termoplásticos e os termo fixos. Os termoplásticos são moldáveis quando aquecidos. Esse processo pode ser repetido inúmeras vezes e a degradação do polímero será mínima. Os termo fixos são de difícil moldagem por aquecimento. Durante o processamento, esses polímeros são moldáveis, mas tornam-se rígidos ao final do processo e resistentes ao aumento de temperatura. Assim, os plásticos termo fixos são mais rígidos do que os termoplásticos de acordo com Parente (2006).

Os principais tipos de polímeros termoplásticos são: acrílicos, celulósicos, etil vinil acetato (EVA), polietileno tereftálico (PET), poliamidas (*nylons*), polietileno (PE), poliestireno (PS), cloreto de polivinila (PVC), policarbonato e polipropileno (PP) (PARENTE, 2006). Desses, os que têm maior volume de produção e preço relativamente baixo são: PET, PVC, PE (alta e baixa densidade), PS e PP de acordo com Andrad y e Neal (2009). Os principais tipos de polímeros termo fixos são: aminoplásticos, epóxis, fenólicos (fenol formaldeído), poliésteres e silicones de acordo com Parente (2006).

A indústria do plástico tem crescido no últimos 60 anos. A produção mundial cresceu de 1,7 milhão de toneladas, em 1950, para 265 milhões de toneladas, em 2010. Destaca-se o aumento exponencial entre os anos 50 e os anos 70, e é possível observar como a produção de polímeros dobrou dos anos 70 para os 90, depois da qual os valores de produção praticamente triplicaram nos anos 2000. Apesar da crise econômica mundial e da queda no consumo e produção de plásticos em 2008 e 2009, o mercado vem se recuperando e a produção de plásticos em 2010 foi recorde, com um crescimento em relação a 2009 de 6% de acordo com a PLASTICS EUROPE (2011).

Tomando como referência a UE, em 2010 a demanda por transformados plásticos foi de 46,4 milhões de toneladas. Tanto a produção total de plásticos quanto a demanda foram maiores do que em 2009 (55 e 45 milhões de toneladas, respectivamente), mas não atingiram ainda os valores de 2007, pré-crise econômica mundial, quando a UE produziu 60 milhões de toneladas de plásticos e a demanda foi de 48,5 milhões de toneladas.

Com relação ao consumo por segmento, a liderança continua com as embalagens plásticas, com uma demanda de 18 milhões de toneladas, seguida por: construção civil (9,55 milhões de toneladas), automóveis (3,5 milhões de toneladas) e equipamentos eletroeletrônicos (2,6 milhões de toneladas). A figura 5 mostra a representatividade destes segmentos no total da demanda europeia. A categoria “outros” inclui segmentos menores, como lazer, agricultura, esporte etc. (PLASTICS EUROPE, 2011).

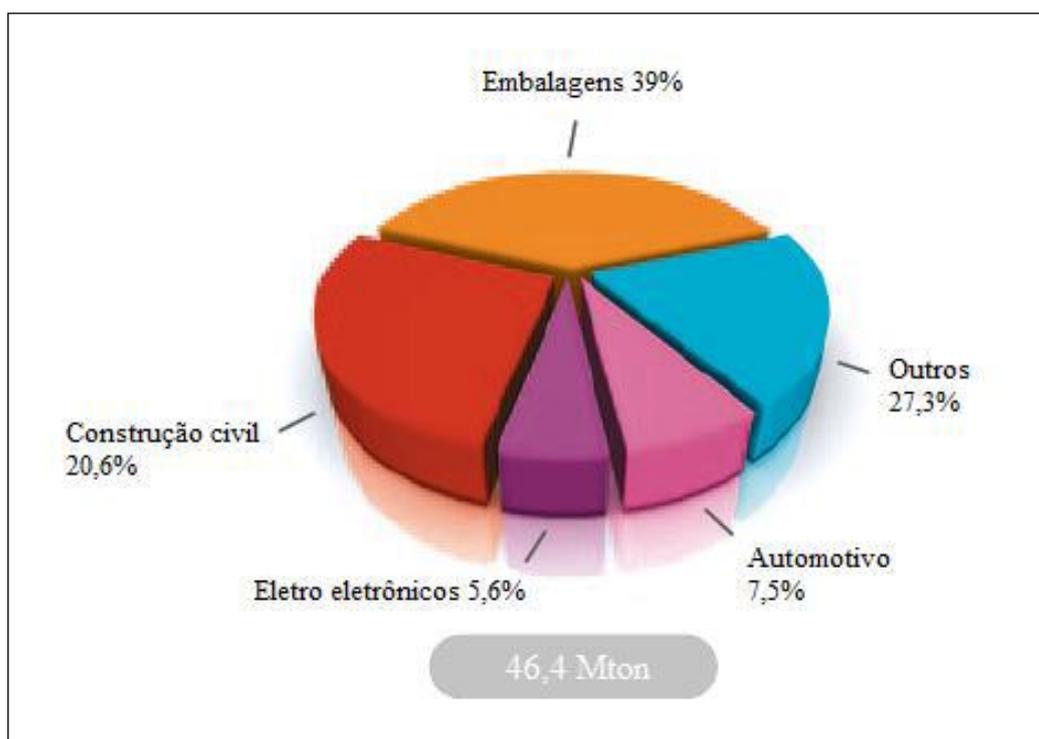


Figura 5: Demanda europeia por tipo de resina em 2010.
Fonte: PLASTICS EUROPE (2011).

Outra forma importante para se avaliar a demanda por plástico é a que se baseia no consumo das resinas. Na UE, são seis as resinas mais comercializadas, que, em 2010, somaram 74% das vendas de resinas plásticas. São elas: o polietileno (PE), incluindo o de baixa densidade (PEBD), linear de baixa densidade (PEBDL) e de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), PVC, poliestireno (PS), poliuretano (PU) e PET.

A União Européia sempre foi uma grande exportadora de plásticos (resinas e transformados e/ou produtos plásticos). Tais exportações aumentaram em mais de 100% entre os anos 2000 e 2010. No caso das resinas, as maiores quantidades são vendidas para China (incluindo Hong Kong), Turquia, Rússia e Suíça. A cadeia produtiva europeia dos plásticos é formada por mais de 54.000 empresas (sendo muitas de pequeno e médio porte no setor de transformação), que empregam mais de 1,6 milhões de pessoas, correspondendo a um mercado de cerca de 300 bilhões de euros por ano de acordo com a PLASTICS EUROPE (2011).

Segundo a Braskem (2010), maior indústria petroquímica do Brasil e maior produtora de resinas termoplásticas das Américas, em seu relatório de sustentabilidade, a produção brasileira de resinas termoplásticas representa menos de 4% da produção mundial. Segundo a ABIPLAST (2010), em 2009 existiam 11.465 empresas no setor de transformados plásticos (85% localizadas nas regiões sul e sudeste do país) e o total de empregados em 2010 chegava a 349.453 pessoas, apresentando um aumento de 7,7% em relação ao ano anterior.

Analisando por tipo de resina, a demanda brasileira segue os padrões europeu e americano, sendo o polietileno o mais consumido 2,3 milhões de toneladas, seguido pelo polipropileno 1,475 milhões de toneladas e depois pelo PVC 1,12 milhões de toneladas, conforme a ABIPLAST (2010).

Na construção civil, a partir do século XX, particularmente na segunda metade, alguns dos materiais convencionais empregados na construção, foram sendo progressivamente substituídos por materiais poliméricos de acordo com Santos (2010).

2.8 Gestão de Resíduos Sólidos

A falta de conhecimento na disposição de resíduos e produtos contaminados pode acarretar sérios problemas de poluição do solo e degradação ambiental. A norma NBR 10004: Resíduos Sólidos *apud* PEREIRA (2003) classifica os resíduos em:

- ✓ Classe I: São resíduos perigosos, tendo periculosidade por inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- ✓ Classe II: São resíduos não inertes podendo ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;
- ✓ Classe III: São os resíduos inertes, não representando maiores problemas para saúde pública ou risco ao meio ambiente.

Uma empresa para ter uma vantagem competitiva precisa ter uma sustentação através de três estratégias: liderança de custo, diferenciação inovando com serviços e produtos; e foco em inovação, detectando nichos específicos de mercado decorrentes de novas necessidades ou desejos dos clientes em potencial.

A adoção de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) está ligada às estratégias de diminuição de custo e diferenciação. Os pressupostos da Gestão Ambiental são, entre outros:

- ✓ Economia de insumos,
- ✓ Soluções para o melhor aproveitamento da matéria-prima,
- ✓ Reutilização de resíduos de processo e sobras de matéria-prima,
- ✓ Utilização eficiente da mão de obra e recursos da produção.

A implantação dessas atitudes junto a estrutura produtiva das empresas se reflete normalmente na diminuição de custos da empresa e conseqüentemente num aumento da competitividade da mesma junto ao mercado.

2.90 Efeito da Gestão Ambiental nas Marmorarias

A definição da política ambiental precisa ser desdobrada em um plano de gestão para que possa ser implantada na prática. Em relação ao princípio de planejamento, os requisitos descritos na norma NBR ISO 14001: 1996 são:

- ✓ Aspectos Ambientais;
- ✓ Objetivos e Metas;
- ✓ Programa de Gestão Ambiental;
- ✓ Requisitos Legais e outros Requisitos.

Para os aspectos ambientais que seja elas das atividades, produtos e serviços precisam ser observados como um processo contínuo que determina o impacto quer seja ele positivo ou negativo tanto o passado como o presente das atividades de uma organização sobre o meio ambiente. (ABNT, 1996b:11).

Após efetuar a avaliação ambiental inicial e definir a política, a organização já pode iniciar o processo de mudanças nas atividades, produtos e serviços, alinhando novas tecnologias para a implantação na planta da empresa. Desta forma devida á dinâmica organizacional, os aspectos ambientais devem ser constantemente avaliados.

A esse efeito será descrito a influência da Gestão Ambiental nas seguintes áreas da organização: estratégia, produção, marketing, finanças, contabilidade e recursos humanos, enfatizando o principal setor da produção.

Geralmente, as grandes empresas possuem áreas bem determinadas, facilitando a visualização de cada atividade que os colaboradores exercem sobre sua área pelos diversos departamentos para prevenção ou mitigar os impactos ambientais.

Porém na maioria das pequenas empresas não possuem áreas muito bem estruturadas, é comum uma só pessoa exercer as atividades de mais de um departamento. Isto quando ocorre causa certa dificuldade do foco em que cada setor poderia executar as suas atividades com os seus respectivos colaboradores.

Na área de estratégia de uma marmoraria para um desenvolvimento de negocio é necessário a adoção de um (SGA), atribuindo uma forma de responsabilidade sócio ambiental nas áreas de toda a cadeia de gerenciamento da mesma seja ele dos seus projetos e dos processos de produção da empresa, ocasionando um aumento significativo na diminuição de perca de material tanto na matéria prima quanto nos insumos na fabricação das peças solicitadas, refletindo tudo isso num resultado significativo.

Há uma preocupação com o meio ambiente na estratégia da organização a depender do potencial de suas atividades. É comum exemplos de algumas marmorarias inicia-se apenas uma forma de negociação pelo motivo da necessidade de sobrevivência não havendo qualquer plano ou estratégia de negócio.

Inicialmente, é necessário realizar um levantamento da situação atual e verificar se as tecnologias e os processos de fabricação atuais atendem ou supera aos padrões exigidos pela legislação. Caso contrário, o planejamento deve ser imediatamente ser acionado para a modificação no atendimento dos padrões estabelecidos pela política da empresa.

A área de produção é a que mais deve sofrer mudanças para atender as expectativas do modelo de gestão definido pela marmoraria.

Por outro lado, a empresa mesmo que esteja dentro dos padrões de conformidade deve estar buscando sempre a utilização de tecnologias alternativas para melhoria do seu desempenho ambiental.

CAPÍTULO III

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Estudo de Caso

Neste estudo de caso foi dada prioridade a caracterização da linha de produção de uma empresa situada na BR 101 Sul km 97,5 na cidade de Cabo de Santo Agostinho, litoral Sul de Pernambuco, denominada de GranRochas.

Trata-se de empresa com cerca de 10 anos no mercado, que atua nos Municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca. Seu público alvo é composto de empresas, arquitetos e clientes diretos com o fornecimento de materiais a partir de chapas rochosas e personalizadas em peças finais como: soleiras, peitoris, pingadeira, balcões, mesas, consoles, montantes, ladrilhos, pias, dentre outras peças de fins decorativos. A referida empresa trabalha com os mais diversos tipos de Mármore nacionais e importados e também granitos nacional e importado.

A parte experimental constou da execução de ensaios visando avaliar a possibilidade de aproveitamento de rejeitos gerados ao longo do processo produtivo na empresa-piloto (marmoraria GranRochas) composto essencialmente de sobras de chapas recortadas e efluentes do recorte de chapas em serra circular na forma de material britado e fabricação de compósitos de finos de rocha e resina acrílica.

3.2 Rochas utilizadas nos ensaios

As rochas utilizadas para estudo de aplicação no reaproveitamento na forma de material britado foram sobras de chapas granitos denominados comercialmente de: Mármore Carbonatado, Vermelho Brasília, Preto São Gabriel, Verde Ubatuba, Cinza Ocre, Cinza Andorinha, Cinza Nobre, Amarelo Icaraí, Branco Fortaleza e Branco Arabesco.

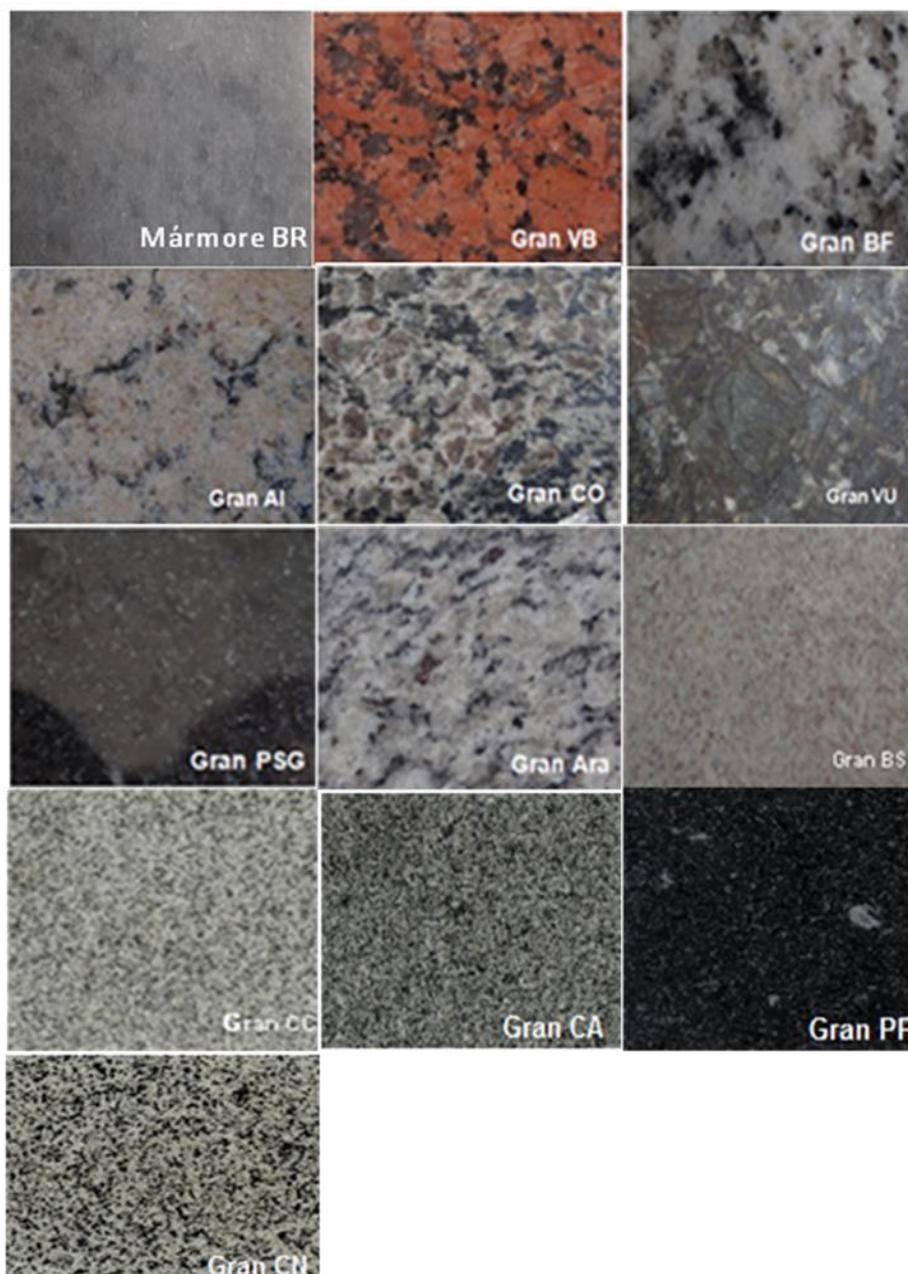


Figura 6: Aspecto das rochas utilizadas nos ensaios de aproveitamento de sobras como material britado

Fonte: Catálogo de Rochas Ornamentais Brasileiras – ABIROCHAS (2009)

[Digite texto]

A seguir são apresentadas as descrições petrográficas dos materiais utilizados nos ensaios de aproveitamento de sobras:

Mármore Rajado (Márm Raj) – Material composto de calcita dolomita mármore, rocha com estrutura maciça, com granulação média a grossa. Sua absorção d'água atinge respectivas ordem de 0,26%. Composição de 100% de calcita + dolomita.

Vermelho Brasília (Gran VB) – Rocha Sienogranito, com granulação grossa isotrópico, descrição macroscópica 32% de quartzo, 41% de microclinio, 16% de oligoclásio, 5% de biotita, 2% de acessórios (opacos, apatita, zircão e granada e minerais secundários) 4% de (sericita, muscovita, epidoto, clorita, carbonatos, argilos minerais e hidróxidos de ferro).

Granito Branco Fortaleza (Gran BF) - Rocha granítica de granulação média a grossa, exibindo cor predominante branca com matizes acinzentados e negros. Conhecido como monzogranito ou biotita granito suas características microscópica são compostas de 36% plagioclásio, 30% quartzo, 28% de feldspato potássico, 5% micas e 1% de acessórios.

Granito Amarelo Icarai (Gran AI)- Rocha granítica, de granulação média e cor branco amarelado, composição microscópica de 45% de micropertítico, 27% de quartzo, 10% de biotita, 8% de plagioclásio, 7% de granada, 3% de acessórios. Sua classificação petrográfica denominada de Granada biotita gnaiss e sienogranítico com sillimanita.

Granito Cinza Ocre (Gran CO)- Material rochoso sienito cinza a acastanhado, de granulação grossa, exibindo cristais de ortoclásio, dispostos de forma aleatória, com interstícios preenchidos por minerais negros e verdes de feldspatos finos e quartzo. Sua nomenclatura petrográfica é Egirina augita hornblenda álcali sienito, possuindo materiais como: 47% de Ortoclásio pértítico, 27% de albita, 12% de Hornblenda, 5% de Egirina Augita e 5% de biotita,

Granito Verde Ubatuba (Gran VU) - Rocha com granulação grossa cor verde possuindo cerca de 50% de Ortoclásio pértítico, 30% de plagioclásio, 12% de quartzo e 8% de ortopiroxênio. Sua petrografia é denominada Hiperstenio quartzo monzonito com granada.

Granito Preto São Gabriel (Gran PSG) - Material Rochoso Rocha com estrutura compacta, com granulação média e cor cinza escuro, sua petrografia é denominada de Diorito norítico e composto por materiais 60% de plagioclásio, 15% de Hiperstênio, 15% de biotita, 5% de hornblenda, 5% de quartzo.

Granito Branco Arabesco (Gran ARA) - Rocha gnáissica de granulação grossa e cor branca levemente amarelada, com pontos vermelhos (granada) e pontos pretos (biotita), tendo sua composição de 33% de microclina micropertítico, 27% de quartzo, 20% de plagioclásio (oligoclásio), 10% de granada, 7% de biotita, 3% de acessório.

Granito Branco Siena (Gran BS) - Rocha gnáissica de granulação média a grossa e cor branco rosado, com pequenos pontos avermelhados (granada), tendo sua composição 30% de plagioclásio 30% de quartzo, 27% de feldspato alcalino micropertítico, 10% de granada, 3% de ortopiroxênio considerada sua classificação petrográfica como gnaiss monzogranítico.

Granito Cinza Castelo (Gran CC) – Rocha maciça, de granulação fina e cor cinza claro, com abundantes pontos pretos (biotita), tais composições 30% de Microclina micropertítico, 27% de plagioclásio (oligoclasio), 23 % de quartzo, 17% de biotita e 3% de titanita. Dando sua classificação petrográfica como biotita monzogranito.

Granito Cinza Andorinha (Gran CA) – Rocha granítica, com granulação grossa, cor cinza médio claro. Tendo sua composição 33% de microclina micropertítico, 23% plagioclásio, 20% de biotita, 20% de quartzo e 4% de titanita, sua classificação petrográfica é um biotita monzogranito.

Granito Preto Florido (Gran PF) - Rocha maciça, com granulação média e cor cinza escuro. Composição com 42% plagioclásio, 25% biotita, 20% hornblenda, 10% de opacos e 3% Apatita, classificação petrográfica é hornblenda biotita diorito.

Granito Cinza Nobre (Gran CN) – Rocha com estrutura gnáissica movimentada, de granulação média a grossa, com alternância de bandas milimétricas a centimétricas, de colorações cinza médio a escuro e verde amarelado claro. São comuns cristais ou agregados de cor vinho (granada) tendo classificação petrográfica granada gnaisse monzogranítico.

3.3.Custos no beneficiamento de rochas ornamentais na Marmoraria

A determinação dos custos de recorte de chapas na marmoraria objetiva determinar o valor total referente aos recursos produtivos aplicados na obtenção dos diversos produtos fabricados na linha de produção.

Os fatores considerados para determinação dos custos de produção foram: consumo de água e tempo de operação (custo horário de produção). Adicionalmente foi realizado um inventário da quantidade de rejeito sólido gerado no corte dos diversos tipos de rocha em estudo.

Para a operação de recorte das chapas foi utilizado um disco diamantado marca Serpa com diâmetro de 350 mm e pastilhas de 15 mm (figura 7).

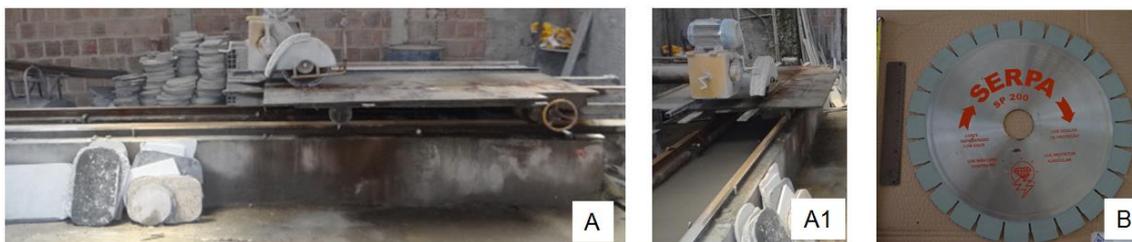


Figura 7: A) Máquina de Corte; A1) Detalhe do Tanque de efluente; B) Disco Diamantado.
Fonte: Autor

A serragem realizada foi de corte linear. O fator água é um insumo de muita importância para o resfriamento da temperatura do disco de corte. A água utilizada na serragem foi a água de abastecimento público, mas pode se considerar que seu emprego será de baixo custo financeiro se for construído um poço artesiano e um sistema de reaproveitamento de água.

O tempo e a quantidade de resíduo são fatores importantes que podem caracterizar a dureza das chapas rochosas. As chapas de rochas empregadas para os testes de recorte foram os granitos Vermelho Brasília, Branco Siena, Verde Ubatuba, Cinza Castelo, Preto São Gabriel, Amarelo Icaraí e o Mármore Bege Bahia.

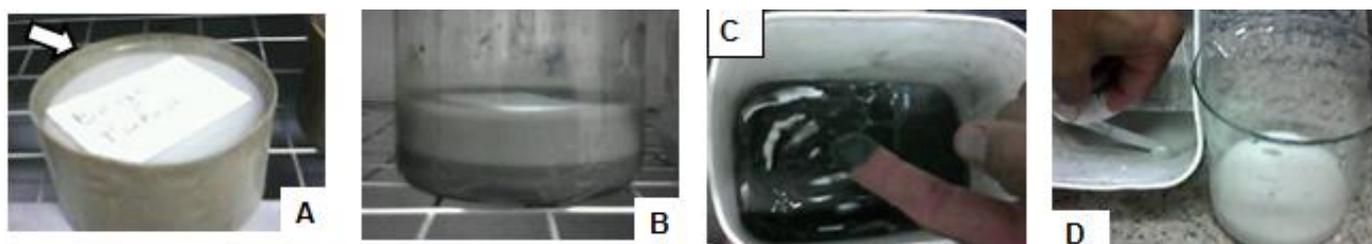


Figura 8: Resíduos em forma de efluentes da marmoraria na estufa: A) Decantação do efluente do mármore Bege Bahia; B) Efluente do granito Preto São Gabriel; C) Lama do granito Preto São Gabriel; D) Efluente do granito Amarelo Icaraí.
Fonte: Autor.

3.4. Classificação Granulométrica

Os rejeitos sólidos do recorte de chapas foram coletados separadamente e submetidos a ensaio de determinação da granulometria com o uso de equipamento tipo ATP – Analisador de Tamanho de Partículas. O referido equipamento foi utilizado devido à baixa granulometria da lama oriunda do recorte das placas rochosas na marmoraria.

O pH destes resíduos em solução foi determinado com a preocupação de que estes efluentes muitas vezes são lançados diretamente na natureza, como por exemplo, em terrenos baldios, pátio de empresas e em pequenos afluentes (riachos) próximos das marmorarias.

Após determinação do pH os resíduos do recorte das chapas seguiram para a secagem em estufa com saída de ar forçado em uma temperatura de secagem de 65°C. Após a secagem em estufa os resíduos foram pesados com o objetivo de correlacionar o quantitativo gerado do pó fino da serragem com as características texturais e petrográficas das rochas processadas.

Os rejeitos graúdos originados do corte de produtos (como pias, tampos de mesa) e do corte linear de correção das áreas extremas da chapa rochosa (tiras) foram submetidos à britagem em um britador de mandíbulas de um eixo, marca *Denver Equipment Company* com APF de 1" (figura 9).

Foi pesado um quilograma do rejeito de cada tipo de rocha, adotado na pesquisa, e britadas. Após a britagem foi determinado os valores percentuais de retidos e acumulados nas diversas peneiras de aberturas de diâmetros em 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,075 mm e -0,075 mm. O objetivo da caracterização granulométrica das rochas britadas está interligado com a sua aplicação como matéria-prima (brita, areia) no setor da construção civil.



Figura 9: A) Balança de precisão; B) Pesagem dos rejeitos graúdos; C) Cominuição manual com o uso do martelo; D) Britagem; E) Coleta do rejeito britado; F) Detalhe do rejeito britado.
Fonte: Autor

3.5.A conformação dos corpos de prova

Para a conformação dos corpos de prova foram pesados 300 g de rocha britada retida nas peneiras de abertura 19 mm, 1,2 mm e 0,15 mm e misturados a 500 g de resina acrílica incolor líquida. A resina acrílica incolor utilizada foi de laminação de composição química resina poliéster Ortoftálica, insaturada, tixotrópica, pré-celerada.

Foram determinadas as resistências mecânicas dos corpos de prova compostos de resina e britado de rocha e os corpos de prova confeccionados apenas de resina acrílica incolor. As dimensões dos corpos de prova foram determinadas conforme os padrões da norma regulamentadora americana (ASTM) para análise de plásticos.

As rochas britadas e retidas nas peneiras de 16# (1,2 mm) e 48# (0,3 mm) foram empregadas na confecção de corpos de prova para as determinações de resistência mecânica de ruptura a flexão em três pontos, resistência a compressão axial e a resistência a tração.

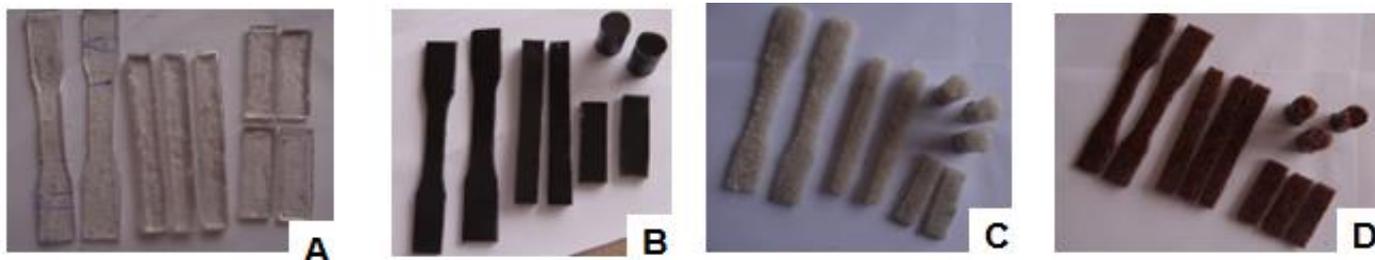


Figura 10: Corpos de prova conformados. A) Resina acrílica incolor; B) Resíduo da britagem, C) Britado de mármore Branco Rajado; D) Britado do granito Vermelho Brasília.
Fonte: Autor

3.6. Propriedades Físicas dos corpos de prova

A determinação da porosidade aparente (PA) dos corpos ceramicos é obtida a partir de diferentes pesagens: corpo de prova seco (M_s), corpo de prova saturado (M_u); e corpo de prova submerso (M_i). O valor da porosidade aparente é obtido por meio da equação (a):

$$PA (\%) = [(M_u - M_s)/(M_u - M_i)] \times 100 \quad (a)$$

A massa específica aparente (ρ_{ap}) dos corpos de prova conformados foi é obtida a partir da razão entre a massa do corpo-de-prova seco e seu volume ou ainda a razão entre a massa seca (ρ_{seca}) e a diferença entre a massa saturada (ρ_{sat}) e a massa do corpo-de-prova submerso em água (ρ_{subm}) de acordo com a equação (b). As massas são expressas em gramas e os valores de ρ_{ap} são obtidos em g/cm^3 , com base na aplicação da equação (b).

$$\rho_{ap} = \rho_{seca} / (\rho_{sat} - \rho_{subm}) \quad (b)$$

3.7. Resistência de Ruptura a Compressão Uniaxial

O ensaio de compressão foi realizado no Laboratório do Departamento de Engenharia Civil do CTG/UFPE. O ensaio de resistência a compressão foi realizado de acordo com a norma americana ASTM D 695 2(a) *Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*. O equipamento utilizado foi a máquina de ensaio universal EMIC™, modelo DL 10000, com célula de carga com capacidade de 1000 N interligada ao software que registra os valores de deslocamento e de força. Os corpos de prova utilizados no ensaio de compressão possui seção cilíndrica, com altura equivalente ao dobro do diâmetro, conforme a figura 11.

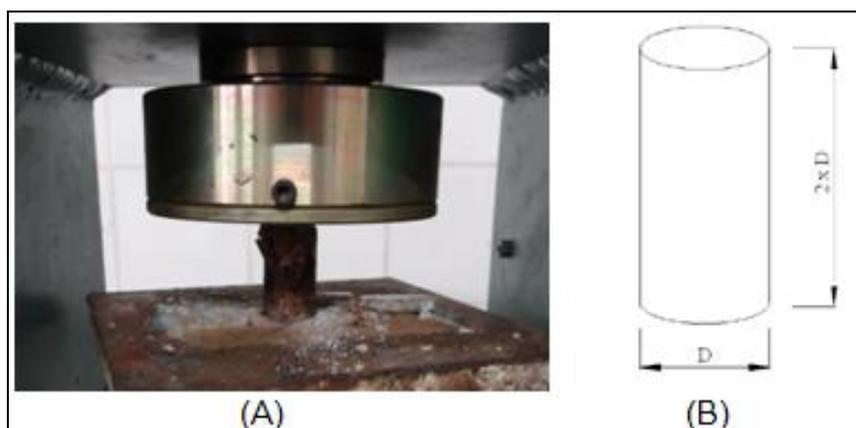


Figura 11: (A) Corpo de prova submetido à esforço de compressão; (B) Dimensões dos corpos de prova.
Fonte: Autor.

3.8. Resistência de Ruptura à Flexão

O ensaio de ruptura a flexão em três pontos foi realizado de acordo com as determinações da ASTM D 790 (03) *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. Para a realização deste ensaio, adotou-se o procedimento A.

O equipamento utilizado foi à máquina de ensaio universal EMIC™, modelo DL 10000, com célula de carga com capacidade de 1000 N interligada ao software Tesc – versão 1.13, que registra valores de deslocamento e de força. De acordo com a tabela 3 da ASTM D 790 (03), foram definidos os seguintes parâmetros para o corpo de prova de flexão altura de 6,4 mm, largura 12,7 mm, e comprimento de 127 mm. A distancia entre apoios é de 102 mm e o vagão de carga é de 51 mm.

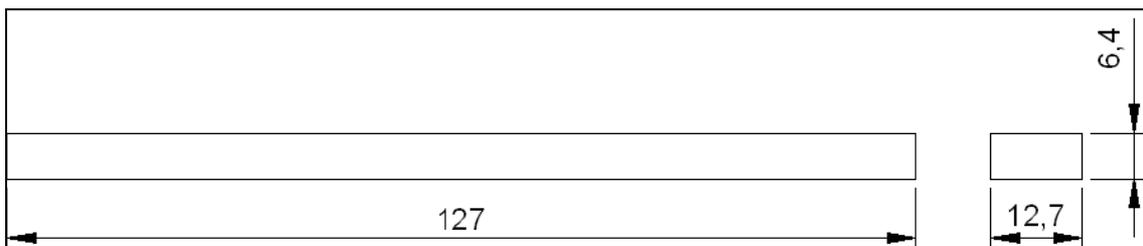


Figura 12: Característica dos corpos de prova de flexão (norma ASTM D 790)

Fonte: Autor

A velocidade de ensaio e o deslocamento máximo, para todos os corpos de prova de PEAD, dez de coloração verde e dez de coloração branca, foi 2,8 mm/min e 3,55 mm respectivamente. Esses parâmetros foram obtidos por meio das equações 1 e 2 da ASTM 790-03, admitindo a deformação máxima permitida de 5%, e a taxa de deformação de 0,01 mm/mm/min, na superfície oposta ao carregamento. O raio das superfícies em contato com o corpo de prova foi de 3,42 mm, dentro do limite permitido pela norma referida.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Classificação dos rejeitos pétreos e de suas fontes geradoras

Os rejeitos da indústria de rochas ornamentais são gerados nas diversas etapas de transformação de um produto final de origem pétreo. A marmoraria se encarrega da produção de peças como mesas, centros, pias e móveis. O fluxograma da figura 13 descreve as principais etapas da produção de produtos pétreos personalizados.

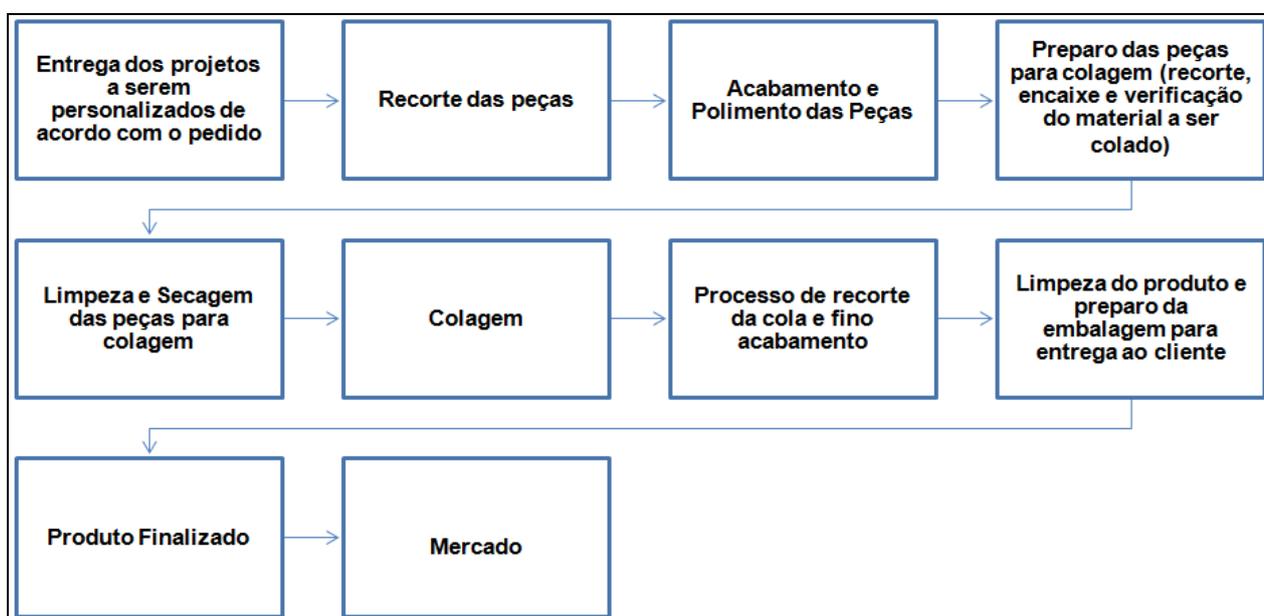


Figura 13: Fluxograma do modelo de produção da marmoraria
Fonte: Autor.

Os rejeitos e sobras são gerados na marmoraria por ser comum a prática do recorte de peças com detalhes como arredondamento dos cantos de mesas ou do tampo de pias. Também podem ser gerados rejeitos de tamanhos irregulares a partir de chapas com fissuras ou quebras de peças como placas para revestimento de pisos e paredes. Os principais tipos de rejeito são as tiras, os rejeitos de forma arredondadas oriundas das aberturas para o encaixe de cubas metálicas em pias, figura 14.

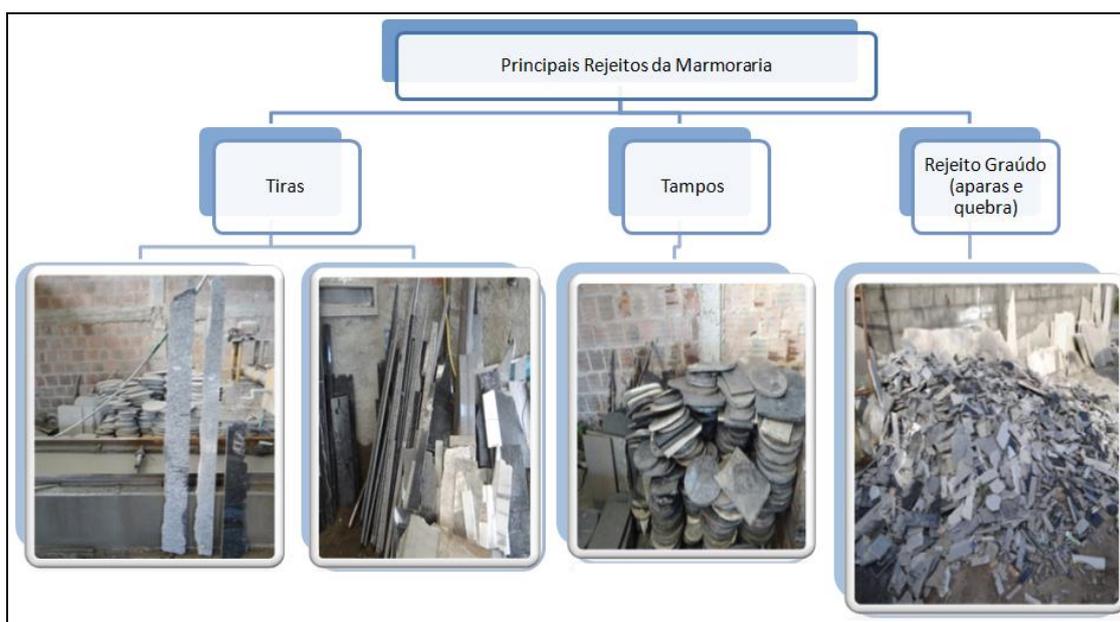


Figura 14: Origem dos principais rejeitos gerados em processos de marmoraria.
Fonte: Autor

Após o recorte das chapas é comum na marmoraria a retirada do excesso irregular ao redor da chapa pétrea. Antes do corte das peças constituintes de um dado produto como pias, mesas a chapa pétrea chega com dimensões aproximadas de 2.90 m de comprimento por 1.80 m de altura e 2 cm de espessura. Ao ser recortada com o uso do disco diamantado para corrigir suas irregularidades, passam a medir 2.80 m de comprimento por 1.75 m de altura e 2 cm de espessura. O arremate das irregularidades extremas da chapa rochosa é uma geradora de rejeito denominado tiras ou aparas.

A figura 15 seguir apresenta uma estimativa do aproveitamento de uma chapa na marmoraria e os rejeitos gerados na forma de tiras ou aparas oriundas do corte linear necessário para ter-se a linearidade no recorte das chapas a serem processadas.

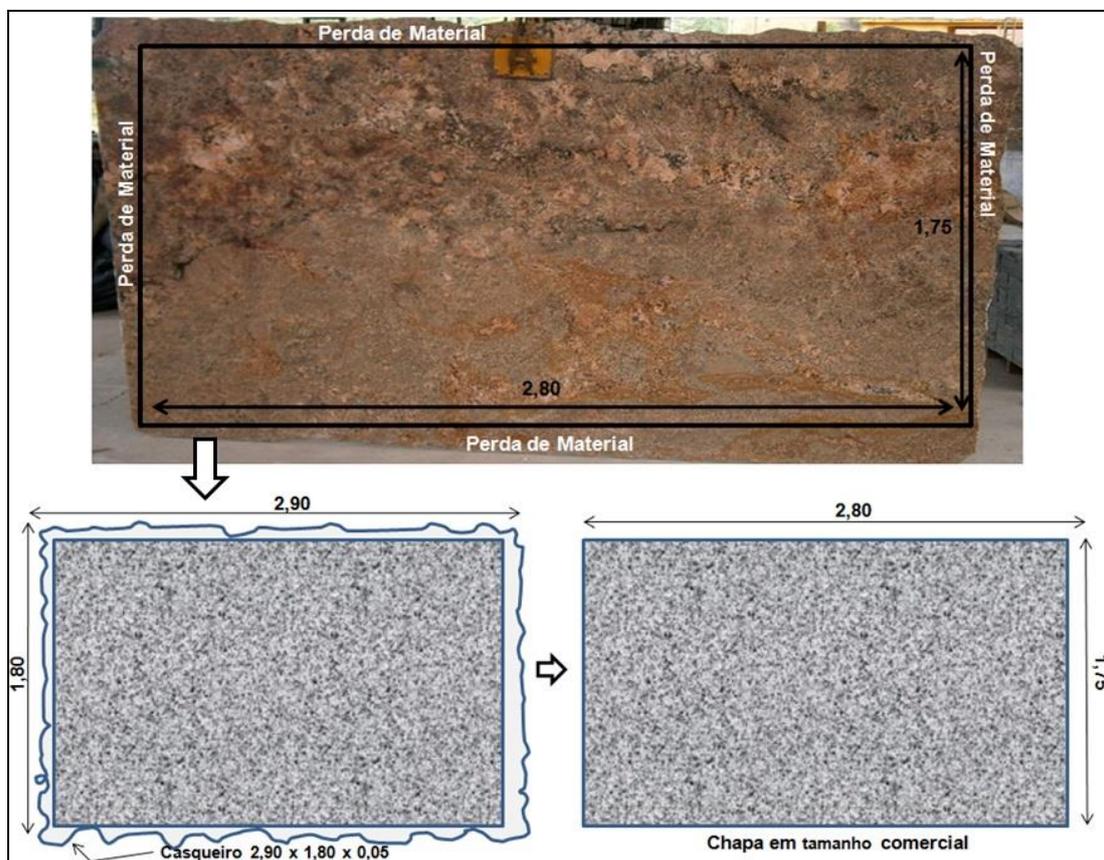


Figura 15: Estimativa de geração de rejeitos tipo tiras ou aparas das chapas utilizadas nos processos de marmoraria.

Fonte: Autor

A figura 16 apresenta um modelo para estimativa de aproveitamento de uma chapa hipotética de rocha ornamental para obtenção de diversos produtos pétreos e a indicação das sobras de material pétreo gerada nessa produção hipotética.

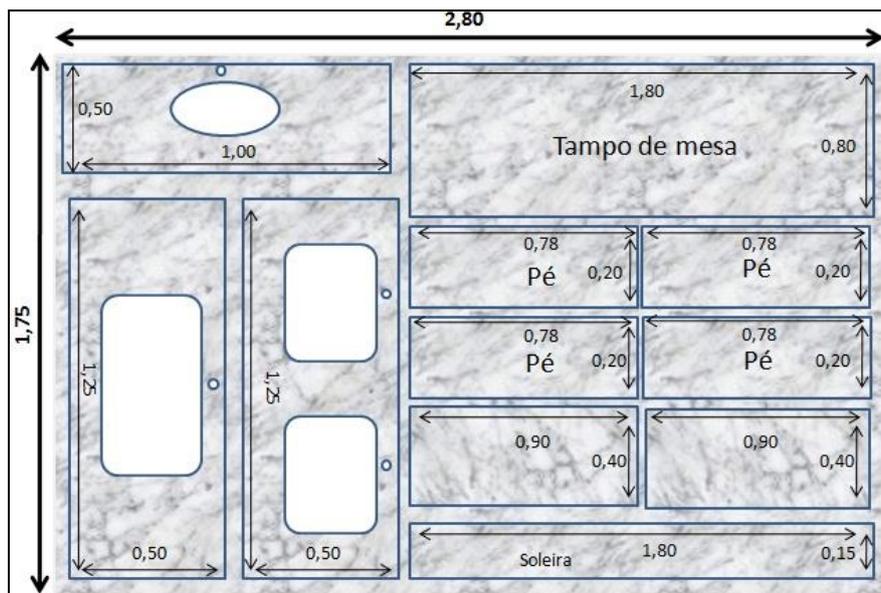


Figura 16: Exemplo do corte de peças a partir da chapa de rocha ornamental.
Fonte: Autor

Outro tipo de rejeito graúdo produzido em grandes quantidades, são as aberturas realizadas na superfície de pias. As aberturas nas pias serão submetidas a aplicação de cubas, principalmente as metálicas. As cubas são corpos de formas arredondadas a elípticas, pouco profundas e que são projetadas para serem posicionadas abaixo das torneiras das pias.

Os rejeitos de tampos de pias podem ser aproveitados para o revestimento de pisos e paredes de muros e de calçadas públicas na forma de ladrilhos padronizados de área reduzida. Na figura 17 podem ser observados exemplos de revestimento de muros e calçadas públicas no município do Cabo de Santo Agostinho com rejeitos graúdos e irregulares denominados cacos e de revestimentos com diferentes diâmetros de tampos de pias.

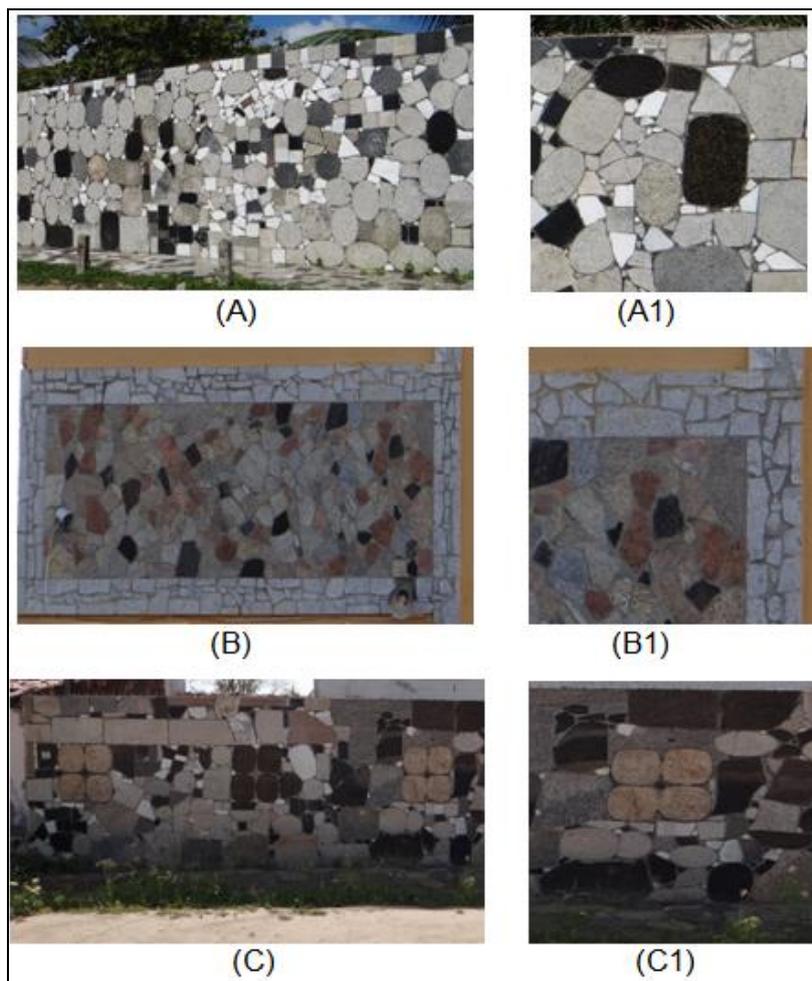


Figura 17: Revestimento de muros e calçadas públicas com tampos de mesas e cacos
 Fonte: Autor

Os rejeitos graúdos denominados aparas e quebras são originados da quebra de tiras, da quebra de chapas com fissuras e da retirada do excesso de material rochoso durante a confecção de produtos pétreos. A perda de material pétreo ocorre devido a falta de planejamento e cuidados com a chapa durante o início de serragem em disco diamantado. Algumas chapas rochosas merecem atenção ao serem serradas devido a sua fragilidade como a exemplo do granito Branco Siena.

Os rejeitos graúdos podem ser utilizados na sua forma bruta sem que necessite da aplicação de custos adicionais como energia para a correção de irregularidades nos extremos destes cacos como exemplificado na figura 18.



Figura 18: Fragmentos irregulares utilizados no revestimento de escadaria e pisos.
Fonte: Autor.

A aplicação de energia seria necessária nestes rejeitos graúdos quando se desejasse elaborar formas geométricas, principalmente as com ângulos retos, para a produção por exemplo de ladrilhos para revestimento de pisos ou de paredes. As formas geométricas são requeridas para o revestimento de pisos ou de paredes com motivos de mosaicos, uma técnica que valoriza o emprego deste rejeito graúdo em ambientes abertos ou fechados.

Os ambientes que mais podem ser valorizados com a técnica do mosaico são praças públicas, pisos de salões comuns de hotéis, revestimentos de mesas e bancos de praças públicas.

Os pedaços de rocha graúdos e irregulares podem ser britados e empregados e no setor da construção civil para a fabricação de concretos aparentes, de argamassas de revestimento aparente e de argamassa para a área de jardins. Outra aplicação das rochas britadas é em paisagismo e jardinagem, devido á diversidade de cores das rochas ornamentais. A figura 19 mostra o britador utilizado para a obtenção de amostras de material britado.



Figura 19: A) Britador; B) Brita do mármore Branco Rajado; C) Brita do granito Cinza Ocre.
Fonte: Autor

[Digite texto]

A partir da britagem de rejeito oriundo da abertura na placa rochosa para o encaixe de cuba de produtos finais como pias e lavatórios foi obtido material britado com viabilidade para a fabricação de artefatos de concreto e compósitos com resinas. Foram britados rejeitos com as dimensões de 43 cm de comprimento por 27 cm de largura, correspondentes a tamanhos de cubas padrão de pias e de rejeitos nas dimensões de 27cm de comprimento por 21,5 cm de largura referente ao espaçamentos de abertura do encaixe da cuba padrão de lavatório.

Nas figuras 20 e 21 são mostradas as distribuições granulométricas das britas de dimensões 19 mm (34 #), 0,3 mm (48 #) e de 0,15 mm (100 #), de acordo com as telas do britador utilizado, oriundas de sobras de pias de cozinha. As rochas britadas são dos granitos Cinza Andorinha, Verde Ubatuba, Branco Fortaleza, Cinza Nobre, Preto Florido, Preto São Gabriel, Amarelo Icaraí, mármore Rajado e o Branco Arabesco.

Foram registrados de acordo com o britador Master os valores percentuais variando entre 62,56% e 71,78% de retidos de brita na peneira de 19 mm para os granitos, uma brita considerada dentro dos limites da brita número dois conforme a NBR 7525 (2003). Já o mármore gerou aproximadamente 56,77% de material na granulometria de 19 mm, sendo gerado um percentual maior de britas finas do que os granitos.

Os granitos em geral registraram maiores percentuais de brita compreendida na classificação número 2 por possuírem maior dureza e conseqüentemente uma menor tendência à geração de finos, como o mármore ensaiada cuja geração de material britado fino chegou a quase 50% da alimentação.

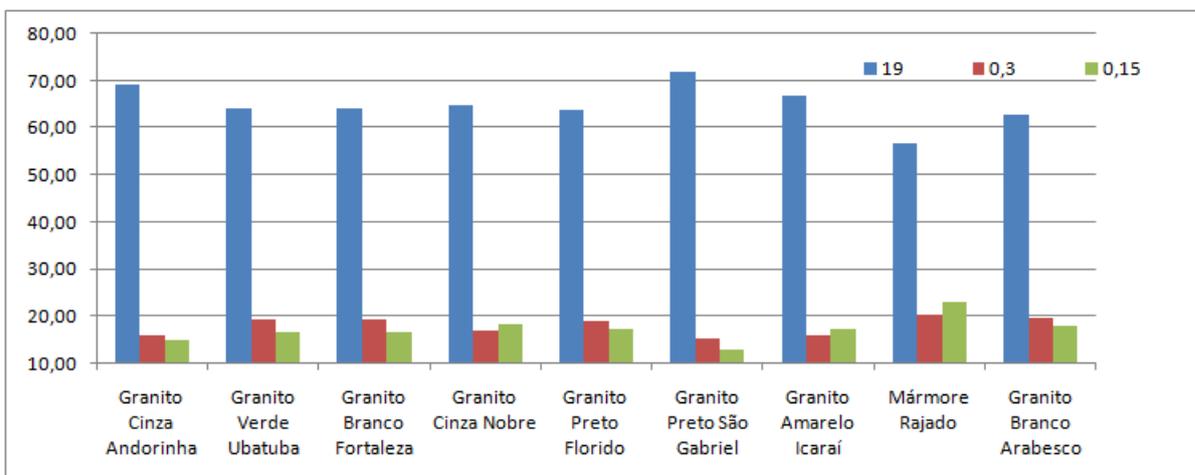


Figura 20: Britas de rejeito da abertura de placas de pias de cozinha.
Fonte: Autor

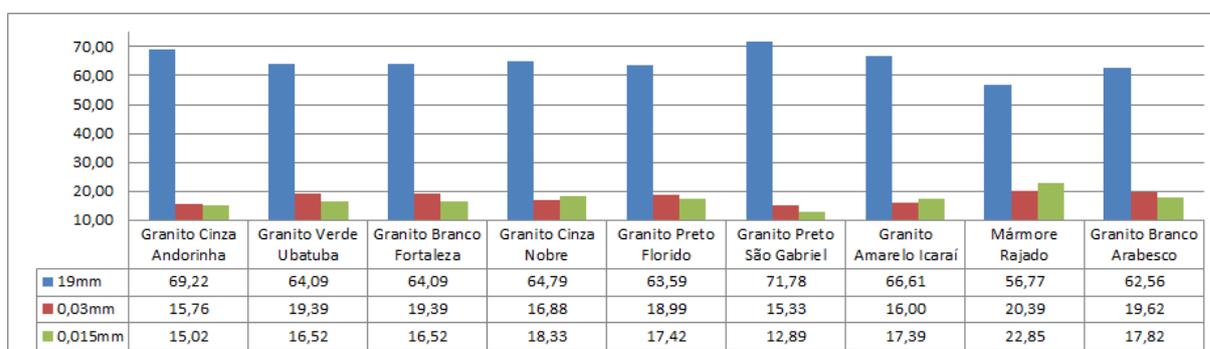


Figura 21: Gráfico com valores percentuais de cada fração granulométrica gerada na britagem dos rejeitos de granito e mármore.
Fonte: Autor

Utilizando-se os rejeitos de abertura de placas para fabricação de lavatórios, cujo tamanho é menor que a alimentação dos ensaios anteriores, houve uma pequena alteração na quantidade de frações granulométrica cominuídas. O mármore Rajado, considerado uma rocha mais frágil do que granitos, produziu a menor quantidade de britas grosseiras (56,30%) e uma maior quantidade de brita fina comparado com os resultados dos granitos, fato que indica ser a rocha mais resistente ao esforço de britagem,

Os resultados do ensaio de britagem dos rejeitos de abertura de lavatórios é apresentado nas figuras 22 e 23.

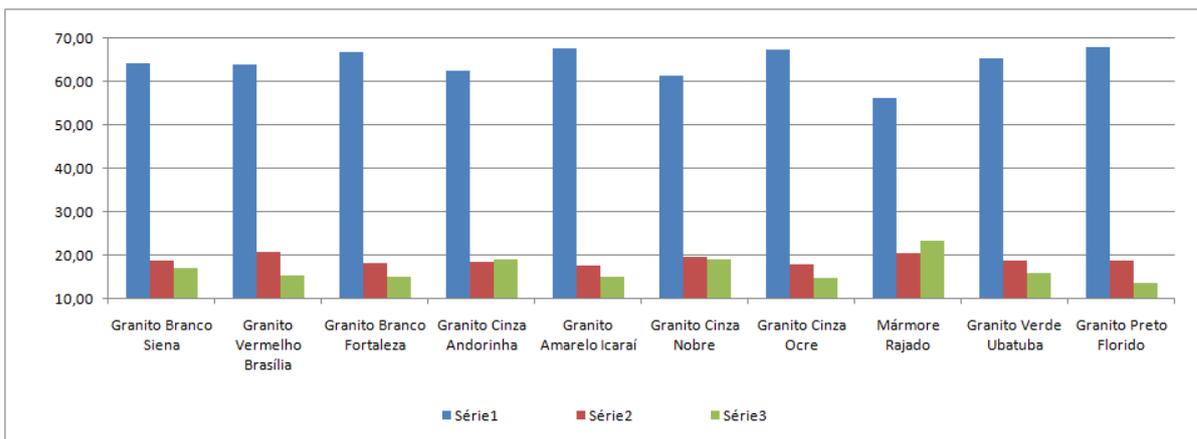


Figura 22: Distribuição granulométrica das britas dos rejeitos de placa petrea utilizada para fabricação de lavatórios.

Fonte: Autor

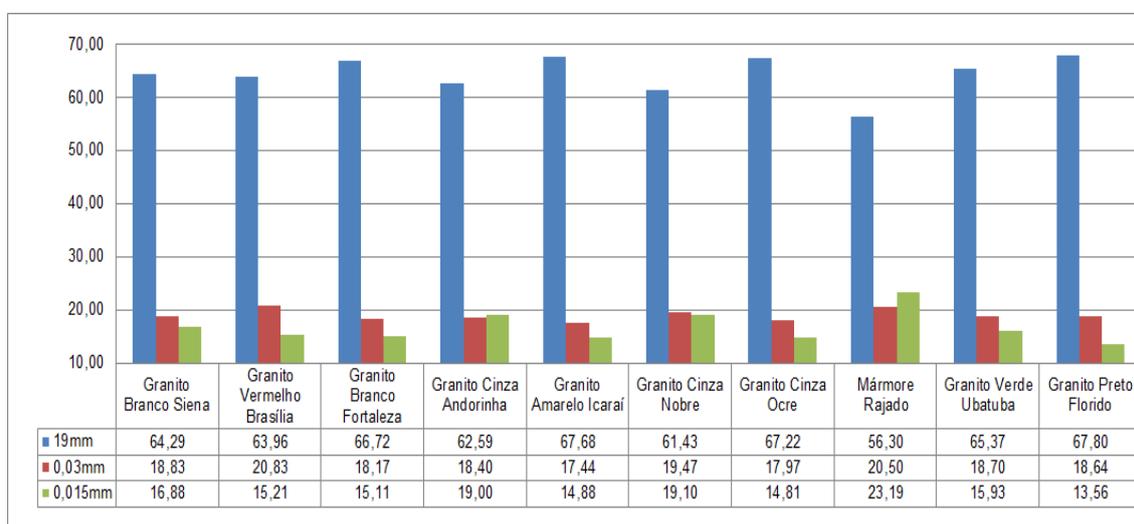


Figura 23: Gráfico com valores percentuais de cada fração granulométrica gerada na britagem dos rejeitos de granito e mármore.

Fonte: Autor

4.2.Caracterização do Resíduo de Corte de Rochas Ornamentais na Marmoraria

Durante os cortes realizados com o uso do disco diamantado foi possível verificar que os fatores como água, tempo de corte e quantidade de rejeito sólido gerado são elementos importantes a serem avaliados para determinação dos custos de produção (corte) para cada tipo de rocha em estudo.

[Digite texto]

Foi determinada a quantidade de água empregada no recorte de chapas considerando o tempo de serragem em granitos mais resistentes (duros) e o cuidado de não serrar rápido demais para não provocar a perda da chapa.

O granito Branco Siena é um exemplo de rocha que necessita de cuidados e lentidão ao ser serrada. As rochas mais resistentes à serragem são aquelas que possuem minerais com dureza elevadas como que contem quartzo e feldspatos de dureza Mohs sete e seis respectivamente.

Durante a serragem, vale enfatizar que o fator água empregado nas diversas rochas foi registrado considerando a ordem decrescente quanto à quantidade de água utilizada no granito Verde Ubatuba, Mármore Bege Bahia, Vermelho Brasília, Granito Cinza Castelo, Granito Arabesco, Granito Preto São Gabriel, Granito Amarelo Icaraí e Granito Branco Siena os valores em gramas registrados são: 1748,51 g, 1475,85 g, 1410,62 g, 1333,90 g, 1249,47 g, 1245,22 g, 924,55 g e 885,88 g, respectivamente.

Os granitos que se caracterizaram expressivamente por produzir mais quantidades de resíduos durante a serragem foram o granito Cinza Bahia e o granito Arabesco, seguidos por granito Amarelo Icaraí, granito Verde Ubatuba e o granito Vermelho Brasília. Logo, os granitos que produziram menos quantidades de resíduo foram o granito Branco Siena e o granito Cinza Castelo, Sendo o granito Branco Siena mais resistente por ter produzido menor quantidade de resíduo, figura 20.

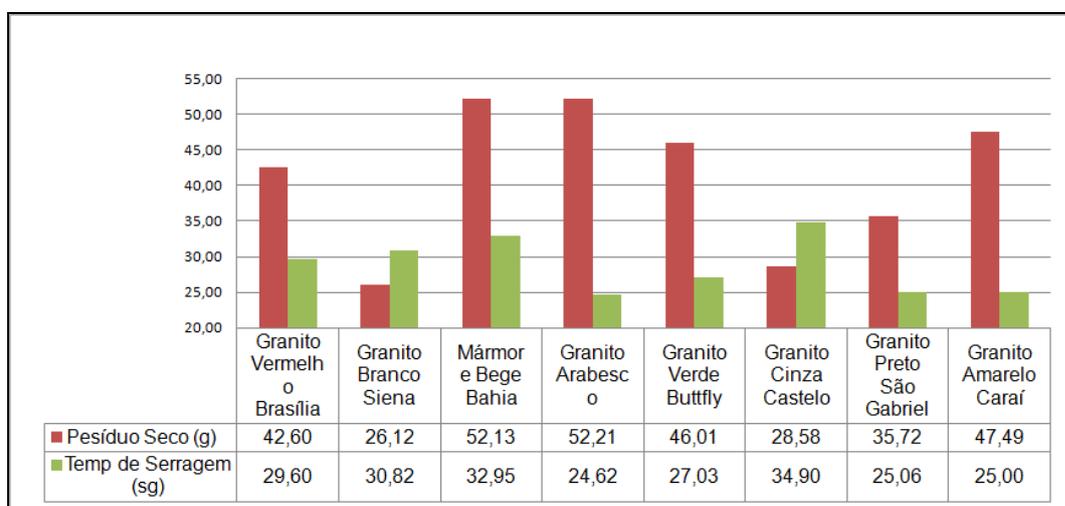


Figura 24: Quantitativo de resíduo sólido e do tempo de serragem de rochas ornamentais.
Fonte: Autor.

[Digite texto]

O granito Amarelo Icaraí se destaca por produzir quantidades elevadas de rejeito com uma serragem considerada moderada e comum ao tempo de serragem de outros granitos como o granito Preto São Gabriel, granito Arabesco. O granito Amarelo Icaraí é uma rocha alterada pela intempérie, produz uma quantidade de resíduo expressiva durante a serragem mesmo esta contendo mais quartzo do que todas as outras rochas em estudo.

De acordo com a figura 24 da distribuição da quantidade de resíduo e do tempo de serragem dos granitos e mármore, pode se concluir que as rochas mais resistentes são principalmente o granito Cinza castelo, o mármore Bege Bahia e o granito Vermelho Brasília. Mas, o granito Cinza Castelo se destaca em ser mais resistente, uma propriedade atribuída a sua composição de minerais em grãos finos contendo quartzo e plagioclásio.

Granitos com minerais de granulometria mais grosseira como o Vermelho Brasília, Verde Ubatuba produzem quantidades consideráveis de resíduo sólido. O Mármore é considerado uma rocha de baixa resistência à serragem pelo fato de esta rocha ser composta de minerais de baixa dureza tais como a calcita e a dolomita.

Na indústria de marmoraria os recursos produtivos empregados na fabricação dos produtos finais que utilizam os diversos setores produtivos são consumidos diferentemente em função do tipo de material pétreo que está sendo processado e compõem-se basicamente do consumo de insumos (água e energia), mão de obra e custo horário do equipamento empregado na sua fabricação.

Considerando os recursos produtivos empregados na operação de recorte de chapas na marmoraria piloto com o uso do disco diamantado foi possível constatar que os fatores como água empregada, tempo de serragem e a quantidade de resíduo produzida na serragem se diferenciam de acordo com as propriedades tecnológicas da rocha. As principais propriedades tecnológicas que afetam esse consumo diferenciado dos recursos produtivos são: a composição mineralógica, dureza e a textura da rocha.

[Digite texto]

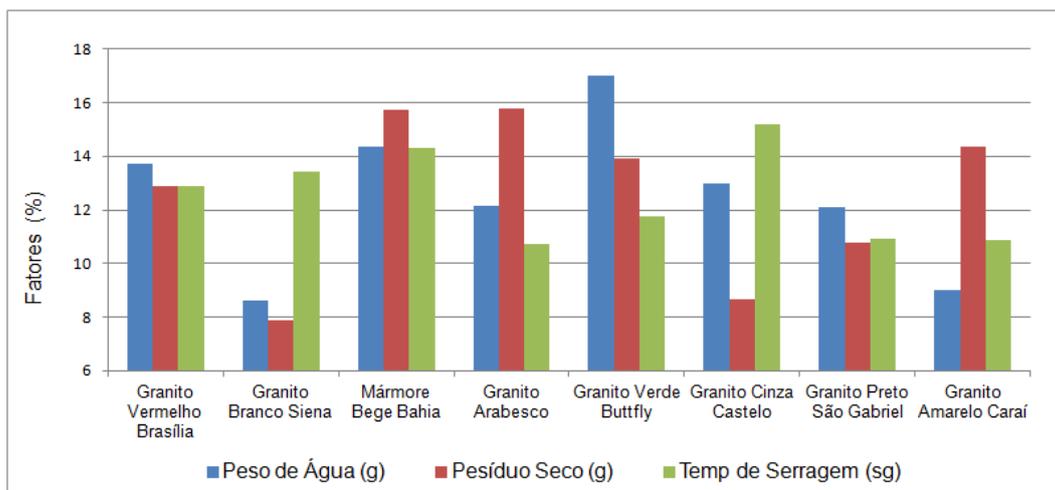


Figura 25: Distribuição percentual total dos fatores envolvidos na serragem em marmoraria.
Fonte: Autor.

O granito Amarelo Icaraí, por exemplo, é uma rocha considerada alterada pelas intempéries, registrou a maior quantidade percentual de resíduo (14,33%) quando comparado ao percentual total de resíduo de todas as rochas. A quantidade de tempo de serragem foi relativamente baixa (8,99 %), ao ser comparado com o tempo de serragem do Granito Cinza Castelo. O granito Amarelo Icaraí requereu 10,87% do tempo total de todas as rochas, tal fato pode ser justificado por sua composição mineralógica ter cerca de 27% de quartzo, um mineral de dureza 7 na escala de Mohs, e por conter em mais abundância minerais plagioclásio.

O granito Cinza Castelo registrou expressivamente dentre todas as outras rochas estudada o maior valor percentual (15,17%) de tempo de serragem, considerando o valor total de tempo de serragem empregado para todas as rochas serradas em disco diamantado. Trata-se de uma rocha resistente a desagregação física de minerais quando submetida aos esforços da serra diamantada. A resistência do granito Cinza Castelo é justificada pelo fato de que a sua quantidade de resíduo produzida foi de apenas 8,63 % quando comparado ao valor total de resíduo produzido por todas as rochas serradas.

Outra rocha que requer muito tempo de serragem é o granito Branco Siena (13,40%) e que produziu apenas 7,89 % de resíduo seco, a menor quantidade de resíduo total produzido por todas as rochas. Há o emprego da

[Digite texto]

menor quantidade de água para serragem 8,62%, próximo a quantidade de água empregada a serragem do granito Amarelo Icaraí (8,99%). O tempo de emprego na serragem do granito Branco Siena se deve ao fato de esta rocha considerado frágil ao corte e que pode resultar em perda desta rocha durante a serragem em disco diamantado.

O granito Verde Ubatuba de composição mineralógica de 50% de ortoclásio, 30% de plagioclásio e de apenas 12% de quartzo, com abundancia de minerais que possuem planos de clivagem bem definidos, semelhante ao granito vermelho Brasília requereram mais água durante o tempo de serragem e produziram quantidades percentuais consideráveis de resíduo 13,90% e 12,87% do total de resíduo produzido por todas as rochas serradas.

4.3. Classificação Granulométrica das Rochas Britadas

A seguir são apresentadas as curvas de distribuição granulométrica do material de rejeito (sobras e aparas) britados na marmoraria piloto numa abertura de 15 mm visando a caracterização tecnológica para fins de aplicação na construção civil (figura 26).

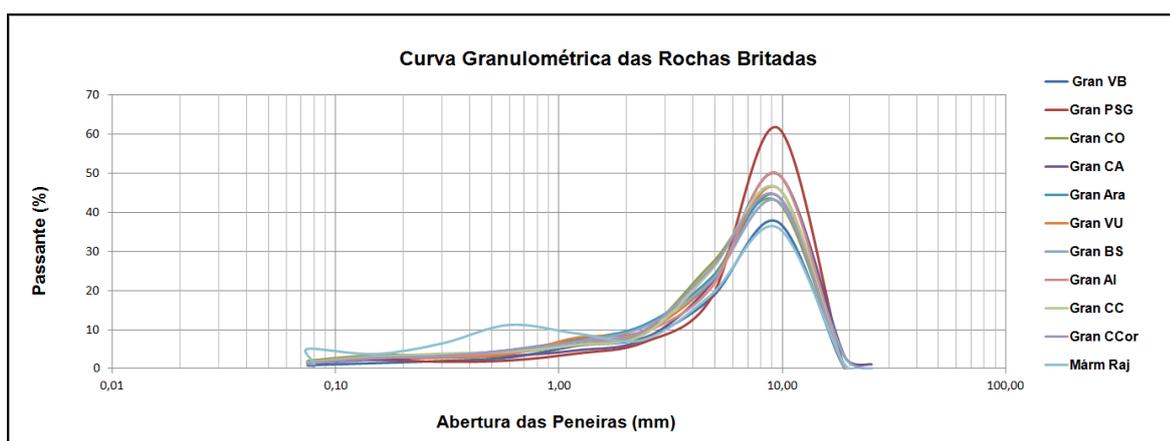


Figura 26: Distribuição granulométrica do material britado
Fonte: Autor.

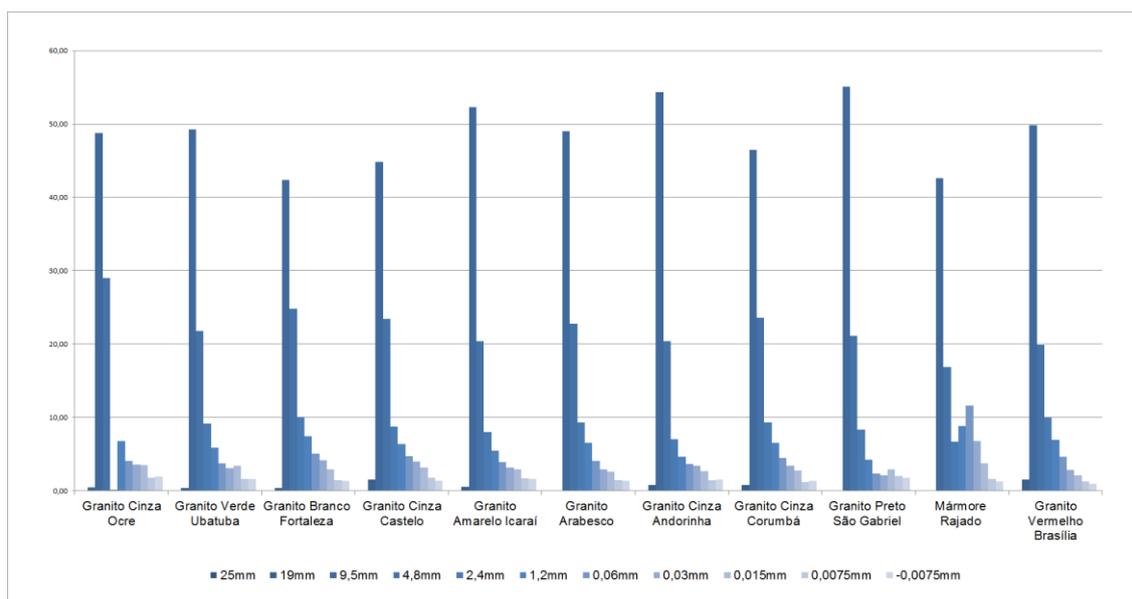


Figura 27: Distribuição granulométrica do material britado
Fonte: Autor.

Os resultados obtidos nas curvas de distribuição granulométrica nota-se que todos os materiais britados possuem comportamento semelhante gerando material britado com diâmetro médio de cerca de 10 mm e top size de 15 mm, para uma abertura na posição fechada de 15 mm. Nota-se também a pequena geração de finos, com exceção do granito ARA (Arabesco) que gerou maior quantidade de finos na faixa granulométrica entre 0,1 e 1 mm (cerca de 30% em peso).

O mármore Rajado gerou maior quantidade de rejeito fino em relação as rochas silicáticas. As rochas silicáticas são mais resistentes a britagem devido à sua maior coesão e geram menor quantidade de finos.

4.4. Propriedades físicas dos compósitos produzidos com material britado e resina acrílica

Nesse item são apresentados os resultados da determinação dos índices físicos do material fino britado das sobras selecionadas na marmoraria e resina acrílica.

[Digite texto]

A determinação da porosidade aparente (PA) dos corpos de prova confeccionados foi realizada considerando os valores da resina sem adição e dos compósitos feitos de resina acrescida de material britado do rejeito petreol da marmoraria. Considerando que a resina acrílica sem adições de britado apresentou uma massa específica aparente elevada e baixa porosidade (0,07%), houve um pequeno acréscimo nessa propriedade utilizando-se o material fino do corte em disco diamantado (porosidade de 0,12%).

A adição de britados entre as granulometria média de 1,2 mm a 0,30 mm elevou significativamente a porosidade dos corpos de prova compósitos de resina acrílica e britado de rocha (para valores entre 0,23 e 1,68%).

A figura 28 mostra os resultados da determinação da porosidade aparente e massa específica seca dos compósitos feitos de material britado fino (abaixo de 1,2 mm) e resina acrílica.

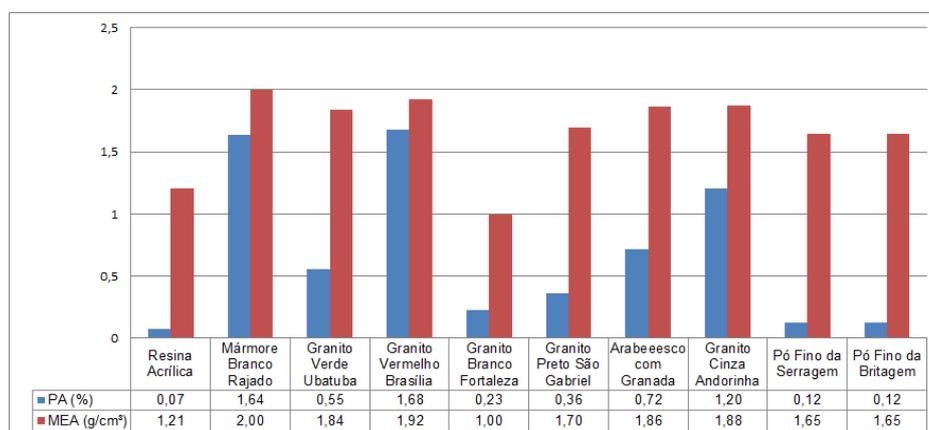


Figura 28: Índices físicos do material composto de resina acrílica com rocha britada.
Fonte: Autor

As rochas que mais contribuíram para a elevação da porosidade foram o mármore Branco Rajado, o granito Vermelho Brasília e o granito Verde Ubatuba. O aumento considerável na porosidade aparente do compósito produzido de algumas rochas pode ser atribuído ao fato de tais rochas como o granito Vermelho Brasília e o granito Verde Ubatuba serem rochas de grãos grossos que apresentam fissuras e microfissuras em seus minerais constituintes.

Granitos como o Branco Fortaleza e o granito Preto São Gabriel quando britados e homogeneizados a resina acrílica registram porosidades consideradas baixas comparadas com os granitos de grãos grossos e com microfissuras nos minerais constituintes. A redução da porosidade se deve ao fato dos granitos Branco Fortaleza e Preto São Gabriel serem constituídos de minerais de granulometria fina e sem presença de microfissuras em seus minerais constituintes.

4.4.1. Resistência de Ruptura por Compressão Uniaxial

A determinação da resistência ao esforço de compressão sobre os corpos de prova foi analisada tomando-se como base de comparação a resistência da resina acrílica incolor utilizada sem adição de minerais. A resina acrílica se caracteriza como um material duro e de baixa resistência ao esforço de compressão. Mas a mistura de resíduos finos do corte de placas pétreas eleva expressivamente a resistência a compressão deste material.

Os resíduos finos utilizados para fabricação dos compósitos com resina acrílica aumentam a resistência axial, um fato comprovado com a adição de grãos finos menores do que 0,075 mm de diâmetro oriundos da britagem de rejeitos graúdos de rochas ornamentais.

O emprego de rocha britada eleva em cerca de 10 vezes a resistência à compressão da resina acrílica pura como se observa nos resultados obtidos com a utilização do material britado dos granitos estudados conforme pode ser visto na tabela 4. O material britado do granito Preto São Gabriel registrou a maior resistência a esforços de compressão, resultado atribuído ao fato de se tratar de uma rocha compacta e com abundância de minerais do grupo dos plagioclásios.

Tabela 4: Resistência a Compressão dos corpos de prova cilíndricos.

	Resina Acrílica	Granito Preto São Gabriel	Granito Branco Fortaleza	Granito Vermelho Brasília	Granito Cinza Andorinha	Granito Verde Ubatuba	Granito Cinza Castelo	Mármore Rajado	Rejeito Fino da Serragem	Rejeito Fino da Britagem
Tensão Média (MPa)	0,02	0,33	0,18	0,12	0,15	0,14	0,15	0,08	0,51	0,49
Desvio Padrão	0,02	0,04	0,13	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05

Pela tabela 4 verifica-se que a adição de material britado do mármore não resulta em um produto de alta resistência à esforços de compressão quando comparado à resistência de granitos silicáticos. O mármore é uma rocha composta de minerais de baixa dureza na escala de dureza Mohs, mas a sua combinação com a resina acrílica eleva em 4 vezes a resistência à compressão da resina acrílica.

Percebe-se também que a adição de material fino (oriundo do corte das rochas e o material fino da britagem das rochas) aumentou consideravelmente a resistência à compressão uniaxial da resina acrílica em cerca de 25 vezes, como pode ser observado na figura 29 a seguir.

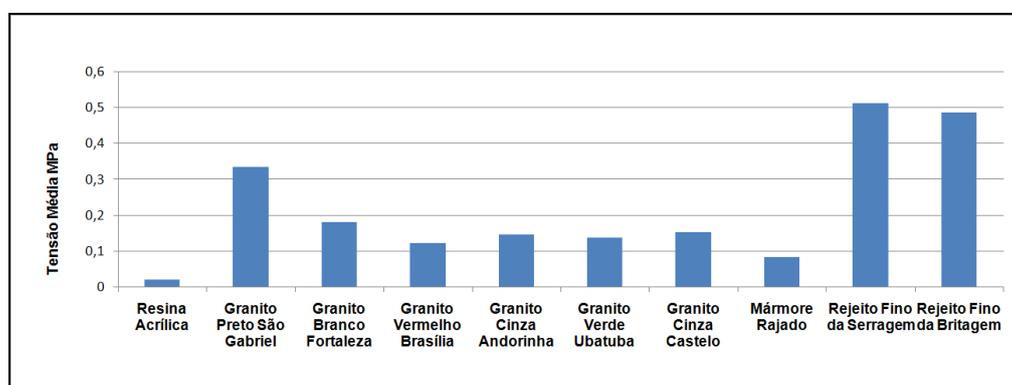


Figura 29: Resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial de material compósito fabricado com britas finas e resina acrílica

Fonte: Autor.

4.4.2. Resistência à Tração por Flexão

Da mesma forma que nos ensaios de compressão uniaxial foram ensaiados corpos de prova compostos com material britado e resina acrílica

[Digite texto]

tomando-se como base de comparação a resistência à flexão da resina pura, sem adição de minerais.

A tabela 5 a seguir mostra os resultados dos ensaios de resistência à tração por flexão dos corpos de prova de material composto de brita de rocha ornamental coletada e resina acrílica. Os resultados indicam que a adição de material britado à resina diminuiu a resistência à tração por flexão devido provavelmente a introdução de descontinuidades na material em relação à resina no seu estado puro (sem adição mineral)

Tabela 5: Resistência a Tração por Flexão dos corpos de prova cilíndricos.

	Resina Acrílica	Granito Preto São Gabriel	Granito Branco Fortaleza	Granito Vermelho Brasília	Granito Cinza Andorinha	Granito Verde Ubatuba	Rejeito Fino da Serragem	Rejeito Fino da Britagem
Tensão Média (MPa)	3,18	2,49	1,51	1,09	1,63	1,09	1,60	2,48
Desvio Padrão	0,19	0,17	0,13	0,09	0,05	0,23	0,08	0,03

Pela tabela 5 e figura 26 verifica-se que a adição de material britado à resina resulta em diminuição da resistência à tração por flexão devido provavelmente à introdução de pontos de fraqueza no material resultante em relação à homogeneidade vista na resina pura. A diminuição na resistência do material é de cerca de 2 vezes, com exceção do granito Preto São Gabriel e rejeito fino da britagem que mostrou uma pequena diminuição nesse parâmetro.

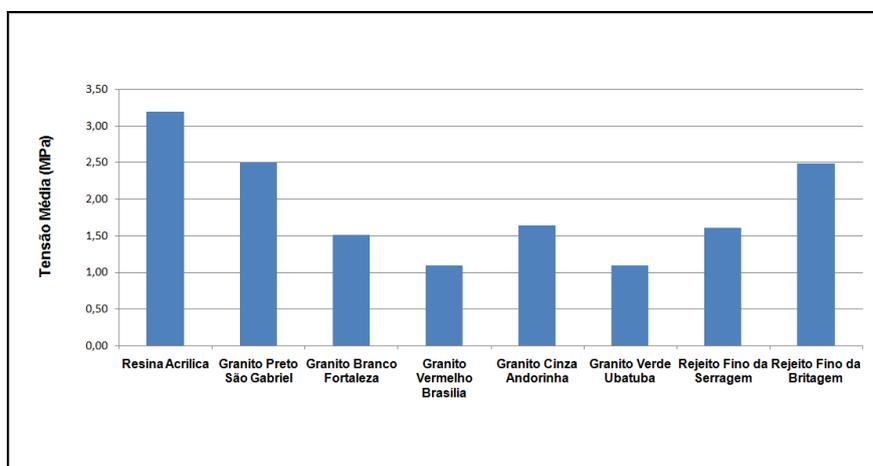


Figura 30: Resultados dos ensaios de resistência à tração por flexão de material composto fabricado com britas finas e resina acrílica

Fonte: Autor.

[Digite texto]

4.5. Levantamento de dados na marmoraria piloto

O levantamento dos dados foi realizado na empresa GranRochas Ltda localizada no município do Cabo de Santo Agostinho e considerada de pequeno porte, definida como marmoraria piloto. A marmoraria iniciou suas atividades no ano de 2004 e possui atualmente 10 funcionários.

A figura 31 a seguir apresenta o organograma referente à estrutura administrativa da marmoraria piloto.

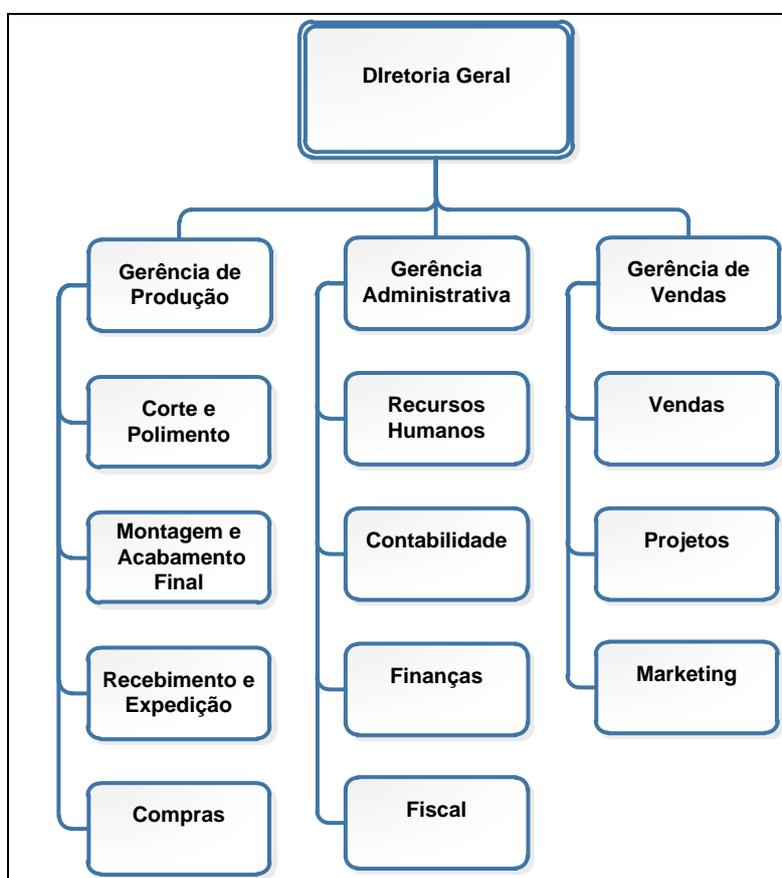


Figura 31: Organograma hierárquico da estrutura administrativa da marmoraria piloto
Fonte: Autor.

Atualmente esta Marmoraria utiliza rochas para revestimentos de fachadas ou ambientes internos, atuando no segmento de Mármore e Granitos na produção de pias, balcões, soleiras, montantes, escadas e entre outros produtos a serem solicitados pelo cliente.

4.5.1. Levantamento dos Aspectos Operacionais e Ambientais

Atualmente, cerca de 10% a 15% das chapas de mármore ou granito não são polidas devido a demanda do mercado por materiais com tratamento superficial diferenciado tais como: chapas escovadas, apicoadas e levigadas.

As etapas de produção na marmoraria piloto são: recorte de chapas, acabamento, colagem, aplicação de acessórios, acabamento final, conferência das peças prontas, limpeza final e entrega do produto para expedição; conforme o fluxograma da figura 32.

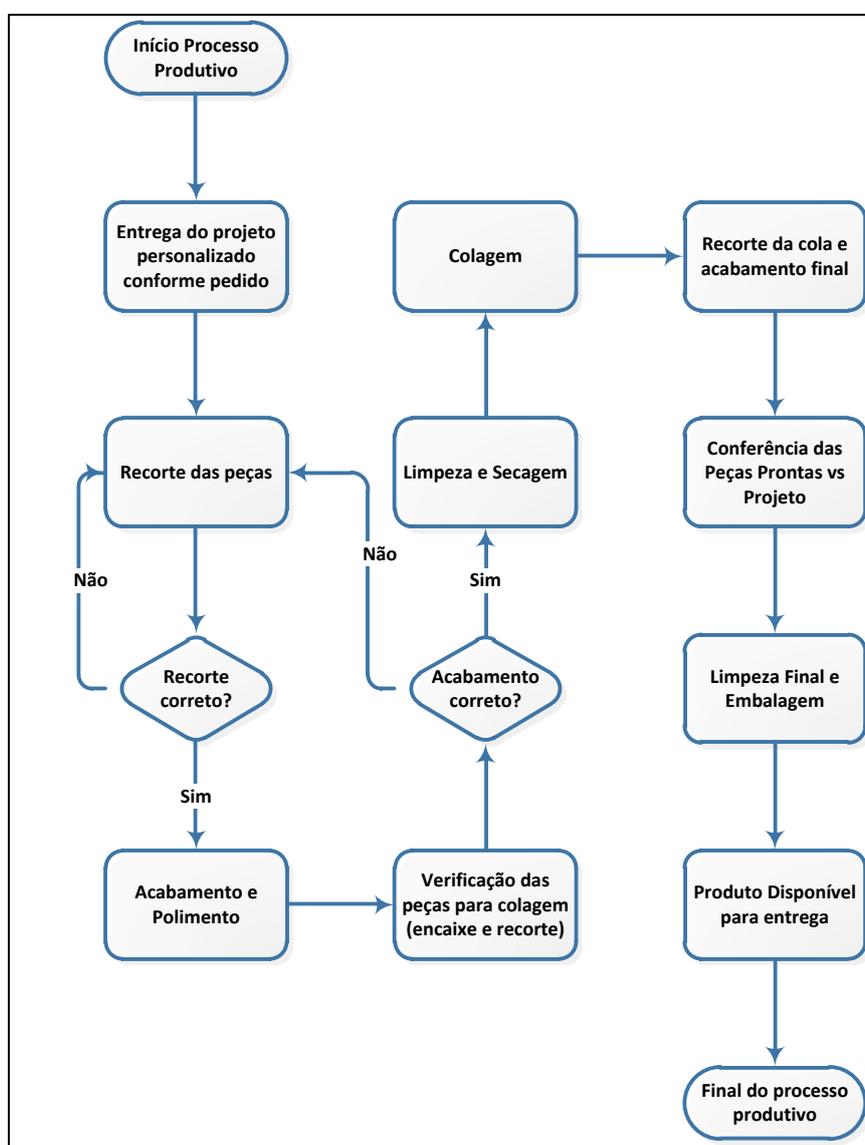


Figura 32: Fluxograma do processo produtivo na marmoraria piloto.
Fonte: Autor.

[Digite texto]

O processo produtivo inicia com o estudo das especificações da peça a ser produzida e recorte das chapas de mármore ou granito de acordo com as medidas solicitadas pelo cliente, selecionando o material a ser recortado no estoque de chapas e encaminhando a mesma para o setor de produção..

A etapa seguinte é a verificação do recorte do material comparando com as medidas especificadas na ordem de produção. Nessa etapa verifica-se se não ocorreu algum dano na chapa no momento do corte como trincas, rachaduras na peça e procede-se a conferência das medidas comparando-as com o padrão especificado.

O processo de acabamento e polimento das peças inicia-se após a etapa de conferência e verificação do corte, fazendo-se a leitura da ordem de produção e observando o tipo de acabamento especificado pelo projeto, escolhendo-se a sequência adequada das lixas necessárias para o polimento planejado.

O decurso da produção direciona apenas as peças que necessitam de colagem para complementação de alguma parte do projeto ou a aplicação de algum tipo de item acessório como nos casos de balcões e pias onde é necessária a inclusão de cuba de aço inox ou outro item especificado no projeto.

Após essas etapas tem-se a verificação da qualidade final do acabamento realizado. Estando o acabamento adequado a peça é enviada a próxima etapa do processo. Caso contrário, é necessário verificar a não conformidade para correção do produto retornando o processo para a etapa de corte e eventualmente para a produção de uma nova peça.

Concluindo-se pela conformidade do acabamento se procede a limpeza das peças e em seguida passa-se para a etapa de acabamento final verificando-se se todo o material necessário para confecção do produto final está de acordo com os requisitos do projeto e atendendo os padrões de qualidade.

[Digite texto]

A aplicação de acessórios é a etapa final de processo de acabamento das peças, sendo realizada nessa etapa a revisão geral do produto acabado antes de ser entregue à conferência e limpeza final para expedição do produto.

A etapa final do processo consiste na entrega do material para o setor de expedição o qual é armazenado e fica a espera do cliente para proceder a sua retirada ou é realizada a entrega no local de sua aplicação.

As figuras 33 e 34 mostram os insumos utilizados do início do processo e os principais produtos semi-acabados obtidos nas etapas de corte e acabamento final.



Figura 33: Fluxograma de insumos e produtos finais da etapa de corte na marmoraria piloto.
Fonte: Autor.

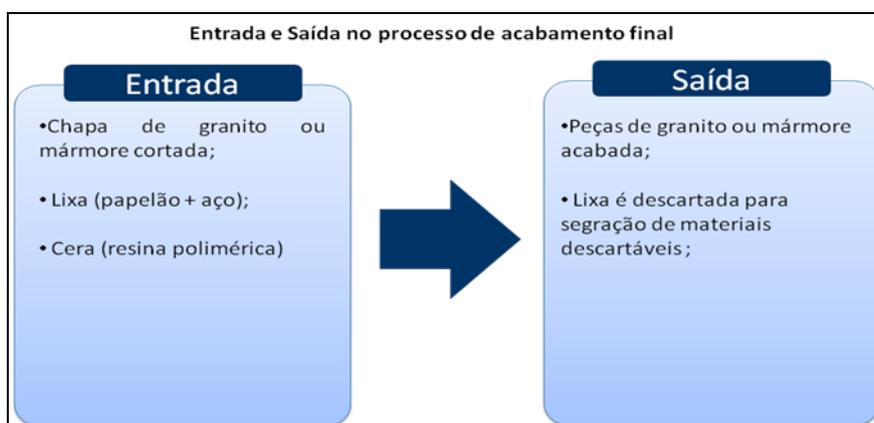


Figura 34: Fluxograma de insumos e produtos finais da etapa de acabamento na marmoraria piloto.
Fonte: Autor.

4.5.2.Caracterização Operacional da Marmoraria – Piloto

4.5.2.1 Quadro de Colaboradores

O quadro de funcionários na marmoraria piloto é listado abaixo, podendo-se caracterizar a mesma como sendo uma empresa de pequeno porte.

- ✓ Total de Funcionários: 10
- ✓ Funcionários da produção: 04
- ✓ Funcionários de apoio (administrativo, vendas, transporte, etc.): 06

A distribuição de colaboradores por setores da empresa é a seguinte:

- ✓ Corte: 01
- ✓ Polimento e acabamento: 02
- ✓ Vendas e medição: 02
- ✓ Transporte: 01
- ✓ Administração e vendas: 04

Normalmente opta-se por indicar empresas terceirizadas que são contratadas pelos clientes para realizar a montagem dos produtos nos seus locais de utilização.

4.5.2.2Seqüência de Operações Unitárias

4.5.2.2.1.Recebimento e Movimentação de Chapas

Nessa operação são utilizados normalmente 2 colaboradores que fazem a recepção da matéria-prima de acordo com a metodologia descrita a seguir.

[Digite texto]

A descarga das chapas é realizada com a utilização de equipamentos de elevação e transporte (pórtico volante) de acordo com a metodologia descrita a seguir.

O caminhão de transporte de chapas estaciona na parte externa da empresa próximo ao pátio de estocagem de chapas localizado no pátio da marmoraria piloto. Demora-se cerca de 3,5 horas para descarregar 250m² de chapas.

O descarregamento das chapas é realizado por 02 homens com auxílio de um pórtico volante. Quando às chapas são transportadas deitadas é utilizada uma ventosa à vácuo de 2 pegas controlada por 1 colaborador e o outro colaborador se encarrega de organizar de forma adequada as chapas em cavaletes convenientes.

Existe no pátio de estocagem um local específico para acomodar as chapas por seleção de cor e até mesmo um local de chapas bi-polidas (polidas dos dois lados). O traslado do caminhão até o pátio de estocagem é de cerca de 15 m, sendo o piso coberto por uma camada concreto.

No caso das chapas chegarem apoiadas em cavaletes no caminhão (em pé) é substituída a ventosa por uma tesoura metálica que possui borrachas de fixação em seu apoio, necessitando-se também 2 colaboradores para realização dessa operação.

Os homens necessários para o descarregamento são oriundos do setor de corte (cortador) e (ajudante) que deixam de produzir nesse período.

Utilizam-se cavaletes de perfis metálicos com travessões apoiados em seus pés para sustentação e equilíbrio das chapas a serem armazenadas.

4.5.2.2.2. Escolha e seleção de chapas

Colaborador que realiza a tarefa: Operador de Corte

As chapas são escolhidas em função das características do trabalho a ser executado levando-se em conta a especificação do tipo de rocha, qualidade da chapa e dimensões do produto a ser produzido.

4.5.2.2.3. Cálculo do aproveitamento das chapas:

Responsável: Gerente Administrativa

O tamanho da chapa necessária é calculado em função das especificações do projeto e após a escolha da chapa no pátio de estocagem é realizado o cálculo do aproveitamento da mesma tentando-se obter o maior rendimento da matéria-prima possível.

4.5.2.2.4. Corte e Furação

Equipamento disponível:

- ✓ Corte: 1 serra marca desconhecida motor 10cv (18 anos de operação), acionada por motor Weg e mesa móvel manual.
- ✓ Furação: 1 máquina para furação, polimento e fresadora de boca de balcão marca ventopeq (em fase de instalação).

Obs: Para as bordas internas utiliza-se também uma fresa na máquina de furação.

Principais produtos:

- ✓ *Corte*: Pisos, soleiras, degraus, bancadas, bordas, pingadeira e entre outras.
- ✓ *Furação*: todos os tipos de furos, abertura de bancadas para fixação de cubas.

Principais materiais de consumo:

- ✓ Disco diamantado diâmetro 350 mm marca SERPA (rendimento aproximado de cada disco: 650 m).
- ✓ Broca diamantada diâmetro 32 mm marca DIAMANOR (rendimento aproximado de cada broca: 32 furos).

A produtividade obtida no setor de corte e furação varia de acordo com a demanda atingindo em média uma produção diária de 35 m² distribuindo-se em bancadas, soleiras, degraus, mesas, balcões e etc.

4.5.2.2.5.Acabamento

Equipamento disponível:

- ✓ 02 lixadeiras elétricas a úmido com rebolo cerâmico;
- ✓ 06 lixadeiras a seco;
- ✓ 04 maquitas (serra mármore manual)
- ✓ Lixadeiras manuais (grão 36 à 180).

Obs: Para processamento de mármore à seco utilizam-se lixas grãos 220 até 1200 (lixas importadas). Para processamento em granito utiliza-se politriz manual a úmido com abrasivos cerâmicos.

Principais materiais de consumo:

Cera incolor alpha, adesivo chumbador (são João, caseira), disco de lixa a seco Norton, disco de papelão para limpeza e lustro, álcool, palha de aço, estopa, cera comum incolor.

[Digite texto]

Tipo de controle operacional (tempo de execução, tempo de ordem de produção):

Não existe um controle operacional devido ao acúmulo de serviço. O controle é empírico e realizado através da análise das atividades executadas durante o mês, realizada pelo proprietário da marmoraria.

4.5.2.2.6.Expedição

Colaborador que realiza a tarefa: Motorista

Tipo de controle realizado no produto final (qualidade e especificação):

- ✓ Fissuras e trincas no produto final;
- ✓ Polimento das bordas; e
- ✓ Conformidade com as especificações do setor de vendas;

Obs: As medidas são verificadas tanto no momento do corte quanto no final do processo da peça solicitada.

Metodologia utilizada (embalagem, proteção e nota de conferência):

- ✓ O produto acabado é estocado a céu aberto;
- ✓ Não é utilizado nenhum tipo de embalagem a não ser em casos especiais;
- ✓ A nota de conferência é emitida pelo escritório e acompanha a mercadoria.

4.5.2.2.7.Higiene e Segurança no Trabalho

Os equipamentos de proteção individual (EPI's) são fornecidos pela empresa e compõem-se de roupas, botas de segurança, máscara de proteção, protetor auricular, avental e óculos de proteção.

Nos levantamentos realizados na marmoraria piloto constatou-se que os EPI's realmente utilizados pelos colaboradores são o protetor auricular, óculos de proteção, botas e avental no corte e polimento. No setor de acabamento, além dos EPI's listados anteriormente também é utilizada a máscara de proteção.

CAPÍTULO V

5.1. Modelo de Gestão de Resíduos na Marmoraria Piloto

Neste capítulo são apresentadas sugestões para elaboração de um modelo de gestão ambiental de resíduos em marmorarias que possa servir de referência para os empresários do setor visando uma melhor gestão e aproveitamento dos rejeitos sólidos gerados ao longo do processo produtivo.

A criação de um modelo de gestão de resíduos para o tratamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados em marmorarias é de suma importância para uma gestão do controle dos materiais, além de permitir ganhos econômicos e ambientais.

O modelo foca alternativas para o destino, reuso dos materiais e práticas de redução de custos em toda marmoraria destacando-se o setor de produção onde se encontram os maiores custos da empresa representado pelo consumo de energia, água, insumos e matérias-primas.

Para implantação e aplicação de um sistema de gestão ambiental numa empresa de pequeno porte é de suma importância a conscientização do empresário em relação aos problemas ambientais, enfatizando todos os seus colaboradores a ter a mesma política dentro da empresa.

Porém, esta é apenas uma proposta inicial que pretende abordar a questão de gestão de resíduos. Não obstante, alternativas podem ser acrescentadas a este modelo de gestão, introduzindo melhorias no modelo através de um maior detalhamento dos impactos ambientais causados pelas mesmas.

Com esse objetivo, foi elaborado um modelo de gestão de resíduos junto a marmoraria piloto, com metas a serem alcançadas, na forma de objetivos, de acordo com os princípios dos modelos encontrados no SGA (Sistema de Gestão Ambiental):

- ✓ Implantar os procedimentos ambientais para as atividades técnicas relativas às condições e manejo do material no ambiente de produção;
- ✓ Atender a todas as demandas em termos de elaboração de procedimentos e mecanismos para a coordenação e articulação adequadas das ações ambientais durante os procedimentos de fabricação;
- ✓ Orientar todas as equipes da empresa a seguir as metas implantadas na empresa para que obtenham resultados satisfatórios.

Entende-se que maioria das empresas brasileiras é de pequeno porte, assim o impacto ambiental gerado nessas empresas pode atingir um volume significativo.

Um aspecto de extrema importância para os pequenos empresários é o fator financeiro para determinar ações positivas ao meio ambiente. Além das questões econômicas é de suma importância o bem estar da população e a preservação da mesma adotando-se nas empresas ações para minimizar os impactos sobre meio ambiente.

Alguns procedimentos que auxiliam na redução da geração de resíduos relacionam-se com as condições de operação dentro de sistema produtivo. A manutenção preventiva dos equipamentos é um exemplo disso.

As máquinas de lixamento no momento de acabamento sofrem muitas avarias sejam elas pelo manuseio, desgaste mecânico e até mesmo pela ocorrência do pó fino dentro de sua mecânica. A manutenção das máquinas de lixamento no processo de acabamento normalmente é realizada por empresas que prestam serviço e manutenção dos equipamentos.

As peças das máquinas quando apresentam falhas e não há condições de conserto seja ele pelo custo elevado ou por não ter solução, devem ser direcionadas ao ferro velho.

Insumos utilizados na produção como rebolos, lixas, disco diamantados para serra mármore, discos de papelão e estopas são encaminhados a lixos comuns. Os mesmos podem ser direcionados para empresas de reciclagem pois muitos são materiais passíveis de reutilização.

Os discos de serra utilizados para corte das chapas são usados até o fim de sua vida útil, sendo descartados e encaminhados ao ferro velho.

O encaminhamento dos rejeitos sólidos (sobras de matéria-prima) para a sua disposição acontece nas diversas etapas do processo produtivo, entende-se que todo material pode ser separado e armazenado em locais próprios para um futuro aproveitamento.

Nesse sentido a figura 35 a seguir apresenta um esquema do fluxo possível para separação e aproveitamento dos rejeitos sólidos (sobras, tampos e aparas) e dos efluentes líquidos em marmoraria visando o aproveitamento posterior dos mesmos como alternativa econômica e ambiental.

5.2. Aproveitamento de resíduos sólidos (sobras e aparas)

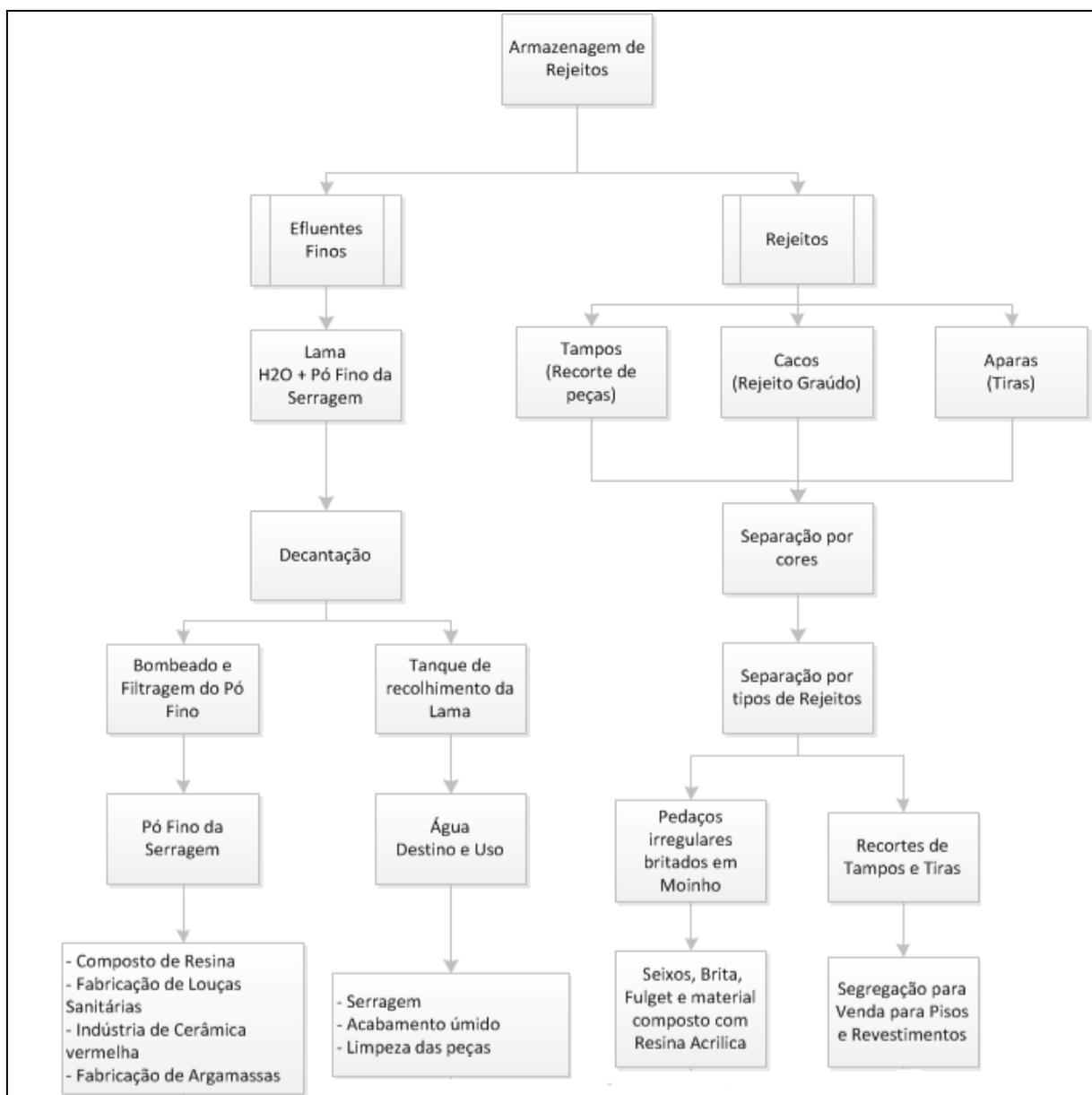


Figura 35: Fluxograma de processos no encaminhamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos

Fonte: Autor

A marmoraria piloto reutiliza todo o material de rejeito de aparas, sobras e cacos no momento do corte ou desenho do projeto aplicando os mesmos em produtos que poderão ser utilizados em projetos de paisagismo na forma de seixos, pedras roladas e até mesmo brita graúda.

[Digite texto]

O material britado pode ser utilizado para confecção de compósitos com resina acrílica e ser utilizado como matéria-prima para fabricação de o tampos de mesa, centros, aparadores, etc.

Uma das preocupações da empresa é a utilização da água em todos os seus processos, pelo motivo da geração de poeira nos setores produtivos podendo ocasionar problemas relacionados a saúde ocupacional. Este processo está sendo reformulado para o reuso da água, montado-se em sua planta um decantador e um acumulador de água + resíduo.

No processo de corte é gerado um resíduo denominado de lama o qual é assentado no fundo do tanque. Chegando ao limite demarcado faz-se a disposição do material para uma área de aterro. Esse material devidamente separado, pode ser utilizado como matéria-prima para fabricação de materiais cerâmicos, argamassas (em especial de rejunte) e compósitos com resinas.

O processo de corte normalmente é gerador de grande quantidade de resíduos sólidos na forma de tiras e pedaços de rocha. É nesse momento que ocorre a disposição incorreta do material por não se ter a preocupação de armazenar as sobras em local adequado para um posterior aproveitamento. Essas pilhas de rejeitos trazem uma poluição visual, atrapalham a circulação e até mesmo causam certa inconveniência para o operador da máquina em função do acúmulo de material ao redor da máquina de corte.

A figura 36 mostra alguns tipos rejeitos sólidos gerados na operação de corte, levantados junto à marmoraria piloto, que podem ser fruto de aproveitamento na confecção de diversos tipos de produtos e aplicações.



Figura 36: Tipos de rejeitos gerados no processo de produção no momento do corte
Fonte: Autor.

Comumente a sobra de material no momento do recorte das peças solicitadas vão sendo empilhadas de forma incorreta não tendo nenhuma separação dos materiais a serem aproveitados. Devidamente separados e classificados é possível o seu aproveitamento na forma de uma série de produtos, como mostrado nas figuras 37 e 38.

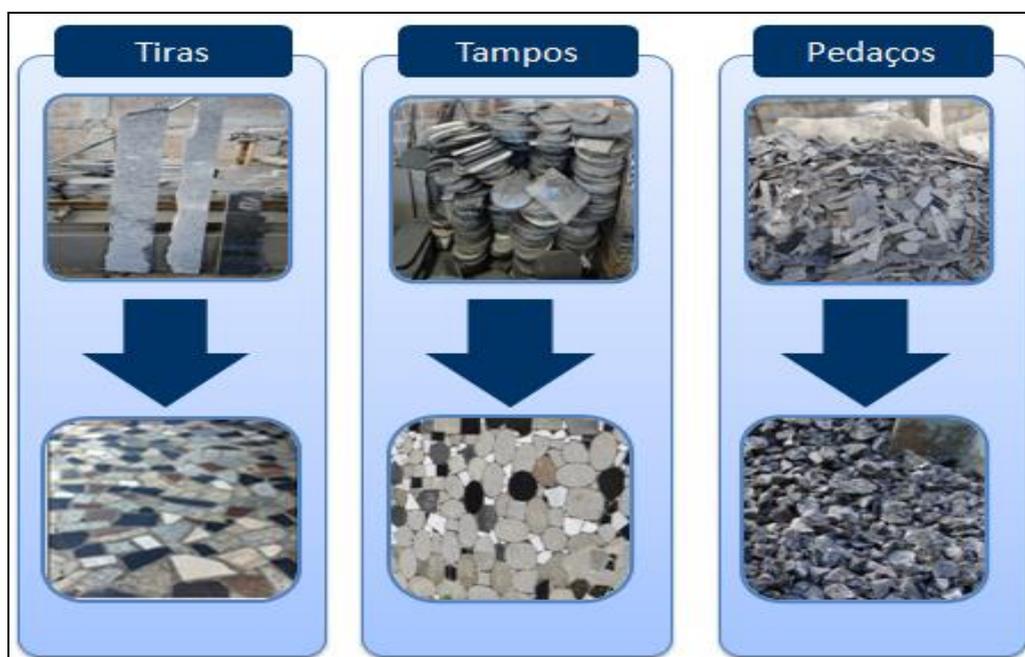


Figura 37: Reutilização dos rejeitos gerados na linha de produção
Fonte: Autor



Figura. 38: Reutilização dos rejeitos gerados na linha de produção
Fonte: Autor

Através da realização de um levantamento dos aspectos relativos aos passivos ambientais na marmoraria piloto percebeu-se que o descarte dos rejeitos, pratica comum na empresa em função de ser a forma mais rápida de desocupar o pátio da empresa, não era a solução ideal.

Após analisar todo o processo de gestão dos resíduos sólidos na marmoraria piloto chegou-se a conclusão que o material atualmente descartado poderia ser direcionando para obtenção de outros produtos, trazendo um retorno econômico para a empresa, além dos benefícios ambientais e organizacionais.

Para não descartar o material em lugares não adequados, foi sugerido direcionar o material para a utilização no setor da construção civil na forma de revestimento irregular de pisos e fachadas, obtendo-se um valor agregado elevado uma vez que materiais pétreos por natureza tem uma beleza esteticamente reconhecida.

A construção de painéis e mosaicos com sobras de cacos e tiras é uma prática evidente e possível de ser massificada e pode consumir uma quantidade razoável de resíduos sólidos gerando valor agregado e elementos de alto valor estético e artístico como no exemplo da figura 39 (revestimento horizontal).



Figura 39: Mosaico de sobras de rocha ornamental aplicado no piso do Shopping Praça da Alfândega – Recife/PE.

Fonte: Autor

O material considerado como passivo ambiental também pode ser direcionado na confecção de revestimentos verticais (paredes) e também obras artísticas como a confecção de paisagens, painéis, logomarca de empresas, entre outras alternativas, como mostrado na figura 35 a seguir.



Figura 40: Aplicação de cacos e aparas em painéis verticais (logomarca e parede de edifício)

Fonte: Autor

[Digite texto]

Para implantação dessa metodologia de aproveitamento das sobras e aparas é mister que se implante junto ao setor produtivo uma rotina correta visando a separação e seleção dos rejeitos sólidos por tipo e cores devendo os mesmos serem armazenados em pilhas tipo “bacias” para uma melhor visualização de material acumulado dentro da empresa facilitando a sua futura utilização.

A viabilidade do rejeito industrial em fachadas pode resultar em uma arte nobre e que pode valorizar o comércio do setor de restaurantes. Foi viabilizado para a montagem do painel vertical na figura 34 abaixo, cacos de rochas definidas como o granito Vermelho Brasília, Amarelo Icaraí e o granito Preto São Gabriel a serem aplicados nas figuras e no letreiro (B). Para a execução do revestimento da parede (C) foi utilizado o calcário denominado de Pedra Cariri, de cor dominante amarelo.

A Pedra Cariri foi obtida a partir de tiras e de placas quebradas e que somaria volume no pátio da marmoraria. A aplicação de cacos e tiras faz parte do plano de gestão de resíduo na marmoraria sugerido neste estudo de pesquisa.



Figura 41: Aplicação de cacos e aparas na montagem do painel vertical (logomarca do Juanito tacos)

Fonte: Autor

[Digite texto]

A montagem do painel vertical na figura 41 abaixo caracterizou-se pela aplicação de aparas e sobras de granito destacando o reaproveitamento do material rochoso na confecção de logomarcas e demais utilizações.

O material como sobra de aparas e pedaços de chapas numa correta utilização pode ser direcionada para alguns segmentos como obras artísticas na montagem de painéis decorativos elevando um valor ao material aplicado e conseqüentemente o aspecto visual sendo um atrativo pela criatividade pela obra de arte.

Material Britado

O material britado tem várias formas de aproveitamento seja ele em jardinagem, decoração de ambientes ou até mesmo fachadas de casas. A aplicação como material agregado para revestimentos de paredes pode ser uma alternativa econômica interessante, produzindo efeitos estéticos semelhantes à técnica de “fulget”, bastante divulgada no setor da construção civil.

Desde que convenientemente separadas em cores as sobras podem ser matéria-prima para obtenção de produtos britados em diversas granulometrias com um campo de aplicação bastante vasto e gerando receitas alternativas para as marmorarias.

A figura 42 mostra o procedimento operacional básico para produção de material britado realizado junto à marmoraria piloto, que foi utilizado com detalhe paisagístico na decoração de um jardim.



Figura 42: Processo de produção de material britado de sobras de rocha ornamental.
Fonte: Autor.

O material britado em frações adequadas e homogêneas também pode ser matéria-prima para aplicações em revestimento horizontal ou vertical através da técnica do *fulget*. O *fulget* é um material antiderrapante sendo ele utilizado em ambientes secos ou molhados, apropriado tanto para ambientes internos como externos.



Figura 43: Aplicação de material britado em piso na forma de Fulget.
Fonte: GR Pisos

A sua aplicação pode ser direcionada a rampas, salas, calçadas, ambientes internos e externos como fachadas de casas, prédios e em volta de ambientes como piscinas. A figura 38 exemplifica a utilização de restos de marmoraria britados na forma de *fulget* em revestimento externo de pisos.

Para obtenção desse tipo de material é necessária a aquisição de um britador específico para obter-se a granulometria ideal para produção de material miúdo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

A questão ambiental foi o principal motivador para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa que buscou a realização de análises referentes a caracterização tecnológicas e a avaliação de custos e benefícios econômicos para indústria do ramo de marmoraria. O rejeito de origem pétreo da indústria de rochas ornamentais pode gerar ganhos econômicos importantes para a indústria de rochas ornamentais.

A indústria de processamento de rochas ornamentais (marmorarias) gera quantidades expressivas de rejeitos durante a etapa de delineamento da chapa pétreo, denominados tiras. As tiras podem ser empregadas em revestimentos de parede e podem ser associados a uma arte do tipo mosaico, como a exemplo da fachada do restaurante Juanito Taco's. Esta fachada foi executada neste trabalho para enfatizar a possibilidade de uso nobre de cacos e tiras dentro do setor comercial.

Pedaços irregulares de rochas (cacos) são obtidos a partir do plano de corte de produtos como pias, balcões, bases de sustentação de mesas e da quebra de placas de revestimento de pisos e paredes. Fissuras e falhas ocorridas em chapas recém-chegadas na marmoraria pode ser outra fonte de geração desse tipo de rejeito.

Os rejeitos de marmoraria em geral têm sido lançados em pátios na empresa e dali seguem para compor pilhas de rejeito causando impactos no meio ambiente. Esse mesmo rejeito pode ser aproveitado em diversas aplicações através de um modelo de gestão associado ao conceito de sustentabilidade, gerando novos materiais e novas possibilidades de aplicação na indústria da construção civil e decoração.

A produção de materiais compostos de resina acrílica e de rejeito pétreo britado em granulometrias finas (abaixo de 0,3 mm) pode representar ganhos à indústria a partir de um resíduo sólido, sem valor econômico. Esse material compósito tem potencial de aplicação em diversos tipos de produtos decorativos tais como tampos de mesa, detalhes decorativos de produtos pétreos, artesanato mineral, entre outros.

Os custos ocorridos para lançar o rejeito da marmoraria no meio ambiente podem ser aplicados na compra de equipamentos como britadores que possibilitam ganhos econômicos a empresa e ao meio ambiente. O uso de britador pode gerar volumes de brita com características compatíveis com as especificações do setor da construção civil, para o trabalho de jardinagem e paisagismo.

Rejeitos de corte de serra com discos diamantados podem gerar resíduos de tamanhos micrométricos que são descartados junto com o efluente líquido. Em geral este resíduo é um problema ao meio ambiente em função do tamanho dos particulados finos que são lançados diretamente em corpos de águas como rios, riachos e afluentes causando problemas de assoreamento. O resíduo fino do corte com serra diamantada tem pH variando entre 7.0 a 7.6, um pH considerado não danoso ao meio ambiente, mas suas partículas podem causar problemas turbidez e dificuldades a sobrevivência de animal em rios.

Rejeitos finos de corte e britas finas do rejeito combinados com resina acrílica resultam em maior ganho de resistência a compressão em relação à resistência da resina acrílica pura. A adição de material pétreo à resina acrílica eleva significativamente a porosidade do material composto obtido. Em geral, combinações de resina acrílica mais material britado diminuem a resistência a tração por flexão da resina pura, pois criam pontos de fraqueza no interior do material.

Pelos ensaios práticos realizados é viável a produção de tampos de mesa, centros e objetos decorativos compostos de resina acrílica com britas de rochas únicas ou britas de rochas combinadas (compósitos).

Cabe portanto, a aplicação de um plano gestor com base no conceito de sustentabilidade ambiental e empresarial que no seu fluxograma de produção não indique o meio ambiente como recebedora de rejeito industrial. A aplicação de cacos, aparas resíduo fino da serragem e de tiras fazem parte do plano de gestão de resíduo na marmoraria sugestionado neste estudo de pesquisa.

O rejeito quando viabilizado de forma consciente e sustentável na indústria resulta em ganhos econômicos e em benefícios para a sociedade e ao meio ambiente.

Como corolário do trabalho desenvolvido pode-se afirmar que o aproveitamento das sobras e rejeitos produzidos nas marmorarias tem potencial econômico elevado, podendo gerar receitas significativas para as empresas produzindo diversos tipos de produtos para aplicação nas áreas da construção civil, paisagismo e decoração de ambientes.

Dessa forma é importante a motivação para que os empresários do setor direcionem esforços para caracterização do seu processo produtivo, levantamento do tipo e quantidade de rejeitos e desenvolvam modelos de gestão de resíduos sólidos que permitam a utilização desse material como matéria-prima para fabricação de novos produtos com benefícios econômicos e ambientais.

[Digite texto]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Rochas Ornamentais no Século XXI: Balanço das Exportações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2003. São Paulo, ABIROCHAS, 2004.
- ABIROCHAS - Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais. 2001. Rochas Ornamentais no século XXI. Bases de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro – CETEM / ABIROCHAS, 2001.
- ABIROCHAS – Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais. Balanço da Produção Mundial e do Comércio Internacional de Rochas Ornamentais em 2011 . Informe 11/2012, p. 08 (em 18 de outubro de 2012, Belo Horizonte – MG.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D695-02a: Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics, 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D790-03: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, 2003.
- ANDRADE, R.; TACHIZAWA, T. e CARVALHO, A.B. 2002. Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável. São Paulo, Makron Books, 246 p.
- ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. Applications and societal benefits of plastics. **Philos. Trans. R. Soc. B.** v.364, p.1977-1984, 2009.
- ALOE, A.; VALLE, F. **Contabilidade agrícola**. São Paulo: Editora Atlas, 1967. 236p.
- ASSAF NETO, A.: Finanças corporativas e valor. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004a. NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004b. NBR 10.006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro.

- BABISK, Michelle Pereira. DESENVOLVIMENTO DE VIDROS SODO-CÁLCICOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2009.
- BARBIERI, J.C. 2004. Gestão ambiental empresarial. São Paulo, Saraiva, 344 p.
- BARBOSA FILHO, M.: Introdução à pesquisa: Métodos, técnicas e instrumentos. João Pessoa: A União, 1994.
- BORNIA, A.C. Análise Gerencial de Custo: aplicação em empresas modernas. Porto Alegre: Bookmann, 2002.
- BORNIA, A.C. Mensuração das Perdas dos Processos Produtivos: Uma abordagem metodológica de controle interno. Florianópolis: UFSC, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) PPGEP/UFSC.
- BOTELHO, D.; ZOUAIN, D.M.: Pesquisa quantitativa em administração. São Paulo: Atlas, 2006.
- BRAGA, F. S. et al (2005). Concepção de um sistema de gerenciamento de resíduos de beneficiamento de Rochas Ornamentais. I Congresso Internacional de Rochas Ornamentais e II Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais. 8p.
- CANTILLON, R. Essay on the nature of commerce in general. New Brunswick: Transaction Publishers, [1755] 2001.
- CHIODI, C. F.. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2007. Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos. ABIROCHAS. Belo Horizonte, 2008. Os dados primários sobre exportações foram obtidos a partir de consulta à Base ALICE do MDIC (www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br).
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Rochas Ornamentais e de revestimentos. Matta P. M; HELDER, M; ROBERTO, F. A. C. 2008^a, p. 02
- FERREIRA, A.C.S. 2003. Contabilidade Ambiental: uma informação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo, Atlas, 144 p.
- FRANGELLA. Lydia Norina M. Aproveitamento de rejeitos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais. Universidade Federal do Rio Janeiro – UFRJ XV Jornada de Iniciação Científica – CETEM. 2006
- Freitas J.J. 2008. Caracterização química inorgânica de rejeitos segregados de serragem de rochas ornamentais do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 113 p.
- FREZATTI, F.: Orçamento empresarial. São Paulo: Atlas, 2000.

- GODOI, Flavia Karina Rangel de. O desafio do Licenciamento para Micro e Pequenas Empresas. VI Seminário Nacional de APL de Base Mineral. Bióloga/Esp. Gerenciamento de Resíduos Subgerente de Licenciamento de Mineração – IEMA /ES (2009).
- GONÇALVES, S.S. e HELIODORO, P.A.A 2005. Contabilidade ambiental como um novo paradigma. Revista Universo Contábil, 1(3):84-96.
- GR PISOS E REVESTIMENTOS LTDA, <http://www.grpisos.com.br/fulget.asp>, 2010. Acesso em 02 de dezembro de 2013.
- INSTITUTO AVANÇADO DO PLÁSTICO – IAP. Disponível em: <<http://www.planetaplastico.com.br/pe.htm>>. Acesso em 12 fev 2006.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 527-1 Test Standard. Plastics - Determination of tensile properties - Part 1: General principles.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A.: Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas, 2001.
- LAVORATO, Marilena Lino de Almeida – benchmarking ambiental brasileiro. Disponível em: <<http://www.ruralnet.com.br/MEIOAMBIENTE/ImprimirNotícia.asp?notícia=1566>>. Acesso em: 19 Nov 2012.
- MACHADO. Ramires Ventura. Nutrição Mineral e a Utilização de resíduos de Rochas Ornamentais. UFES. Vitoria, XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM. 2008.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M.: Técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.
- MARTINS; LAUGENI. Administração da Produção. São Paulo . Saraiva. 2001.
- Da MATTA, P. M. (2003). Indústria de rochas ornamentais: Rejeitos x Produção limpa. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM/BA. Salvador/BA, 45p.
- MARTINS, E.: Contabilidade de custos. São Paulo: Atlas, 2001.
- Mello, I.S.C. Bases para implantação da indústria de rochas ornamentais e de revestimento no Estado do Amapá. São Paulo: IPT, 2001. 40 p. (Relatório Técnico nº 56011).
- MELLO, Ivan Sérgio de Cavalcanti et AL. Aproveitamento dos resíduos sólidos (finos) das serrarias de rochas ornamentais e para revestimento (partel). Rochas de qualidade, São Paulo, anoXXXIX, p.186-199, 2006.
- MELLO, R. M; D' Agostino, L. F. (2004) Avaliação da utilização da lama proveniente do acabamento de mármore e granitos como matéria prima

em cerâmica vermelha. I Congresso Internacional de Rochas Ornamentais e II Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais

MENEZES, R. R.; FARIAS, J. Filho; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.. Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas. Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, PB. Cerâmica vol.55 no.335 São Paulo jul./set. 2009

MOREIRA, J. M. S.; MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F.. Grupo de Materiais Cerâmicos, LAMAV. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha 2005.

MOURA, W. A; (2002) Utilização do resíduo do beneficiamento de Rochas

NERY, Miguel Antonio Cedraz; SILVA, Emanuel Apolinário da. Balanço mineral de rochas ornamentais 1988-2000. [S.I.], 2001.

OLIVEIRA, Lívio Luiz Soares de; PORTO JÚNIOR, Sabino da Silva. O Desenvolvimento Sustentável e a Contribuição dos Recursos Naturais para o Crescimento Econômico. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 38, nº 1, 2007.

OLIVEIRA, I. C. A., **As lamas resultantes da indústria transformadora das rochas ornamentais -recuperação paisagística de um aterro superficial de lamas em Pêro Pinheiro (sintra)**. Relatório de Conclusão de Curso. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, Portugal, 2005.

PEITER, C.C. et al. Rochas Ornamentais no século XXI: bases de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Relatório Técnico sobre o Setor de Rochas Ornamentais do Brasil. Rio de Janeiro: Cetem/Abirochas. 160p, 2001.

Peyneau G.O.R. & Pereira G.S. 2004. Tratamento dos resíduos provenientes das serragens de granito através da implantação do filtro-prensa. In: XXIV ENEGEP, p. 1-5, Florianópolis. Disponível em: www.uvv.com.br. Acessado em: 05/05/2008.

PORTER, M.: Vantagem competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Prezotti J.C.S., Braga F.S., Couto M.C.L., Batista T.R.O., Yamane L.H. 2004. Proposta de implantação de uma central de tratamento de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais em Nova Venécia – ES. Disponível em: http://www.manancialprojetos.com.br/port/t_artigo.asp. Acessado em: 17/06/2008.

RAPPAPORT, A.: Creating shareholder value: The new standard for business performance. New York: Free Press, 1986.

- Resolução CONAMA 307. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Julho de 2002.
- Ribeiro R.P. 2005. Influência das características petrográfica de granitos no processo industrial de desdobramento de blocos. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Geotecnia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 132 p.
- RIBEIRO, M.S. 1992. Contabilidade e meio ambiente. São Paulo, SP. Dissertação de mestrado em Contabilidade. Curso de Pós-Graduação em Contabilidade, Universidade de São Paulo, 141 p.
- RIBEIRO, M.S. e ROCHA, W. 1999. Gestão estratégica dos custos ambientais. In: Congresso Brasileiro de Custos, São Paulo, 1999. Anais... São Paulo, ABC/FEA-USP, CD-ROM.
- RICHARDSON, R.J. 1999. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3ª ed., São Paulo, Atlas, 344 p.
- ROBLES JÚNIOR, A. 2003. Custos da qualidade: aspectos econômicos da gestão da qualidade e da gestão ambiental. 2ª ed., São Paulo, Atlas, 162 p.
- ROCHAS DE QUALIDADE. Granitos e Mármore. São Paulo, Brasil (Publicação Periódica). Rochas de Qualidade (2004) Tear a fio diamantado: A tecnologia da produtividade. Nº177. p. 198-200.
- RUIZ, Manual Conceito de produção 2005. Disponível em: <<http://www.sociedadedigital.com.br/artigo.php?artigo=102&item=4>>. Acesso em: 19 Nov 2012>.
- SABADINI, M. de S. Os distritos industriais como modelo de crescimento endógeno: o caso do segmento de rochas ornamentais (mármore e granito) no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES). Vitória, 1998. 193f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas), Universidade Federal do Espírito Santo.
- Schumpeter, Joseph A. **The Theory Economic Development. Oxford** Universit Press, 1978.
- SAKURAI, M. Gerenciamento Integrado de Custos. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- Sampaio J.A., França S.C.A., Braga P.F.A. 2007. Tratamento de minérios: práticas laboratoriais. Rio de Janeiro, CETEM/MCT.
- SILVA, E.L.; MENEZES, E.M.: Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: UFSC, 2005.
- SILVA, J. F. R. Cruzetas para redes de distribuição de energia elétrica à base de polipropileno. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola

de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SINDIROCHAS – Sindicato das Industrias de Rochas Ornamentais, Cal e Calcário do Espírito Santo. Relatórios e Estudos, (2005). Disponível em: http://www.sindirochas.com.br/hist_sindirochas.html. Acesso em 19/11/2009.

SINDROCHAS-MG - Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos no Estado de Minas Gerais. Projeto Rochas de Minas: Estudo de Competitividade do Setor de Rochas Ornamentais e Revestimento do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.

SLACK, Nigel. et. al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1996.

SOBANSKI, J.J.: Prática de orçamento empresarial. São Paulo: Atlas, 2000.

SOBRINHO, D. S. G. et al (1999) Utilização dos resíduos de Rochas Ornamentais na produção de blocos estruturais. Anais do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Florianópolis - Santa Catarina. 10p.

Souza, J. C. Cadeia Produtiva do Setor de Rochas Ornamentais, Recife; Vº Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, SRONE, 2005. Anais.

SOUZA, Joselito Novaes de; RODRIGUES, John Kennedy Guedes; SOUZA NETO, Pedro Nogueira de. Utilização do Resíduo Proveniente da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfálticos Usinados a Quente, 2004

SOUZA, R.S. 2002. Evolução e condicionantes da gestão ambiental nas empresas. REAd – Revista Eletrônica de Administração, 8(6):85-112. [ed. especial 30

SPÍNOLA, Vera. Potencial Exportador e Política Pública para uma Evolução Virtuosa: a Indústria de Rochas Ornamentais da Bahia. Dissertação. (Mestrado em Economia). Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2002, 179 p.

SPÍNOLA, Vera; GUERREIRO, Luis Fernando; BAZAN, Rafaela. A indústria de rochas ornamentais. Bahia:2004

TUBINO, Dalvio Ferrari. Manual do Planejamento e controle de produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; RIBEIRO, Adalberto de Figueiredo. Rochas ornamentais do Ceará – Aproveitamento de rejeitos da pedra asa branca em Santa Quitéria – CE. I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Bahia, 28/11/2001 a 01/12/2001.

Vieira Júnior H.T. 2001. Proposta de recuperação da granalha não ativa no desdobramento de rochas ornamentais em teares multilâminas.

[Digite texto]

Dissertação de Mestrado, Departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WELSCH, G.A.: Orçamento empresarial. São Paulo: Atlas, 1986.

WERNKE, R. 2001. Custos ambientais: uma abordagem teórica com ênfase na obtenção de vantagem competitiva. Revista de Contabilidade do CRC-SP, 5(15):40-49.