

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

MAYCON CHAGA DA SILVA

**UM ESTUDO DE DIFUSÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS: O CASO DO
SETOR FORNECEDOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A PRODUÇÃO
DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESPÍRITO SANTO.**

**VITÓRIA
2017**

MAYCON CHAGA DA SILVA

**UM ESTUDO DE DIFUSÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS: O CASO DO
SETOR FORNECEDOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A PRODUÇÃO
DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESPÍRITO SANTO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Robson Antonio Grassi.

VITÓRIA
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S586e Silva, Maycon Chaga da, 1988-
Um estudo de difusão de inovações tecnológicas : o caso do
setor fornecedor de máquinas e equipamentos para a produção
de rochas ornamentais no Espírito Santo / Maycon Chaga da
Silva. – 2017.
134 f. : il.

Orientador: Robson Antonio Grassi.
Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e
Econômicas.

1. Rochas ornamentais - Espírito Santo (Estado). 2.
Máquinas. 3. Inovações tecnológicas. I. Grassi, Robson Antonio,
1967-. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 330

MAYCON CHAGA DA SILVA

**UM ESTUDO DE DIFUSÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS: O CASO DO
SETOR FORNECEDOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A PRODUÇÃO
DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESPÍRITO SANTO**

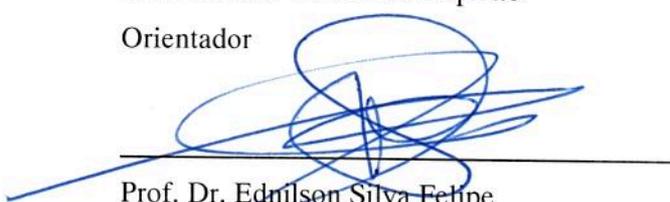
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Vitória, 29 de maio de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Robson Antonio Grassi
Universidade Federal do Espírito
Orientador



Prof. Dr. Ednilson Silva Felpe
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof.^a. Dr.^a. Angela Maria Morandi
Doutora em Economia pela UNICAMP

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por me conceder a oportunidade de conseguir avançar a cada dia, por ter estado sempre comigo e por ter me proporcionado a saúde física e mental, essencial para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a minha família por sempre me apoiarem em todas as minhas escolhas e muitas vezes também se engajarem para que eu alcance o sucesso no que me proponho a fazer. Durante toda a minha vida escolar e acadêmica, minha mãe sempre se mostrou disposta a contribuir com o meu conhecimento intelectual, seja investindo em boas escolas ou mesmo me ajudando em oração quando as minhas esperanças já haviam acabado.

Em seguida, agradeço ao professor Robson Grassi, pois sempre se mostrou à disposição para desenvolver a dissertação a ser apresentada da melhor forma possível, independente do dia ou do horário em que a dúvida surgisse e, principalmente, pelas trocas de conhecimento concedidas por ele como orientador. Sempre se mostrou empenhado e paciente para comigo.

Não posso esquecer-me dos meus amigos que sempre estiveram presente: Alana, Bárbara Cristina, Daniela, Diego Pessotti, Joelson, Janísia, Ighor, Leonardo, Marcus, Marina, Maria Amélia, Mayara, Renilda e Thiago, entre vários outros que contribuíram de alguma forma. Fiz muitos e ótimos amigos durante essa trajetória. Além dos membros que aceitaram participar da banca, Ednilson Silva Felipe, que esteve presente desde a primeira qualificação e a Ângela Maria Morandi, que já foi minha professora na graduação e estimulava muito a turma durante suas aulas, sobretudo as de empreendedorismo. Tenho certeza que toda sugestão contribuirá para que eu possa crescer, seja profissionalmente, intelectualmente e até mesmo como pessoa.

Aos empresários Denilson Carvalho, Jacqueline Simões, João Carlos, Sandro Pedrosa e aos demais que não puderam me atender, contudo se mostraram dispostos a sanar qualquer dúvida que fosse necessária, mesmo que distantes. A conversa com esses empresários foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa. Sabendo dessa importância, em muitas ocasiões, acabei me aproveitando o máximo possível do tempo dos mesmos.

Por fim, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida e ao corpo docente e secretaria do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGECO) da UFES.

RESUMO

A presente dissertação tem como objeto de estudo o setor de máquinas e equipamentos voltado para rochas ornamentais, no Espírito Santo, cujo maior propósito é identificar a forma de difusão tecnológica observada no setor. Para tanto, na análise, utiliza-se o referencial teórico neoschumpeteriano para a descrição de conceitos fundamentais ao processo inovativo, entre os quais, os de paradigma e trajetória tecnológica. A abordagem neoschumpeteriana destaca a importância dos aperfeiçoamentos tecnológicos como elementos essenciais ao processo de difusão, além da importância do direito de propriedade, como motivadores desse processo. Aperfeiçoamentos tecnológicos são constantes e essenciais para o desenvolvimento do setor de máquinas e equipamentos, todavia, a existência de direitos de propriedade é praticamente nula ou sem eficiência no setor, como comprovado pela pesquisa. Para o cumprimento do propósito denotado, principalmente devido à falta de pesquisas que pudessem servir como base para o aprofundamento no conhecimento sobre o setor, faz-se uso de entrevistas com fabricantes e pessoas que estiveram ligadas ao segmento. O setor de máquinas e equipamentos cresce junto ao setor de rochas ornamentais. Assim, torna-se interessante apresentar um panorama setorial do setor de rochas ornamentais, exibindo a cadeia produtiva com os principais elos e agentes envolvidos ao longo de cada etapa produtiva, além de descrever a situação mundial, brasileira e capixaba do setor. Ao fim, busca-se fazer uma descrição sucinta sobre a formação e desenvolvimento do setor de máquinas e equipamentos, destacando-se a empresa CIMEF como grande propulsora desse segmento, no Espírito Santo. Uma explanação, destacando os avanços das principais tecnologias utilizadas no processo de extração e beneficiamento, mostra que o maior avanço tecnológico ocorreu com a introdução do fio diamantado, inicialmente oriundo das pedreiras, mas que foi adaptado perfeitamente ao interior das serrarias, com os teares multifios. A dificuldade dos fabricantes em manter o direito de propriedade das inovações, por consequência, possibilita que a principal forma de difusão tecnológica constatada no setor de máquinas e equipamentos aconteça por intermédio da imitação. Processo que se diferencia da cópia, por conta do processo imitativo possibilitar a ocorrência de constantes aperfeiçoamentos tecnológicos, não observados com as cópias, que quando não realizadas de forma idêntica à inovação original, podem inviabilizar o funcionamento da nova tecnologia.

Palavras-chave: neoschumpeterianos, difusão tecnológica, máquinas e equipamentos, rochas ornamentais e imitação.

ABSTRACT

The present dissertation has as object of study the machinery and equipment sector, for ornamental rocks, in Espírito Santo, whose main purpose is to identify the form of technological diffusion observed in the sector. For this, in the analysis, the theoretical neoschumpeteriano reference is used for the description of concepts fundamental to the innovative process, among which: paradigm and technological trajectory. The neoschumpeterian approach emphasizes the importance of technological improvements as essential elements to the diffusion process, as well as the importance of the property right as motivators of this process. Technological improvements are constant and essential for the development of the machinery and equipment sector, but the existence of property rights is practically nil or inefficient. In order to fulfill the stated purpose, mainly due to the lack of research that could serve as a basis for the deepening of the knowledge about the sector, interviews with manufacturers and individuals that have been linked to the segment are used. The machinery and equipment sector grows along with the sector of ornamental rocks. Thus, it is interesting to present an overview of the sector of ornamental rocks, showing the production chain with the main links and agents involved throughout each production stage, as well as describing the world, brazilian and capixaba situation of the sector. Finally, a brief description of the formation and development of the machinery and equipment sector, highlighting CIMEF as the main driver of this segment, in Espírito Santo. An explanation, highlighting the advances of the main technologies used in the extraction and processing process, shows that the greatest technological advance occurred with the introduction of diamond wire, originally from quarries, but perfectly adapted inside sawmills, with multifibre looms. The difficulty of manufacturers in maintaining the right to own innovations, therefore, makes it possible for the main form of technological diffusion in the machinery and equipment sector to happen through imitation. A process that differs from the copy because of the imitative process allows for the occurrence of constant technological improvements, not observed with the copies, which, when not performed in the same way as the original innovation, could render the new technology unworkable.

Keywords: neoschumpeterian, technological diffusion, machinery and equipment, ornamental rocks and imitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tear multilâmina.....	102
Figura 2 – Tear multifio.....	103
Figura 3 – Fio diamantado.....	103
Figura 4 – Politriz manual	107
Figura 5 – Politriz multicabeças	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução do comércio mundial de rochas ornamentais: 2000–2014	60
Gráfico 2 – Distribuição regional da produção bruta de rochas ornamentais, no Brasil	64
Gráfico 3 – Evolução da produção brasileira de rochas ornamentais: 2000–2014.....	64
Gráfico 4 – Perfil da produção brasileira de rochas ornamentais: 2014.....	65
Gráfico 5 – Evolução das exportações brasileiras de rochas ornamentais: 2000–2015.....	65
Gráfico 6 – Evolução do faturamento das exportações brasileiras de rochas ornamentais: 2000–2015	67
Gráfico 7 – Principais destinos das exportações brasileiras de rochas ornamentais: 2015	68
Gráfico 8 – Evolução do faturamento das exportações capixaba de rochas ornamentais: 2000–2015	78
Gráfico 9 – Resultados quantitativos da comparação entre os teares multifios e os teares multilâminas.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Histórico da evolução da produção mundial de rochas ornamentais: 2000–2014 .	57
Tabela 2 – Taxa de crescimento geométrico da produção mundial de rochas ornamentais: 2000–2014	58
Tabela 3 – Maiores produtores mundiais de rochas ornamentais: 2005 – 2014.....	59
Tabela 4 – Maiores exportadores mundiais de rochas ornamentais: 2014.....	61
Tabela 5 – Maiores importadores mundiais de rochas ornamentais: 2014.....	62
Tabela 6 – Repartição da produção, intercâmbio e consumo interno de rochas ornamentais, no Brasil: 2010–2015	69
Tabela 7 – Distribuição do consumo interno de rochas ornamentais por região: 2014.....	70
Tabela 8 – Distribuição Estadual da Produção de rochas ornamentais no Brasil: 2013	76
Tabela 9 – Comparativo entre os valores arrecadados com a exportação de rochas ornamentais manufaturadas e brutas entre o Brasil e o Espírito Santo: 2010–2015.....	78
Tabela 10 – Tipo de atividades e aglomerações regionais do setor de rochas ornamentais no Espírito Santo: 2014	84
Tabela 11 – Concentração das empresas de máquinas e equipamentos por município	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores e determinantes do ritmo da inovação	47
Quadro 2 – Tipos de difusão e formas de transferência	47
Quadro 3 – Dimensão setorial do segmento de rochas ornamentais no Brasil: 2015	63
Quadro 4 – Máquinas e equipamentos produzidos em Cachoeiro do Itapemirim.....	94
Quadro 5 – Tipos de difusão e formas de transferência no setor de máquinas e equipamentos	117
Quadro 6 – Fatores que estimulam a competitividade no setor de máquinas e equipamentos.....	117

LISTA DE SIGLAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais

BANDES – Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo

CETEM – Centro Tecnológico de Tecnologia Mineral

CETEMAG – Centro Tecnológico do Mármore e Granito

CIMEF – Comércio, Indústria Mecânica, Elétrica e Fundação Ltda

CIVIT – Centro Industrial de Vitória

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

IDEIES – Desenvolvimento Educacional Industrial do Espírito Santo

IFES – Institutos Federais do Espírito Santo

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

RB – Rochas Brutas

RCB – Rochas Carbonáticas Brutas

RP – Rochas Processadas

RSB – Rochas Silicáticas Brutas.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Espírito Santo

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINDIFERES – Sindicato das Indústrias Metalúrgicas e de Material Elétrico do Estado do Espírito Santo

SINDIROCHAS – Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais, cal e calcários do Espírito Santo

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UNESF – Faculdade de Tecnologia São Francisco

FACI – Faculdade de Cachoeiro do Itapemirim

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	15
2 – A PERSPECTIVA NEOSCHUMPETERIANA DO PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA	18
2.1 – AS CONCEPÇÕES NEOSCHUMPETERIANAS A RESPEITO DA INOVAÇÃO E DA DIFUSÃO	19
2.1.1 – Elementos norteadores da inovação.....	19
2.1.2 – Elementos norteadores da difusão	23
2.1.3 – Tipos de difusão	25
2.1.4 – Mecanismos de apropriação e domínio	27
2.1.5 – A importância do conhecimento e do aprendizado no processo de difusão	30
2.1.6 – Fatores responsáveis por contribuir para a propagação do processo de difusão.....	31
2.2 – OS MODELOS NEOCLÁSSICOS DE DIFUSÃO, SUAS CRÍTICAS E AS PROPOSIÇÕES DOS MODELOS NEOSCHUMPETERIANOS	34
2.2.1 – Os principais modelos neoclássicos de difusão, suas críticas e impossibilidade dos elementos dinâmico.....	34
2.2.2 – A perspectiva dos modelos neoschumpeterianos de difusão tecnológica	39
2.2.3 – Modelo evolucionário de Nelson & Winter	39
2.2.4 – MODELO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA DE SILVERBERG, DOSI E ORSENIGO	41
2.2.5 – Modelo de difusão tecnológica de metcalfe	43
2.3 – CONCLUSÃO	46
3 – ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA ANÁLISE DO PANORAMA SETORIAL	49
3.1 – CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS	50
3.2 – PANORAMA MUNDIAL E NACIONAL DA PRODUÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS	57
3.2.1 – Síntese do panorama mundial do setor de rochas ornamentais.....	57
3.2.2 – Panorama do mercado brasileiro do setor de rochas ornamentais.....	62
3.2.3 – O consumo interno	68

3.3 – O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	70
3.3.1 – O processo histórico de formação do segmento de rocha ornamentais no Espírito Santo.....	70
3.3.2 – O contexto atual do setor de rochas ornamentais no estado do Espírito Santo	75
3.3.3 – Cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais no Espírito Santo	81
3.4 – CONCLUSÃO	88
4 – O PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA NO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	90
4.1 – FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	91
4.1.1 – Principais setores demandantes das máquinas e equipamentos produzidos no Espírito Santo.....	99
4.2 – BREVE ANÁLISE DA TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS PELO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESPÍRITO SANTO	100
4.3 – TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO E FORMA DE APRENDIZADO NO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	110
4.4 – O PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA NO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	112
4.5 – CONCLUSÃO.....	119
5 – CONCLUSÃO	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	130

1 – INTRODUÇÃO

A primeira iniciativa empresarial voltada ao setor de rochas ornamentais, no Estado do Espírito Santo, originou-se na década de 1920, no município de Cachoeiro do Itapemirim, por meio de beneficiamento secundário, corte e polimento, de materiais oriundos do Rio de Janeiro, São Paulo, Portugal e Itália. Na mesma época, promove-se a primeira tentativa de se estabelecer empresas direcionadas ao beneficiamento primário das rochas, serragem, com o auxílio de teares feitos em madeira e movidos por uma roda d'água. Somente a partir de década de 1960, a produção comercial deste segmento começou a se consolidar, com destaque para a formação de um polo transformador de rochas ornamentais no município de Cachoeiro do Itapemirim.

Todavia, por volta de 1965, o processo de extração dos blocos de mármore e granito ainda apresentava grandes precariedades. Os blocos eram extraídos com a utilização de marretas e um pedaço de ferro oitavado. Além de toda a dificuldade apresentada no processo de extração dos blocos, o processo de serragem também apresentava inúmeras dificuldades, devido principalmente à falta de quem fabricasse tecnologias capazes de auxiliar o processo de serragem do mármore e a ausência de pessoas que soubessem lidar com os teares importados existentes, no Espírito Santo.

Essas precariedades tecnológicas, descritas no setor de rochas, acabaram suscitando a necessidade de desenvolver, no estado, mais precisamente no município de Cachoeiro do Itapemirim, maior produtor brasileiro de mármore na época, tecnologias capazes de suprir a demanda por máquinas e equipamentos, necessários ao desenvolvimento do setor de rochas ornamentais. Entretanto, as empresas localizadas na região, apesar de possuírem recursos, não dispunham de conhecimentos tecnológicos suficientes para fabricar tecnologias adequadas. Para tanto, tornou-se imprescindível a compra de projetos de empresas europeias, centro tecnológico mais desenvolvido, com o intuito de adequar esses projetos às especificações e exigências das empresas locais. Nasce, então, o setor de máquinas e equipamentos, voltado para rochas ornamentais, em terra capixaba.

O setor, que até o início da década de 1970 ainda dava seus primeiros passos, no decorrer dos anos, cria capacidade e estrutura a ponto de adquirir condições suficientes para produzir qualquer tipo de produto pleiteado pelo segmento de rochas. Até a produção de fio diamantado, maior inovação observada no setor, já pode ser confeccionada no estado. Surge,

assim, o estímulo para a elaboração do objetivo geral da pesquisa, que busca identificar a forma como ocorre a difusão dessas tecnologias, no Espírito Santo, bem como a importância da formação de um polo produtor e especializado, na região de Cachoeiro do Itapemirim, que estimula a competitividade das máquinas e equipamentos brasileiros, sobretudo os produzidos localmente.

Incluindo essa introdução e a conclusão, a presente dissertação está estruturada em cinco capítulos. O segundo capítulo aborda como tema principal da dissertação sob a perspectiva neoschumpeteriana de difusão tecnológica, trazendo importantes conceitos, tais como os de paradigma e trajetória tecnológicos, concepções que orientam o caminho a ser percorrido pela inovação. Faz-se uma descrição dos elementos norteadores da inovação e difusão tecnológica, bem como, uma apresentação das tipologias de difusão, entre as quais se destacam: a difusão desincorporada, a difusão por intermédio de equipamentos incorporados e a imitação. No entanto, é preciso esclarecer que o processo de difusão não ocorre de forma desordenada, isto é, existe uma série de mecanismos capazes de interferir diretamente no processo de difusão, os direitos de propriedade conferidos aos empresários, por exemplo. Atenta-se para as patentes, o segredo industrial, o pioneirismo, os ativos complementares e o *design* dominante. Elabora-se uma breve explanação sobre a importância do conhecimento, do aprendizado e dos fatores que favorecem para a propagação da difusão, e o capítulo também ressalta, ainda que não adentrando na complexidade matemática que englobam muitos dos modelos, os modelos de difusão tecnológica desenvolvidos pelas abordagens neoclássica e neoschumpeteriana.

O terceiro capítulo retrata uma análise do panorama setorial do segmento de rochas ornamentais. Esse panorama é importante, principalmente, para conseguir compreender a relevância do setor de rochas ornamentais, para o Espírito Santo, e, assim, buscar assimilar o quanto a produção de máquinas e equipamentos, no estado, pode favorecer para que o setor de rochas ornamentais aumente sua competitividade, frente aos demais países produtores, muito em virtude da produção de equipamentos cooperar para o aprimoramento dos processos produtivos envolvidos na cadeia produtiva do setor. Desenvolve-se uma análise evidenciando os principais elos da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais e uma síntese com o panorama mundial, brasileiro e capixaba do segmento. Procura-se enfatizar dados referentes aos principais países produtores, evolução comercial, exportação, importação, distribuição bruta da produção regional e consumo interno brasileiro, além da localização das aglomerações regionais do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo.

O quarto capítulo expõe o processo de difusão tecnológica no setor de máquinas e equipamentos identificado no estado. Observa-se, a partir da tipologia de difusão tecnológica apresentada, ao longo da pesquisa, que o processo de difusão tecnológico no setor de máquinas e equipamentos ocorre essencialmente por meio da imitação. Entretanto, antes de chegar a essa constatação, torna-se interessante fazer uma abordagem com relatos sobre a formação e desenvolvimento do setor, uma breve análise da trajetória tecnológica das principais tecnologias demandadas e a forma de aprendizado que envolve a relação fabricante e usuário, o que contou com a fundamental colaboração de atores relevantes do setor, que, com suas detalhadas informações, puderam reduzir a lacuna representada pela deficiência de dados encontrados sobre esse importante segmento da indústria capixaba.

Para se chegar ao objetivo da pesquisa e descobrir a forma como ocorre o processo de difusão tecnológico no setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, foram entrevistados alguns empresários que atuam no segmento, tais como: Jacqueline Simões, proprietária da empresa Rosh, localizada no município da Serra; Sandro Pedrosa, proprietário da empresa Tecno-Ita, localizada no município de Cachoeiro do Itapemirim; João Carlos, proprietário da empresa Metalgran, localizada no município de Cachoeiro do Itapemirim e de pessoas que atuaram no setor, como o caso do senhor Denilson Carvalho, um dos responsáveis pela criação do CETEMAG e o caso do senhor José Antônio Bof Buffon, o qual já participou ativamente de alguns projetos voltados para o segmento. Outros empresários foram procurados, porém não se mostraram dispostos a contribuir com a pesquisa, cujo principal argumento foi a dificuldade na disponibilidade de tempo. Com base nas perguntas elaboradas e nas respostas concedidas, pôde-se identificar a imitação como a principal forma de difusão das inovações tecnológicas e, conseqüentemente, trazer informações de um setor até então não abordado de forma consistente pelas literaturas que tratam do segmento de rochas ornamentais, no Espírito Santo.

2 – A PERSPECTIVA NEOSCHUMPETERIANA DO PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA.

O modo de produção capitalista encontra-se em constante transformação. Seu caráter evolutivo propicia, em virtude dessas transformações, mudanças na situação econômica. Essas transformações, que favorecem o desenvolvimento dos processos inovadores, decorrem principalmente em virtude das crises, das guerras e das revoluções, frequentemente propiciando transformações industriais. Apesar das transformações que ocorrem no modo de produção capitalista atuarem como suportes para o desenvolvimento dos processos inovadores, os encarregados pela propagação das inovações são os empresários.

O empresário empreendedor é apontado por Schumpeter (1961) como o principal responsável pela disseminação de inovações. Sua função é reformular o sistema de produção com o uso de inovações, colaborando para o surgimento de novas possibilidades tecnológicas na produção de novas mercadorias ou com a modernização de fabricações antigas. O empresário atua como a “força motriz de um grande número de fenômenos significativos” (SCHUMPETER, 1996, p. 88). Além do empresário empreendedor, Schumpeter (1996) aponta o crédito, entendido como uma transferência temporária de poder de compra, como outro elemento essencial no processo de inovação, capaz de proporcionar ao empresário a condição para efetuar novas combinações de fatores, tornando-se empreendedor.

Nos anos 70, começou a desenvolver-se um conjunto de estudos que buscava averiguar a influência da mudança tecnológica no desenvolvimento industrial e econômico de países e empresas. Baseados em Schumpeter, os neoschumpeterianos, também conhecidos como evolucionistas, defendem a premissa de que a mudança tecnológica seja o motor do desenvolvimento capitalista, e a firma o local no qual o empresário inovador atua e desenvolve suas inovações. A novidade introduzida pelos autores neoschumpeterianos foi externar que a separação entre oferta e demanda, abordada pelos neoclássicos, era equivocada.

Os autores neoclássicos debatiam se o progresso técnico era demarcado pelo lado da oferta, particularmente através da dinâmica de inovações deliberada pelo avanço do conhecimento científico e pela anuência das atividades de P&D industriais, *technology-push*, ou pelo lado da demanda, por meio das preferências designadas pelos consumidores, *demand-pull*. Os neoschumpeterianos mostram que essa separação entre oferta e demanda é falaciosa, tendo em vista que, na visão desses autores, “o progresso técnico resulta do desenvolvimento de

inovações que dependem não apenas da natureza do setor em que as inovações são geradas ou adotadas como também de fatores institucionais” (LA ROVERE, p. 286, 2006).

La Rovere (2006) complementa, portanto, que o progresso técnico, na abordagem neoschumpeteriana, é considerado o componente que afeta diretamente o processo de crescimento econômico, após introduzir transformações que modificam as estratégias produtivas das empresas. Essas transformações são protegidas tanto por aspectos intrínsecos à firma, essenciais para o avanço do conhecimento tecnológico aceito, suscitando trajetórias e paradigmas tecnológicos, quanto por aspectos extrínsecos à firma, que configuram os limites econômicos, sociais e políticos do progresso técnico, estabelecendo paradigmas tecnoeconômicos de produção.

A proposta a ser desenvolvida no capítulo tem como tema central uma revisão bibliográfica sobre o processo de difusão tecnológica, com o enfoque nas concepções neoschumpeterianas. Para tanto, o capítulo será dividido em duas seções. A primeira seção apresenta os elementos norteadores da inovação e do processo de difusão. Na segunda seção faz-se uma breve análise sobre os modelos neoclássicos de difusão, apontando algumas críticas e, posteriormente, adentra-se na ótica dos modelos de difusão neoschumpeterianos. Não será empreendida uma discussão detalhada dos modelos, em vista da alta complexidade matemática dos testes de simulação computacional que os envolve. Desse modo, a seção se limitará a fazer uma apresentação dos modelos e destacar os resultados alcançados.

2.1 – AS CONCEPÇÕES NEOSCHUMPETERIANAS A RESPEITO DA INOVAÇÃO E DA DIFUSÃO.

2.1.1 – Elementos norteadores da inovação

O aumento da capacidade tecnológica das empresas amplia sua busca por inovações, fomentando o seu crescimento econômico. Dosi (2006) define tecnologia como uma associação de conhecimentos de caráter “prático” e “teórico”. Os conhecimentos “práticos” estariam relacionados diretamente aos problemas produtivos concretos. Os conhecimentos “teóricos” envolveriam *know-how*, métodos, procedimentos, experiências de sucesso e de revés, além dos dispositivos físicos e dos equipamentos. Uma parte da tecnologia é composta pela experiência oriunda do empenho na resolução de problemas tecnológicos passados. Sob esse ponto de vista, a tecnologia abrange, quando baseada na resolução dos problemas

tecnológicos apurados no passado, a “percepção” limitadora das diversas outras novas possibilidades tecnológicas e de futuros desenvolvimentos nocionais (DOSI, 2006).

A ideia de tecnologia descrita por Dosi é útil para se investigar como são elaborados e transmitidos os padrões que uma mudança técnica seguirá, adentrando as noções dos paradigmas tecnológicos e das trajetórias tecnológicas. Kupfer (1996) e La Rovere (2006) mencionam que o conceito de “paradigma tecnológico” desenvolvido por Dosi é uma adaptação do conceito de “paradigma científico”, proposto por Thomas Kuhn, em 1962.

O “paradigma tecnológico” é entendido por Dosi (1982, p. 152) como “(...) um modelo ou padrão de soluções de um conjunto de problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios selecionados, derivados das ciências naturais, e em tecnologias materiais selecionadas”. O paradigma tecnológico irá funcionar como um “direcionador” do progresso técnico, provido de um “poderoso efeito de exclusão”, ao propiciar uma redução do número de possibilidades de desenvolvimento tecnológico (Kupfer, 1996). Ao escrever sobre a heurística seletiva, presente no “paradigma tecnológico”, Dosi (2006, p. 42) argumenta que:

Um paradigma tecnológico, ou programa de pesquisa, incorpora fortes prescrições sobre as direções da mudança técnica a perseguir e a negligenciar. Dados alguns esforços tecnológicos genéricos, como, por exemplo, aqueles relativos ao transporte de mercadorias e passageiros, à produção de compostos químicos com certas propriedades, ou à comutação e amplificação de sinais elétricos, emergiram determinadas tecnologias específicas, com suas próprias soluções para os problemas, por meio da exclusão de outras tecnologias nocionalmente possíveis.

Freeman & Perez (1988) entendem que o paradigma tecnológico se restringe às mudanças de caráter técnico, de produto e produtivo, desconsiderando mudanças que ocorrem nos custos e estão interligadas às condições de produção e distribuição. “As mudanças envolvidas vão além de tecnologias específicas de produtos e processos e afetam a estrutura de custos e as condições de produção e distribuição do sistema” (FREEMAN & PEREZ, 1988, p. 47). Freeman & Perez, então, desenvolvem o conceito de paradigma tecnoeconômico, com o intuito de expandir o escopo de paradigma tecnológico, proposto por Dosi, incluindo na análise dos processos competitivos componentes essenciais, além do progresso técnico.

O paradigma tecnoeconômico é definido por Freeman & Perez (1988) como uma junção do processo de inovação em produto, processo e técnicas, organizacionais e administrativas, facilitando o surgimento de novas oportunidades de investimento e de produto, expandindo o estudo para além dos fatores técnicos, de produtos e produtivos, atribuídos à análise de paradigma tecnológico proposta por Dosi.

Ao definir o conceito de paradigma tecnoeconômico, Freeman & Perez (1988) pretendiam compreender as mudanças que ocorrem ao longo dos ciclos de crescimento. La Rovere (2006) considera que a noção de paradigma tecnoeconômico segue a ideia schumpeteriana de ciclos de crescimento e de “ondas de destruição criadora”. A retomada das percepções schumpeterianas de crescimento e “ondas de destruição criadora”, por Freeman & Perez (1988), está ligada às oscilações pelas quais passam os ciclos de crescimento, causadas pelas revoluções tecnológicas, com a introdução de inovações radicais e incrementais, que alteram as formas de organização da produção, provocando uma necessidade de reestruturação institucional, de modo a oferecer suporte para um novo paradigma. Por essa perspectiva, na transição para um novo paradigma ocorre uma forte interação entre os processos tecnológicos, organizacionais e institucionais, o que afeta toda a economia e propicia à sociedade uma nova dinâmica organizacional.

No interior de um paradigma tecnológico há vários “modelos” ou “padrões” a serem percorridos. Isso posto, os paradigmas tecnológicos instituem a ideia de trajetória tecnológica como critério a ser observado ao se propor a formulação e a solução de problemas específicos inerentes ao próprio paradigma. Na definição feita por DOSI (1982, p. 154), a trajetória tecnológica é “como um padrão de atividade ‘normal’ de resolução do problema, com base num paradigma tecnológico”. A existência de inúmeras trajetórias tecnológicas faz com que suscite a necessidade de selecionar e estabelecer a trajetória a ser percorrida no interior do paradigma tecnológico. Para tanto, o primeiro nível de seleção parte de duas perguntas: há alguma aplicação prática? Uma aplicação hipotética pode ser comercializada? (DOSI, 2006). No entanto, outros pontos importantes devem ser levados em consideração ao se definir a direção/trajetória do progresso técnico, dentre os quais: fatores sociais, institucionais e econômicos. Dosi (2006, p. 44) sobressai os fatores econômicos:

Entre ambos, num campo que já devemos chamar de tecnologia, pois está especificamente (“economicamente”) direcionando, as atividades que têm como o objetivo o “progresso técnico” ainda apresentam muitos procedimentos e características semelhantes à “ciência”, isto é, a atividade de resolução do problema através de linhas definidas pela natureza do paradigma. Os critérios econômicos, que agem como seletores, definem cada vez mais precisamente as trajetórias reais seguidas, dentro de um conjunto muito mais de trajetórias possíveis.

A sentença que acaba de ser citada retrata a relevância dos critérios econômicos como selecionadores de uma trajetória tecnológica. Dosi (1982, p. 156) acrescenta que:

O ambiente econômico e social acaba afetando o progresso técnico de duas formas, primeiro, selecionando a direção das mutações (i.e. selecionando o paradigma

tecnológico) e, então, selecionando entre os mutantes, de um modo mais darwinista (i.e. seleção *ex post* entre tentativas e erros de tipo schumpeteriano).

Quando uma firma define a trajetória tecnológica a seguir, espera-se lograr resultados positivos. Todavia, o sucesso da trajetória tecnológica definida acaba por dificultar a ocorrência de mudanças de direção dessa trajetória. Uma firma que consiga aumentar sua produção juntamente com a redução de custos e, conseqüentemente, aumente seus lucros após ter escolhido determinada trajetória, dificilmente optará por alguma mudança (DOSI, 2006).

Nesse sentido, Tigre (2006) incorpora a ideia de “guerras de padrões”. Para o autor, quando uma inovação de caráter radical surge, sua viabilidade técnica e econômica ainda não foi testada de fato no mercado. Nesse momento ocorre o que Tigre (2006, p. 94) intitula “guerras de padrões”, até que uma ou apenas poucas trajetórias tecnológicas possam se consolidar na firma. Isto é, ainda que novas direções de trajetórias tecnológicas surjam, “(...) o resultado do sucesso comercial de um determinado protocolo, ou de um conjunto de regras de inter-relação técnicas, ou um conjunto de regras estabelecidas em comum acordo com o governo, associações e organismos multilaterais determinam o ‘padrão oficial’”.

Assim como os paradigmas e as trajetórias tecnológicas não podem ser separados, a julgar pelo paradigma tecnológico se apresentar como um “modelo” ou “padrão” de resolução de problemas e a trajetória tecnológica a direção que o progresso técnico deve seguir após as soluções explicitadas pelo paradigma, o processo de difusão tecnológica não pode se distanciar desses conceitos.

(...) a difusão alimenta e direciona a trajetória da inovação, revelando as necessidades cambiantes da demanda por soluções técnicas. A capacidade para aperfeiçoar e adaptar um novo produto ou processo às condições específicas de um setor ou país é fundamental para o sucesso da difusão tecnológica (TIGRE, 2006, p. 88).

Na avaliação de Dosi, (2006, p. 130), quanto à relação entre paradigma, trajetória e difusão, “o paradigma tecnológico também determina, junto com as “dimensões”, trajetórias, que definem o progresso, o âmbito (o “potencial”) das inovações e dos aperfeiçoamentos, e a facilidade na realização desses aperfeiçoamentos e inovações”. Em suma, a inovação é um processo dinâmico, em constante evolução, impulsionado pelo paradigma tecnológico que irá atuar como um ponto de partida para o processo de difusão, concebido ao longo de uma trajetória tecnológica.

2.1.2 – Elementos norteadores da difusão

O conceito de difusão tecnológica faz parte do conjunto de conceitos que estruturam o arcabouço teórico sobre a análise dos impactos econômicos do progresso técnico. Os estudos que envolvem o processo de difusão tecnológica evoluíram ao longo do tempo, concomitantemente com os avanços teóricos e empíricos para melhor compreensão do processo de inovação (FURTADO, 2006). Torna-se interessante fazer uma distinção, de forma sucinta, entre os termos inovação e invenção que, de acordo com Furtado (2006, p. 168), “abriu a porta, no pós-guerra, para todo um ciclo de estudos sobre a difusão tecnológica”.

Seguindo a distinção adotada por Schumpeter (1996), uma invenção seria a criação de um novo produto que pode ou não ter alguma relevância econômica. Para que uma invenção se converta numa inovação é necessário que essa invenção se transforme em uma mercadoria ou em um novo processo de produção que possa ser explorado economicamente. A inovação seria o processo no qual novas combinações de recursos, já existentes, são utilizadas para a produção de novas mercadorias, ou para a produção de mercadorias já existentes, porém de modo mais eficiente, ou ainda para conseguir acessar novos mercados.

Em Freeman & Soete (2008, p. 26), essa “distinção conceitual de Schumpeter entre invenção e inovação é bastante válida”. A contribuição dos autores, entretanto, aborda a invenção como uma ideia, um esboço ou um modelo para um novo ou aperfeiçoado instrumento. As inovações, no sentido econômico, só serão concluídas quando ocorrer uma primeira transação comercial envolvendo o novo produto, sistema de processo ou artefato. Por conseguinte, uma inovação tão somente acontece quando é colocada em uso, podendo ser desde um produto até uma nova técnica ou modelo de gestão, com capacidade de gerar valor para a economia. Novas invenções podem surgir com frequência no desdobrar do processo inovativo e outras mais podem aparecer no transcorrer do processo de difusão.

Furtado (2006) destaca que, ao contrário de invenção, que era consequência da disposição científica e tecnológica dos indivíduos, e da inovação, que decorria da aspiração empreendedora dos empresários, a difusão tecnológica, até então, estava sujeita a modelos, desenvolvidos durante as décadas de 1950 e 1960 e que procuravam desvendar quais os fatores econômicos que influenciam a velocidade de difusão das inovações.

De acordo com Torres (2012), o processo de difusão de novas tecnologias é tão, ou talvez mais, importante quanto o próprio processo de inovação. A capacidade dos agentes em desenvolver ideias é um passo fundamental para o progresso tecnológico, entretanto, sem o processo que envolve a difusão tecnológica, haveria pouco valor, por exemplo, para o estudo envolto do desenvolvimento econômico. Se o processo inovativo se restringisse a um grupo específico de indivíduos ou firmas, seus impactos sobre a economia como um todo poderiam não ser tão relevantes. Contudo, o processo que circunda a difusão de inovações é um processo social conflitante.

Do ponto de vista do agente inovador, o importante seria manter o monopólio sobre a inovação desenvolvida, assim, conquistaria a possibilidade de absorver lucros extraordinários. Do ponto de vista social, uma nova tecnologia, quando amplamente empregada, pode contribuir para elevar o padrão de vida da sociedade, seja por conta de uma maior produção com o consumo inferior de recursos, seja por conta da produção de mercadorias de melhor atributo. Não obstante, a difusão não é um método simples. A transferência de tecnologia entre os agentes pode ocorrer de diferentes formas: por imitação, compra de equipamentos com uma nova tecnologia incorporada, ou mesmo de forma desincorporada. A forma como a difusão ocorre irá depender da natureza da tecnologia, das possibilidades de apropriação e dos conhecimentos e capacitações necessárias à sua adoção (TORRES, 2012).

Ainda, segundo Torres (2012), o processo de difusão ocorre lentamente, empregado principalmente quando os custos de sua implementação são inferiores aos custos de preservar a tecnologia antiga. Além disso, o seu impacto em relação à produtividade agregada será maior ou menor consoante à aplicação da nova tecnologia nos diversos setores da economia. Os encadeamentos inter-setoriais também são importantes. A título de exemplo, a ocorrência de melhoria nos transportes, pode favorecer o aumento da produtividade em outros setores, como a agricultura, melhorando as formas de escoamento e contribuindo para a preservação e redução das perdas de produção durante o transporte do produto até o destino final. Uma inovação que age de forma isolada, portanto, não contribui para o crescimento da produtividade.

A construção teórica de Cribb (2002) suscita que a difusão tecnológica não deve ser sintetizada à “aquisição de máquina ou projetos” ou à “incorporação de informações”. A difusão engloba, ademais, uma série de melhorias significativas que moldam as inovações iniciais com o objetivo de atribuir-lhes melhor desempenho. Essas melhorias que ocorrem em

dada tecnologia, no decorrer do processo de difusão, são caracterizadas por meio de duas etapas: Na etapa inicial de adoção da inovação, as características básicas desta são suscetíveis a melhoramentos ou adaptação a novas condições. Na segunda etapa, com o processo de difusão em curso, diversas melhorias podem ocorrer nas unidades produtivas que a utilizam. De modo que a tecnologia inicial poderá assimilar distintas modificações em função dos propósitos e de suas condições de uso. Esses aperfeiçoamentos incrementais, pelos quais passa uma inovação, não estão restritos a curtos espaços de tempo, mas ocorrem durante todo o seu período de vida útil e são de importante impacto para o processo de difusão (HERNANDEZ, 2005).

À medida que um produto passa por aperfeiçoamentos, versões mais adaptadas para determinados tipos de usuários vão surgindo, e assim “cada vez mais usuários potenciais acham vantajosa a adoção dessa tecnologia” (NELSON, 2005, p.68). Existem alguns tipos de difusão que favorecem a disseminação de uma tecnologia. Alguns processos, de acordo com Tigre (2006), podem ser obtidos através de encontros entre engenheiros e cientistas de empresas inovadoras, publicações e encontros técnicos abertos, outros processos podem ser obtidos através da relação entre fornecedores e usuários que, Tigre (2006, p.145) evidencia como “uma das principais fontes difusoras do progresso técnico”.

2.1.3 – Tipos de difusão.

O ambiente empresarial possibilita as empresas adquirirem condições de aprendem umas com as outras devido ao constante fluxo de informações, ideias e *know-how*, disponíveis no ambiente. Conforme as firmas transbordem conhecimento, isto é, quando os benefícios provindos de um investimento realizado não são de exclusividade do inovador, a aquisição de novos produtos possibilita à firma adquirir tecnologia de seus fornecedores. Desse modo, a tecnologia pode estar incorporada aos insumos intermediários, bens de capital ou pessoas, ser obtida por meio da compra ou venda em sua forma desincorporada ou pode, ainda, ser difundida por outros meios, como a imitação (MATOS, MATOS, ALMEIDA, 2007).

Matos, Matos e Almeida (2007), salientam duas formas distintas pelo qual uma tecnologia pode ser difundida, assim como citado anteriormente, com base em Torres (2012) e pode ser constatado em Tigre (2006, p. 116): i) a difusão desincorporada e ii) a difusão tecnológica de equipamentos incorporados.

- O processo de difusão tecnológica desincorporada se caracteriza pela publicidade dos resultados das pesquisas e pela capacidade das firmas em absorver esses resultados, isto é, nas habilidades que as firmas terão que desempenhar para aprender a se utilizar da nova tecnologia. Um dos principais mecanismos que atuam no interior desse processo de difusão é o mecanismo de pesquisa vazada. Esse mecanismo é caracterizado quando uma firma desenvolve um novo processo inovativo, porém não há apropriação dos seus resultados, em razão dos conhecimentos desenvolvidos estarem potencialmente disponíveis às demais firmas. Os principais mecanismos de transmissão da difusão desincorporada são: a venda dos direitos de patentes, o licenciamento da inovação, divulgação de novos conhecimentos em conferências e seminários, incorporação de organizações, entre outros. A sua velocidade de adoção está relacionada com a lucratividade ou com o tempo de obtenção do retorno do investimento realizado, do tamanho das firmas e dos dispêndios angariados com a inovação concomitante ao ativo da firma.
- O processo de difusão tecnológica de equipamentos incorporados é o processo pelo qual as inovações são absorvidas através da compra de máquinas tecnologicamente intensivas, bens de capital, que resultam na ampliação da esfera produtiva e redução de custos. São poucas as indústrias que atuam como fornecedoras de novas tecnologias para outras indústrias. A estrutura de mercado existente nesse ambiente tem caráter predominantemente oligopolista. No processo de difusão tecnológica desincorporada, a velocidade da difusão de equipamentos incorporados irá depender de alguns fatores, dentre os quais: a qualidade do suporte técnico oferecido pelo provedor do equipamento. O processo de aprendizado no manuseio e manutenção do equipamento irá proceder dos esforços dos usuários em aprimorar sua própria capacitação. Em alguns casos, esse aprendizado pode cooperar para os usuários adaptarem e aperfeiçoarem o equipamento assimilado.

Além das duas formas de difusão referidas acima: i) a difusão desincorporada, relacionada à transmissão de ideias, conhecimento, perícia, entre outros e ii) a difusão incorporada, que ocorre quando a inovação inicial é absorvida no produto da empresa, existe outra possibilidade pela qual uma inovação pode ser difundida, a imitação.

Torres (2012) expõe que a imitação de determinada inovação tem a capacidade de favorecer o desencadeamento de um ciclo de investimentos por parte dos empresários imitadores que, por

consequência, levará à difusão da tecnologia introduzida pelo empresário inovador. As pressões arroladas no processo competitivo forçam as empresas a acompanharem de perto o ritmo das inovações no mercado. O processo de imitação das inovações já introduzidas pelas firmas inovadoras contribui para redução dos riscos, decorrentes da incerteza forte no entorno dos processos inovativos. São os lucros alcançados pelos inovadores os maiores responsáveis por estimular as demais empresas a segui-los. O processo de inovar é um processo custoso, significa direcionar grandes somas e esforços em investimento, as chances de uma firma inovadora não ter sua inovação aceita no mercado pode ocasionar grandes prejuízos, podendo levar à sua eliminação do mercado.

É preciso levar em consideração, contudo, que uma imitação é uma tentativa de se “copiar” uma inovação original, ou seja, ela se aproxima da inovação original, mas não é a mesma inovação. A imitação não é realizada por intermédio do inovador original. Assim, a imitação reduzirá o lucro da primeira firma inovadora, contribuindo para que ela perca o monopólio da inovação e, por consequência, os lucros decorrentes do seu pioneirismo. Em muitas ocasiões as rendas resultantes da inovação não são absorvidas pelas firmas inovadoras, mas por firmas presentes no mercado, cuja velocidade de imitação é elevada. O interesse do inovador é que a difusão ocorra sob o seu controle, e, assim, manter sob seus domínios a renda proveniente da inovação. Conforme pode ser investigado em Teece (1986), não são poucos os casos onde imitadores, mesmo sem lançar produtos inteiramente novos, conseguem através de redesenho e aperfeiçoamentos, aumentar sua participação no mercado com a imitação.

2.1.4 – Mecanismos de apropriação e domínio.

As condições de apropriabilidade estão relacionadas à oportunidade de salvaguardar uma determinada inovação de imitadores. Quanto maior a dificuldade de imitação de uma inovação, mais elevadas serão as condições de obter maiores somas de lucros advindos de seu pioneirismo em torno da inovação. Deste modo, a apropriabilidade, figura-se como uma característica do conhecimento tecnológico que assegura as inovações e as protege das imitações de seus concorrentes, garantindo as vantagens econômicas acumuladas. Levanta-se uma questão: Quais são os métodos utilizados pelas firmas inovadoras para se protegerem da ação das firmas imitadoras?

A resposta para essa questão, identificada por Teece (1986), está sujeita a fatores como: o regime de apropriação, aos ativos complementares e ao paradigma dominante (*design*

dominante). O regime de apropriabilidade “refere-se aos fatores ambientais, excluindo firma e estrutura de mercado, que governam a capacidade de uma empresa inovadora para capturar os lucros gerados por uma inovação” (TEECE, p. 287, 1986). O regime é definido por duas dimensões essenciais: i) os instrumentos legais: patentes, direitos autorais, segredo industrial; e ii) a natureza da tecnologia: produto, processo, conhecimento tácito e codificado. Teece (1986) acrescenta que, os métodos de apropriação podem variar entre as empresas. Em muitos momentos as patentes legais raramente garantem uma condição de apropriabilidade perfeita, pois os requisitos para defender sua validade ou comprovar sua violação são elevados. Quanto mais inserida em processos e conhecimentos tácitos, mais difícil será a possibilidade de imitação.

Os ativos complementares são aqueles ativos cuja inovação necessita para obter sucesso comercial, além de suportar sua implementação, tais como: infraestrutura de máquinas e equipamentos, bem como mão-de-obra, que permita a produção competitiva da inovação, serviços de marketing e suporte pós-venda. Esses ativos podem ser especializados, quando são desenvolvidos para atender exclusivamente à inovação e com isso causam uma relação de dependência unilateral. Podem ser co-especializados, ou bilaterais, quando há uma realização conjunta de especialização, por exemplo, computadores e softwares. Finalmente, também podem ser genéricos, quando a inovação se utiliza dos recursos disponíveis. As formas contratuais mais viáveis para proteger as inovações que envolvem esses ativos irão depender das suas especificações. Na presença de ativos especializados e co-especializados o inovador optará por internalizar o desenvolvimento e produção dos ativos complementares por meio da integração vertical. A integração vertical dificulta a imitação, agora que a firma produz tudo sozinha (manufatura, distribuição, serviços e tecnologias complementares). Na presença dos ativos genéricos uma relação contratual pode ser suficiente, e o inovador pode simplesmente licenciar sua tecnologia (TEECE, 1986).

Com relação ao *design*, a ameaça para os inovadores ocorre durante o processo de consolidação do *design* dominante. Geralmente quando um produto novo é lançado no mercado, os imitadores entram nesse mercado, promovendo algumas mudanças significativas no produto introduzido pelos inovadores, ou simplesmente copiando. Neste processo, em alguns casos, o *design* dominante acaba sendo o do imitador e não o do inovador pioneiro. A grande questão, portanto, é assegurar que a difusão se dê particularmente a partir do *design* inicialmente lançado no mercado. Quanto menor o custo de desenvolvimento e de construção

de protótipos e quanto maior a aproximação com os clientes, maior será a probabilidade de uma firma inovadora conseguir manter o *design* dominante (TEECE, 1986).

Dentro dessa concepção, dos mecanismos pelos quais as firmas conseguem absorver, ainda que por apenas um período de tempo determinado, alguns retornos decorrentes de seu pioneirismo inovador, Nelson (2005) lista que três importantes mecanismos podem ser destacados: i) o sistema de patentes, ii) o segredo industrial e iii) as vantagens decorrentes do pioneirismo.

- As patentes estabelecem direito legal à propriedade sobre as bases técnicas. Entretanto, ao assegurar os direitos de propriedade intelectual de uma invenção, as patentes autorizam a divulgação e a comercialização da informação. Isto é, quando um inovador decide patentear uma inovação, em troca de tornar pública a inovação, seja de produtos ou processos, ele recebe o direito de excluir de terceiros o seu uso ou a sua exploração por um tempo determinado.
- O segredo industrial consiste no conhecimento técnico que pode uma firma desejar manter oculto de seus concorrentes por conta dos ganhos competitivo que tal informação pode acarretar. O segredo empresarial garante ao seu descobridor o direito de exclusividade sobre manuseio do produto ou do processo. O aspecto característico dessa forma de apropriação é que, enquanto o inovador for capaz de manter segredo, maior será o período de tempo que conseguirá se proteger da atuação das firmas imitadoras. Diferente das patentes, o segredo empresarial não está envolto em nenhum trâmite legal.
- A vantagem proporcionada pelo pioneirismo, no lançamento de uma inovação, está na antecedência que um produto chega ao mercado. Ao decidir atuar como imitadora, uma firma precisa levar em consideração que o processo de imitação não ocorre de forma instantânea. A produção de uma inovação envolve muitos componentes e detalhes que precisam ser executados com precisão, e isso contribui para que incorra um período de tempo necessário para que todo o processo de imitação se complete.

Entretanto, apesar do direito de propriedade influenciar no processo de difusão tecnológica, Nelson (2005) destaca que esse direito apresenta uma série de limitações. Segundo o autor, raramente esses mecanismos fornecem à firma o nível de apropriação almejado. Como

exemplo, o segredo industrial pode ser facilmente quebrado com a circulação de mão de obra e as vantagens de ser um inovador pioneiro podem ser rapidamente anuladas por um imitador bem capacitado. Quanto maior for a apropriação do conhecimento, maior será a proteção do saber e, conseqüentemente, menor a possibilidade de imitação.

2.1.5 – A importância do conhecimento e do aprendizado no processo de difusão.

A noção de aprendizado na literatura econômica está diretamente relacionada à concepção de mudança tecnológica e a percepção de um processo onde um agente acumula habilidades e conhecimento, cujas conseqüências são os aperfeiçoamentos contínuos da tecnologia, com conseqüentes melhoras de desempenho. A difusão tecnológica como um processo que ocorre de forma gradual, que segue passando por constantes melhorias progressivas, pertinentes a um processo de aprendizado, colaborou para que a aprendizagem pudesse adquirir grande importância na investigação do progresso técnico (HERNANDEZ, 2005).

Em diversos ramos, o aprender fazendo, ou aprender pelo uso, integra uma parte significativa do processo no qual as novas tecnologias são originadas, introduzidas, modificadas e difundidas. O conhecimento apresenta caráter explícito e implícito, tácito. O conhecimento explícito pode ser transferido por meio de publicações, algoritmos, fórmulas, softwares, entre outros. A codificação do conhecimento permite sua transferência, manipulação e reprodução. O conhecimento tácito não é de fácil codificação. Nas situações onde o conhecimento tem caráter implícito, uma firma é capaz de aprender com outra firma, mas a transferência tecnológica essencialmente necessitará envolver um intercâmbio de pessoas, a criação de protótipos e o ensino (NELSON, 2005).

O conhecimento científico, segundo Cribb (2002), é considerado como uma variável cumulativa¹. Tal característica deixa transparecer duas particularidades presentes no processo de mudança tecnológica. A primeira particularidade é que o conhecimento científico tecnológico é posicionado e que sua reprodução ocorre em ritmo lento. Às vezes, é necessário certo período de tempo para compreender como uma inovação patenteada pode alterar um equipamento e dedicar-se em atividades de produção capazes de incorporar um produto ou um método imitável. A segunda particularidade é que a evolução e o uso de uma inovação

¹ “O conhecimento não é obtido apenas por meio de atividades voltadas para a busca de princípios básicos; ele também é conseguido como subproduto da busca de novas tecnologias. Os conhecimentos de correlatos e de efetivas técnicas de testes crescem com a experiência. Aprende-se sobre as estratégias de P&D eficazes através de sucessos e fracassos. O que foi bem sucedido e o que falhou na última vez fornecem pistas do que tentar nas próximas” (NELSON, p. 254, 2006).

englobam importantes processos de aprendizado. Uma unidade produtiva, imitativa ou inovadora, que queira fazer uso de uma nova tecnologia, necessita, a título de exemplo, entender como manejar o equipamento adequadamente, administrar de forma competente sistemas complexos e ambientar-se com os usuários do produto. As atividades de P&D têm um papel fundamental nos processos de produção.

Dosi (2006) argumenta que o desenvolvimento e o uso de uma nova tecnologia são compostos por processos de aprendizado importantes. Uma unidade produtiva que queira fazer o uso de determinada tecnologia precisa aprender a manejar o equipamento de forma adequada, a lidar de forma eficiente com sistemas complexos e a entrosar os usuários ao produto. Dosi (2006) também enfoca o papel das atividades voltadas para P&D no processo de produção. Além de favorecer o surgimento das inovações, estas atividades ampliam a habilidade da unidade produtiva para incorporar e aproveitar as informações de domínio público.

O aprendizado tecnológico, assim como as qualificações dos recursos humanos da firma, favorece a geração de vantagens competitivas entre firmas, e incentivam a evolução da capacidade de procura e consecução de conhecimento para a produção. Isto em função dos resultados do aprendizado tecnológico não serem prontamente acessíveis às demais firmas, bem como as habilidades, educação, conhecimento e competência dos recursos humanos da firma, particularmente os envolvidos no departamento de pesquisa e desenvolvimento, serem os responsáveis por determinar o grau de eficiência na determinação dos problemas, a seleção dos métodos e as orientações de solução (HERNANDEZ, 2005).

2.1.6 – Fatores responsáveis por contribuir para propagação do processo de difusão.

Dentre os principais fatores que agem diretamente sobre a velocidade assumida pelo processo de difusão, com base em Rosenberg (1979), se destacam os seguintes procedimentos:

- Aperfeiçoamento dos inventos: o invento não seria o grande responsável pelo ritmo que assume a difusão tecnológica, mas é o mecanismo incumbido pelas melhorias e adaptações incorporadas à nova tecnologia.
- Desenvolvimento das habilidades técnicas dos usuários (*learning-by-using*): esse procedimento relaciona o treinamento à melhor utilização da tecnologia. O modo como as habilidades técnicas são absorvidas influencia diretamente a velocidade do processo de difusão.

- Desenvolvimento de habilidade na fabricação de máquinas: para exemplificar esse mecanismo, o autor aponta o caso do desenvolvimento das máquinas a vapor. Essas máquinas dependiam da fabricação precisa de pistões, tornando-se necessária a produção de máquinas especializadas para fabricá-los, havendo necessidade de tecnologias complementares para que a inovação conseguisse produzir com eficiência.
- Aperfeiçoamento em paralelo de antigas e novas tecnologias, de maneira que o surgimento de uma nova tecnologia não faça com que tecnologias passadas se tornem obsoletas ao ponto de deixarem de existir quando um novo conhecimento é inserido.
- Contexto institucional: as agências governamentais e instituições públicas possuem papel fundamental para auxiliar o processo de difusão. As agências e instituições são as principais responsáveis por conceder suporte direto às atividades de pesquisa e estimular o processo de difusão.

Tigre (2006), seguindo um raciocínio muito próximo ao exposto por Rosenberg (1979), quanto aos fatores necessários para estimular e acomodar a difusão tecnológica, busca listar alguns fatores condicionantes aos quais a difusão de novas tecnologias está estritamente relacionada, dentre os quais são acentuados: os fatores de natureza técnica, os fatores econômicos e os fatores institucionais.

- Condicionantes técnicos: os condicionantes técnicos estão relacionados à necessidade que a difusão de uma nova tecnologia tem em agir acompanhada da coevolução de demais avanços técnicos, isto é, para que a difusão de novos produtos e processos ocorra no mercado, é necessário que outras inovações também acompanhem essa evolução. “À medida que uma nova tecnologia se difunde, surge a necessidade de desenvolvimento de um conjunto de outras tecnologias complementares para apoiá-la” (TIGRE, p. 97, 2006). O sucesso advindo da introdução de novas tecnologias dependerá essencialmente da capacidade que uma empresa incorpora de forma eficiente novos equipamentos, sistemas e processos produtivos.
- Condicionantes econômicos: do ponto de vista econômico, os custos associados à manutenção e a possibilidade em aproveitar os investimentos já realizados pelas

firmas, são fatores que contribuem para influenciar o ritmo da difusão, aliado às expectativas de retorno do novo investimento por parte dos agentes. O ritmo da difusão será determinado, principalmente, pela capacidade dos agentes em usufruir maiores lucros, conseguir reter, ainda que por um período determinado, os benefícios da nova tecnologia e a capacidade das firmas em obter vantagens competitivas frente a seus concorrentes.

- **Condicionantes institucionais:** entre os fatores institucionais condicionantes do processo de difusão tecnológica, podem ser citados: a disponibilidade de financiamentos e incentivos fiscais de inovação, a existência de capital humano e instituições de apoio e o sistema de propriedade intelectual. O bom funcionamento da estrutura política e institucional oferece uma segurança para que o empresário consiga empreender suas inovações, seja por meio de financiamento ou por intermédio de parcerias com o setor privado. Deste modo, um bom contexto institucional pode conduzir a difusão de uma nova tecnologia, uma vez que as instituições são as responsáveis por sancionar aquilo que é feito, ou então, que pode ser feito.

Após as explanações apresentadas, ao longo da subseção, pode-se sintetizar os fatores responsáveis por contribuir para propagação do processo de difusão tecnológica e os determinantes do ritmo com que ela será incorporada pelas firmas da seguinte forma, Quadro 1:

Quadro 1 – Fatores e determinantes do ritmo da inovação.

Fatores	Determinantes do ritmo
Aperfeiçoamento dos inventos	Melhorias e adaptações tecnológicas.
Habilidades técnicas dos usuários	Treinamentos.
Habilidades na fabricação de máquinas	Produção de tecnologias complementares
Condicionantes técnicos	Coevolução dos avanços técnicos. Isto é, aperfeiçoamento de antigas e novas tecnologias, em conjunto.
Condicionantes econômicos	Obtenção de lucros.
Condicionantes institucionais	Financiamento, incentivos, existência instituições de apoio.

Fonte: Rosenberg (1979), Tigre (2006). Elaboração Própria.

2.2 – OS MODELOS NEOCLÁSSICOS DE DIFUSÃO, SUAS CRÍTICAS E AS PROPOSIÇÕES DOS MODELOS NEOSCHUMPETERIANOS.

2.2.1 – Os principais modelos neoclássicos de difusão, suas críticas e impossibilidades dos elementos dinâmicos.

Griliches (1957) foi o primeiro autor a incorporar a pesquisa da difusão tecnológica dentro da teoria econômica. Inicia sua análise sobre difusão esclarecendo que o principal estímulo que serviu para promover o estudo é identificar os principais fatores responsáveis pela geração e propagação da tecnologia, milho híbrido, entre os estados americanos, especificamente aqueles que compõem o chamado “Cinturão do Milho” – Iowa, Wisconsin, Kentucky, Texas e Alabama – conhecidos pelo destaque na produção agrícola de milho. Griliches (1957) aponta que o processo de difusão da nova tecnologia assumia proporções tão rápidas que em período de quatro anos a área plantada pelos agricultores do estado de Iowa, com milho híbrido, saiu de 10% para 90%.

Entretanto, a taxa de adoção vista em Iowa não era a mesma entre os demais estados que compunham a região do “Cinturão do Milho”. O autor destaca que o propósito não era desenvolver um modelo completo do processo de difusão tecnológica, mas um modelo que pudesse concentrar suas atenções para a difusão de um único bem, o milho híbrido. Para o seu intento, recorreu-se a relatórios de colheita nos diferentes estados, examinou-se dados disponíveis de áreas plantadas com as sementes híbridas por estado e fez-se uso de uma função logística, que descreve sendo como a que melhor se adaptou aos dados de plantação com sementes híbridas, durante a estimação do modelo, podendo reduzir em três os números de parâmetros estimados para a observação das diferenças regionais.

Griliches (1957), após avaliar os dados do entorno do processo de colheita e plantio, para apurar os fatores que influenciavam a geração e a taxa de adoção, difusão, de uma tecnologia, conclui que a adoção e geração de uma tecnologia sofre influência direta dos ganhos obtidos pelos agricultores com a introdução da tecnologia. Assim, o tamanho da área plantada com milho híbrido sofrerá alterações de acordo com a rentabilidade da inovação, de maneira semelhante, o atraso no acesso da entrada de produtores de sementes nos diferentes estados americanos pode ser explicado pela expectativa de ganho do agricultor, decorrentes do aumento de produtividade.

Os modelos de Griliches (1957) e Mansfield (1961), abordado abaixo, são modelos do tipo epidemiológicos, onde as curvas da função logística são frequentemente descritas na forma de S e conferem ao processo de difusão um processo similar ao de propagação de uma epidemia. A ideia de Mansfield (1991) ao desenvolver seu modelo de difusão era aperfeiçoar algumas limitações verificadas, em Griliches. A principal limitação no modelo anterior estava no comportamento da curva logística de difusão que assumia crescimento acelerado. Essa aceleração do comportamento da curva logística está ligada à redução de riscos associada à adoção da inovação (FURTADO, 2006).

Todavia, a leitura do artigo de Griliches (1957) permite trazer outro ponto importante não abordado pelo modelo. O modelo não leva em consideração os custos sociais decorrentes da difusão da nova tecnologia. À medida que a tecnologia é difundida em larga escala entre os agricultores, é possível que seu valor comercial seja reduzido. Em condições de equilíbrio, a queda nos preços dos produtos, fruto da tecnologia difundida, é transferida aos consumidores finais, sendo assim, distribuídos os frutos do progresso técnico entre os membros da sociedade. Conforme a taxa de retorno da inovação para os fornecedores decresce, a tendência é que sua difusão siga aumentando.

O objetivo de Mansfield (1961) era investigar os fatores que determinam a velocidade com que uma nova técnica desenvolvida por uma firma inovadora é absorvida por outras empresas. O modelo, segundo Mansfield (1961, p. 741), é simples e parte de algumas perguntas iniciais: 1) Após a introdução de uma inovação, em quanto tempo outras indústrias demorarão para utilizá-la? 2) Quais são os fatores que influenciam a difusão dessa inovação? Sua análise conta com uma amostra de quatro diferentes tipos de indústria: carvão, ferro e aço, fabricação de cerveja e ferrovia. O autor desenvolve sua análise na posse de algumas observações a respeito do tempo dispendido para doze distintas inovações, escolhidas devido sua importância e facilidade em adequar os dados, fossem incorporadas no interior das empresas assinaladas. Entre essas inovações estão: carros de transporte, máquinas de mineração, carregadores de celulares e recipientes de estanho.

Devido à dificuldade em conseguir informações sobre as empresas de pequeno porte, aliado ao fato de algumas terem dificuldade em empregar a inovação, Mansfield (1961) inclui no modelo apenas empresas que ultrapassem certo tamanho. Nas indústrias de ferro e aço foram incluídas todas as empresas que produzissem mais 140.000 toneladas de laminador de tiras com largura contínua e todas as empresas tinham a capacidade de produzir acima de 200.000

toneladas de ferro-gusa. Na indústria ferroviária foram incluídas todas as empresas com mais de 5 bilhões de toneladas em fretes. Nas empresas de carvão o modelo englobou todas as empresas que produziam mais de 4 bilhões de toneladas de carvão. Por fim, na indústria cervejeira, foram incluídas todas as companhias com mais de US\$ 1 milhão em ativos. Esses dados eram obtidos junto a entrevistas e colhidos de associações.

No decorrer do desenvolvimento do modelo, Mansfield (1961) apresenta algumas conclusões, fundamentais para responder às perguntas centrais que rondavam o modelo. O primeiro resultado indicou que a partir da aplicação comercial bem sucedida, demora-se entre 5 a 20 anos para que outras indústrias se apropriem da inovação da indústria inovadora, essa variação entre os anos está em decorrência de cada setor. O outro resultado a que chegou Mansfield (1961) é que a taxa de imitação irá variar de forma ampla. Sua tendência é ser mais rápida para inovações com maior rentabilidade, que exijam investimento relativamente pequeno e nos setores que são mais competitivos.

No entanto, ao voltar sua análise para as grandes empresas, Mansfield (1961) não leva em consideração que micro e pequenas empresas, por sua estrutura mais ágil e flexível, podem se adequar mais rapidamente as transformações tecnológicas. Muitas das pequenas empresas de determinados setores, como o setor de rochas ornamentais, agrupam-se em arranjos locais, onde normalmente são estabelecidas interações estratégicas com o objetivo de inovar e absorver novas tecnologias, visando o aumento da competitividade frente a outras localidades.

Embora os modelos de Griliches (1957) e Mansfield (1961), tenham sido os primeiros a incorporar o estudo da difusão tecnológica dentro da teoria econômica, Griliches (1957) buscando compreender o processo de difusão na agricultura e Mansfield (1961), na indústria, seus modelos eram considerados mecânicos demais, nos quais a tecnologia assume papel estático, ou seja, a tecnologia não passa por nenhum aperfeiçoamento após o processo de inovação.

Nos anos 1970 e 1980 foi lançado o modelo de difusão equilibrada, composto pelo modelo *Probit*. Buscando superar o caráter estático dos modelos de difusão tecnológica dos modelos epidemiológicos, surge o modelo *Probit*, desenvolvido por David, em 1969, e Davies, em 1979. De acordo com Freeman e Soete (2008), o pressuposto central implícito nos modelos *Probit* é o de que um consumidor, ou uma firma, individual adotará uma inovação, decorrente do processo de difusão tecnológica, no momento em que sua receita for superior a um nível

crítico determinado. Esses níveis críticos de receita, que influenciam a adoção de uma inovação, representam as preferências das firmas e estão associadas às características sociais ou econômicas de cada firma.

Geroski (2000) argumenta que o modelo *Probit* de difusão baseia-se na escolha individual de cada agente para investigar os fatores responsáveis por estimular a decisão quanto à adoção de uma nova tecnologia. Conforme o autor, para compreender o processo de difusão tecnológica é importante levar em consideração as decisões individuais. Essas decisões estão diretamente correlacionadas as frequentes escolhas realizadas pelos indivíduos ou pelas firmas. As diferenças entre os agentes podem desempenhar um papel potencialmente importante na explicação dos padrões assumidos durante o processo de difusão. Assim, a ideia desenvolvida no modelo *Probit* é que os agentes diferem em alguma característica que podem influenciar as decisões relacionadas à adoção da inovação.

Geroski (2000) ressalta que uma empresa vai escolher adotar uma inovação se o seu retorno esperado, envolto da nova tecnologia, exceder determinado limite. Se, por outro lado, o retorno for inferior ao limite estipulado, à adoção não irá ocorrer. Dentre os fatores responsáveis por influenciar a taxa de retorno está o tamanho das empresas. O tamanho da empresa é uma das variáveis costumeiramente exploradas na literatura empírica sobre difusão, pela relativa facilidade em observá-la e pela possibilidade em utilizá-la como variável *proxy* em modelos econométricos. As evidências apontadas pelo modelo sugerem que nas grandes empresas a velocidade da capacidade de imitação ultrapassa as examinadas nas empresas de pequeno porte. Contudo, apesar de ser uma das características importantes que influenciam o processo de difusão, o tamanho da empresa não é a única característica de interesse da empresa observada pelos agentes ao adotar uma nova tecnologia.

Outro fator relevante que tem incidência direta sobre a adoção e, por consequência, da difusão, é o custo de obtenção e manutenção da tecnologia, muitas vezes fator decisivo para ser bem sucedida, favorecendo sua rápida difusão, ou fracasso, devido sua baixa aceitação no mercado. Custos elevados, incluindo aqueles associados ao processo de aprendizagem de novas competências, necessários para aproveitar ao máximo a nova tecnologia, podem colaborar para que o retorno esperado fique abaixo do nível crítico determinado pelo agente quando decide adotar uma inovação, ou seja, uma baixa expectativa de retorno torna-se um empecilho ao processo de difusão (GEROSKI, 2000).

Apesar da tentativa de transpor a barreira estática dos modelos de difusão epidemiológica, o modelo de difusão *Probit*, para Freeman & Soete (2008), continuou apresentando natureza estática. Ao estabelecer um determinado nível crítico como “ponto de referência”, para adoção de uma inovação, o processo de difusão acaba se restringindo, em maior proporção, às empresas de grande porte, que podem arcar com maiores gastos de manutenção e com os custos envolvidos ao processo de aprendizagem.

Ao destacar os elementos norteadores do processo de difusão, identificados na seção anterior, abordou-se alguns elementos imprescindíveis que devem ser levados em consideração quando trata-se do processo de difusão. Alguns desses elementos acabam sendo suprimidos ou ignorados nos modelos neoclássicos de difusão apresentados. Foi evidenciado como um dos elementos norteadores do processo de difusão a questão da apropriabilidade, que atua diretamente sobre o processo de difusão.

No entanto, abordagem neoclássica apresenta em suas explicações que todos os agentes desfrutam do acesso perfeito e completo de informações e o ambiente é ausente de incerteza. Ao destacar que todos os agentes desfrutam do acesso perfeito e completo das informações, entende-se que esses mecanismos de apropriabilidade, que atuam como incentivadores à P&D, não são observados nos modelos de difusão neoclássicos. Todos os agentes terão informação do que a firma inovadora desenvolve e como desenvolver tal inovação. Entretanto, é preciso levar em consideração que nem todas as informações disponíveis assumem caráter público. Há uma série de informações que são de caráter intrínseco a cada firma, principalmente as relacionadas ao conhecimento tácito. Não há, portanto, um conjunto integral de informações de forma que os agentes possam utiliza-las de forma livre. É frequente uma firma possuir informações privilegiadas em relação às demais.

Sobre o conhecimento adquirir caráter livre, Nelson (2005, p. 62) aponta que, o aprender fazendo ou aprender pelo uso é parte importante do processo de difusão, contudo os aspectos do “aprender fazendo” tendem a ser de difícil articulação para ser facilmente transferidos, “mesmo num contexto de não-apropriação da tecnologia, existe uma certa privacidade no conhecimento tecnológico”. Caso do conhecimento tácito, no qual uma empresa até poderá aprender com a outra, mas haverá a necessidade de intercambiar dos possuidores desse conhecimento entre as firmas.

2.2.2 – A perspectiva dos modelos neoschumpeterianos de difusão.

Embora tenham sido modelos importantes, o caráter estático desses modelos, de âmbito neoclássico, impossibilitava compreender como as adaptações pelas quais passa uma nova tecnologia influenciam o processo de difusão. Assume-se, frequentemente, que a inovação incorpora uma tecnologia que não se altera ao longo do tempo. Surge, assim, a abordagem neoschumpeteriana, como alternativa para o estudo do processo de mudança tecnológica. Tal alternativa teórica buscou evidenciar a importância do progresso técnico como principal fonte do crescimento econômico, bem como propor base explicativa mais consistente dos fenômenos relacionados à mudança tecnológica.

Os modelos de perspectiva evolucionária neoschumpeteriana sobre difusão tecnológica, analisados nesta seção, foram escolhidos em razão da sua significância teórica. No caso do modelo exposto por Nelson & Winter (1982) está ligado, essencialmente, devido ao seu pioneirismo em modelar a dinâmica da concorrência, com mudança técnica endógena, sob as premissas de racionalidade limitada e inexistência de equilíbrio. O modelo de Nelson & Winter servirá de alicerce para análises em várias frentes do estudo econômico, seguindo para além da dinâmica da organização industrial.

2.2.3 – Modelo Evolucionário de Nelson & Winter:

Um ambiente evolucionário passa por constantes mutações e os agentes que fazem parte desse ambiente, inventores e imitadores, estão envoltos por forte incerteza. Contudo, existe um importante aspecto, o tamanho da empresa, que tem condições de contribuir para que os inovadores consigam reduzir o seu grau de incerteza. Dito de outra maneira, quanto maior o grau de monopólio ou poder de mercado de determinada firma, maiores serão as condições de a firma angariar maiores taxas de retorno, pois menores serão as incertezas decorrentes da concorrência. Por outro lado, um ambiente marcado por forte concorrência, pode proporcionar baixas condições de apropriabilidade e facilidade de imitação de uma inovação, favorecendo o processo de difusão tecnológica. Com uma concorrência acirrada os investimentos realizados pelas firmas inovadoras podem ser facilmente apropriados pelas firmas imitadoras, ao ponto das imitadoras conseguirem expulsar as firmas inovadoras do mercado (NELSON, WINTER, 2005). O foco do modelo de Nelson & Winter (2005) está na existência de uma relação de causalidade entre estrutura de mercado, dispêndios com P&D e outras variáveis que possam ser importantes para o desenvolvimento da indústria.

Os pressupostos básicos teóricos abordados pelo modelo, conforme Nelson & Winter (2005), são: 1) As firmas produzem um produto homogêneo – impossibilitando uma concorrência por diferenciação; 2) Os preços adotados pelas firmas estão em função do preço-demanda da indústria; 3) A firma atua com a melhor técnica disponível, dentro de um conjunto de técnicas possíveis, no nível máximo que o seu estoque de capital permite; 4) Todas as técnicas são caracterizadas por retornos constantes à escala; 5) Não há substituição direta dos insumos capital e trabalho, portanto, a tecnologia de produção apresenta coeficientes fixos de insumo; 6) Supõe-se que a oferta de insumos complementares seja perfeitamente elástica e que os preços dos insumos serão considerados constantes, ao longo do período, independente da variação na demanda; 7) Cada firma define suas estratégias tecnológicas por meio dos gastos em P&D imitativo e em P&D inovativo.

O modelo está estruturado em três módulos. No primeiro módulo é formalizado um processo econômico simplificado com a realização de cálculos da produção da firma, da indústria, do preço, do lucro líquido e da estrutura de custos. No módulo seguinte são especificadas as decisões de investimento da firma. Interessa apenas ressaltar que “a capacidade da firma em financiar seu investimento é limitada por sua lucratividade, que é afetada pelos seus desembolsos em P&D, bem como pelas receitas e pelos custos de produção” (NELSON & WINTER, p. 414, 2005). O terceiro módulo enfoca o comportamento do modelo frente ao esforço, ou não, das firmas na busca e adoção de novas técnicas.

Os resultados apontados pelo modelo, segundo os autores, sobre a influência da estrutura de mercado no desempenho da indústria e a evolução da estrutura de mercado ao longo do tempo, são os seguintes: 1) A produtividade média da indústria inovadora está diretamente relacionada ao grau de concentração da indústria. “Aparentemente a produtividade média cresce mais rapidamente e os custos médios de produção caem mais rapidamente nos casos com pequeno número de firmas do que nos casos com grande número de firmas” (NELSON & WINTER, p. 424, 2005); 2) Embora a produtividade média da indústria inovadora seja superior à percebida na indústria imitadora, foi possível identificar que essa superioridade será menor no caso de uma estrutura competitiva em contraponto a uma estrutura mais concentrada; 3) Com relação aos custos envolvidos no processo de produção, verificou-se serem maiores nas estruturas mais competitivas, reflexo de uma baixa produtividade média; 4) O índice de Hirschman-Herfindahl, uma medida de concentração da produção na indústria, identificou que “estruturas de mercado tendem a permanecer concentradas. (...) o aumento da

concentração envolve o declínio das firmas que têm políticas de investimento em P&D inovadores” (NELSON & WINTER, p. 435, 2005).

Almeida (2004) lista uma série de limitações que podem ser observadas na formalização do modelo de Nelson & Winter, dentre as quais se destacam: i) inexistência de um mecanismo de aprendizado; ii) ao adotar a hipótese simplificadora de que a capacidade instalada é plenamente utilizada (as firmas vendem toda a produção), elimina-se a possibilidades de erros previsão de vendas; iii) tratar a estrutura de mercado composta por um número reduzido de empresas (oligopólios), engajadas na produção de produtos homogêneos; iv) destacar que as atividades de P&D são fundamentais para a geração de novos níveis de produtividade e influencia as chances de sucesso inovativo/imitativo de uma firma, mas, ao mesmo tempo, não leva em consideração a natureza *path-dependent* do conhecimento, pois o conhecimento acumulado servirá de alicerce para a evolução do processo inovativo.

O modelo elaborado por Nelson e Winter (1982) serviu de base para que, através das suas análises iniciais, baseada nos pressupostos de desequilíbrio, racionalidade limitada e apoiado na estrutura modelística, outros autores evolucionistas pudessem desenvolver sua análise do processo de difusão tecnológica. Apesar de apresentar algumas limitações, que são identificadas à medida que o modelo é desenvolvido, o modelo forneceu importantes conclusões a respeito da relação existente entre estrutura de mercado, componente fundamental para a tomada de decisões econômicas, e o processo de mudança tecnológica.

2.2.4 – Modelo de difusão tecnológica de Silverberg, Dosi e Orsenigo:

De acordo com Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988) o processo de difusão, seja ele de novos produtos ou processos, ocorre ao longo do tempo e algumas firmas acabam por assimilar uma nova tecnologia mais prontamente que outras. O ambiente de análise é caracterizado pela diversidade tecnológica e comportamental dos agentes econômicos, incerteza forte e desequilíbrio. O modelo procura identificar aspectos essenciais implicados no processo de difusão de novas tecnologias e a relação entre a distribuição temporal de adoção de uma tecnologia com sua posição competitiva e com o seu ritmo de difusão na indústria. Um dos avanços em relação ao modelo exposto em Nelson & Winter está em acrescentar o processo de aprendizagem como elemento característico do ambiente evolucionário, favorecendo adicionalmente o processo de aperfeiçoamento e aportes complementares às inovações.

Almeida (2004) enfatiza que são identificados ao menos quatro aspectos analíticos que se destacam no modelo SDO, seja por superar as restrições de especificação verificadas no modelo de Nelson & Winter (1982), seja por exercer ampla influência sobre os modelos evolucionários de dinâmica industrial subsequentes, a saber:

i) O processo de construção dos preços – agora mais próximo da tradição teórica alicerçada no princípio do custo total, exposto por Hall e Hitch, em 1939. O preço adotado pelas firmas segue uma norma de ajustamento que une, de um lado, o controle do seu planejamento estratégico, existente na incidência de *Mark-up* sobre o custo, e de outro, a ação da posição competitiva da firma no setor; ii) A aplicação de uma estrutura de safras na formação do estoque de capital; iii) A inclusão de práticas de aprendizado que induz a eficiência produtiva das firmas e as próprias definições de mudança técnica. Ao adotar uma nova tecnologia as firmas têm conhecimento de que esta pode ser mais produtiva que a anterior, porém seus ganhos potenciais estão vinculados ao nível de habilidade e experiência inerente à firma. É a dedicação da firma na “fase de exploração” de certa tecnologia que propicia à firma extrair todo seu potencial produtivo; iv) A utilização de um procedimento de seleção que contribui para esclarecer de forma mais coesa como o aumento da competitividade se traduz em crescimento da firma no interior da indústria. À medida que uma firma migre para uma nova tecnologia e cresça sua produção acumulada com a utilização da nova tecnologia, isto é, à medida que ocorram ganhos de eficiência utilizando tal tecnologia, conforme a firma explore todo seu aprendizado, conjuntamente aumenta, ainda que com alguma defasagem, o conhecimento de domínio público², contribuindo para a geração de externalidades positiva para as firmas concorrentes.

O modelo considera a existência de duas tecnologias, I e II, onde uma é potencialmente melhor que a outra. Essa característica faz com que a tecnologia com potencial superior chegue ao mercado com um valor mais elevado, que cai aproximadamente 1% ao ano. Todavia esse potencial não poderá ser alcançado a não ser que a firma se esforce para consegui-lo. O nível inicial de eficiência da tecnologia potencialmente superior é de 30% para todas as empresas adotantes. Cada firma está ligada a uma trajetória tecnológica, indicando a máxima produtividade potencial possível, obtida com os equipamentos utilizados em cada safra³. Os ganhos obtidos com a utilização de dada tecnologia irão depender dos níveis de

² Para maiores esclarecimentos sobre o aspecto público de conhecimento: NELSON (2006, p. 254-257).

³ O modelo de safras “permite uma representação mais realista do progresso técnico do tipo incorporado (embodied), uma vez que apenas parte do estoque de capital (os novos equipamentos adquiridos, seja para

habilidade e experiência inerentes à firma na exploração da tecnologia. É essa especialização, conquistada pela firma durante a exploração da tecnologia, que a permite extrair todo seu potencial produtivo (SILVERBERG, DOSI, ORSENIGO, 1988).

À medida que cresce a produção acumulada da firma com o emprego de uma tecnologia, concomitantemente crescerá sua capacidade de se apropriar, em maior escala, do potencial produtivo da tecnologia em questão. Assim, o diferente período de adoção de uma tecnologia por parte das firmas está em função, de um lado, do custo que uma firma irá incorrer até atingir níveis máximos de eficiência produtiva da tecnologia, que será maior quanto maior for à rapidez do produtor em adotar a tecnologia. De outro lado, as vantagens competitivas oriundas do pioneirismo no emprego de uma inovação podem elevar a participação da firma no mercado. Apesar disso, as estratégias escolhidas pelas firmas dependerão da apropriabilidade, dos ganhos de produtividade e do conhecimento tecnológico das firmas frente às rivais (ALMEIDA, 2004).

Os principais resultados apontados pelo modelo mostraram que: i) a trajetória percentual dos potenciais adotantes que já empregam uma nova tecnologia assume uma forma de S, semelhante à curva de difusão do modelo clássico, epidêmico; ii) as firmas que adotam mais tardiamente uma tecnologia acabam por aumentar a sua participação no mercado, muito em virtude de conseguir evitar os equívocos das primeiras firmas adotantes; e iii) as mudanças do nível de capacitação e aprendizado pelo qual passam as firmas contribuirá para aumentar o *market share* de cada firma, devido à internalização dos ganhos de aprendizagem e suas consequências sobre o nível de produção da firma.

2.2.5 – Modelo de difusão tecnológica de Metcalfe:

O modelo de Metcalfe reproduz desenvolvimentos estilizados empiricamente observáveis das variáveis que também têm sido o assunto de modelos de crescimento neoclássicos (por exemplo, a acumulação de capital nos modelos de crescimento de Solow), economia industrial (por exemplo, processos de concorrência no interior das indústrias), ou teoria de difusão (o fato estilizado dominante que o uso de novas tecnologias ao longo do tempo normalmente segue uma curva em formato de S). Metcalfe argumenta que os fenômenos de difusão, devem ser tratados como parte do quadro mais amplo da concorrência e mudança

expandir a capacidade produtiva, seja para fazer reposição das máquinas obsoletas) terá sua produtividade modificada” (SOUSA, p. 299, 2006).

estrutural nas economias capitalistas, uma vez que descrevem o desdobramento das estruturas econômicas como consequência do comportamento que assumem as atividades inovadoras.

Metcalfe (1988) inicia o desenvolvimento do seu modelo destacando essencialmente que o seu interesse está nos fenômenos no entorno do processo de difusão, como por exemplo: nos mecanismos pelos quais a tecnologia adquire significância econômica, e, no processo, que desloca as tecnologias existentes, total ou parcialmente para fora do mercado em detrimento da substituição da velha tecnologia por outra recém-chegada ao mercado. Assim como no modelo SDO o interesse no modelo de Metcalfe é analisar o processo de difusão tecnológica. Os dois modelos reconhecem que uma tecnologia não é absorvida instantaneamente entre as firmas. No entanto, o avanço do modelo de Metcalfe em relação ao modelo SDO está justamente em abordar o processo de difusão derivado da competição/substituição tecnológica.

Em seu modelo de difusão, Metcalfe (1988) trata a difusão tecnológica como o resultado do desenvolvimento de uma nova tecnologia com o propósito de substituir uma tecnologia antiga. Em geral, o autor destaca que, a difusão de uma nova tecnologia resulta da sua competição com uma tecnologia antiga. Dentro desse contexto, duas situações são possíveis: i) a primeira é que a tecnologia antiga pode ser completamente eliminada do mercado; e ii) a segunda possibilidade é que as duas tecnologias compartilhem o mercado até que a nova tecnologia se sobressaia, mostrando-se mais atraente aos demais agentes.

Metcalfe (1988) destaca também que, a análise de difusão está relacionada com a forma como a importância econômica de uma nova tecnologia muda ao longo do tempo, o que é um aspecto da mudança estrutural: as novas tecnologias estão integradas na economia e impõem mudanças na sua estrutura. Essas mudanças estruturais, relacionadas com a difusão, podem ser consideradas a partir do desenvolvimento de toda indústria, nível macro, ou a nível micro, em que uma nova máquina ou bem de consumo é difundida para gerar mudanças marginais no comportamento das empresas ou dos indivíduos. Para mensurar a importância econômica da inovação são utilizadas duas variáveis: i) a quota de mercado absorvida por uma inovação; e ii) a fração da produção industrial produzido pela inovação. Seguindo a mesma linha de raciocínio exposta pelos autores neoschumpeterianos (Nelson, Rosenberg e Dosi), o autor observa que uma inovação é apenas o passo inicial de uma sequência de inovações, dentro de um regime tecnológico particular. Estas melhorias, aperfeiçoamentos, pós-inovadoras desempenham um papel fundamental no aumento da taxa de difusão dentro das aplicações

existentes, estendendo a tecnologia para novas aplicações. Muitas vezes uma tecnologia passa por aperfeiçoamentos devido as constantes ameaças competitivas, sofridas a partir da introdução de uma nova tecnologia.

No decorrer do modelo, Metcalfe (1988) apresenta algumas conclusões. Partindo da ideia que sua intenção é observar como uma tecnologia desloca as tecnologias existentes para fora do mercado, o modelo mostra que esse deslocamento não ocorre de forma instantânea. Antes de adotar uma nova tecnologia é preciso considerar fatores importantes, dentre os quais: sua capacidade produtiva, se o crescimento da capacidade produtiva é proporcional à sua rentabilidade, além do tempo que os adotantes terão de despende para aprender os atributos da nova tecnologia antes de adotá-la. Isso leva a um processo de aprendizagem em que não adotantes aprendem observando a experiência de adotantes existentes, para posteriormente adquirir uma inovação e, conseqüentemente, favorecer o processo de difusão.

2.3 – CONCLUSÃO

O objetivo do capítulo foi apresentar a perspectiva neoschumpeteriana do processo de difusão tecnológica. O desenvolvimento do presente capítulo possibilitou compreender que, em síntese, a difusão de uma tecnologia é, acima de tudo, um processo social de propagação de algo até então novo no mercado, onde a interação entre os agentes assume um papel indispensável, na medida em que favorece a redução da incerteza quanto à inovação e, por consequência, facilita sua adoção. Com frequência, é possível observar o surgimento de novos produtos ou serviços no mercado, no entanto, muitos produtos não conseguem despertar qualquer interesse dos agentes e logo acabam sumindo do mercado em um curto espaço de tempo. Contudo, se, por alguma razão, os novos produtos que chegam ao mercado parecerem interessantes aos potenciais consumidores, é natural que os consumidores sigam na busca por informações, ao ponto de querer experimentá-los, dando início ao processo de difusão. É preciso levar em consideração que, para ocorrer o processo de difusão, uma inovação precisa ser anteriormente criada, mas que, ao mesmo tempo, essa inovação precisa ser difundida, pois, sem o processo de difusão, os benefícios derivados da nova tecnologia seriam insignificantes, ou seja, é a difusão que vai permitir otimizar o potencial da inovação.

Cabe ressaltar a importância dos aperfeiçoamentos tecnológicos na condução do processo de difusão que, segundo Dosi (2006, p. 389) está “intimamente associado a inovações e aperfeiçoamentos adicionais” pelo qual passam as tecnologias. São os constantes melhoramentos nas características de determinada inovação, tornando-a mais rentável e adaptando-a continuamente de modo a acomodar as necessidades do mercado, que a torna mais atraente aos potenciais consumidores.

Foram apresentadas três diferentes formas de difusão tecnológica, entre as quais se destacam: i) a difusão através da tecnologia desincorporada, onde os agentes inovadores não se apropriam integralmente dos resultados, em virtude do conhecimento estar disponível e poder ser absorvido pelos demais agentes. A difusão desincorporada, conforme explanado, pode ser transferida por meio da venda dos direitos de patentes, do licenciamento da inovação, da divulgação de novos conhecimentos em conferências e seminários e da incorporação de organizações. Sua assimilação dependerá das habilidades e capacidade de aprendizado desenvolvido por cada firma; ii) a difusão por intermédio da tecnologia incorporada ocorre, basicamente, pelo processo de comercialização de máquinas e equipamentos. Nesse caso, os agentes não dispõem de livre acesso ao conhecimento do agente inovador, fazendo com que

os agentes que queiram ter acesso à inovação tenham a necessidade de adquiri-la do agente inovador por meio da compra do produto. Por fim, abordou-se; iii) a difusão através da imitação. Quanto à imitação, destacou-se que, apesar de ser abordada como uma forma de difusão, ela não produz necessariamente o mesmo produto inventado pelo empresário pioneiro e que, para manter o processo de difusão sob sua conduta, o empresário pioneiro faz uso, ainda que por um período determinado de tempo, de mecanismos de apropriedade, tais como: patentes, direitos autorais, segredo industrial, entre outros.

Após as explanações, podemos sintetizar, no seguinte quadro, os seguintes tipos de difusão tecnológica, baseando-se em Tigre (2006), Matos, Matos e Almeida (2007) e Torres (2012):

Quadro 2 – Tipos de difusão e formas de transferência

Tipos de difusão	Formas de transferência
Difusão desincorporada	Patentes, licenciamento, divulgação de informações, seminários, incorporação de organizações, entre outros.
Difusão incorporada	Aquisição de equipamentos.
Imitação	Cópia, não idêntica, do produto concorrente.

Fonte: Tigre (2006), Matos, Matos e Almeida (2007) e Torres (2012). Elaboração Própria.

É preciso enfatizar, no entanto, que uma inovação tecnológica não se propaga de forma desordenada. Surgem, então, os elementos norteadores do processo de inovação: o paradigma tecnológico e a trajetória tecnológica. Cabe ao paradigma tecnológico e à trajetória tecnológica a incumbência de guiar o avanço técnico. Uma inovação segue uma trajetória determinada por um paradigma, cuja atribuição é definir as direções das mudanças tecnológicas a serem seguidas e aquelas a serem negligenciadas.

Esclareceu-se que o termo difusão tecnológica foi incluso da teoria econômica por meio dos trabalhos de Griliches (1957). Posteriormente, novos modelos de âmbito neoclássico foram surgindo, contudo esses modelos continuavam descrevendo a tecnologia como algo estático, ou seja, incapaz de sofrer novos aperfeiçoamentos e avanços tecnológicos ao longo de seu período de vida útil. Os modelos convencionais de difusão não conseguiram observar a influência decisiva das adaptações tecnológicas e dos avanços tecnológicos na condução do processo de difusão, tão necessários para o progresso econômico de muitos setores. Em conformidade com Rosenberg (1979, p. 88):

O processo de difusão depende de uma corrente de melhoramentos nas características de rendimentos de uma inovação, sua modificação e adaptação progressiva para acomodar-se às necessidades especializadas de distantes submercados e da disponibilidade e introdução de outras inovações complementares que afetam de forma decisiva a atividade econômica da inovação original.

Em contraste com os modelos de difusão neoclássicos, surgem, então, os modelos de difusão neoschumpeterianos, que buscam superar o caráter estático da tecnologia, evidenciando a importância do progresso técnico como principal fonte do crescimento econômico. No entanto, segundo relata Almeida (2004), algumas deficiências ainda são observadas nesses modelos. Conforme o autor, não é possível observar um mecanismo de realimentação estritamente tecnológico nos modelos e apenas a utilização do investimento corrente em P&D atua como determinante capaz de elevar a probabilidade de sucesso tecnológico das firmas. Fatos que comprometem a aproximação dos modelos com a literatura da Economia Industrial, haja vista que ao abordar o potencial inovativo/imitativo das firmas também deve-se levar em consideração os investimentos e capacitações adquiridas no passado.

A opção pela abordagem neoschumpeteriana, em detrimento da abordagem neoclássica, como base teórica para o desenvolvimento da pesquisa, ocorre essencialmente por encontrar na abordagem neoschumpeteriana uma análise mais realista do processo de difusão tecnológica. A análise de difusão tecnológica elaborada pela escola neoclássica, de acordo com Freeman & Soete (2008), comumente exclui de seus arcabouços teóricos as mudanças tecnológicas e sociais, adotando o pressuposto habitual de *ceteris paribus*.

Veremos adiante que o setor de máquinas e equipamentos, para a produção de rochas ornamentais, tem passado por constantes aperfeiçoamentos tecnológicos, necessários frente ao aumento da demanda por produtos de melhor qualidade, provenientes das rochas ornamentais. O setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, irá desenvolver-se junto com o setor de rochas ornamentais. O setor de máquinas e equipamentos é um setor dinâmico e que, ao longo de seu desenvolvimento, buscou se inteirar dos avanços tecnológicos, imprescindíveis ao bom funcionamento de todas as etapas da cadeia produtiva do segmento de rochas. Desde a descoberta das primeiras jazidas de mármore, até o processo de corte do granito, houve a necessidade em desenvolver e adaptar tecnologias que pudessem englobar mecanismos capazes de serrar rochas com maior durabilidade, além de melhorar a qualidade de polimento do produto final. Dentro dessa perspectiva de avanço técnico, observada no setor de rochas ornamentais, a análise neoschumpeteriana se enquadra como a abordagem que traz uma melhor contribuição para o andamento e análise da pesquisa.

3 – ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA ANÁLISE DO PANORAMA SETORIAL

As rochas ornamentais são materiais rochosos extraídos da natureza e que vêm sendo utilizados pelo homem desde as civilizações mais antigas (Grécia, Egito e Mesopotâmia) em diversas finalidades, tais como: revestimento, criação de peças decorativas ou criação de peças estruturais. No panorama comercial, as rochas ornamentais são agrupadas em duas grandes categorias, o mármore⁴ e o granito⁵ (FRASCA, 2014).

Busca-se, com o desenvolvimento do capítulo, apresentar uma análise do panorama setorial do segmento de rochas ornamentais no âmbito mundial, brasileiro e capixaba, com o objetivo de evidenciar a importância que este setor exerce nas economias no qual encontra-se inserido. Para tanto, o capítulo será composto por três seções. Em suma, o objetivo da primeira seção é apresentar a cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, composta basicamente pela etapa de extração dos blocos das jazidas/pedreiras e pelas etapas de beneficiamento, que preparam os produtos de acordo com as especificações finais. Além das empresas mineradoras, serrarias e marmorarias, compõem a cadeia produtiva do setor de rochas os fabricantes de máquinas, equipamentos e insumos.

Na segunda seção são retratados os principais dados alusivos ao setor, onde são encontradas informações referentes à produção mundial e o comércio internacional de rochas ornamentais no mundo, evidenciado os maiores exportadores e importadores mundiais. Após a descrição do panorama mundial do setor, são apresentados os dados referentes ao panorama brasileiro, ressaltando-se os principais estados produtores, sua dimensão setorial, as principais variedades de rochas produzidas, o faturamento angariado proveniente das transações com o mercado externo e o consumo interno de rochas ornamentais no país.

A terceira seção, por fim, traz o contexto de formação histórica do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, o seu panorama atual, no estado, com destaque para as variedades de mármore e granitos existentes, a capacidade de serragem e a relevância de sua participação na economia estadual. Analisa-se também a cadeia produtiva do setor, em solo capixaba, expondo, através de estimativas apresentadas em pesquisas recentes, BANDES (2014) e MTE/RAIS (2015), a quantidade de agentes envolvidos em cada elo produtivo, a fim de evidenciar a magnitude que o setor assume em todo o Espírito Santo.

⁴ Mármore: comercialmente abrange qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar (calcários) ou metamórfica (mármore propriamente ditos), passível de polimento (FRASCA, 2014, p. 49).

⁵ Granito: designação que engloba as rochas silicáticas (ígneas e metamórficas) independentemente da cor e da correta tipificação (FRASCA, 2014, p. 49).

3.1 – CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS.

A cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais (ANEXO A) é dividida em três etapas principais: extração, desdobramento e beneficiamento. As jazidas/pedreiras de rochas ornamentais são exploradas por intermédio de lavras, cujo processo de extração dos blocos ocorre a céu aberto, geralmente em encostas. Contudo, anterior ao processo de extração é necessário, entretanto, que a empresa conte com profissionais especializados, capazes de realizar pesquisas na área geográfica onde será efetivada a implantação da lavra, com o objetivo de possuir prévio conhecimento sobre as características da formação rochosa local. Em relação à importância do conhecimento geológico prévio à extração das rochas, Giaconi (1998, p. 21), observa que:

Um bom projeto deverá exigir a melhor escolha do método de lavra e a adoção de tecnologias adequadas nas quais sejam indicados os níveis produtivos desejados, levando-se em conta as características da jazida. Outro aspecto importante no planejamento e que muitas vezes não é levado em consideração diz respeito à necessidade de harmonizar, desde o início da atividade produtiva, as ações referentes à recuperação ambiental.

A primeira etapa da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais é composta pela fase de extração. No processo de extração tem-se a retirada do bloco das jazidas/pedreiras. O resultado do processo, nessa primeira fase da cadeia produtiva, é o bloco em formato retangular, com dimensões que podem variar de acordo com as técnicas de extração utilizadas (desabamento, matacões e bancadas), determinadas pelas características da formação rochosa, pelo melhor aproveitamento do bloco e pela sua utilização nos métodos de beneficiamento (FILHO, MATOS, MENDES, IZA, 2013). Segundo os autores:

- i) O método de lavra por desabamento resume-se no desmonte da rocha com a utilização de explosivos. O método da lavra por desabamento não é um método de lavra eficiente e vem sendo abandonado à medida que surgem novas tecnologias de corte e cresce a preocupação com os valores ambientais. Após a implosão de uma jazida para a retirada dos blocos, uma grande quantidade de material fragmentado é gerada e os blocos acabam apresentando forma irregular. Não há como determinar, com a utilização desse método, um padrão de blocos, haja vista que cada implosão terá um impacto diferenciado.
- ii) Assim como o método de lavra por desabamento, o método de lavra por matacões também não é um método eficiente de extração. Embora utilizado de forma ampla,

devido à característica do método envolver tecnologias de operação simples e de baixo custo, não sendo necessário grande investimento inicial, o método de matacão apresenta problemas quanto à manutenção dos níveis produtivos e qualitativos almejados, decorrentes, principalmente, da possibilidade de presença de micro fraturas e impurezas do mineral. Com o objetivo de desenterrar os matacões, que se encontram parcialmente soterrados, são realizados trabalhos de limpeza e remoção do solo na região da jazida o que também provoca uma maior geração de rejeitos.

iii) O método de lavras por bancadas é dividido em: bancada alta e bancada baixa, cuja melhor técnica será utilizada de acordo com a altura e a dimensão dos blocos.

- a) As lavras em bancada baixa, com altura variando entre 2 e 4 metros, é muito utilizada na extração dos blocos de mármore. Apresenta uma maior flexibilidade em relação ao método de bancada alta, por permitir que a direção da lavra possa ser modificada à medida que surjam eventuais problemas estruturais. Este método é aplicado unicamente em jazidas que exibem maciços homogêneos, com poucos defeitos do ponto de vista comercial.
- b) Lavras em bancada alta, com altura variando entre 6 e 12 metros, é o método empregado quando a jazida explorada apresenta uma vasta heterogeneidade qualitativa e estrutural. O maior problema na adoção do método de bancada alta está na quantidade de rejeitos gerados, chegando a 80% do material lavrado.

Entre as principais tecnologias utilizadas durante a fase de extração dos blocos, encontram-se as tecnologias de corte contínuo e as tecnologias de corte cíclico. As tecnologias de corte contínuo englobam técnicas capazes de realizar uma única operação de corte, sem a necessidade de combinação de técnicas complementares. Menezes (2005, p. 20) reporta essas tecnologias como aquelas que não contam com o “uso predominante de perfurações ou explosivos em suas operações”. Dentre as técnicas mais utilizadas para o corte contínuo, descritas por Menezes (2005), destacam-se:

- i) A técnica do fio helicoidal, empregada principalmente em rochas mais “macias”, como o mármore, consiste na utilização de três arames de aço trançados em forma de hélice, com diâmetro externo de 3 ou 5 milímetros, cuja a finalidade é possibilitar o transporte de uma mistura abrasiva composta por areia silicosa e água, que em contato com a rocha facilita a passagem do fio na mesma. No entanto, apesar de ser uma

técnica ainda muito frequente no processo de extração, vem sendo substituída gradativamente pela utilização do fio diamantado.

- ii) A técnica do fio diamantado tem funcionamento semelhante a do fio helicoidal. Frequentemente utilizada na extração de materiais mais resistentes, como o granito, sua estrutura é composta por um cabo de aço galvanizado, com 5 milímetros de diâmetro, envolvido com plástico, borracha ou molas metálicas, que atua de suporte para os anéis diamantados, responsáveis pelo corte da rocha. O aumento do uso da tecnologia do fio diamantado é ocasionado, sobretudo, pela redução do tempo de corte da rocha, por sua versatilidade operacional, além do baixo nível de ruídos, vibrações e poeira emitidos.
- iii) Na técnica do *flame-jet* o corte da rocha é realizado com o auxílio de uma chama térmica, aplicada essencialmente na extração de rochas silicáticas, o granito, provocando uma dilatação térmica diferencial dos minerais, devido a crepitação dos silicatos e do quartzo, que compõem a rocha e estão em contato direto com uma chama de 1500°C. O seu funcionamento ocorre a base de ar comprimido e óleo diesel. Apesar de ser uma técnica de extração ainda utilizada até nos dias atuais, devido o baixo investimento inicial, a técnica do *flame-jet* é considerada uma tecnologia obsoleta por apresentar alto custo operacional (gastos com combustível) e elevado impacto ambiental (ruídos e produção de poeira tóxica).

Com relação as tecnologias cíclicas de corte, Menezes (2005) descreve essas tecnologias como tecnologias caracterizadas por processos operacionais que passam por procedimentos sucessivos e repetitivos, podendo contar com outras técnicas complementares. São técnicas que se utilizam de constantes perfurações de carácter contínuo e perfurações descontínuas auxiliadas por explosivos, cunhas ou agentes expansivos.

- i) A técnica de perfuração contínua é realizada essencialmente em duas etapas. Na primeira etapa, efetua-se uma sequência de furos colineares, de mesma proporção, com espaçamento de valor aproximado ao diâmetro dos furos. Na segunda etapa, são feitos novos furos sobre o bloco a ser extraído, alternados aos primeiros, porém com diâmetro um pouco maior, alcançando assim, ao final do processo, o corte e a ruptura do bloco do maciço rochoso. Essa técnica é utilizada, basicamente, na extração de rochas silicáticas, mediante a utilização de perfuratrizes. As vantagens decorrentes da

utilização da técnica de perfuração contínua, com o uso de perfuratrizes, estão na sua “eficiência operacional, com bom acabamento das faces cortadas e preservação das características originais das rochas” (MENEZES, 2005, p. 33).

- ii) A técnica da perfuração descontínua, conforme acentuado anteriormente, é realizada com o auxílio de outros materiais complementares, podendo contar a ajuda de explosivos, cunhas ou materiais expansivos. A perfuração descontínua, com o uso de explosivos, baseia-se em realizar perfurações, em paralelas, sobre as rochas, que podem ser realizadas com a colaboração de martelos pneumáticos ou talha-blocos. Após a realização dos furos, ao longo do maciço rochoso, estes são preenchidos com explosivos, obtendo, após a detonação, a liberação dos blocos de rochas. Os explosivos mais utilizados no processo de corte são a pólvora negra e o cordel detonante. Na perfuração descontínua, com o emprego de cunhas mecânicas, após a confecção dos furos, os furos são preenchidos manualmente com cunhas ladeadas por linguetas metálicas, fixados com golpes de marreta, introduzidas no interior da rocha, até que se atinja a tensão necessária para ocasionar fissuras e a consequente ruptura do maciço. Por fim, tem-se o processo de perfuração descontínua, com a aplicação de materiais expansivos, a argamassa expansiva. O método é semelhante ao ocorrido com as cunhas, a diferença com esta técnica é que as perfurações são preenchidas com um tipo de argamassa, que expande-se em até 100%, fazendo uma pressão sobre as paredes das rochas que pode chegar a 800 kg/cm², resultando no desprendimento do bloco do maciço rochoso.

A segunda etapa da cadeia produtiva de rochas ornamentais, etapa também conhecida como beneficiamento primário, é composta pela fase desdobramento dos blocos em tiras, chapas ou em produtos semiacabados. Os blocos são serrados em diferentes tamanhos, com dimensões próximas às apresentadas pelos produtos finais. Para Giaconi (1998, p. 30) a fase de desdobramento do bloco representa “o primeiro passo em relação à agregação de valor ao material proveniente das pedreiras”.

Essa etapa é realizada com o auxílio de instalações industriais, serrarias, onde são utilizadas máquinas (teares) responsáveis pela serragem dos blocos. Os teares podem ser classificados como convencionais e avançados. Os equipamentos convencionais são constituídos por múltiplas lâminas de aço, que, com o auxílio de uma lama abrasiva, mesclada com granalhas, cal e água, cortam os blocos a partir do atrito das lâminas, que realizam movimentos

pendulares e de forma contínua sobre o bloco. Contudo, com o passar dos anos, a técnica multilâmina, apesar de ainda predominante no processo de serragem, vem perdendo espaço para a técnica multifio, que conta com a utilização de fios diamantados. Técnica mais eficaz, com maior precisão de corte e que utiliza apenas água no processo de serragem, favorecendo a geração de atrito dos fios com o bloco. O melhor tipo de técnica utilizada na serragem dos blocos irá depender do tipo de rocha a ser serrada, da característica morfológica dos blocos, da disponibilidade financeira da empresa, entre outros fatores. Ao longo dos anos as tecnologias de corte têm apresentado um significativo progresso, muito em função do crescimento da demanda por rochas para o uso em construções, obras de arte e decorações interiores (VIDAL, 2014).

Seguindo para o último elo da cadeia produtiva, chega-se a fase de beneficiamento final. Nesta etapa final encontram-se as marmorarias, onde as chapas que foram serradas passam por um preparo de suas superfícies, com o objetivo de realçar as suas características em função do uso almejado e remover possíveis resquícios de rugosidade na superfície do material, decorrente do processo de desdobramento. Entre os principais tipos de acabamento superficial, estão: i) o levigamento, onde são aplicados elementos abrasivos de grãos grossos mais consistentes que a rocha e com elevado poder de corte, cujo produto final é a chapa com superfície plana e de espessura regular; ii) o polimento, responsável por conferir brilho à superfície da rocha, por intermédio do atrito com abrasivos mais rígidos que os minerais existentes nas próprias chapas, fechando qualquer rugosidade que ainda tenha persistido após o processo de levigamento, além de atribuir as chapas uma superfície espelhada de aspecto brilhoso; iii) o flamejamento, onde água e maçarico, com chama alta pressão, entram em contato com a superfície da chapa bruta, provocando choque térmico dos minerais presentes na rocha. O flamejamento ocasiona uma descamação na superfície das chapas, tornando-as antiderrapantes e contribuindo para realçar a cor do material. Outra forma de preparo das superfícies das chapas é o apicoamento. O apicoamento consiste em deixar a superfície das chapas com aspecto encrespado, decorrente dos constantes impactos propositais, com o objetivo de tornar o material antiderrapante, assim como no processo de flamejamento. Ambas as técnicas de acabamento superficial são realizadas com o uso de politrizes que, dotados de elementos abrasivos, realizam movimentos rotativos sobre a superfície das placas conferindo melhor aspecto comercial (VIDAL, 2014).

Os principais produtos resultantes das marmorarias são: ladrilhos, revestimento interno e externo de pisos e paredes, rodapés, bancadas de pias, objetos para a arte funerária, bancos de

parques e praças, entre outros. Com o objetivo de atender à demanda requerida pelo consumidor final, as marmorarias buscam adequar as dimensões e os detalhes do material trabalhado (corte e polimento) de acordo com as especificações pleiteadas (VILLASCHI, SABADINI, 2000).

Frascá (2014) sintetiza que embora as rochas ornamentais possam ter uma infinidade de usos, decorrentes da combinação de aspectos estéticos e estruturais, o principal mercado consumidor para produtos provenientes de rochas ornamentais é a construção civil. De tudo o que é produzido mundialmente, referente a rochas ornamentais: 35% são destinados a revestimento de pisos, 10% seguem para o revestimento interno, 8% são aplicados em revestimento externo, e 18% designados para tampos de cozinha, banheiros e bancadas. Dos 29% restantes, 26% de tudo o que é consumido mundialmente de rochas ornamentais, destina-se a arte funerária, com a confecção de peças para a construção de mausoléus e túmulos. Os 3% finais são voltados para a pavimentação de praças, parques, construção de jardins e calçadas, esculturas, estátuas e objetos decorativos.

Até a chegada ao produto final, inúmeras tecnologias são necessárias para o desenvolvimento dos processos de extração e beneficiamento. Tecnologias, em muitos casos, desenvolvidas em localidades/países distantes ao de produção de rochas ornamentais. Assim, participam da cadeia produtiva, além das empresas de extração e beneficiamento, os fabricantes de máquinas/equipamentos e insumos, operados por essas empresas. De acordo com Montani (2015), atualmente existem alguns países que atuam como fornecedores de máquinas/equipamentos e insumos para o setor de rochas ornamentais, no mundo. O autor destaca que 17 países figuraram, em 2014, como os maiores fornecedores mundiais de tecnologias, que podem ser aplicadas nos processos de extração e beneficiamento de rochas ornamentais, dentre os quais estão: Itália, China, Japão, Alemanha, Suíça, Espanha, EUA, Hong-Kong, Áustria, Holanda, Suécia, Bélgica, Turquia, Reino Unido, França, Canadá e Índia. A Itália é o país com maior destaque, entre os maiores países exportadores de tecnologias para o setor de rochas, seguido da China e do Japão, com participações de 36,2%, 22,5% e 10,2%, respectivamente, das exportações mundiais de máquinas/equipamentos.

É importante registrar que apesar de ser um grande produtor e exportador de rochas ornamentais o Brasil não é um grande fornecedor, a nível mundial, de máquinas e equipamentos para a produção de rochas ornamentais, ainda que também seja produtor de tecnologias. Suas exportações de máquinas/equipamentos e insumos estão restritas,

basicamente, aos países da América do Sul, tais como: Bolívia, Argentina, Peru, Paraguai, Equador e Colômbia (MONTANI, 2015).

Abordou-se, no decorrer da seção, que algumas das tecnologias utilizadas no setor de rochas ornamentais passaram por constantes transformações ao longo dos anos. O fio diamantado, utilizado no processo de extração, vem tendo o seu uso ampliando, frente ao fio helicoidal. O mesmo pode ser observado com a crescente utilização dos teares multifios, frente aos teares multilâminas, na etapa de desdobramento das rochas. Já na etapa de beneficiamento final, as politrizes multicabeças vêm substituindo as politrizes com apenas uma única cabeça. O avanço ocorrido nas máquinas do setor é proveniente de “grande empenho no aperfeiçoamento dos equipamentos” (VIDAL, 2014, p. 197), além de estudos adequados de mecanismos de corte e polimento, capazes de permitir elevar os parâmetros de eficiência dos novos equipamentos, em relação ao antigo, favorecendo assim, frente aos resultados obtidos, sua difusão em um curto espaço de tempo (VIDAL, 2014).

Cabe ressaltar que, assim como foi exposto por Vidal (2014), a importância desse processo de aperfeiçoamento, pelo qual passa uma tecnologia, é um dos principais fatores, segundo Nelson (2005), responsáveis por impulsionar o seu processo de difusão. Um exemplo básico denotado pelo autor foi o surgimento da aeronave DC-3. Originária da empresa Douglas, a aeronave DC-3 era resultado da junção de várias linhas de P&D, representando uma nova forma de fabricação de aeronaves civis, com um casco inteiramente metálico, asas baixas e uma configuração aerodinâmica com motores mais potentes. Entretanto, o projeto foi passando por aperfeiçoamentos, desde o seu lançamento, por meio de novos modelos, delineados por outros fabricantes, assim como pela Douglas. Cada nova geração aperfeiçoada tornava a aeronave ainda mais veloz, possibilitando um maior raio de voo e maior conforto aos passageiros, fatores que contribuía para o aumento na venda de novas aeronaves mais modernas.

Assim como no exemplo explanado por Nelson (2005), as máquinas existentes no setor de rochas ornamentais também passaram por constantes progressos técnicos. À medida que as máquinas e equipamentos são aperfeiçoados, versões mais adaptadas a determinados usos surgem, caso do fio diamantado e dos teares multifios, capazes de serrar rochas mais “duras”, e das politrizes multicabeças, capazes de fornecer uma melhor qualidade e rapidez de polimento, favorecendo o surgimento de novos usuários potenciais.

3.2 – PANORAMA MUNDIAL E NACIONAL DA PRODUÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS.

3.2.1 – Síntese do panorama mundial do setor de rochas ornamentais.

A extração mundial de rochas ornamentais tem crescido consideravelmente ao longo dos anos, conforme dados apresentados na Tabela 1, saindo de um patamar produtivo de 1.790.000 toneladas, nos anos 20 da década passada, para uma produção total de 136.500.000 toneladas no ano de 2014, uma produção 5% maior que o observado em 2013. O crescimento médio anual do setor tem apresentado valores superiores a 5% ao longo dos últimos quinze anos. Levando em consideração ao tipo de rocha, o crescimento médio anual da produção de mármore foi de 5,7% e o crescimento médio anual da produção de granito foi de 5,9% para o mesmo período. Ambos apresentando taxas de crescimento bem próximo ao verificado na produção total. Os dados mundiais de produção possuem defasagem de um ano, ou seja, os dados referentes à produção de 2014 foram divulgados em 2015. Contudo, até o final do mês de setembro de 2016 ainda não haviam sido divulgados os dados pertinentes ao ano de 2015.

Tabela 1 – Histórico da evolução da produção mundial de rochas ornamentais: 2000 – 2014.

Ano	Mármore		Granito		Outras Rochas		Total
	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t
2000	34.500	57,8	21.700	36,4	3.450	5,8	59.650
2001	38.500	59,2	23.250	35,8	3.250	5,0	65.000
2002	39.000	57,8	25.000	37,0	3.500	5,2	67.500
2003	42.500	56,7	28.500	38,0	4.000	5,3	75.000
2004	43.750	53,8	33.000	40,6	4.500	5,5	81.250
2005	46.750	54,8	34.000	39,9	4.500	5,3	85.250
2006	53.350	57,5	34.800	37,5	4.600	5,0	92.750
2007	60.500	58,5	37.500	36,2	5.500	5,3	103.500
2008	61.000	58,1	38.300	36,5	5.700	5,4	105.000
2009	60.350	58,0	38.000	36,5	5.650	5,4	104.000
2010	65.230	58,5	40.500	36,3	5.750	5,2	111.480
2011	68.500	59,1	41.700	35,9	5.800	5,0	116.000
2012	72.250	58,5	45.700	37,0	5.500	4,5	123.450
2013	76.750	59,0	47.500	36,5	5.750	4,4	130.000
2014	79.200	58,0	51.900	38,0	5.400	4,0	136.500

Fonte Internazionale Mami e Macchine Carrara (IMM), Chiodi Filho & Chiodi (2014). Elaboração própria.

Entre os tipos de rochas ornamentais mais extraídos, nota-se uma maior participação mundial do mármore, 58%, seguido do granito, 38%, e, posteriormente, em menor magnitude na escala

global de produção, observa-se a produção de outras rochas, 4%, em consonância com as informações disponibilizadas, na Tabela 1.

Desde o início dos anos 2000 o mármore vem denotando uma maior participação na produção total de rochas ornamentais, mas é possível atentar-se, ainda com o auxílio da Tabela 1, que o granito, desde então, vem angariando maior espaço na produção global. Fato, que segundo Chiodi Filho e Chiodi (2014), é consequência, essencialmente, da busca por novas tecnologias que possam se adequar a lavra e ao beneficiamento de materiais mais resistentes ao corte, como o granito. Aliado a questão tecnológica, o autor frisa a participação do Brasil e da China, países ricos em granito, que aumentaram sua produção frente à crescente demanda do mercado internacional. O aumento da demanda internacional está intimamente relacionado à viabilidade na utilização do granito em revestimentos externos e em trabalhos estruturais, cuja aplicabilidade é competitivamente mais vantajosa em relação ao mármore, que apresenta baixa resistência face aos fatores ambientais.

Tabela 2 – Taxa de crescimento geométrico da produção mundial de rochas ornamentais: 2000 – 2014.

Ano	Taxa de Crescimento Geométrico (%)
2000/2005	7,4
2005/2010	5,5
2010/2014	5,2

Fonte Internazionale Mami e Macchine Carrara (IMM), Chiodi Filho & Chiodi (2014). Elaboração própria.

Na Tabela 2, são apresentadas as taxas de crescimento geométrico da produção mundial de rochas ornamentais: 2000 – 2014. Observa-se que a taxa de crescimento geométrico entre os anos de 2000 a 2005 foi da ordem de 7,4%. Entre os anos de 2005 a 2010 houve uma queda na produção mundial de rochas ornamentais, no qual entre os principais entraves para o crescimento da produção, no intervalo descrito, está à crise de 2008 que pairou sobre a economia americana, grande importadora de rochas, afetando os demais países, muitos dos quais também importadores, caso dos países europeus, e estagnando a economia mundial. É possível observar que mesmo após o ano de 2010 a produção mundial de rochas ornamentais ainda não conseguiu alcançar a taxa de crescimento apresentada até o ano de 2005.

As atividades ligadas ao processo de extração e transformação de rochas são mais antigas que a própria história da humanidade e podem ser identificadas em praticamente todos os continentes, com variados graus de concentração. Apesar das reservas geológicas estarem

distribuídas de forma razoável entre todos os continentes, as atividades de extração, transformação e comercialização ainda estão concentradas em um número restrito de países (ABREU, CARVALHO, 1994).

A produção mundial de rochas ornamentais concentra-se, segundo estimativas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2015), Tabela 2, basicamente, em dez países. Dois países localizados no continente americano (Brasil e EUA), um país no continente africano (Egito), três países no continente europeu (Itália, Espanha e Portugal) e quatro países no continente asiático (China, Índia, Turquia e Irã). A soma da produção mundial de rochas ornamentais desses países possibilita identificar que mais de 80% de toda produção mundial está restrita aos mesmos. Sendo à China o país com maior participação, 31,1%, dentre os maiores produtores, 42.500.000 toneladas, seguido da Índia, 16,1% da produção mundial, 22.000.000 toneladas. O Brasil atualmente ocupa a quarta posição entre os maiores produtores com uma produção de 10.000.000 toneladas, o equivalente a 7,4% de toda a produção mundial de rochas ornamentais.

Tabela 3 – Maiores produtores mundiais de rochas ornamentais: 2005 – 2014.

Países	2005		2014	
	Quantidade (1.000t)	(%)	Quantidade (1.000t)	(%)
China	20.000	23,5	42.500	31,1
Índia	10.000	11,7	22.000	16,1
Turquia	4.750	5,6	11.500	8,4
Brasil	6.900	8,1	10.130	7,4
Irã	5.500	6,5	7.000	5,1
Itália	7.500	8,8	6.750	4,9
Espanha	6.300	7,4	4.850	3,6
Egito	3.250	3,8	4.200	3,1
Portugal	2.500	2,9	2.750	2,0
EUA	2.400	2,8	2.650	1,9
Outros	16.150	18,9	22.200	16,3
TOTAL	85.250	100,0	136.500	100,0

Fonte: DNPM (2015). Elaboração própria.

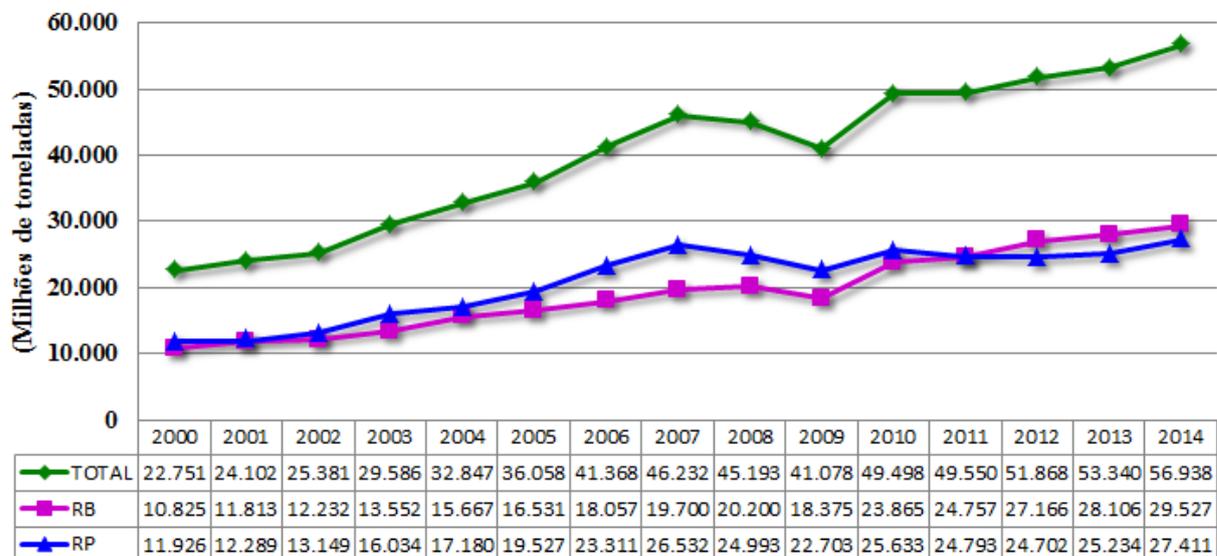
Uma análise para o período compreendido entre 2005 a 2014, pode-se constatar que países como China, Índia e Turquia mais que dobraram sua produção, enquanto países europeus, até então tradicionais no setor como Itália e Espanha⁶, apresentaram um retração de sua produção

⁶ De acordo com Cunha, Andrade e Souza (2003, p. 76) a redução da produção nesses países decorreu, no caso da Itália, devido a dificuldade do país em concorrer, via preços, com os demais países, uma vez que os custos de mão de obra, aliado as exigências ambientais, apresenta um rigor maior que nos demais países emergentes,

no mesmo período. Apesar dos números referentes à produção chinesa e indiana chamarem atenção, em demasia, é interessante observar que o foi à Turquia o país que apresentou um crescimento mais vertiginoso, saindo de uma produção de 4.500.000 toneladas em 2005, para uma produção de 11.500.000 toneladas, em 2014. Uma expansão da produção superior a 142%.

Com relação à evolução anual do volume físico do comércio mundial de rochas ornamentais, apurada com a colaboração do Gráfico 1, percebe-se que, apesar do mundo ter produzido mais de 136.500.000 toneladas, em 2014, apenas uma parte do que foi produzido, 56.938.000 toneladas, 41,7%, foi transacionado com o mercado externo. Fato que, segundo Frascá (2015), decorre principalmente da expansão do mercado imobiliário interno de alguns países produtores. Sendo a construção civil, em escala global, o setor que mais demanda esse tipo de material. A título de exemplo, somente em 2014, de tudo o que foi produzido mundialmente, relacionado a rochas ornamentais, 71% foram destinados à construção civil.

Gráfico 1 – Evolução do comércio mundial de rochas ornamentais: 2000 – 2014.



Fonte: Internazionale Mami e Macchine Carrara (IMM). Elaboração Própria.

Nota: RP – Rochas processadas. RB – Rochas brutas.

A quantidade comercializada entre os países cresceu a uma taxa média anual de 6,3% no período de 2000 a 2014. Quanto ao material mais comercializado, as vendas de rochas brutas têm ultrapassado as vendas de rochas processadas. Situação muito diferente da apurada no início dos anos 2000, onde a maior parte das rochas comercializadas, 52,4%, eram rochas

também produtores de rochas ornamentais. E a decisão da Espanha em investir maiores esforços no desenvolvimento de tecnologias para o setor, considerado o país europeu que melhor se equipou em relação aos demais produtores, visando atender a crescente demanda interna por tecnologias.

processadas, configuração que começa a mudar a partir do ano de 2012. Chiodi Filho & Chiodi (2014) salientam que o aumento da produção e da escala comercial de rochas veio acompanhada de intensos aperfeiçoamentos tecnológicos no setor. Países que até então canalizavam seus esforços para a importação de rochas processadas, caso da China, adequaram essas novas tecnologias a seu parque industrial e passaram a importar uma maior quantidade de rochas brutas, canalizando seus esforços para a exportação de rochas processadas, que possuem maior valor agregado.

Entre os maiores países exportadores mundiais de rochas ornamentais há uma interessante particularidade. Alguns países que aparecem como grandes produtores, Tabela 2, não têm o mesmo destaque quando a análise se designa para as exportações, Tabela 3. Um comparativo entre a tabela 2 e 3 mostra que o Irã e o Egito não aparecem entre os dez maiores exportadores de rochas ornamentais, enquanto países como Grécia e Alemanha, que não se enquadravam entre os produtores, passam a assumir posição de destaque no mercado exportador. China, Turquia e Índia continuam assumindo as três primeiras colocações. Juntos, representam 50,2% das exportações mundiais, contudo a discrepância das quantidades exportadas por esses países, 13.358.000, 9.098.000 e 7.284.000 toneladas, respectivamente, não são tão grandes quando comparadas com os valores produzidos por esses países. Entre os países com maior faturamento o destaque fica por conta da China, com ganhos de US\$ 6,7 bilhões, seguido da Itália, com US\$ 2,5 bilhões.

Tabela 4 – Maiores exportadores mundiais de rochas ornamentais: 2014.

Países	Exportação (1.000t)		
	RB	RP	Total
China	2.311	11.047	13.358
Índia	6.815	2.283	9.098
Turquia	5.126	2.158	7.284
Itália	1.509	1.603	3.112
Espanha	1.315	1.215	2.530
Brasil	1.218	1.301	2.519
Portugal	901	806	1.707
Grécia	611	222	833
EUA	142	373	515
Alemanha	231	259	490
Outros	9.348	6.144	15.492
TOTAL	29.527	27.411	56.938

Fonte: Internazionale Mami e Macchine Carrara (IMM). Elaboração Própria.

Nota: RP – Rochas processadas. RB – Rochas brutas.

Considerando os maiores importadores mundiais de rochas ornamentais, Tabela 4, novamente, assim como ocorre na produção e nas exportações, a China aparece como país líder, com uma quantidade de 15.324.000 toneladas importadas no ano de 2014. Como evidenciado anteriormente, ressaltado por Chiodi Filho & Chiodi (2014), esse fato ocorre em virtude da estratégia utilizada pelos chineses de importar material bruto com o intuito de processá-los em seu território, incorporando a esse material um maior valor agregado. Estratégia também utilizada, ainda que em menor escala, pelos EUA. Dentro desse novo contexto, agora voltado para os dez maiores países importadores, novos países adentram o bloco de análise, tais como: Coreia do Sul, com uma participação de 3,8% das importações, Taiwan, cuja participação é de 3,1%, França, com 2,1%, Canadá, com 2,0%, Reino Unido, com 1,9% e Japão, com 1,6% de participação na importação global de rochas ornamentais.

Tabela 5 – Maiores importadores mundiais de rochas ornamentais: 2014.

Países	Importações (1.000t)	
	Quantidade	Participação (%)
China	15.234	26,8
EUA	4.290	7,5
Alemanha	2.219	3,9
Coreia do Sul	2.187	3,8
Taiwan	1.758	3,1
Itália	1.353	2,4
França	1.191	2,1
Canadá	1.119	2,0
Reino Unido	1.095	1,9
Japão	916	1,6
Outros	25.576	44,9
TOTAL	56.938	100,0

Fonte: Internazionale Mami e Macchine Carrara (IMM). Elaboração Própria.

3.2.2 – Panorama do mercado brasileiro de rochas ornamentais.

No Brasil, consoante Chiodi Filho & Chiodi (2014), existem 21 estados produtores de rochas ornamentais, estando quatro estados localizados na região sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), três estados situados na região sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina), três estados identificados na região centro-oeste (Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), sete estados presentes na região nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte e Piauí) e, por fim, quatro estados localizados na região norte (Rondônia, Roraima, Pará e Tocantins).

O setor de rochas ornamentais brasileiro é formado essencialmente por micro e pequenas empresas. Somente no ano de 2015 o setor foi responsável por aproximadamente 120 mil postos de trabalho direto e 360 mil postos indiretos, levando em consideração todos os segmentos envolvidos da cadeia produtiva: desde as frentes de lavras até as indústrias de máquinas, equipamentos, insumos e serviços, são mais de 10.000 empresas atuando no setor. Mais de 1.500 pedreiras ativas e 320 teares de fio diamantado em operação, dos quais 100 teares são de fabricação nacional (ABIROCHAS, 2016). Essa dimensão setorial do segmento brasileiro de rochas ornamentais pode ser observada no Quadro 2.

Quadro 3 – Dimensão setorial do segmento de rochas ornamentais no Brasil: 2015.

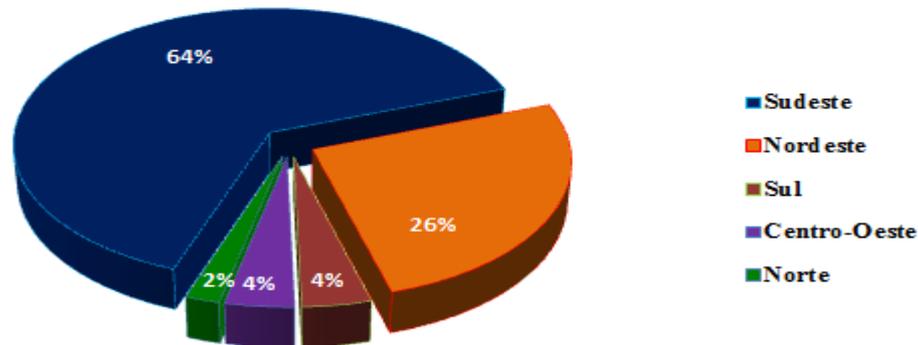
1.200 variedades comerciais comercializadas nos mercados interno e externo.
1.500 pedreiras ativas.
10.000 empresas atuando em toda a cadeia produtiva.
320 teares multifio diamantados em operação (100 teares de fabricação nacional).
120.000 empregos diretos no setor.
Aproximadamente 360.000 empregos indiretos
Quinto maior produto de base mineral exportado pelo Brasil.
Transações comerciais superiores a US\$ 5 bilhões nos mercados interno e externo.

Fonte: ABIROCHAS (2016).

As rochas ornamentais representam o quinto produto de base mineral mais exportado pelo Brasil, atrás do minério de ferro, minério de cobre, ouro e ferro-nióbico. Afere-se que o setor tenha movimentado, em 2015, cerca de US\$ 5 bilhões, com as transações comerciais realizadas com o mercado interno e externo, incluindo comercialização de máquinas, equipamentos, insumos e serviços.

O levantamento da distribuição regional da produção bruta de rochas ornamentais, elaborado pela ABIROCHAS (2015), Gráfico 2, evidencia a região sudeste como a maior região produtora de rochas ornamentais do país. De tudo o que é produzido, no Brasil, referente a rochas ornamentais, 64% é originado da região sudeste. Um pouco mais distante, com uma participação de 26%, encontra-se a região nordeste e, com uma participação bem distante das regiões destacadas estão as regiões sul, centro-oeste e norte, cujas participações são de 4%, 4% e 2%, respectivamente.

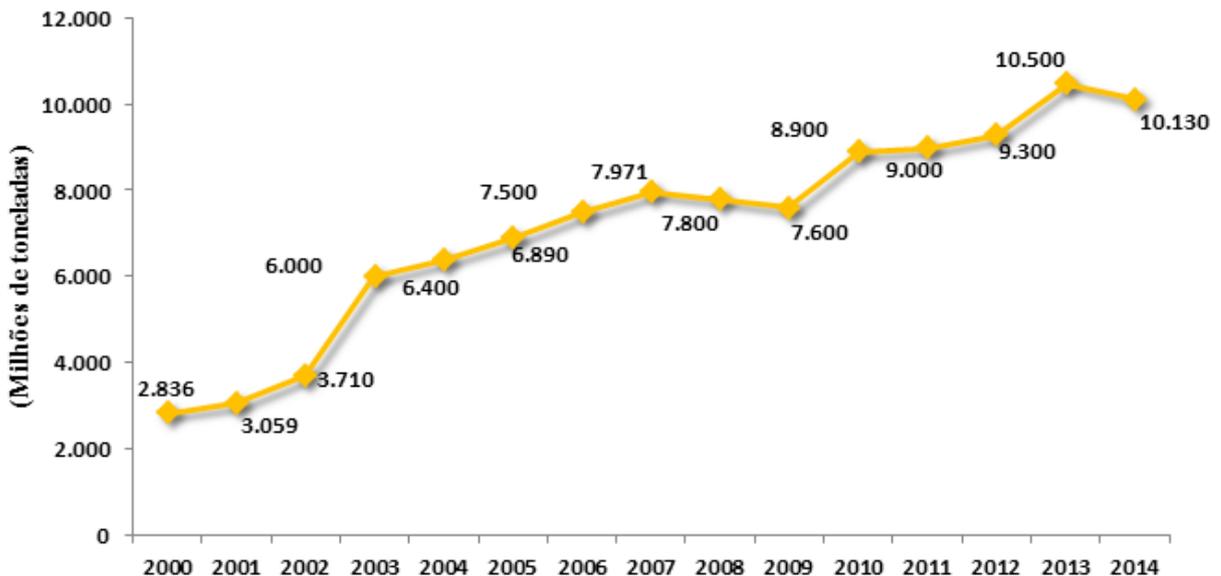
Gráfico 2 – Distribuição regional da produção bruta de rochas ornamentais, no Brasil.



Fonte: ABIROCHAS (2015).

Com uma produção bruta de 10.100.000 toneladas de rochas ornamentais, no ano de 2014, conforme evidenciado no Gráfico 3, o país se consolida como o quarto maior produtor de rochas ornamentais no mundo, 7,4% da produção mundial, destacando-se como o principal representante dentre os países produtores, no continente americano, e com capacidade de suprir a demanda de todo o continente, inclusive dos países localizados no hemisfério norte, também produtores (ABIROCHAS, 2015). Apesar da queda de 3,5% em relação ao ano anterior, 2013, a quantidade de rochas produzidas vem apresentando um crescimento médio anual de 8,8% ao longo do período explicitado: 2000 – 2014.

Gráfico 3– Evolução da produção brasileira de rochas ornamentais: 2000 – 2014.

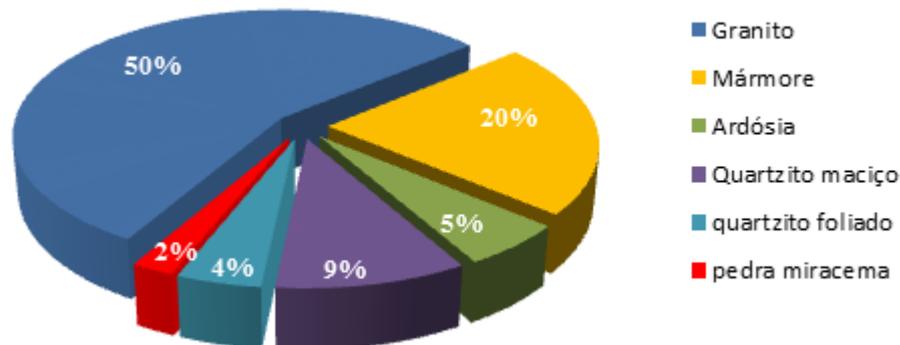


Fonte: DNPM (2015). Elaboração Própria.

Levando em consideração ao perfil da produção brasileira, salientada no Gráfico 4, dos 10.130.000 toneladas de rochas ornamentais produzidas, no país, 5.000.000 toneladas, 50%, referem-se a granitos e similares, seguidos do mármore e travertino, 2.100.000 toneladas,

20%, em menor expressão⁷, no total produzido, tem-se a participação do quartzito maciço, 900.000 toneladas, da ardósia, 500.000 toneladas, do quartzito foliado, 400.000 toneladas, da pedra miracema, 200.000 toneladas, e outras rochas que juntas totalizam uma produção de 1.000.000 toneladas, onde suas participações foram da ordem de 9%, 5%, 4%, 2% e 10%, respectivamente (ABIROCHAS, 2015).

Gráfico 4 – Perfil da produção brasileira de rochas ornamentais: 2014.



Fonte: ABIROCHAS (2015). Elaboração Própria.

Além de figurar-se entre os maiores produtores de rochas ornamentais o país também é um dos maiores exportadores de rocha. O Gráfico 5 mostra a evolução das exportações de rochas ornamentais ao longo dos anos 2000.

Gráfico 5 – Evolução das exportações brasileiras de rochas ornamentais: 2000 – 2015.



Fonte: ABIROCHAS (2016). Elaboração Própria.

Nota: RP – Rochas processadas. RB – Rochas brutas.

⁷ Maiores informações sobre esses tipos de rochas, com menor participação na produção brasileira, podem ser encontradas em Frascá (2014, p. 45-98). Frascá (2014) traz a definição e as características minerais de cada tipo, especificações e requisitos necessários para que determinado tipo de rochas assumam uma nomenclatura comercial, além de seu uso em diferentes ambientes.

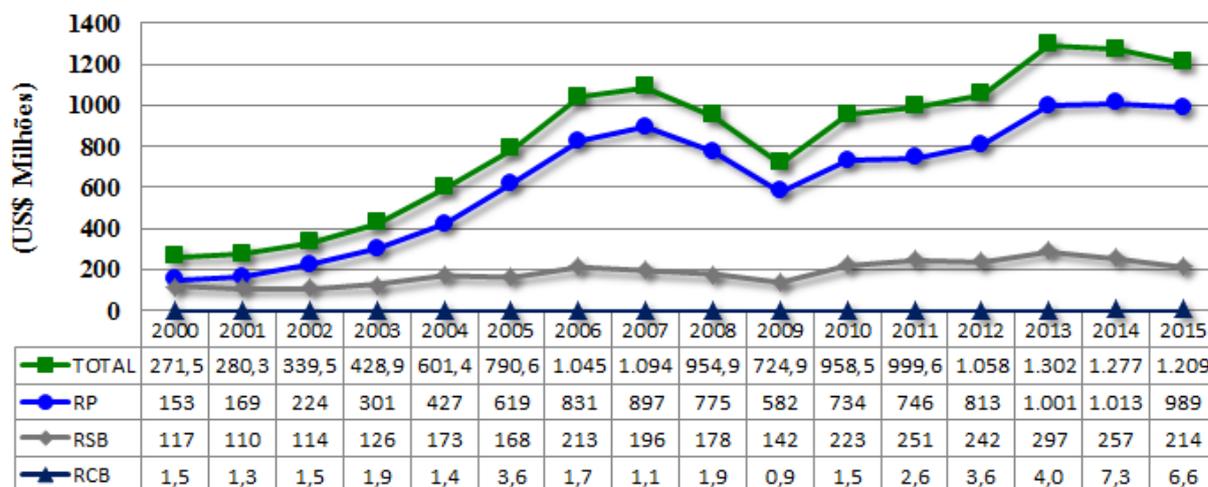
Uma avaliação um pouco mais robusta dos dados disponíveis, no Gráfico 5, possibilita detectar uma mudança qualitativa no perfil das exportações brasileiras de rochas ornamentais. No início dos anos 2000 foi exportado um total de 1.100.000 toneladas de rochas ornamentais, no qual, a maior quantidade era referente à rocha em estado bruto, uma participação de aproximadamente 75%, quando levado em consideração o valor total exportado.

No entanto, no decorrer dos anos, essa elevada representatividade das rochas brutas vem perdendo espaço para as rochas processadas. De um total de 2.320.000 toneladas de rochas ornamentais exportado, no ano de 2015, aproximadamente 58% provinham das exportações de rochas processadas. Chiodi Filho & Chiodi (2014) apontam que o crescimento dos produtos processados está intimamente ligado ao aumento na venda de chapas polidas para países como China e EUA, maiores importadores de rochas do mundo.

A respeito do crescimento das exportações de rochas processadas, Haag (2015) acrescenta que, as empresas brasileiras do setor apresentam: boa e dinâmica estrutura comercial, diversidade e exotismo de produtos, equipamentos de última geração, feiras com elevado grau de profissionalismo e uma eficiente avaliação do risco de mercado do segmento. Esses fatores contribuem para que o Brasil consiga conquistar mercados exigentes, como os EUA, grande importador de rochas processadas, e tenha mudado o seu posicionamento frente ao mercado internacional, saindo da condição de exportador de blocos e seguindo para a condição de exportador de chapas.

Contudo, a autora deixa evidente que para o Brasil conseguir avançar ainda mais no mercado internacional, sobretudo de rochas processadas, dominado por países como China e Itália, é necessário que o Brasil expanda suas relações comerciais, diversificando os mercados e explorando novas oportunidades em países onde a construção civil está voltada principalmente para o desenvolvimento de grandes empreendimentos imobiliários, caso dos países do Oriente Médio, por exemplo. A evolução do total exportado de rochas ornamentais veio acompanhada, por consequência, do aumento do faturamento no decorrer do período de 2000 a 2015, Gráfico 6.

Gráfico 6– Evolução do faturamento das exportações brasileiras de rochas ornamentais: 2000 – 2015.



Fonte: ABIROCHAS (2016). Elaboração Própria.

Nota: RP – Rochas processadas. RSB – Rochas Silicáticas Brutas. RCB – Rochas Carbonáticas Brutas.

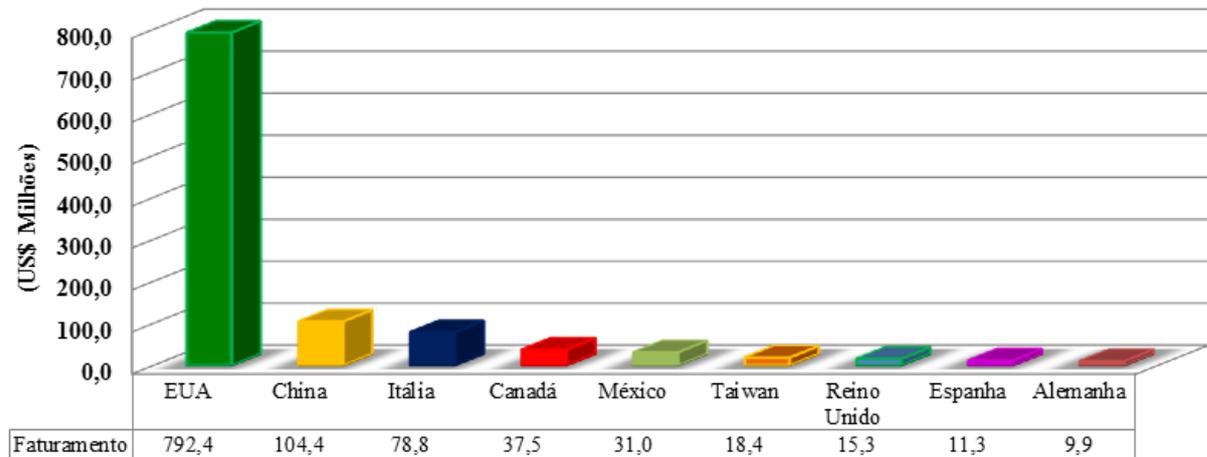
O total faturado com as exportações em 2000 foi de US\$ 271,5 milhões. Em 2015, esse valor já ultrapassa ganhos superiores a US\$ 1,2 bilhões. Um crescimento anual médio de 10,4% para o período denotado, 2000 – 2015. O faturamento tem sido impulsionado, basicamente, pelo montante exportado em forma processada. Dentro do contexto comercial, as rochas ornamentais são subdivididas entre mármore e granito. Entretanto, é necessário destacar que essas rochas também podem ser identificadas genericamente, seguindo as especificações apresentadas pela ABIROCHAS, no Gráfico 6, como rochas silicáticas, quando tratar-se do produto mármore, e rochas carbonáticas, quando referir-se ao granito. No que diz respeito ao faturamento das rochas em seu estado bruto, apesar da evolução dos ganhos observados com a venda do mármore, rochas carbonáticas, entre os anos de 2000 a 2015, pode-se constatar que, em valor, sua participação entre as rochas brutas exportadas é bem inferior quanto a participação do granito, rochas silicáticas. Somente no ano de 2015 a participação, em valor, do granito entre as rochas brutas exportadas foi de 97%. Levando em consideração o primeiro ano do período explicitado, ano 2000, com uma participação de 98,7%, atenta-se que, apesar da queda da participação do granito no faturamento das exportações, essa queda não assume proporções tão significativas.

Entre os principais destinos das exportações brasileiras de rochas ornamentais, em 2015, conforme Gráfico 7, estão EUA⁸ e China. Os EUA aparecem como os maiores parceiros

⁸ Apesar de a China ser a maior importadora mundial de rochas ornamentais, as transações brasileiras com os EUA são as que movimentam maior faturamento. O principal fator para a grande discrepância entre o primeiro e segundo lugar (China e EUA), referente ao destino e faturamento das exportações brasileiras de rochas ornamentais, está essencialmente no produto exportado. Os EUA são grandes importadores de rochas

comerciais do Brasil. Segundo levantamentos realizados pela ABIROCHAS (2016), o total arrecadado pelo país com as exportações de rochas destinadas aos EUA, foi da ordem de US\$792,4 milhões, com a transação. Logo em seguida evidencia-se a China, país cujo valor arrecadado foi da ordem de US\$ 104,4 milhões e, na terceira colocação, notabiliza-se a Itália, com transações envolvendo um montante de US\$ 78,8 milhões.

Gráfico 7 – Principais destinos das exportações brasileiras de rochas ornamentais: 2015.



Fonte: ABIROCHAS (2016). Elaboração Própria.

3.2.3 – O Consumo interno.

Até então, no transcorrer da seção anterior, o foco voltou-se para as exportações brasileiras de rochas ornamentais e seus principais destinos. No entanto, é preciso atentar-se, ainda que de forma sucinta, que nem toda produção de rochas ornamentais tem o comércio externo como principal destino. Grande parte de tudo o que é produzido no país é comercializada entre os estados brasileiros. Com base em estimativas do consumo interno, desenvolvidas pela ABIROCHAS (2016) e Chiodi Filho & Chiodi (2014), Tabela 5, para o período compreendido entre os anos de 2010 a 2015, identifica-se que, em 2015, foram consumidas internamente mais de 3.800.000 toneladas de rochas ornamentais, representando 40% da produção nacional. Participação superior se comparado com o que foi exportado pelo país, 24,4% das rochas produzidas internamente. As estimativas de consumo interno são obtidas através da soma do valor produzido com as importações, deduzidas as exportações e os rejeitos produzidos durante a etapa de processamento.

manufaturadas. Levando em consideração as estimativas disponíveis, somente em 2015, foram comercializados mais de US\$ 791,5 milhões em rochas processadas e US\$ 892,7 mil em rochas brutas para os EUA. Enquanto que com a China, no mesmo período, foram comercializados apenas US\$ 4,45 milhões em rochas processadas e US\$ 99,9 milhões em rochas brutas (ABIROCHAS, 2016).

Tabela 6 – Repartição da produção, intercâmbio e consumo interno de rochas ornamentais, no Brasil: 2010 – 2015.

Parâmetros	2010 (1.000t)	2011 (1.000t)	2012 (1.000t)	2013 (1.000t)	2014 (1.000t)	2015 (1.000t)
Produção Bruta	8.900	9.000	9.300	10.500	10.130	9.500
Exportação de Rochas Brutas	1.200	1.200	1.170	1.450	1.250	970
Exportação de Rochas Processadas	1.040	990	1.070	1.280	1.300	1.350
Importação de Rochas Brutas	23,0	25,3	26,8	28,2	27,0	20,3
Importação de Rochas Processadas	67,9	111,2	133,0	133,3	134,6	106,2
Rejeito de Processamento	3.158	3.209,4	3.349,5	3.723,8	3.654	3.505,4
Consumo interno	3.592,9	3.737,1	3.870,3	4.207,7	4.087,6	3.801,1

Fonte: Chiodi Filho & Chiodi (2014). Após 2014, baseado em ABIROCHAS (2016).

É possível identificar uma trajetória de crescimento do consumo interno entre os anos de 2010 a 2013. Crescimento basicamente atrelado ao aumento da produção e das variações positivas das importações de rochas brutas e rochas processadas que, como assinalou-se, são algumas das variáveis que, somadas a produção bruta total, possibilita chegar ao cálculo do consumo interno de rochas ornamentais no país. Contudo, a partir de 2013, o consumo interno passa a assumir uma trajetória decrescente para os anos posteriores, 2014 – 2015. De acordo com o DNPM (2015) essa redução no consumo interno deu-se, essencialmente, por intermédio de alguns fatores, dentre os quais: retração do mercado de construção civil brasileiro, redução da produção bruta e redução das exportações de rochas brutas, principalmente para a China, maior país importador de rochas “in natura” brasileira. Com a análise da Tabela 5 ainda pode-se destacar a grande quantidade de rejeitos despendidos durante o processamento. Na etapa de desdobramento é gerada uma grande quantidade de “casqueiros” resultado das imperfeições laterais dos blocos que acabam sendo aproveitados, posteriormente, inclusive, na produção de produtos, que apresentam boa aceitação no mercado externo, pisos personalizados de pedra polida é um dos exemplos.

Quando levado em consideração a distribuição do consumo interno de rochas ornamentais, no Brasil, Tabela 6, conforme dados apresentados pela ABIROCHAS (2015), levantados junto a empresas e entidades do segmento, para estimativas referentes ao ano de 2014, entre as regiões que mais consomem rochas ornamentais internamente, em primeiro lugar, encontra-se a região sudeste, com uma participação de 67% do consumo, liderada pelo estado de São Paulo que consome ao todo 45% dos 67% explanados. Um pouco mais distante aparece à região Sul, com um consumo interno de 14% e, por fim, as demais regiões, que em conjunto, totalizam uma participação de 19%.

Tabela 7 – Distribuição do consumo interno de rochas ornamentais por região: 2014.

Região	Participação (%)
Sudeste	67,0
Sul	14,0
Norte, Nordeste e Centro-Oeste.	19,0
TOTAL	100,0

Fonte: ABIROCHAS (2015).

Nota: Região sudeste, 67% de participação. São Paulo 45%, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais, 22%.

3.3 – O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.

3.3.1 – O processo histórico de formação do segmento de rochas ornamentais no Espírito Santo.

A história da mineração de rochas ornamentais, no Espírito Santo, surge, inicialmente, na região sul do estado, mais precisamente no município de Cachoeiro do Itapemirim. Sabadini (1998) enfatiza que a história da mineração, no município de Cachoeiro do Itapemirim, progride concomitantemente com a criação da Fábrica de Cimento, que inicia suas atividades em 1924, por intermédio do projeto “Companhias Industriais”, desenvolvido pelo governador Jerônimo Monteiro (1908-1912).

A ideia de Jerônimo Monteiro (1908-1912) era investir no crescimento industrial de todo o estado, ainda que o ponto central do desenvolvimento industrial estivesse assentado na região sul. O Espírito Santo, nesta época, era exclusivamente agrícola, tornando-se essencialmente refém das oscilações internacionais nos preços do café. Da ideia proposta por Jerônimo Monteiro, para o crescimento industrial, no Espírito Santo, surgem as condições para a criação da “Companhia Industrial do Espírito Santo”. A Companhia Industrial do Espírito Santo era uma empresa *holding* que acomodava numerosos estabelecimentos industriais, situados em Cachoeiro do Itapemirim. As principais obras arquitetadas nesse projeto foram: 1) uma fábrica de tecidos; 2) uma usina de açúcar no Vale do Itapemirim; 3) uma fábrica de papel; 4) uma fábrica de óleo vegetal; 5) uma serraria industrial; 6) uma usina hidrelétrica no Rio Fruteiras e 7) uma fábrica de Cimento (VILLASCHI, FELIPE, OLIVEIRA, 2011).

Porém, é importante destacar, que mesmo antes de 1924, período de instalação da Fábrica de Cimento, estruturada no projeto de crescimento industrial, proposto por Jerônimo Monteiro, por volta de 1874 e 1878, já era possível observar em algumas regiões no interior do município de Cachoeiro do Itapemirim colonos recém-chegados de países europeus, principalmente italianos, empenhados na fabricação de cal (SABADINI, 1998). A observação

que a atividade extrativa na região de Cachoeiro do Itapemirim iniciou-se anterior ao ano de 1924, período de instalação da Fábrica de Cimentos e teve sua origem com a extração de rochas calcárias, também pode ser verificada nos relatos de Villaschi & Sabadini (2000, p. 3).

Já no período da “colonização” um dos produtos que ocupavam lugar de destaque nas atividades produtivas da região de Cachoeiro eram as rochas calcárias, as quais, mesmo antes de 1878, já eram fabricadas na região da província por colonos chegados no início do século XIX. Esses fatos nos indicam que a potencialidade do município na atividade mineradora de produtos correlatos ao mármore e granito já estava se configurando desde o processo da vinda dos imigrantes europeus para a província do Espírito Santo.

Através dos relatos anteriormente explanados é permissível acentuar que os primeiros passos da mineração, no Espírito Santo, são iniciados no município de Cachoeiro do Itapemirim, com a exploração de rochas calcárias para a fabricação de cal, tijolos e telhas, sendo utilizado posteriormente, sobretudo, no fabrico de cimento pela Fábrica de Cimento, idealizada nos projetos de Jerônimo Monteiro para o crescimento industrial do estado, partindo da região sul.

O ponto de partida da exploração mineral está intimamente ligada com a vinda dos primeiros imigrantes, oriundos de países europeus, em especial os italianos, que traziam consigo amplo conhecimento tácito sobre mineração. Sabadini (1998) afirma que a vinda desses imigrantes ao Espírito Santo contribuiu para que a atividade mineradora se espalhasse por várias localidades, como: Itaóca, distrito de Cachoeiro onde se localiza uma das principais jazidas de mármore da região sul; Gironda situada na região noroeste do município e Marapé, distrito emancipado, desde 1963, e hoje conhecido como o município de Atílio Vivacqua.

Esses imigrantes deixavam seu país de origem em direção a “Província do Espírito Santo” atraídos pelas potencialidades da Província. Costa (1991) acentua que em suas pesquisas históricas sobre o município de Cachoeiro do Itapemirim, pôde encontrar um exemplar, um livro de 1878, intitulado “Breve Notícias Descritivas”, publicado pelo “Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas do Império”, redigido em português, italiano, francês e alemão, no qual o principal objetivo era orientar os europeus que desejavam vir para o Brasil. Ao mesmo tempo, a publicação buscava destacar as potencialidades de cada província, estimulando a vinda de imigrantes para ocupar tais regiões. Dentre algumas potencialidades da Província do Espírito Santo, o exemplar enfatizava que:

Quanto aos minerais, existem na província o ferro magnético, o ouro, as rochas calcárias. (...) ocupam lugar de destaque os minerais principalmente rochas calcárias. (...) a importação e exportação crescem anualmente, acompanhado da marcha do desenvolvimento da lavoura e da indústria, que é ainda muito limitada e fraca. (...) a amenidade do clima, a exuberância dos terrenos ora acidentados e cobertos de

espessas florestas e riqueza mineral e vegetal a ostentar-se por toda parte (...) oferece ao imigrante europeu as vantagens para a Província do Espírito se torne um futuro centro (COSTA, p. 31-32, 1991).

Apesar do processo de extração mineral das rochas calcárias ter se iniciado logo após a chegada dos imigrantes, foi somente a partir do final da década de 1920, em Cachoeiro do Itapemirim, que se estabeleceu o primeiro empreendimento empresarial vinculado ao mármore no estado. O processo de beneficiamento: polimento e corte de rochas ornamentais, no Espírito Santo, teve início por intermédio dos imigrantes portugueses. É importante ressaltar que, inicialmente, o mármore beneficiado não era extraído das reservas locais. As chapas de rochas vinham do Rio de Janeiro, de São Paulo, ou até mesmo de outros países, importadas de Portugal ou da Itália (ABREU, CARVALHO, 1994).

É datada desta época, final de década de 1920, as primeiras tentativas de serragem de pequenos pedaços de mármore com a utilização de teares extremamente rudimentares de fabricação caseira, fabricados em madeira e acionados por uma roda d'água. No entanto, somente a partir da segunda metade da década de 1950, que foi esboçado o que viria a ser o “início de uma atividade próspera e rica para a região” (ABREU, CARVALHO, p. 7, 1994). Ainda, de acordo com o autor, embora o processo de beneficiamento, polimento e corte, tenha iniciado com os portugueses, foram os imigrantes italianos, em 1957, os pioneiros na atividade de extração de blocos, na localidade de Prosperidade, hoje distrito vinculado ao município de Vargem Alta.

Coube ao Sr. Horácio Scaramussa, possuidor de uma propriedade rural, na região de Prosperidade, filho de imigrante italiano, o início do processo de extração, em 1957. As máquinas para a realização do processo de extração eram precárias, as estradas para transporte dos blocos eram escassas ou inexistentes, muitas sendo abertas com instrumentos extremamente rústicos: facão, enxadão e foice. Eram inexistentes a concessão de financiamentos, com os recursos financeiros utilizados nesse processo inicial de extração dos blocos inteiramente despendido pelo minerador. A economia da região, que era agrícola, começa a passar por um processo de diversificação, inclinando-se para a exploração mineral, que aumentava dia após dia. Grande parte das firmas que atuavam na extração era proveniente de outros estados (COSTA, 1991).

Abreu & Carvalho (1994, p. 8) destacam que “das primeiras extrações de mármore, da instalação do primeiro pau de carga, do primeiro caminhão rompendo o barro, do primeiro tear cortando chapas, da primeira politriz buscando o brilho da pedra, vai surgindo e se

consolidando um novo segmento na economia”. À medida que o trabalho de extração iniciado pelo Sr. Horácio Scaramussa estimula a vinda de empresários de outras localidades para a região de Cachoeiro do Itapemirim e o movimento vai ganhando força, novas expectativas e oportunidades passam a ser criadas. Por consequência, o setor passa a chamar atenção de homens de negócio, comerciantes e autoridades locais.

Com o crescimento das atividades de extração os empresários começam a perceber a necessidade de acrescentar mais um elo na cadeia produtiva do setor. Seguir para além do processo de extração e do beneficiamento rudimentar era necessário para que o setor se consolidasse de forma definitiva. Spínola, Guerreiro e Bazan (2004) acrescentam que o progresso observado no setor favoreceu o desenvolvimento de uma rede de atividades voltada para lavra, beneficiamento, acabamento e serviços. Sobre o desenvolvimento de novas atividades envolta do setor de rochas, Abreu & Carvalho (1994, p. 8-9) relatam que:

Na medida em que se intensificavam as atividades de produção de blocos, chapas e produtos acabados na região, a demanda por máquinas, equipamentos, insumos industriais e serviços técnicos se amplia de forma significativa, assumindo proporções econômicas significativas. O setor começa a ganhar expressão econômica e a expandir seus impactos sobre a região sul do Espírito Santo. Os principais fabricantes de máquinas e insumos para o setor começam a direcionar suas atenções para a região. As necessidades crescentes por manutenção, reparos e peças de reposição, por sua vez, fazem surgir na região os primeiros profissionais habilitados a atender as empresas que se implantavam.

A partir de 1966, surgem as empresas responsáveis por transformar os blocos em chapas, as serrarias. Sabadini (1998) faz uma importante observação a respeito da época de implementação das serrarias na região. Foi justamente no período nos anos 60 que ocorre o fato que abalaria profundamente a economia capixaba: a erradicação dos cafezais⁹. A crise cafeeira pela qual passava o estado e a política de erradicação dos cafezais, com os consequentes desajustes sociais e econômicos, que deixou centenas de pessoas desempregadas, pode ter contribuído para que grande parte dessa força de trabalho, agora ociosa e sem grandes serventias nas áreas rurais, pudesse ser aproveitada nas serrarias da região.

⁹ Na segunda metade da década de 1950 verificou-se uma queda abrupta dos preços do produto, provocando uma redução da renda interna, não só no setor agrícola, o mais diretamente atingido, mas também nos demais setores da economia. Em virtude dos baixos preços, a participação do café em 1960, na renda da agricultura e na renda total, reduziu-se para 48,8% e 22,1% respectivamente, iniciando-se uma fase recessiva na economia capixaba, tal sua dependência da cultura cafeeira. O programa de erradicação, executado entre junho/62 e maio/67, atingiu mais da metade do cafezal capixaba, liberando 71% da área plantada (ROCHA, MORANDI, p 61-62, 2012).

Se a extração dos blocos ocorria de forma rudimentar, o processo de serragem na região, até meados de 1965, ainda era algo impraticável. Pois, não existia no Brasil quem fabricasse teares para a serragem do mármore e eram escassas as pessoas que possuíssem conhecimento suficiente para lidar com esses equipamentos até então desconhecidos por grande parte dos empresários que adentravam no setor. Foi então que, em 1966, o Sr. Marsal, proprietário da Marsal – Mármore Salviano Ltda. e possuidor de algumas jazidas de mármore, decide buscar ajuda para desenvolver, em Cachoeiro do Itapemirim, com o auxílio de um engenheiro paulista, uma oficina encarregada por fabricar inicialmente dois teares para utilização na própria empresa e ensinar o ofício para seus funcionários (COSTA, 1991).

Com a necessidade de expandir o número de teares e a manutenção dos já existentes, em razão do progresso que o setor de rochas ornamentais vinha conquistando na região sul, e a distância das empresas especializadas, localizadas em sua grande maioria no estado de São Paulo, a Marsal – Mármore Salviano Ltda, decide convidar dois engenheiros da fábrica de cimento, o suíço Hans Beerli e o alemão Heinz Kaschner, para desenvolverem uma empresa que pudesse fabricar e fornecer assistência às máquinas voltadas para o setor mineral. Surge assim, em 1969, a CIMEF – Comércio, Indústria Mecânica, Elétrica e Fundação Ltda (COSTA, 1991). Apesar do processo de confecção de teares, no Espírito Santo, ter surgido por intermédio do esforço empreendedor do Sr. Marsal, é importante ressaltar o espírito de amizade e cooperação que existia entre os empresários da época.

Algumas empresas que despontavam na região solicitavam um estágio na Marsal. Nunca nada foi negado, fosse estágio para serrador, geólogo ou engenheiro de minas. (...) Da sua experiência, este funcionário ampliou seus conhecimentos e foi preparando como um professor os funcionários que, à proporção que assimilavam as lições, iam subindo na classificação de suas funções na empresa, alguns chegando a encarregados da serraria (COSTA, 1991, p. 87).

A cooperação de conhecimento e aprendizagem entre o empresariado local contribuiu para despontar na região novas competências e habilidades, possibilitando uma redução da dependência de fornecedores distantes e colaborando para que fossem firmadas as bases para o surgimento de um novo ramo de atividade econômica até então concentrada nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo: a produção de máquinas e equipamentos para o setor (ABREU, CARVALHO, 1994). Aos poucos a região sul do estado, mais precisamente o município de Cachoeiro do Itapemirim, vai englobando as empresas necessárias para compor a cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo.

3.3.2 – O contexto atual do setor de rochas ornamentais no estado do Espírito Santo.

Entre os estados brasileiros com maior destaque no setor de rochas ornamentais, no Brasil, o estado do Espírito Santo assume o papel de líder nacional. Mais de 90% de todo o investimento brasileiro realizado em parques industriais do setor de rochas ornamentais são direcionados para o estado do Espírito Santo. O Estado é líder nacional na produção de rochas ornamentais, apresentando grande potencial geológico, além de ser o maior investidor no desenvolvimento de tecnologias para a extração e beneficiamento dos blocos. O estado do Espírito Santo conta com mais de 1.000 teares em operação, o que representa mais da metade de todos os teares instalados no país, constituindo-se o principal parque industrial do setor de rochas ornamentais na América Latina (FILHO, MATOS, MENDES, IZA, 2013).

Segundo Chiodi Filho & Chiodi (2014), o estado apresenta mais de 1.020 teares multilâminas de aço, 150 teares de fio diamantados, 6 teares multilâminas diamantados e 6 talha-blocos multidisco, o que equivale a 73% da capacidade de serragem brasileira, tornando-se, assim, o maior Parque Brasileiro de Serragem de Chapas. Em uma comparação com outros estados produtores, o segundo estado com maior capacidade instalada de serragem é o estado do Ceará, com apenas 5% da capacidade instalada do país. São 25 teares multilâminas de aço e 6 talha-blocos multidisco. Apesar do estado de Minas Gerais ser o segundo maior produtor brasileiro de rochas ornamentais ele ocupa apenas a quarta colocação em capacidade instalada de serragem dos blocos, com uma participação de apenas 2,5% da capacidade instalada brasileira.

De acordo com a estimativa da distribuição estadual da produção de rochas ornamentais no Brasil, realizado por Chidi Filho & Chiodi (2014), em conjunto com a ABIROCHAS, Tabela 7, evidencia-se a liderança do Espírito Santo na produção de rochas ornamentais, entre os principais estados produtores da federação. Apesar das reduzidas proporções territoriais, sua participação na produção brasileira, em 2013, foi da ordem de 3.600.000 toneladas, o equivalente a 38,7% de tudo o que foi produzido no país. Sendo oportuno mencionar que somente a participação dos dois maiores estados produtores de rochas ornamentais do país, Espírito Santo e Minas Gerais, ultrapassam 60% da produção nacional. O domínio do Espírito Santo, na distribuição estadual da produção de rochas ornamentais brasileira, 38,7%, chega a ser superior à produção conjunta de todos os estados produtores nordestinos, 25,8%.

Tabela 8 – Distribuição Estadual da Produção de rochas ornamentais no Brasil: 2013.

Estado	Produção Bruta	Participação (%)
Espírito Santo	3.600	38,7
Minas Gerais	2.100	22,6
Bahia	750	8,1
Ceará	630	6,8
Paraíba	450	4,8
Goiás	290	3,1
Rio de Janeiro	200	2,2
Rio Grande do Norte	170	1,8
Alagoas	160	1,7
Paraná	150	1,6
Pernambuco	140	1,5
Santa Catarina	130	1,4
Rio Grande do Sul	120	1,3
Piauí	100	1,1
São Paulo	100	1,1
Outros	210	2,3
TOTAL	9.300	100,0

Fonte: Chiodi Filho & Chiodi (2014). Elaboração Própria.

O estado possui uma grande diversidade de rochas com grande apelo comercial. Dentre as principais variedades existentes de granito, no estado, ressaltam-se nove cores predominantes: amarelo, azul, bege, branco, cinza, marrom, preto, rosa e verde. Entre as cores com maior abrangência extraídas no território capixaba estão o granito de cor amarela, com suas variações. Só em terras capixabas estão catalogadas trinta e nove qualidades de granito amarelo passíveis de serem extraídas. Em seguida, entre as cores de maior predominância dos granitos extraídos, aparece o granito de cor branca, com vinte e três qualidades diferentes.

Entre as cores de menor abrangência estão as de tonalidade azul, encontradas apenas no município de Colatina e a de tonalidade bege, encontrada nos municípios de Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Muniz Freire e Sooretama. Dentre as variedades de mármore encontradas no estado, estão: o azul, o branco, o marrom e o verde. O destaque para a produção de mármore fica por conta dos municípios de Cachoeiro do Itapemirim e Vargem Alta, maiores produtores do Espírito Santo (FILHO, MATOS, MENDES, IZA, 2013).

Além do reconhecimento conquistado ao longo dos anos, pela qualidade dos produtos e modernidade do setor, fator importante para estimular a competitividade em relação a outros produtores, o mármore extraído na região de Cachoeiro do Itapemirim, englobando ainda a

área geográfica de Vargem Alta, foi contemplado, no ano de 2011, com o Selo de Indicação Geográfica, concedido pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), o que torna o setor de rochas ornamentais ainda mais competitivo, agregando reconhecimento e, por consequência, valorização da imagem do produto, sendo o primeiro estado brasileiro com o certificado de indicação de procedência voltado para o setor de rochas ornamentais.

A proximidade das empresas produtoras com os portos, aliada a grande variedade e desenvolvimento do setor de rochas, no Espírito Santo, favorece para que o estado impulse internacionalmente as exportações de rochas ornamentais brasileiras. Segundo Spínola, Guerreiro e Bazan (2004, p. 19), “a vocação portuária do estado favoreceu a atividade exportadora, transformando o Complexo Portuário de Vitória no maior polo brasileiro de exportação de rochas brutas e processadas”.

Sobre a importância da questão logística para o segmento, o estudo “Análise da Competitividade da Indústria de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo (2015)” realizado pelo *Instituto de Desenvolvimento Educacional Industrial do Espírito Santo (IDEIES, 2015, p. 21)* constatou que:

A logística é um fator importante para a competitividade das empresas, pois as placas e blocos de rochas ornamentais são materiais pesados para transportar e que precisam contar com pessoal qualificado para esta tarefa. É por isso que algumas empresas (as que podem) têm instalado suas unidades tanto na região norte, quanto no sul, de forma que em estando em ambas as regiões conseguem aplicar menor preço para atendimento aos estados de Minas Gerais e São Paulo.

Ao avaliar a evolução do faturamento das exportações capixaba de rochas ornamentais de 2000 a 2015, Gráfico 8, apura-se que tal característica possibilitou ao estado exportar, em valor, no ano de 2015, US\$ 979,5 milhões. Dos US\$ 979,5 milhões exportados, em valor, de rochas ornamentais, no ano de 2015, US\$ 874,6 milhões foram alcançados com a venda de rochas manufaturadas. Segundo um comparativo entre o faturamento das exportações capixaba com o faturamento das exportações brasileiras, Tabela 8, o valor arrecadado com as exportações capixaba representou 88,4% do valor das exportações brasileiras de rochas beneficiadas.

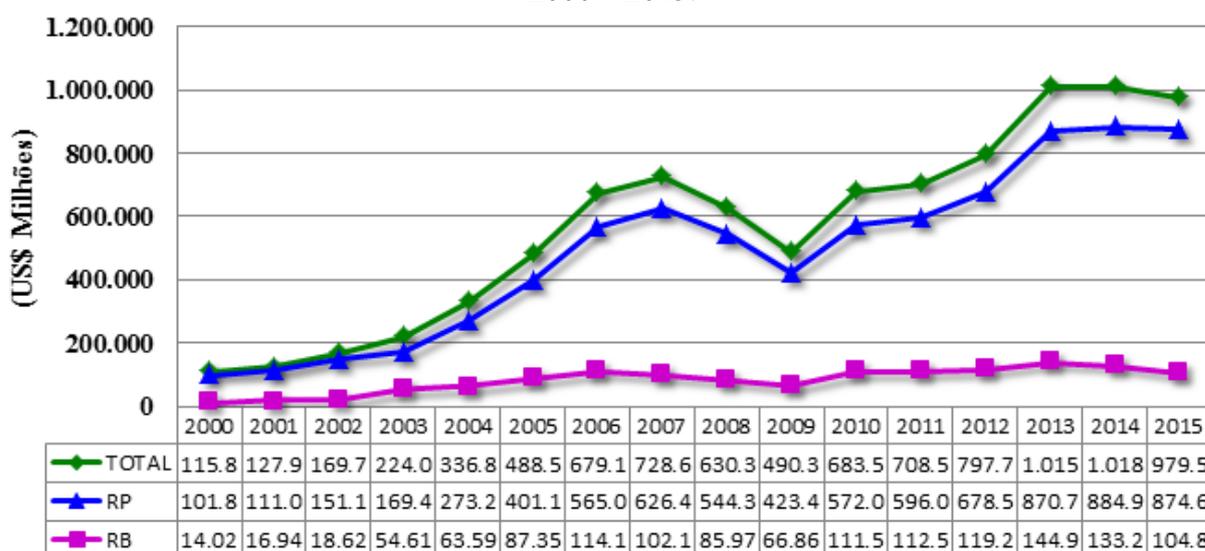
Tabela 9 – Comparativo entre os valores arrecadados com a exportação de rochas ornamentais manufaturadas e brutas entre o Brasil e o Espírito Santo: 2010 – 2015.

Ano	Brasil	Espírito Santo	(%)	Brasil	Espírito Santo	(%)
	Manufaturado	Manufaturado		Bloco	Bloco	
	US\$ Milhões	US\$ Milhões		US\$ Milhões	US\$ Milhões	
2010	734	572	77,9	224,5	111,5	49,7
2011	746	596	79,9	253,6	112,5	44,4
2012	813	678,5	83,5	245,6	119,2	48,5
2013	1.001	870,7	87,0	301,0	144,9	48,1
2014	1.013	884,9	87,4	264,3	133,2	50,4
2015	989	874,6	88,4	220,6	104,8	47,5

Fonte: MDIC/SECEX. Elaboração Própria.

Com relação aos blocos “in natura” foram exportados, em valor, US\$ 104,8 milhões, uma representatividade de 47,5% do toda rocha “in natura” exportada pelo Brasil. Apesar da queda na arrecadação total das exportações de 3,8%, em relação ao ano de 2014, pode-se constatar, com o auxílio de Gráfico 7, que o maior faturamento do setor está ligado essencialmente às rochas processadas.

Gráfico 8 - Evolução do faturamento das exportações capixaba de rochas ornamentais: 2000 – 2015.



Fonte: MDIC/SECEX. Elaboração Própria.

Nota: RP – Rochas processadas. RB – Rochas Brutas.

A exportação de rochas ornamentais, especialmente as processadas, segundo o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2015), ocupa a quinta colocação entre os principais produtos exportados pelo Espírito Santo, com uma participação de 8,9% de tudo o que foi auferido, em valor, pelo estado, referente às exportações de 2015. Uma redução de 1,22% se comparado

com o ano de 2014, quando as exportações de rochas processadas ocuparam a quarta colocação entre os principais produtos da pauta de exportações capixaba. À frente das rochas processadas os produtos mais exportados foram: o minério de ferro, os óleos brutos de petróleo, a pasta química de madeira (celulose) e os produtos semimanufaturados de ferro ou aços não ligados. Com destaque para o minério de ferro, com participação e faturamento de 35,2%, e US\$ 3.460,2 milhões, por essa ordem. Entre os principais destinos da exportação estadual de rochas ornamentais, estão: os EUA, China, Canadá, Taiwan, Venezuela e Argentina. Nacionalmente, o principal destino das rochas capixaba é o estado de São Paulo.

Além de possuir diversas variedades de rochas ornamentais e uma “vocação portuária”, que contribui para o aumento das exportações, no estado do Espírito Santo   possível identificar diversos cursos voltados para a qualifica o dos trabalhadores do setor, contribuindo para o aumento na forma o de mão de obra especializada. Abreu & Carvalho (1995) revelam que até o final da década de 1980 as empresas que ingressavam no segmento de rochas ornamentais enfrentavam grande dificuldade em qualificar seus trabalhadores, além absorver e utilizar tecnologias de produ o mais avançadas.

De acordo com Chiodi Filho & Chiodi (2014), o Espírito Santo   o estado brasileiro com maior oferta de cursos de ensino profissionalizante, técnico e superior voltados exclusivamente para o setor de rochas ornamentais. Atualmente, os Institutos Federais do Espírito Santo (IFES), localizados nas regiões de maior destaque do setor, Cachoeiro do Itapemirim e Nova Venécia, oferecem os cursos técnicos de Minera o, com processo seletivo ocorrendo semestralmente, e o curso de Engenharia de Minas, exclusivo no campus de Cachoeiro do Itapemirim, com processo seletivo anual. A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), desde 2007, oferece o curso de Geologia, na cidade de Alegre. O município de Barra de São Francisco também conta com a Faculdade de Tecnologia São Francisco (UNESF), onde são formadas turmas em Tecnologia em Rochas Ornamentais todos os anos. Assim como a Faculdade de Cachoeiro do Itapemirim (FACI), que também oferta o curso Tecnologia em Rochas Ornamentais, além de Pós Gradua o em Pesquisa Mineral em Rochas Ornamentais, no município de Cachoeiro do Itapemirim. O Serviço de Apoio  s Micro e Pequenas Empresas do Espírito Santo (SEBRAE) oferece cursos para a capacita o dos trabalhadores do setor, orienta os empresários quanto às legisla es e fornece treinamentos na área gerencial e de gestão.

As instituições de ensino atuam como elemento de conhecimento e formação de pessoas. Segundo Nelson (2005, p. 123), “as universidades são reconhecidas como repositório dos conhecimentos científicos e tecnológicos públicos, conhecimentos estes que elas criam e reproduzem através do ensino, e vão aumentando por meio da pesquisa”. Os departamentos acadêmicos auxiliam no desenvolvimento de importantes mudanças técnicas: primeiro, por transferir conhecimento que possam ser empregados no setor produtivo, e, segundo, pelo desenvolvimento de novas pesquisas essenciais para o surgimento de inovações. Em alguns casos, as instituições de ensino são as grandes responsáveis por desenvolverem versões-piloto de projetos que futuramente poderão ser desenvolvidos e comercializados, além do entendimento de técnicas que poderão ser empregadas em diferentes propósitos (NELSON, 2005). Ainda sobre a importância do trabalho das universidades, faculdades e centros de formação tecnológica, Nelson (2005) destaca que o crescimento da pesquisa no campo da eletricidade ocorreu no interior dos departamentos acadêmicos. Esses departamentos foram responsáveis por proporcionar a indústria pessoal tecnicamente qualificado e muitas das ideias sobre como poderiam ocorrer as inovações de produto e processo.

Apesar dos fatores competitivos listados, tais como: grande diversidade de rochas, logística, Selo de Indicação Geográfica e cursos de capacitação, que auxiliam o setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, frente aos outros estados produtores, e do destaque que o setor de rochas ornamentais assume na balança comercial capixaba, no contexto atual, é preciso mencionar alguns fatores críticos ainda persistem no setor. De acordo com o BANDES (2014), entre os principais fatores críticos do setor de rochas ornamentais estão: i) forte concentração das exportações para um número restrito de países: EUA, China, Itália, Canadá e Taiwan; ii) ausência de empresas que trabalhem com grandes projetos de cunho internacional. As exportações de chapas polidas são basicamente para aplicações em unidades habitacionais, enquanto o mercado de grandes obras possui maior dinâmica; iii) gargalo logístico, pois o setor ao longo dos anos apresentou crescimento superior à capacidade instalada dos portos e; iv) burocratização combinada com lentidão dos órgãos regulamentadores e dos institutos estaduais de licenciamento ambiental.

3.3.3 – Cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais no Espírito Santo¹⁰.

Ao analisar a cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais no início do capítulo, observou-se que a cadeia compreende três etapas principais: a extração, o processamento primário (serrarias) e o beneficiamento secundário (marmorarias). No desenvolvimento de cada etapa foram abordadas algumas metodologias de extração, beneficiamento e tecnologias, normalmente utilizadas durante todo o processo produtivo. No entanto, é preciso destacar que nem todas as formas de extração e tecnologias explanadas anteriormente são utilizadas de forma intensiva, no Espírito Santo. A título de exemplo, seguindo as explicações apresentadas por Filho, Matos, Mendes e Iza (2013), o método mais comum de extração utilizado nas frentes de lavras capixaba é o sistema de bancadas. Entre as técnicas mais utilizadas para o desprendimento do bloco do maciço rochoso estão as tecnologias de uso contínuo, especificamente o fio diamantado, e as tecnologias cíclicas, como perfurações descontínuas, aliadas ao uso de argamassa expansiva ou de explosivos.

Direcionando-se para a etapa de beneficiamento, etapa de desdobramento do material bruto, as tecnologias de serragem mais utilizadas, no estado, são: os teares multilâminas de aço, operado com o auxílio de lama abrasiva, os teares com fio diamantados, evolução tecnológica que surgiu a partir dos bons resultados apresentados com a utilização do fio diamantado nas lavras de mármore e granito, e a serragem por meio da utilização de talha-blocos, cuja operação é direcionada para produção de produtos padronizados (lajotas). Para o processo de acabamento das superfícies: levigamento, polimento, flamejamento e apicoamento, no Espírito Santo, os equipamentos mais utilizados são as politrizes manuais, de ponte ou multicabeças (FILHO, MATOS, MENDES, IZA, 2013).

O Espírito Santo desfruta de todas as fases, etapas, da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais. O estado engloba desde jazidas/pedreiras com os mais variados tipos de mármore e granitos, empresas capazes de realizar o beneficiamento primário (serragem) e secundário (polimento e produção de produtos acabados) das rochas. No Espírito Santo

¹⁰ O intuito da seção é desenvolver, com o auxílio de dados captados junto aos sindicatos locais e trabalhos desenvolvidos recentemente, uma análise da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, buscando identificar, no interior de cada etapa da cadeia produtiva, um possível número de empresas atuantes. Apesar do empenho na busca por números exatos de empreendimentos, presente ao longo das explicações, as empresas de rochas acabam apresentando a particularidade de englobar, em muitos casos, no interior das suas fábricas, algumas etapas conjuntas (verticalização). Isto é, uma empresa que trabalhava exclusivamente com polimento de placas, passa a adquirir máquinas para também fazer o corte das peças e, por consequência, acaba adentrando a etapa de serragem, atividade desenvolvida anteriormente por outras empresas. Assim, as empresas acabam englobando mais de uma atividade, dificultando a captação de dados junto aos órgãos competentes.

participam da cadeia produtiva, além das empresas de extração e beneficiamento, empresas de serviços técnicos, fabricantes de máquinas e equipamentos e fornecedores de insumos industriais. No ANEXO B é possível visualizar um panorama de como estão distribuídas as empresas de rochas ornamentais ao longo do território do Espírito Santo.

O estado do Espírito Santo destaca-se como o maior produtor, processador e exportador de rochas ornamentais do Brasil. Apesar da possibilidade de encontrar em quase todos os municípios, ainda que em números bem limitados, as empresas que realizam trabalhos no segmento de rochas ornamentais, no Espírito Santo, são identificadas em dois núcleos centrais, onde estão assentados a maior parte das empresas extratoras e beneficiadoras de rochas. O primeiro núcleo está localizado na região sul, no entorno do município de Cachoeiro do Itapemirim. O segundo núcleo localiza-se na região norte, no entorno do município de Nova Venécia. A região ainda conta com um número pequeno de empresas, quando comparado ao primeiro núcleo. A maior parte das empresas que compõem o núcleo da região norte está voltada para o processo de extração. Enquanto que nas empresas do sul ocorre o predomínio de empresas voltadas para o processo de beneficiamento (VILLASCHI & SABADINI, 2000).

Qualhano (2005) acrescenta que a região metropolitana de Vitória conta com outro polo desenvolvido mais recentemente. Localizado no município da Serra, no Centro Industrial de Vitória (CIVIT), surgiu em meados da década de 1990 e, apesar da distância das frentes de extração, o polo conta com um número crescente de empresas encarregadas principalmente em comercializar os blocos/chapas com o mercado externo. Além de ser um dos municípios da região metropolitana com maior número de empresas encarregadas pela comercialização das rochas, 11 empresas, o município da Serra também abrange o maior número de empresas de beneficiamento, 37 empresas, e de extração, 6 empresas, da Grande Vitória (BANDES, 2014).

De acordo com a pesquisa “Presença do Espírito Santo no internacional de rochas ornamentais”, desenvolvida pelo Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (BANDES, 2014), foram identificados, no Espírito Santo, 46 municípios que desenvolvem alguma atividade voltada para o setor de rochas ornamentais. O segmento é formado principalmente por empresas de pequeno, micro e médio porte. De acordo com os dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE/RAIS, 2015), foram empregados de forma direta, no setor de rochas ornamentais, um total de 21.189 trabalhadores, sendo 5.918 trabalhadores,

aproximadamente 28%, ligados à atividade de extração e 15.271 trabalhadores, aproximadamente 72%, ligados à atividade de beneficiamento. No entanto, levando em consideração que as estimativas do MTE/RAIS não englobam os empregos informais, esses números tendem a assumir maiores proporções, quando observado o segmento como um todo.

O destaque da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, e que o diferencia em grande parte dos outros estados produtores, é a presença de fornecedores que comercializam máquinas, equipamentos e diversos insumos para os elos centrais, sediados localmente. As vantagens em possuir fornecedores de máquinas e equipamentos no local de abrangência do segmento possibilita, sobretudo, maior garantia de que o prazo de entrega será respeitado, melhores informações sobre os equipamentos que está sendo adquirido poderão ser apuradas e a vantagem de preço tende a ser maior, em comparação com os equipamentos importados. Por fim, evita-se a necessidade de que peças defeituosas sejam enviadas para outras localidades mais distantes, reduzindo o tempo de espera entre o concerto de determinado equipamento e sua reposição nas firmas, haja vista a sua proximidade com as assistências técnicas, também estabelecidas localmente.

A maior parte das empresas produtoras de máquinas e equipamentos para o setor de rochas ornamentais encontra-se na região sul do estado, com destaque para o município de Cachoeiro do Itapemirim. De acordo com os dados levantados junto ao Sindicato das Indústrias Metalúrgicas e de Material Elétrico do Estado do Espírito Santo (SINDIFERES, 2016), a região sul comporta 31 empresas produtoras de máquinas e equipamentos para o segmento.

Quando levado em consideração o número de empresas por tipo de atividade nas principais aglomerações regionais produtivas, identifica-se uma maior atuação das empresas de beneficiamento no estado, Tabela 8. Entre serrarias, marmorarias e empresas de polimento, foram mapeadas, pelo BANDES (2014), ao menos 478 empresas voltadas para o processo de beneficiamento, sendo o Polo de Cachoeiro do Itapemirim a aglomeração regional que engloba o maior número de empresas responsáveis pela transformação dos blocos, contando com 67,5% do total das empresas, seguida da Região Noroeste, com 15% das empresas, e da Região Metropolitana, com 11,3% das empresas beneficiadoras. Com relação ao fornecimento de máquinas/equipamentos e insumos para o setor, 88% e 100%, respectivamente, encontram-se na região mais consolidada do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, o Polo de Cachoeiro do Itapemirim. Ainda que os números de empresas de beneficiamento na

aglomeração noroeste possam ter apresentado algum crescimento ao longo dos anos, é notável que a característica da região ainda seja o processo de extração.

Tabela 10 – Tipo de atividades e aglomerações regionais do setor de rochas ornamentais no Espírito Santo: 2014.

Região	Extração	Serrarias	Marmorarias	Polimento	Fornecedores (Máq/Equip)	Fornecedores (Insumos)	TOTAL
Metropolitana	10	20	29	5	3	2	69
Polo de Cachoeiro do Itapemirim	40	196	112	15	30	4	397
Noroeste	40	52	16	4	1	1	114
Outras localidades	35	15	13	1	-	-	64
TOTAL	125	283	170	25	34	7	644

Fonte: BANDES (2014), SIDIFERES (2016). Elaboração Própria.

Atenta-se, com o auxílio da Tabela 8, que a maior parte dos produtores de insumos, no estado, concentra-se no Polo de Cachoeiro do Itapemirim. Em comparação com os fornecedores de máquinas e equipamentos nota-se uma baixa concentração de fornecedores de insumos, no Espírito Santo, indicando a necessidade de buscar parte dos insumos consumidos pelo setor de rochas ornamentais em outros estados, tais como: São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Minas Gerais (IDEIES, 2015). Um dos principais insumos utilizados no setor, tanto no processo de extração como no processo de serragem dos blocos, é o fio diamantado. Grande parte dos fios diamantados utilizados no setor é importada de outros países, principalmente da Itália (MONTANI, 2015).

Além de contar com fornecedores de tecnologia local, o Espírito Santo também conta com dois importantes centros de desenvolvimento tecnológico localizados no município de Cachoeiro do Itapemirim. O primeiro e mais antigo centro tecnológico a ser descrito é o Centro Tecnológico do Mármore e Granito (CETEMAG), criado em 1988, com o auxílio do BANDES, tem por finalidade “encontrar alternativas para promover a modernização tecnológica e gerencial da indústria capixaba de rochas ornamentais, de modo a aumentar a competitividade de seus produtos” (ABREU, CARVALHO, 1995, p. 21). Atualmente o CETEMAG oferece aos empresários uma gama de cursos, consultorias e projetos, concentrando-se nos aspectos de caráter técnico e gerencial, favorecendo a melhora nos padrões de desempenho, ganhos de produtividade, redução de custos envolvidos ao processo de

produção e aperfeiçoamento das habilidades de comercialização. Sobre os cursos oferecidos pelo CETEMAG, ressaltam-se o de operador de fio diamantado, operador de multifio, operador de escavadeira hidráulica, polidor, resinagem, serrador, blaster, cortador e acabador de rochas ornamentais, operador de ponte e pórtico rolante, classificador de chapas, classificador de blocos e segurança em instalações e serviços com eletricidade. O estado também conta com um Núcleo Regional do Centro Tecnológico de Tecnologia Mineral (CETEM). O Núcleo Regional do CETEM, em solo capixaba, é a primeira unidade em funcionamento fora do estado do Rio de Janeiro. Seu foco está basicamente no desenvolvimento de tecnologias de beneficiamento e extração para o setor mineral.

O CETEMAG acaba atuando como uma instituição capaz de capacitar pessoas para atuarem exclusivamente no setor de rochas ornamentais. Ao contrário dos cursos técnicos e das universidades que transferem um conhecimento que pode ser usado de forma mais ampla entre diversos os setores, a título de exemplo, o curso de geologia e engenharia de minas pode englobar grande conhecimento a serem utilizados não apenas nos trabalhos com rochas ornamentais, mas em outros segmentos da área de mineração, assim como os cursos técnicos de mecânica e automação possibilitam o entendimento e funcionamento de máquinas utilizadas em diversos setores, o CETEMAG, localizado na região de Cachoeiro do Itapemirim, acaba qualificando as pessoas para compor um setor específico. Dosi (2006) argumenta que o desenvolvimento e uso de uma nova tecnologia é composto processos de aprendizado importantes. Uma unidade produtiva que queira fazer uso de uma tecnologia precisa aprender a manejar o equipamento de forma adequada, a lidar de forma eficiente com sistemas complexos e a entrosar os usuários ao produto. Dito de outra forma, baseado em Dosi (2006), o CETEMAG, através dos cursos oferecidos e das informações disponibilizadas, acaba atuando como centro de qualificação para que as empresas consigam manejar os equipamentos de forma mais adequada e eficiente.

Cabe destacar, além das atribuições desenvolvidas pelo CETEMAG e CETEM, para o desenvolvimento de tecnologias para o setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, a presença do SINDIROCHAS, como direcionador das ações voltadas para impulsionar o segmento, no estado. O SINDIROCHAS foi o grande responsável pela criação do CETEMAG e teve participação direta na criação da primeira Feira Internacional do Mármore e Granito, no estado, em 1989. A primeira Feira de Mármore e Granito aconteceu em Cachoeiro do Itapemirim, em novembro de 1989, e contou com a participação de 40 empresas locais que, pela primeira vez, participavam de um evento na situação de expositores (ABREU &

CARVALHO, 1991). No decorrer dos anos a feira veio assumindo grandes proporções e significativos avanços na profissionalização dos expositores, mostrando o setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, ao mundo e atraindo a atenção de compradores estrangeiros, consolidando-se, assim, como o maior evento do setor de rochas na América Latina e firmando-se como um dos cinco maiores eventos no mundo, expondo todos os anos os melhores avanços tecnológicos em máquinas, equipamentos, insumos e variedades de rochas (ABIROCHAS, 2015).

Além da oportunidade de expor produtos a compradores potenciais, as feiras internacionais possibilitam com que ocorra disseminação de conhecimento e estímulo a troca de experiências entre os fabricantes de máquinas e equipamentos presentes. São principalmente nas feiras internacionais que muitos empresários acabam se inteirando do que outros produtores de máquinas e equipamentos têm produzido e o quanto seus concorrentes têm avançado, frente aos produtos desenvolvidos em sua planta industrial. As feiras internacionais atuam como um ambiente propício para a difusão de novos conhecimentos. Nas palavras de Nelson (2005, p. 256) “as divulgações através de conversas pessoais constitui uma espécie de troca de recebimento de outras informações”. Como será observado no capítulo a seguir, baseado em entrevistas com fabricantes de máquinas e equipamentos, no estado, as feiras atuam como ponto de partida para que esses fabricantes, além de se inteirarem do que os outros fabricantes estão produzindo, também consigam absorver, posteriormente, essencialmente por meio da imitação, o que as máquinas e equipamentos dos fabricantes concorrentes possuem de mais eficiente, em comparação com seus produtos, e comecem a trabalhar no desenvolvimento de máquinas que englobem processos que até então não haviam sido incorporados anteriormente.

A Vitória International Stone Fair, ou Marmomacc Latin America, como foi designada mais recentemente, acontece duas vezes por ano, nos municípios da Serra e Cachoeiro do Itapemirim, e conta com expositores tanto nacionais: Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, como com expositores internacionais: Alemanha, China, Coréia, Egito, Espanha, EUA, França, Grécia, Holanda, Índia, Polônia, Portugal, Rússia e Turquia.

Pode-se ressaltar, ainda, algumas atribuições desenvolvidas pelo SINDIROCHAS, para impulsionar o setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, que seguem para além de colaborar para a criação do CETEMAG e das Feiras Internacionais. O sindicato também

atuou na criação da primeira Cooperativa de Crédito voltada para o setor de rochas, na formação da Associação Noroeste de Pedras Ornamentais, de Barra de São Francisco (ANPO), na constituição da Associação das Empresas Transformadoras de Pedras, de Nova Venécia (ETAPE), na contratação de técnicos especializados na área ambiental para oferecer assessoria às empresas especializadas, particularmente nos assuntos relacionados a instalação de depósitos de resíduos, na criação do Centro de Exportação das empresas produtoras de rochas ornamentais, entre outros.

3.4 – CONCLUSÃO

O objetivo do capítulo foi apresentar um panorama do setor de rochas ornamentais a nível mundial, brasileiro e capixaba. A análise mundial voltou-se essencialmente para a identificação dos principais países produtores, apresentando uma evolução histórica da produção, por qualidade do produto (mármore, granito e outras rochas). Procurou-se destacar os principais países exportadores, enfocando a evolução comercial, em escala global, no decorrer do período de 2000 a 2014 e, finalmente, apontar os principais importadores de rochas ornamentais no mundo. Ao descrever o panorama brasileiro, além dos aspectos mercadológicos, que trataram da evolução das exportações, faturamento e principais países de destino do produto exportado, procurou-se frisar o perfil da produção brasileira de rochas ornamentais. Após transcorrer alguns pontos para a análise mundial e brasileira, apresenta-se uma análise do setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, englobando sua história, sua importância para a balança comercial capixaba e buscando, a posteriori, com o auxílio da descrição da cadeia produtiva brasileira do segmento, detectar os principais agentes envolvidos na cadeia produtiva de rochas ornamentais do Espírito Santo.

Constatou-se que a China ocupa a posição de destaque entre os principais países produtores, exportadores e importadores de rochas ornamentais. Verificou-se também uma queda, ao longo dos anos, da participação de países europeus, tradicionais, tais como: Itália e Espanha, entre os principais países produtores e, ao mesmo tempo, um crescimento vertiginoso na escala de produção dos países asiáticos, principalmente a Turquia. Observou-se que, apesar de determinado país ser um grande produtor ele não necessariamente será um grande exportador, havendo alterações nas posições dos países quando levados em consideração as estimativas de produção, exportação e importação de cada país. A análise para o setor no Brasil mostrou que o país figura entre os principais países produtores e exportadores do mundo, ocupando a quarta colocação, e o principal produto transacionado é a rocha em sua forma processada, do qual os EUA é o maior importador e, por consequência, provém o maior faturamento. Grande parte da produção brasileira é comercializada internamente, sendo a região sudeste, liderado pelo estado de São Paulo, a maior região consumidora de rochas ornamentais, 67%, do país.

Ao direcionar o estudo do setor para o estado do Espírito Santo, foco da pesquisa, atenta-se que historicamente o desenvolvimento do setor de rochas ornamentais, no estado, está intimamente ligado à experiência acumulada por imigrantes de países europeus, com destaque para os italianos e portugueses, em seus países de origem e aplicados no município de

Cachoeiro do Itapemirim, gênese do setor de rochas ornamentais em terra capixaba. Foram os imigrantes europeus os principais responsáveis pela exploração de rochas, no Espírito Santo, partindo inicialmente do trabalho com rochas calcárias, ainda por volta de 1878, até chegar à etapa de extração dos grandes blocos, em 1957. O setor que inicialmente desenvolve-se de forma precária e carente de muitos equipamentos e pessoal qualificado começa a assumir papel de destaque para a economia capixaba, muito em virtude do aumento da produção, não apenas concentrada na região sul, mas que também se expande à região norte, cujo produto produzido e comercializado é o granito.

À medida que o setor se desenvolve surge a necessidade em se adequar aos padrões exigidos comercialmente e, para tanto, cresce a necessidade em absorver mão de obra qualificada que possa trabalhar com máquinas e equipamentos sofisticados. Assim, começa a surgir, particularmente na região de Cachoeiro do Itapemirim, maior polo do segmento, instituições voltadas para treinamento e desenvolvimento de tecnologia. Atualmente, o Espírito Santo conta com todas as etapas da cadeia produtiva de rochas ornamentais, destacando-se a presença de produtores de tecnologia local, favorecendo a proximidade entre fornecedores de máquinas e produtores de rochas, contribuindo para assegurar a garantia dos prazos de entrega, as vantagens de preço e a proximidade com assistências técnicas.

4 – O PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA NO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Observou-se, no decorrer da pesquisa, que o Espírito Santo é o maior produtor brasileiro de rochas ornamentais, apresentando papel de destaque nas exportações e no faturamento brasileiro do setor. O avanço no processo produtivo e no aumento da demanda por rochas de diferentes variedades (mármore e granito), decorrente principalmente do desenvolvimento da construção civil, em escala mundial, favoreceu para que junto com esses avanços também se verificasse a necessidade do surgimento de um novo segmento industrial, no estado, o segmento de máquinas e equipamentos.

Abreu & Carvalho (1994, p. 9) assinalam que:

Como consequência do crescimento das atividades produtivas, começa a se implantar nas cidades, sobretudo Cachoeiro, uma diversificada rede de representantes comerciais. Os principais fabricantes de máquinas e insumos para o setor começam a direcionar suas atenções para a região e procuravam estabelecer canais mais diretos com a nova clientela, como alternativa para aprimorar as condições de comercialização e assistência técnica. Como decorrência, as empresas do setor passam a contar com um melhor padrão de atendimento, e também com a possibilidade de receber informações mais qualificadas sobre os produtos ofertados.

Contudo, apesar da existência dessa ligação entre o setor produtivo com o setor de máquinas e equipamentos, muitas das pesquisas desenvolvidas até o momento têm como foco principal o setor de rochas ornamentais, deixando, assim, o setor de máquinas e equipamentos um pouco distante desses constantes estudos. As informações sobre o setor de máquinas são restritas a algumas pequenas citações que não possibilitam compreender, de maneira mais abrangente, a forma como o setor se desenvolveu ou contribuiu para que o Espírito Santo tenha se transformado, ao longo dos anos, em um grande produtor de tecnologia com capacidade de suprir toda a cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais.

Pretende-se, com o desenvolvimento do capítulo, identificar, com base em entrevistas com fabricantes de máquinas e equipamentos para rochas ornamentais, além de pessoas que tenham ligação com o setor, qual a principal forma de difusão tecnológica verificada no segmento. Visando cumprir com o objetivo proposto, o capítulo será composto por quatro seções.

Na primeira seção será apresentado um contexto histórico da formação do setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, bem como relatadas algumas dificuldades que o setor tem

enfrentado desde a crise de 2008, nos Estados Unidos, maior consumidor das rochas processadas e produzidas no Espírito Santo, e o que ainda falta para que o estado avance na fronteira tecnológica, frente aos seus maiores concorrentes.

Após a explanação sobre a formação e desenvolvimento do setor, na segunda seção, será abordada a trajetória tecnológica seguida, buscando enfatizar os principais aperfeiçoamentos das máquinas e equipamentos desenvolvidos. A análise começará pela fabricação dos teares, etapa de beneficiamento primário, em virtude de ser, segundo Costa (1991), o primeiro equipamento produzido no estado. Além de ser apontado por alguns entrevistados como uma das maiores modificações (inovações) do setor de máquinas e equipamentos, para o setor de rochas ornamentais, ocorrida nos últimos anos.

Em seguida, será exposta a principal forma de aprendizado e a forma como esse aprendizado é transferido para os compradores das máquinas e equipamentos comercializados pelo setor. Por fim, dentro da concepção dos tipos de difusão tecnológica apresentados pelo arcabouço teórico da pesquisa, desenvolvido ao longo do primeiro capítulo, a análise volta-se para identificar o tipo de difusão presente no setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo. Será possível identificar que desde o seu surgimento, o processo de difusão por meio da imitação esteve presente no setor. Seja por pela parceria ou compra de projetos de empresas europeias, até mesmo pela espionagem industrial ocorrida durante as diversas feiras internacionais, onde usuários e fabricantes se unem para observar as tendências a serem seguidas, o melhor nicho a se apostar e o melhor momento para decidir arriscar seus investimentos na produção de tecnologias que tragam elevados retornos.

4.1 – FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.

O setor de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais, no Espírito Santo, iniciou-se em 1969 com o surgimento da empresa CIMEF – Comércio, Indústria Mecânica, Elétrica e Fundação Ltda, no município de Cachoeiro do Itapemirim. A CIMEF foi a primeira empresa fundada, no Espírito Santo, com o intuito de atender as necessidades do setor de rochas ornamentais, no estado. No Brasil, a maior indústria produtora de máquinas e equipamentos, até então instalada no país, estava concentrada no estado de São Paulo, a MGM – Mecânica Geral e Máquinas Ltda. Era do estado de São Paulo, além da importação de países europeus, principalmente a Itália, que vinham parte dos equipamentos utilizados nas serrarias e

marmorarias existentes, no Espírito Santo. Inicialmente, a produção da CIMEF estava concentrada em peças para reposição dos poucos teares em funcionamento na região. O primeiro tear produzido pela empresa é datado de 1974. Além dos teares, também passaram a ser produzidos pela empresa equipamentos de movimentação e transporte, tais como: pontes rolantes e carros auto-transportadores (CARVALHO, 2017).

Contudo, apesar da concentração na produção de máquinas e equipamentos, para o setor de rochas ornamentais, a CIMEF acaba observando a possibilidade de expandir o seu campo de atuação para outras áreas. Basicamente áreas que necessitassem de serviços mecânicos, tais como: manutenção e desmonte de equipamentos. De acordo com Costa (1991, p. 105):

O campo da mecânica na área de mineração estava nos seus primeiros passos, e havia pouca empresa de mineração em Cachoeiro do Itapemirim. Por isso, a CIMEF além da fabricação de teares, fabricaria também outras máquinas para o setor industrial de Cachoeiro e daria assistência às máquinas já existentes. Entre os trabalhos realizados pela CIMEF, que seguiam para além da produção de teares, podem-se destacar: a) Manutenção mecânica da Fábrica de Cimento; b) Manutenção das máquinas da Marsal; c) Desmontagem das velhas caçambas que transportavam calcário da Fazenda Monte Líbano; d) Desmontagem da ponte de ferro de Duas Barras, que ligava Cachoeiro do Itapemirim a Castelo, via férrea; e) Construção e instalação da segunda turbina da Marsal, da hidrelétrica desta empresa, que passou de 80 HP para 280 HP; f) Desmontagem da “ponte rolante” da Serraria Átila Vivacqua, adquirida pela Marsal e sua instalação, ampliando sua capacidade de 8 toneladas para 30 toneladas.

Em 1969, época de fundação da CIMEF, Cachoeiro do Itapemirim, apesar de ser o município onde nasceu à indústria de extração e, na sequência, a indústria de beneficiamento de rochas, principalmente o mármore, ainda não tinha o “status” de polo do setor de rochas ornamentais. Não existia na região uma grande aglomeração de empresas que desenvolvesse trabalhos de extração e beneficiamento. As empresas só começaram a surgir na região, em maiores proporções, no momento em que os empresários viram no mármore uma fonte rentável. “São médicos, motoristas, construtores, fazendeiros, comerciantes, burocratas e industriais que agora sonham com os lucros das pedreiras e das serrarias” (ABREU & CARVALHO, 1994, p. 8).

A transformação da região de Cachoeiro do Itapemirim em um grande polo produtor de rochas ornamentais não vai estimular apenas o surgimento de novas empresas produtoras e que compõem o segmento, mas também irá favorecer para que o governo possa desenvolver ações governamentais capaz de suprir as necessidades de infraestrutura e condução de linhas de crédito para financiamento e desenvolvimento do parque produtivo e tecnológico. Além de

fornecer condições para a construção de uma rede de vínculos funcionais e econômicos que endossem a competitividade.

O setor de máquinas e equipamentos é formado, em sua grande maioria, por empresas de micro e pequeno porte, sendo que grande parte, ou quase a totalidade dessas empresas, que compõem o setor de máquinas e equipamentos, são formadas por empresas de cunho familiar¹¹. Atualmente até existem outras regiões, também produtoras de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, tais como: a região noroeste e a região metropolitana, consoante tabela 9. Contudo, as maiores aglomerações estão localizadas no sul do estado, muito em virtude do setor de rochas ornamentais ter começado o seu desenvolvimento na região (PEDROSA, 2017).

Tabela 11 – Concentração das empresas de máquinas e equipamentos por município.

Localização	Quantidade de empresas
Barra de São Francisco	1
Cachoeiro do Itapemirim	25
Castelo	1
Iconha	1
Itapemirim	1
Serra	2
Vargem Alta	3
TOTAL	34

Fonte: BANDES (2014), SIDIFERES (2016). Elaboração Própria.

Até o final dos anos 80, o panorama do setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, ainda era modesto. A quantidade de empresas que se encarregavam da fabricação de máquinas e equipamentos era quase que inexpressiva. Carvalho (2017) enfoca que além da CIMEF, existiam outras poucas empresas que trabalhavam no desenvolvimento de pequenas máquinas para serem utilizadas nas etapas de beneficiamento secundário, as marmorarias, tais como: as cortadeiras manuais e as politrizes manuais de apenas uma cabeça. Todas essas empresas estavam localizadas na região de Cachoeiro do Itapemirim. Na segunda metade dos anos 90 e início dos anos 2000 vários pequenos fabricantes de máquinas e equipamentos, para o setor de rochas ornamentais, aparecem na região de Cachoeiro. Assim, começa, então, a

¹¹ Há uma dificuldade em conseguir quantificar a quantidade de empregos existentes no setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo. Os dados disponíveis na RAIS/MTE não estabelecem uma CNAE específica para o setor. Isto é, ao se analisar o número empregos disponíveis no segmento de “fabricação de máquinas e equipamentos” não é possível especificar que o interesse está no setor de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais. Com isso, os dados podem apresentar uma realidade não condizente com os números do setor de interesse, pois a análise realizada pela RAIS/MTE, nesse caso, engloba dados da fabricação de máquinas e equipamentos para todos os setores produtivos.

surgir, em maior escala, fabricantes que produzem máquinas e equipamentos mais sofisticados. São máquinas e equipamentos de porte menor, porém também requeriam dos fabricantes um alto conhecimento tecnológico, na época, para o seu desenvolvimento. De acordo com os empresários que compõem o setor, atualmente, na região de Cachoeiro do Itapemirim, é possível produzir todas as máquinas e equipamentos necessários ao segmento de rochas ornamentais. No Quadro 3, são apresentadas algumas das máquinas e equipamentos produzidas na região de Cachoeiro, que assumem um papel de destaque ao longo das etapas produtivas, segundo os fabricantes entrevistados.

Quadro 4 – Máquinas e equipamentos produzidos em Cachoeiro do Itapemirim.

Etapas	Tipos de máquinas
Extração	Máquina de corte a fio
	Pórticos
	Pontes Rolantes
	Perfuratriz
	Macaco hidráulico
	Tombador de blocos
Beneficiamento primário (Serrarias)	Tear multilâmina
	Tear mono fio
	Tear multifio
	Talha blocos
	Vira blocos
Beneficiamento secundário (marmorarias)	Máquinas de furo
	Máquinas de corte
	Acabamento de borda
	Polimento de chapas
	Secador de chapas

Fonte: Carvalho (2017), Carlos (2017), Simões (2017) e Pedrosa (2017). Elaboração Própria.

Na fase de extração as tecnologias apontadas atuam essencialmente com o objetivo de separar os blocos dos maciços rochosos, além da elevação e transporte das rochas desprendidas. Na fase de beneficiamento primário as máquinas e equipamentos, descritos no Quadro 3, atuam basicamente no processo de serragem dos blocos, enquanto na fase de beneficiamento secundário, as máquinas e equipamentos citados buscam se adequar aos anseios do consumidor final.

É importante ressaltar que, o setor de máquinas e equipamentos, no estado, surgiu como forma de auxiliar o desenvolvimento do setor produtor de rochas ornamentais. Há certa troca de informações entre as empresas que trabalham no segmento de rochas ornamentais e as

empresas que trabalham no setor de máquinas e equipamentos. As relações entre usuários e fornecedores acabam surgindo como fonte de financiamento. Ou seja, alguns compradores, que desejam suprir a falta de estrutura das máquinas e equipamentos utilizados em sua linha de produção, buscam a solução do problema indo de encontro ao fabricante para, em conjunto, trabalharem na produção de novas máquinas que tenham condições de atender as especificações desejadas pelo usuário. Sendo todo esse processo financiado pelo próprio usuário.

Para Carlos (2017) essa proximidade entre as empresas facilita para que o setor de máquinas e equipamentos possa melhorar os produtos desenvolvidos, devido a reivindicação dos clientes, e, com isso, atender novas demandas, seja para reduzir as perdas no processo de corte ou melhorar a superfície dos acabamentos. Na fase inicial, de desenvolvimento do setor de rochas, era evidente a carência de empresas produtoras de máquinas e equipamentos que pudessem suprir as demandas do setor como, por exemplo: as máquinas de corte. Tudo era muito rudimentar, o aumento do processo de extração e de exportação das rochas fez com que alguns empresários voltassem suas atenções para a possibilidade de desenvolvimento do setor de máquinas e equipamentos. Entretanto, o setor não surge de forma desordenada. Era preciso ter informações de como produzir e o que poderia ser produzido. Para tanto, houve a necessidade de alguns empresários irem até a Itália acompanhar o funcionamento do setor e tentar verificar de forma minuciosa o que estava sendo produzido, visando a possibilidade de conseguir produzir, posteriormente, um produto semelhante ao observado. A justificativa para a ida desses empresários à Itália ocorre pelo fato do país ser um centro de referência na produção de alta tecnologia para o segmento de rochas ornamentais.

Essa primeira expedição à Itália ocorre no início dos anos 90. Outras expedições passam a ocorrer, tornando-se fundamental para o acompanhamento das novas possibilidades tecnológicas que surgiam no setor. Assim, no ano de 2007, outra delegação, formada por empresários das diferentes etapas da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, seguem para a 42^o *International Exhibition of Stone Design and Technology*. Foi através dessa “missão” que os empresários se depararam com o surgimento de uma nova era tecnológica para o setor, isto é, a predominância do fio diamantado em algumas etapas da esfera produtiva, fundamentalmente na etapa de serragem (BUFFON, 2007).

No Brasil, conforme Carlos (2017) e Simões (2017), além do Espírito Santo, o estado de Santa Catarina também produz máquinas e equipamentos, para o setor de rochas ornamentais.

No estado de Santa Catarina se produz principalmente os teares multifios. Porém, são poucas as empresas que trabalham nesse segmento. Carvalho (2017) acrescenta que também é possível identificar fabricantes de pequenos equipamentos, para beneficiamento de ladrilhos, no estado do Ceará. Apesar de existir no país muitos estados produtores de rochas ornamentais (verificar tabela 7) poucos são os que procuraram investir na produção de máquinas e equipamentos. Fato que ocorre em virtude das rochas ornamentais não figurarem, nesses estados, como mineral de grande potencial comercial, além de não apresentarem grande variedade, fonte de extração e qualidade, em comparação com os produtos produzidos no Espírito Santo.

Uma análise dos principais produtos exportados pelos quatro maiores produtores de rochas ornamentais, no Brasil, incluindo o Espírito Santo, onde as rochas ornamentais ocupam a 5ª posição entre os produtos mais exportados pelo estado, mostra que as exportações de rochas ornamentais se encontram distantes dos principais produtos exportados pelo estado de Minas Gerais, segundo maior produtor de rochas, ocupando a 33ª posição, no qual o destaque na pauta de exportações fica por conta do minério de ferro. Quando a observação volta-se para a pauta de exportação da Bahia, terceiro maior produtor brasileiro de rochas, as rochas ornamentais ocupam uma posição ainda mais distante dos principais produtos exportados, situando-se apenas na 72ª posição, onde o principal produto da pauta de exportação é a pasta química de madeira. Com relação ao estado do Ceará, terceiro maior produtor de rochas, apesar das rochas ornamentais aparecerem um pouco mais à frente entre os produtos mais exportados, se comparado com os outros estados produtores, ocupando a 21ª posição, sua influência na pauta de exportações cearense ainda fica distante dos produtos semimanufaturados de ferro e aço, principais produtos exportados pelo estado do Ceará (MDIC, 2016).

Apesar de o Espírito Santo ser um grande produtor de máquinas, no país, Carvalho (2017) enfatiza que não há exportação de máquinas e equipamentos para outros países. Tudo o que é produzido, no Espírito Santo, é comercializado internamente. No setor de máquinas e equipamentos já foram observadas algumas exportações pontuais, porém esse processo não é frequente. A CIMEF até chegou a exportar alguns equipamentos para Portugal e para alguns países da América do Sul, por exemplo, contudo essas exportações não eram algo regular.

Ainda com relação às exportações, Simões (2017) enfatiza que, basicamente, toda a tecnologia produzida no Espírito Santo é absorvida internamente devido à participação do

Brasil na produção mundial de rochas. A constante busca das empresas de rochas por tecnologia de extração e beneficiamento favorece para que as máquinas e os equipamentos desenvolvidos sejam consumidos no próprio país. A falta de avanços tecnológicos, pelo qual vem passando o setor de máquinas e equipamentos, reflexo de constantes crises, contribui, como agravante, para interromper qualquer possibilidade de avanço nas exportações desses produtos. Além da falta de avanços tecnológicos há uma agressividade dos fabricantes de máquinas e equipamentos estrangeiros no tocante ao marketing, preço e condições de financiamento. Esses fatores dificultam para que as empresas de micro e pequeno porte, como é o caso de grande parte das empresas presentes no estado, consigam concorrer com os fabricantes estrangeiros, principalmente italianos e chineses.

Não que haja uma diferença acentuada entre as máquinas e equipamentos produzidos, no estado, com as máquinas e equipamentos produzidos em outros países. O maior problema dos fabricantes capixabas está no preço e nas condições de financiamento dos produtos estrangeiros. Os empresários do setor trabalham essencialmente com compradores que já conhecem os produtos da sua empresa. Para avançar com relações às exportações, é preciso que os fabricantes tenham em mente a necessidade de contar com toda uma estrutura que envolve assistência técnica, peças de reposição e pessoal qualificado, ou seja, possuir todo um aparato que julgue ser necessário ao funcionamento do equipamento que será colocado em uso. É preciso ter ciência que a exportação de uma máquina também envolve a exportação de todo um conjunto de procedimentos necessários para o bom funcionamento deste produto em outro país, por exemplo (SIMÕES, 2017).

Quanto ao financiamento das máquinas e equipamentos estrangeiros, apontado por Simões (2017), no parágrafo anterior, Carlos (2017) descreve que, ao longo do desenvolvimento do setor de máquinas, houve momentos em que o governo brasileiro retirou os impostos que incidiam nas máquinas e equipamentos estrangeiros, principalmente italianos, muito em virtude da alegação dos produtores de rochas ornamentais de que no Brasil a tecnologia utilizada pelos fabricantes era insuficiente para a fabricação de máquinas e equipamentos de qualidade. Assim, os empresários do setor de rochas ornamentais conseguiam adquirir máquinas importadas com um valor mais acessível se comparado com as máquinas produzidas internamente.

Os principais concorrentes das máquinas e equipamentos produzidas no estado são as máquinas e os equipamentos italianos e chineses. Entretanto, há alguns fatores que podem

estimular a competitividade dos fabricantes internos. Entre os principais fatores de competitividade que estimulam a compra das máquinas produzidas no estado, pode-se citar a proximidade existente entre as empresas fabricantes de máquinas e as empresas produtoras de rochas ornamentais. O setor de rochas ornamentais está em constante funcionamento e muitas empresas possuem prazos de entrega a cumprir, devido ao grande número de rochas que são exportadas. Assim, há uma necessidade de rapidez quando uma máquina passa a apresentar problemas de funcionamento. Essa proximidade das empresas de rochas ornamentais com as empresas fabricantes de máquinas e equipamentos garante que as empresas tenham um tempo reduzido de espera para o conserto das máquinas que apontam alguma falha técnica (CARLOS, 2017). Assim, a proximidade entre produtores e fabricantes possibilitou o surgimento de um mercado especializado na prestação de serviços e apoio na região de Cachoeiro do Itapemirim.

Atualmente o setor de máquinas equipamentos encontra-se muito restrito por conta das sucessivas crises. A primeira grande crise que afetou o setor foi à crise de 2008, iniciada nos Estados Unidos. O setor de rochas vivia basicamente das exportações para os Estados Unidos. O avanço das exportações de produto beneficiado, principalmente para os Estados Unidos, ao longo dos anos, favoreceu que houvesse uma busca, por parte das empresas de rochas ornamentais, de equipamentos de produção mais modernos com o intuito de aumentar a produção e expandir sua participação no mercado. O período de crise levou a uma desaceleração da compra de rochas ornamentais por parte dos americanos, maiores importadores das rochas beneficiadas produzidas no país, o que ocasionou uma queda na produção de rochas ornamentais e, por consequência, trouxe efeitos imediatos para o setor de máquinas e equipamentos. Se não há demanda para a produção de rochas ornamentais, também não haverá demanda, por parte das empresas de rochas, para a aquisição de máquinas e equipamentos no mercado. Assim, o mercado de máquinas e equipamentos passou a enfrentar maiores problemas a partir do ano de 2008, o que dificultou a sobrevivência de muitas empresas no setor (SIMÕES, 2017).

As empresas que conseguiram permanecer no mercado após a crise de 2008 precisaram de tempo para se reestruturar. Contudo, a crise pelo qual vem passando a economia brasileira, desde o ano de 2014, favoreceu para que várias empresas reduzissem seu quadro de funcionários prejudicando o andamento de novas pesquisas e, por consequência, a produção de novos avanços técnicos para o setor. A partir desse contexto de crises, muitas empresas encontraram dificuldade para conseguir investir em novas tecnologias e passaram a se manter

no mercado com as tecnologias até então disponíveis no interior das indústrias. Em muitas ocasiões, como forma de continuar no mercado de máquinas e equipamentos, as empresas acabam atuando como montadoras. Isto é, as empresas possuem a tecnologia, o projeto, mas buscam contratar outras empresas que possam fabricar as peças demandadas e, posteriormente, realizar a montagem dos equipamentos. São empresas que acabam ficando para trás, quanto à questão tecnológica. Esses são alguns dos motivos pelos quais, hoje, as empresas voltadas para o setor de máquinas e equipamentos acabam se encontrando em situação restrita (SIMÕES, 2017).

4.1.1 Principais setores demandantes das máquinas e equipamentos produzidos no Espírito Santo.

O setor de máquinas e equipamentos fornece sua produção essencialmente para o setor de rochas. Simões (2017) salienta que até tem-se tentado fabricar para o setor petrolífero, para o setor agrícola, mas a complexidade em investir em novos equipamentos, em um setor “desconhecido”, dificulta para que as empresas de produção de máquinas e equipamentos, para o setor de rochas, consigam produzir para outros setores. Para um fabricante de máquinas produzir e entrar com seus produtos em outro setor é necessário tempo, informação, recursos e pessoal qualificado. Pode-se destacar como maior dificuldade a busca de recursos a serem empregados na fabricação de novos equipamentos e a busca de informações sobre os novos setores. Contudo, apesar das dificuldades enfatizadas por Simões (2017) é preciso ressaltar que as empresas produtoras de máquinas e equipamentos, voltadas essencialmente para atender o setor de rochas, têm plenas condições em atender outros setores.

No mercado de máquinas e equipamentos já não há mais barreiras tecnológicas a serem superadas. Por outro lado, ainda é preciso que as empresas busquem se aprofundar na pesquisa de novas tecnologias, com o propósito de se aproximar da fronteira tecnológica do setor. É preciso empenho no desenvolvimento de inovações e melhorias permanentes para não perder espaço no mercado.

Ainda que considerado um setor maduro, principalmente por conseguir produzir tudo o que é demandado quanto a máquinas e equipamentos pelo setor de rochas ornamentais, o setor ainda apresenta algumas limitações, entre as quais a principal dificuldade está em conseguir produzir em larga escala e angariar capital de giro para esse intento. Conforme descrito por Buffon (2017), o setor não possui economia de escala. Cada tear produzido, por exemplo,

possui sua própria configuração, precisando ser regulado e calibrado individualmente. Caso sejam produzidos quatro teares, será preciso, assim, desenvolver quatro diferentes linhas de produção. A falta de economias de escala acaba restringindo o crescimento do setor. Aliado a esse fato, existe uma escassez quanto ao capital de giro.

4.2 – BREVE ANÁLISE DA TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS PELO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS NO ESPÍRITO SANTO.

Vieira (2010) exprime que as trajetórias tecnológicas são estruturadas pelas inovações incrementais, consequência das adaptações inovadoras pelas quais passam as tecnologias existentes, e pelas inovações radicais, estabelecidas a partir do momento que uma tecnologia apresenta caráter inédito. Para que uma trajetória tecnológica possa evoluir torna-se necessário que as empresas tenham condições de acumular capacidade e habilidades tecnológicas no intuito de buscar novos caminhos que favoreçam o encontro de novas oportunidades de inovações, que possam ser desenvolvidas e implementadas em suas atividades. O paradigma tecnológico será o responsável por guiar o avanço tecnológico, amparado pelo conhecimento internalizado, formal e tácito, e pelas rotinas, no interior das empresas. As trajetórias tecnológicas, então, irão orientar as direções das mudanças técnicas que se efetivam no tempo.

O setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, sofreu grandes transformações desde o seu surgimento. De um setor totalmente obsoleto, com máquinas e equipamentos bem rudimentares e com baixa eficiência, o setor se transforma, segundo Carvalho (2017), em um setor com diversos avanços nos quadros de comandos elétricos, controles de programação e automação. À medida que o setor de rochas ornamentais começou a desenvolver suas atividades de forma mais intensa, “ainda que em bases verdadeiramente improvisadas, começam a surgir as primeiras oficinas especializadas, quase todas de fundo de quintal. Nessa época, a mecânica era bruta e de baixa precisão, como as próprias máquinas e equipamentos” (ABREU & CARVALHO, 1994, p. 9).

Atualmente, os fabricantes instalados no Espírito Santo desenvolveram condições de produzir todos os tipos de máquinas e equipamentos necessários para o setor de rochas ornamentais. Um detalhe importante, que favorece para que o estado consiga produzir todos os tipos de máquinas, é que essas máquinas produzidas são máquinas de fácil fabricação. Em termos de

inovação de processo, ao longo dos anos, as máquinas e os equipamentos não apresentaram praticamente nenhuma mudança. O que aconteceu de inovação nas máquinas foi essencialmente o aumento de suas dimensões. Os teares passaram a ter uma capacidade volumétrica de cortar blocos maiores ou realizar o corte de mais de um bloco simultaneamente, o que leva a uma maior produção por tempo, isto é, uma maior produtividade (CARVALHO, 2017).

Contudo, antes de chegar nesse estágio de desenvolvimento, foi preciso superar grandes desafios tecnológicos. Conforme relata Costa (1991), os primeiros teares desenvolvidos, no Espírito Santo, eram teares que apresentavam uma estrutura rústica. Em 1965, na localidade de Santana, próximo ao município de Vargem Alta, o senhor Afonso Zampirolli tenta fabricar chapas de mármore com o auxílio de um tear de madeira movido a roda d'água. Entretanto, devido à rusticidade do tear, logo o equipamento tornou-se tanto inviável do ponto de vista comercial, como inviável para o próprio funcionamento. Após a tentativa de fabricação de teares, na localidade de Santana, houve outra tentativa de fabricação, agora no distrito de Itaóca. Porém, o projeto acabava sendo bem parecido com o anterior, pois a fabricação do tear se dava pela utilização de uma estrutura de madeira.

É preciso esclarecer que a ausência de fabricantes de teares eficientes, no estado, não implicava em ausência de teares mais estruturados em funcionamento. Até então, ainda que em pequeno número, era possível identificar teares importados, essencialmente europeus, atuando nas serrarias localizadas na região sul. Os teares desenvolvidos se utilizavam da areia como material abrasivo e voltavam-se exclusivamente para o processo de serragem do mármore.

No final da década de 1970, descobre-se que as rochas ornamentais não estavam apenas concentradas na região sul do estado, mas que ao longo de todo o território do Espírito Santo existiam grandes reservas de rochas espalhadas, inclusive o granito. De acordo com Abreu & Carvalho, (1994, p. 13), “a cada dia, um novo tipo de granito faz brilhar os olhos dos profissionais e dos amadores, dos contratados e dos contratantes, dos sonhadores e dos realistas”. Material de característica mais dura, para trabalhar com o granito era necessária a utilização de máquinas e equipamentos com tecnologias mais avançadas. Assim, a areia deixa de ser um abrasivo com condições de cortar o granito, favorecendo o surgimento de teares que faziam o corte das rochas com lâminas e lama abrasiva a base de granalha. Forma de serragem identificada até os dias atuais.

Silveira (2014) ressalta que os teares multilâminas, Figura 1, embora no decorrer do tempo tenham passado por aperfeiçoamentos, visando melhor desempenho, ainda é considerado um equipamento antigo, frente aos avanços observados com o advento da utilização do fio diamantado nos teares multifios. A utilização dos teares multilâminas, na serragem dos blocos, é amplamente difundida, isso independente do tipo de rocha (mármore ou granito) que será beneficiado. Fato favorecido, principalmente, pela melhor flexibilidade operacional, boa produtividade e melhor relação custo-benefício do investimento inicialmente despendido.

Figura 1 – Tear multilâminas.



Fonte: Souza, Vidal, Castro (2014).

Sobre a necessidade de progredir tecnologicamente, em relação aos teares convencionais, Souza, Vidal e Castro (2014, p. 18) destacam que:

As rochas processadas são em sua grande maioria chapas polidas e o método mais tradicional de obtenção dessas chapas é o desdobramento dos blocos em teares de lâminas de aço (teares convencionais), mas com o aumento da demanda e a maior exigência do mercado com relação à qualidade do produto, o setor de rochas ornamentais começou a fazer o desdobramento das rochas utilizando os teares de fios diamantados, que vêm mostrando resultados satisfatórios e suprindo tais necessidades.

Os teares que se utilizam do fio diamantado, denominados multifios, Figura 2, são teares que foram idealizados pelos fabricantes de máquinas após o sucesso observado com o uso do fio diamantado na etapa de extração de rochas ornamentais. O fio diamantado, Figura 3, inicialmente foi desenvolvido para auxiliar no desprendimento dos blocos dos maciços rochosos, buscando avançar quanto às inconveniências técnicas existentes na utilização do fio helicoidal. O aumento na velocidade do corte e seu rendimento, expresso em aumento da vida

útil do fio, tem feito com que ele seja utilizado para além da etapa de extração (VIDAL, 2014).

Figura 2 – Tear multifios.



Fonte: Souza, Vidal, Castro (2014).

Figura 3 – Fio diamantado.



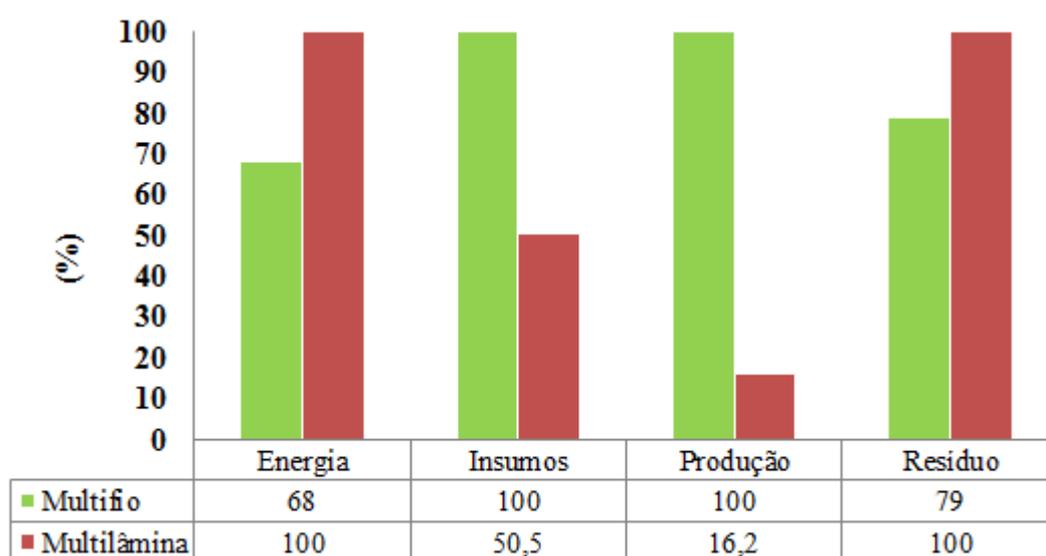
Fonte: Souza, Vidal, Castro (2014).

Buffon (2017) explica que os primeiros teares com fio diamantado foram criados pelas empresas que utilizavam o fio na etapa de extração. Adaptou-se o fio utilizado nas pedreiras para o processo de corte. Entretanto, nesse início de adaptação, os fios apresentavam corte irregular e a velocidade de corte se diferenciava entre os fios, que esquentavam muito além das especificações do fornecedor e não possuíam uma precisão de corte satisfatória. Assim, as primeiras máquinas de fio diamantado acabavam evidenciando um enorme gargalo. Não se conseguia garantir a precisão no corte decorrente dos problemas inicialmente identificados com a utilização do fio. No tear convencional, devido ao conhecimento conquistado com o período da tecnologia em operação, durante o processo de serragem era possível saber o tempo e o custo preciso para a serragem do bloco. No emprego do tear com fio diamantado

essas informações ainda eram desconhecidas. Os teares passaram a ser vendidos muito em virtude de uma garantia de produtividade dada pelo fabricante. Esses fabricantes se responsabilizavam em entregar novos fios em caso de quebra e desgaste antes de um período de tempo determinado.

Os teares de fio diamantado, então, ganham espaço no mercado e começam a passar por aperfeiçoamentos. Se inicialmente os teares eram formados por duas colunas de sustentação, agora esses teares passam a operar com quatro. Se anteriormente a quantidade de fios utilizados no processo de serragem era reduzida, adequada ao tamanho dos teares, agora a quantidade de fios assume maiores proporções, assim como os próprios teares. Os teares multifios são constituídos basicamente por uma estrutura metálica, com suportes cilíndricos que se deslocam verticalmente, podendo contar, dependendo do modelo desenvolvido, com até 72 fios diamantados, que executam movimentos circulares ao redor dos suportes. Souza, Vidal e Castro (2014) enfocam que mais de 20% das chapas desdobradas no Brasil já se utilizam dos teares multifios. O avanço dessa nova tecnologia, no mercado de rochas ornamentais, faz com que se torne interessante apresentar uma abordagem comparativa, entre a nova tecnologia e a tecnologia convencional, apresentando as vantagens técnicas que cada tecnologia pode proporcionar ao empresário. Os resultados quantitativos desse estudo comparativo podem ser examinados no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Resultados quantitativos da comparação entre os teares multifios e os teares multilâminas.



Fonte: Souza, Vidal e Castro (2014). Elaboração Própria.

Conforme apresentado, no Gráfico 9, o consumo de energia elétrica, em quilowatts por cada metro quadrado da chapa que será serrada, observado no tear multifio, consome 68% da energia se comparado com a utilização do tear tradicional, o multilâmina. Com relação aos insumos, o multifio se utiliza apenas do fio diamantado, enquanto que o multilâmina irá necessitar de cal, granalha e lâmina. Assim, os custos envolvidos no processo de serragem dos blocos com o tear multilâmina terá uma equivalência de 50,5% em comparação ao tear multifio, principalmente em virtude do elevado preço dos fios. Apesar de o fio diamantado ser o único insumo necessário para o processo de serragem. Em termos de produtividade, o tear multilâmina tem uma produtividade equivale a 16,2% da produtividade averiguada no emprego do tear multifio. Isto é, enquanto o tear multifio produz 100 m², o tear multilâmina terá uma produção de apenas 16,25 m², sendo considerado o mesmo tempo. A geração de “casqueiros” aferida no desdobramento do bloco, com o multifio, equivale a 79% do observado no tear multilâmina.

A despeito dos avanços observados na utilização do multifio, é preciso destacar que alguns problemas também passaram a ser observados com o emprego da nova tecnologia. Simões (2017) evidencia que apesar da introdução do tear multifio ser uma das maiores modificações identificadas no setor de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais, ocorrido nos últimos anos, há empresas que até trabalhavam com o tear multifio e estão voltando a utilizar o tear multilâmina. Ainda que os benefícios do tear com fio diamantado (rapidez, melhor acabamento, redução na geração de resíduos) tenham se mostrado satisfatórios, ele tem apresentado um custo de utilização muito elevado. Um exemplo a ser citado é a utilização dos teares de fio diamantado na serragem de rochas “macias”, que não possuem a necessidade de contar com a utilização do fio. O custo para a serragem dessas rochas acaba saindo mais elevado que o próprio processo de venda das peças beneficiadas. Um jogo de fio diamantado, para ser utilizado em um tear, pode ultrapassar os R\$ 200.000,00, e com isso o empresário necessita utilizar o máximo possível o jogo de fios. Ao final do processo, ao se analisar o custo da chapa serrada, se o processo de serragem ocorreu em um material que tenha um baixo valor de mercado não compensa ao empresário produtor de rochas se utilizar de um tear que conte com um processo de serragem eficiente, com maiores dispêndios financeiros.

A mesma observação, apontada por Simões (2017), pôde ser identificada junto a Carlos (2017). No entanto, Pedrosa (2017) seguiu um pouco mais além: segundo a análise do empresário, quando o fio diamantado surgiu, o empresariado passou a demonstrar grande interesse pelo produto. No primeiro momento, o fio diamantado foi apresentado aos

produtores de rochas como algo que revolucionaria a serragem dos blocos e aumentaria a produtividade no interior das serrarias. Na matemática do empresário do setor de rochas, o custo envolto na compra do fio, frente aos benefícios prometidos, compensava a sua aquisição. Assim, muitos empresários resolveram adquirir o produto na intenção de ganhar competitividade com a nova tecnologia. Porém, o que muitos empresários deixaram de observar é que algumas rochas produzidas, no estado, apresentam muitos cristais em sua estrutura, isto é, se anteriormente foi apresentado que os fios diamantados poderiam cortar uma determinada quantidade de blocos, devido à grande quantidade de cristais presentes nas rochas já não é mais possível cortar a quantidade anteriormente prometida.

Entretanto, é preciso esclarecer que mesmo que os teares multifios tenham relevado algumas limitações, principalmente devido à formação morfológica de algumas rochas, tornou-se imprescindível o seu uso em determinados tipos de rochas, principalmente as que apresentam maior durabilidade ou são mais exóticas, com valor agregado elevado, compensando o processo de serragem, em virtude do alto valor comercial dessas pedras. Ainda segundo Pedrosa (2017), no tear convencional essas rochas mais “duras” não apresentam uma serragem tão satisfatória. Com um único jogo de lâminas é possível fazer até seis serragens, dependendo da durabilidade da rocha. Contudo, também existem rochas que precisam de dois jogos de lâminas para a serragem de um único bloco. Nesses casos, o tear multifio surge como importante alternativa e tem aberto o caminho para o beneficiamento de rochas não tão viáveis. Conforme relata Silveira (2014, p. 360),

Os custos finais de produção para materiais macios são menores no tear multilâmina, enquanto para materiais duros são menores no tear multifio. Essa diferença se dá pelo fato do corte no tear multifio ser mais rápido, o que leva a um menor consumo de energia por metro quadrado de chapa serrada. (...) um bloco de um material duro, que necessita de muitas horas de funcionamento no tear multilâmina, é mais vantajoso desdobrar no tear multifio. Mesmo com um maior custo do insumo, o menor custo de energia elétrica faz com que o custo final de produção seja menor no tear multifio.

Os avanços pelo qual passa o processo de serragem dos blocos fez com que suscitasse a necessidade de se investir em inovação nas demais etapas da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais. Chega-se o momento de inovar também na etapa final do processo, que ocorre no interior das marmorarias. Para tanto, as politrizes manuais, que eram formadas por um motor elétrico responsável por girar o cabeçote das máquinas, cujo movimento na superfície da pedra a ser polida era feito manualmente, cedem espaço para as politrizes multicabeças.

Silveira (2007) ilustra que, apesar do surgimento das politrizes multicabeças e automáticas, ainda é possível encontrar, no interior das pequenas marmorarias, o emprego de politrizes manuais. São marmorarias cujo volume de produção não compensa a aquisição de modelos mais modernos, ainda que o resultado final sejam chapas com melhores acabamentos. Nas politrizes manuais a pressão aplicada no cabeçote e a trajetória do seu movimento sobre as placas dependem da ação direta da força do homem sobre o equipamento, Figura 4, o que pode levar uma mesma chapa a exibir frequentes variações na qualidade do polimento. A evolução na produção desses equipamentos fez-se necessária devido às limitações na qualidade e produtividade denotada. Não sendo indicadas para as empresas de beneficiamento que desejavam produzir produtos de alta qualidade, como exige o mercado de rochas, e elevado nível de produção, torna-se, então, imprescindível o avanço, em termos tecnológicos, de novas máquinas que pudessem potencializar o processo de beneficiamento realizado no interior das marmorarias. Assim, junto com as politrizes manuais, passam a surgir no mercado as politrizes que contam com mais de uma cabeça.

Figura 4 – Politriz manual.



Fonte: Silveira (2014).

As politrizes multicabeças, Figura 5, começaram a ser desenvolvidas, no Espírito Santo, na década de 1990, após a expedição dos fabricantes produtores de máquinas e equipamentos à Itália. Carvalho (2017) explicita que surgiram nessa mesma época os projetos para o desenvolvimento de politrizes automáticas com mais de uma cabeça. Aquele movimento que

era feito manualmente e com um único cabeçote abre espaço para o surgimento de politrizes automáticas de duas cabeças e até multicabeças, que predominam na indústria atualmente. As politrizes multicabeças contam com um nível de automação mais elevado que os equipamentos anteriores, além de apresentar uma elevada produtividade e qualidade dos produtos polidos. De acordo com Silveira (2007, p. 65), com a produção do novo equipamento, “ocorreu um aumento considerável na produção de placas polidas”.

Figura 5 – Politriz multicabeças.



Fonte: Silveira (2014).

Apresentados os principais tipos de máquinas e equipamentos produzidos, no Espírito Santo, nas etapas de beneficiamento primário (serragem) e secundário (marmoraria), a abordagem volta-se para a etapa de extração.

O processo de extração das rochas ornamentais sempre foi um processo muito rudimentar. Esse processo passa por melhoramentos ao longo dos anos, onde os trabalhadores deixam de contar com o auxílio do ferro oitavado e de marretas para a extração dos blocos e passam a contar com a utilização do fio diamantado, insumo que atualmente também é produzido por empresas localizadas no estado. Contudo, é preciso ressaltar que a etapa de extração é a etapa que ainda conta com uma grande quantidade de homens no processo. Simões (2017) destaca a necessidade do setor em conseguir reduzir o contato do trabalhador com os blocos. O processo de produção é um processo que envolve muitos riscos com relação a acidentes. Assim, quanto menor a participação do homem nas etapas de produção, menores serão os riscos de acidentes.

Entre os principais tipos de máquinas e equipamentos utilizados no processo de extração, estão: os pórticos e as pontes rolantes, que servem essencialmente para elevação e movimentação dos blocos, além das perfuratrizes e dos fios helicoidal e diamantado. Viu-se, no decorrer do segundo capítulo, a existência de tecnologias de perfuração contínua, que não contam com o uso de explosivos, e tecnologias de corte cíclico, que ainda precisam contar com o apoio desses insumos. O processo de extração é o elo da cadeia produtiva de rochas mais factível de se encontrar processos tecnológicos ultrapassados. A título de exemplo, pode-se citar a utilização dos explosivos, mesmo com a existência de tecnologias mais eficientes, tais como o fio helicoidal e o diamantado, descritos anteriormente. Fato que ocorre, segundo Vidal (2014, p. 215), “em função do baixo custo unitário e da flexibilidade operacional”.

É necessário salientar que ao longo do processo de desenvolvimento das máquinas e equipamentos o processo de automação das mesmas também passa por constantes transformações. A mecânica bruta e de baixa precisão das máquinas produzidas, no estado, descritas por Abreu & Carcalho (1994), cedem espaço a máquinas e equipamentos com uma automação mais aprimorada. Contudo, uma automação ainda distante da identificada nas máquinas e equipamentos produzidos em outros países, particularmente Itália e China. Fato que ocorre em virtude das características da produção brasileira de rochas ornamentais e não da incapacidade dos fabricantes brasileiros, sobretudo capixabas, em desenvolver produtos mais automatizados. O país é um dos principais produtores mundiais de rochas ornamentais, isso contribui para que em todas as etapas da cadeia produtiva do setor haja uma intensificação na utilização da força de trabalho e, por consequência, das máquinas e equipamentos que, em união com o trabalhador, facilitam e potencializam os processos de extração e beneficiamentos das rochas produzidas. Muitos dos trabalhadores que compõem o segmento de rochas, no país, carecem de qualificação. Essa carência faz com que quanto mais simples for o número de componentes de automação das máquinas brasileiras, maior é a capacidade de o trabalhador desenvolver suas funções com o auxílio do equipamento.

Sobre a automação das máquinas e equipamentos brasileiros, Buffon (2017) enfatiza que esse departamento, apesar de desenvolvido, não se encontra situado sobre a fronteira tecnológica, mas sobrevive por ser adequado aos requisitos necessários para o bom funcionamento do segmento. Descrevendo de outra maneira, as máquinas e equipamentos brasileiros acabam sendo mais robustos que os de fabricação estrangeira, no intuito de evitar perdas decorrentes de condições climáticas ou esgotamento tecnológico, ou seja, as máquinas produzidas no país, particularmente no Espírito Santo, foram desenhadas para as especificações brasileiras. A

robustez das máquinas e “tropicalização” dessa tecnologia revelam-se outros fatores de competitividade que podem ser destacados no setor.

A evolução tecnológica pela qual passou o setor de rochas ornamentais favoreceu para que o processo de fabricação de rochas ornamentais virasse um processo bem “enxuto”. Isto é, uma melhora na serragem, auxiliado por um melhor desenvolvimento da parte de polimento e resinagem, favoreceram para uma maior qualidade das pedras e uma redução de custos durante o processo de produção das rochas ornamentais. Durante esse período evolutivo sempre houve uma integração entre as empresas de rochas ornamentais e os fabricantes de máquinas. Grande parte das intervenções passa pela necessidade dos produtores de rochas (SIMÕES, 2017).

4.3 – TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO E FORMA DE APRENDIZADO NO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.

A ideia de aprendizado tecnológico surge na literatura econômica relacionada com a concepção de um processo no qual um agente, empresa, acumula habilidades e conhecimentos, que tem como principal resultado um frequente aperfeiçoamento da tecnologia, com constantes ganhos de desempenho (QUEIROZ, 2006). A perspectiva evolucionária revela uma dimensão de aprendizado inserido em rotinas. “O aprendizado é, essencialmente, um mecanismo de aquisição de conhecimento, este conhecimento, por sua vez, está incorporado em rotinas que expressam a identidade da firma” (QUEIROZ, 2006, p.199).

O processo de aprendizado e aquisição de conhecimento entre os agentes que compõem o segmento de máquinas e equipamentos ocorre por meio da interação, via capacitação de trabalhadores que operarão as máquinas e equipamentos desenvolvidos, com técnicos especializados disponibilizados pelos fabricantes. De acordo com Maciel & Albagli (2002) o conhecimento e o aprendizado interativo são fatores fundamentais para o estímulo da competitividade. A formação de Arranjos Produtivos Locais contribui para que o ambiente formado em volta das empresas seja dinâmico em aprendizagem coletiva, assim como estimula a geração e difusão de conhecimento e inovações, “no âmbito de processos de interação e de articulação entre os agentes que atuam em tais aglomerações produtivas” (Maciel e Albagli, p. 2, 2002).

No setor de máquinas e equipamentos esse processo de aprendizado ocorre por meio de treinamentos. Ainda que muitos empresários tenham contatos com os diferentes equipamentos do segmento, ao comercializar suas máquinas os fabricantes precisam ter ciência da dificuldade que o empresário terá para utilizá-la. Para tanto, ao comercializar uma máquina o fabricante disponibiliza ao comprador um funcionário que possa auxiliar em todos os comandos para o bom funcionamento do produto adquirido. Apesar das máquinas e equipamentos produzidos, no Espírito Santo, não contam com uma grande quantidade de aparatos eletrônicos a serem acionados durante o uso, ainda assim torna-se imprescindível a presença de alguém que auxilie no funcionamento de todo o processo.

A explanação apresentada acima pode ser conferida nas palavras de Simões (2017), onde segundo a empresária, a transferência de capacitação e conhecimento entre vendedores e compradores ocorre por meio de treinamentos. Esses treinamentos, além de focar nas condições necessárias para um bom funcionamento das máquinas e equipamentos adquiridos, também enfocam a questão da manutenção preventiva. O ambiente que envolve o setor de rochas ornamentais costuma ser um ambiente de geração de resíduos (poeira). Esses resíduos são suficientes para atrapalhar o desempenho dessas máquinas e danificá-las, caso o trabalhador responsável por operá-la não tenha ciência dos procedimentos necessários para fazer bom uso dessa tecnologia. As empresas ainda carecem de uma formação da mão-de-obra operacional de qualidade (SIMÕES, 2017).

Sobre a importância de capacitar o trabalhador que irá operar as máquinas, Carlos (2017) esclarece que só a entrega do manual de instruções, ainda que em português, não é o suficiente para auxiliar no bom funcionamento dos produtos. Há uma falta de profissionais qualificados que tenham condições de entender o funcionamento das máquinas e as formas de manutenção. Não são poucos os casos de máquinas que deixam de funcionar por falta de atenção do usuário.

A importância do aprender usando, *learning-by-using*, foi observado por Rosenberg, em 1982, a partir de seu estudo sobre a indústria aeronáutica americana. De acordo com Queiroz (2006, p. 195), Rosenberg observou que:

A acumulação de capacidades tecnológicas na indústria aeronáutica decorre do uso do produto, e não do processo pelo qual é produzido, como no caso do *learning-by-doing*. Tomando-se o exemplo das empresas de aviação, para cada novo modelo existe um período de familiarização com o produto em que essas companhias vão aprendendo a usá-los da forma mais eficiente possível, otimizando a sua operação, minimizando seus custos de manutenção, etc.

Um dos fatores que faz com que haja a necessidade de constantes treinamentos e o aprender usando é a falta de pessoas qualificadas no interior das empresas de rochas ornamentais. O setor é formado, como relatado anteriormente, em sua maioria, por micro e pequenas empresas. Muitas dessas empresas são empresas que possuem funcionários de baixa escolaridade e que serão os responsáveis por comandar muitas etapas de produção. Simões (2017) atribui esse fato como um dos grandes empecilhos para o avanço no processo de comando de muitas máquinas e equipamentos produzidos no estado. Carlos (2017) expõe diversos casos de pessoas que impressionadas com a automação e o número de aparatos eletrônicos presentes nas máquinas estrangeiras acabaram adquirindo tais produtos que, devido à dificuldade em compreender o significado de muitos comandos, nunca chegaram a funcionar de fato. Com isso, o empresário teve grandes prejuízos. Esses prejuízos muitas vezes são acarretados por conta de peças que são retiradas das máquinas na tentativa de ativá-las e que, posteriormente, não encaixavam mais nos locais de onde foram retiradas, além do processo de ferrugem que acaba tomando conta do maquinário por conta do tempo parado.

Apesar de o estado contar com uma gama de cursos profissionalizantes capazes de abrir espaço para a capacitação dos trabalhadores que ocupam as diferentes etapas da cadeia produtiva do setor de rochas, ainda há certa carência de pessoas qualificadas no setor. A esse respeito, Buffon (2017) ressalta que as pessoas acabam sendo formadas dentro do próprio setor (mercado de trabalho endógeno).

4.4 – O PROCESSO DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA NO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.

Ao descrever os tipos de difusão tecnológica, apresentado no primeiro capítulo, foram apresentadas as difusões por produtos incorporados, por produtos desincorporados e por imitação. O contato com os empresários do setor de máquinas e equipamentos possibilitou identificar que a principal forma de difusão observada no setor de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais, ocorre por intermédio da imitação. Entretanto, é preciso frisar que a imitação não significa uma cópia idêntica de determinado produto. Sobre essa análise, Nelson & Winter (p. 187, 2005) abordam que é frequente uma firma querer se inteirar dos feitos realizados por outras firmas concorrentes e “observar se a outra firma está fazendo alguma coisa que ela gostaria de ser capaz de fazer – especificamente, ganhar mais dinheiro produzindo um produto melhor, ou produzir um produto padrão mais barato”. O que irá distinguir a imitação da cópia é o fato de o imitador não ter o interesse em fabricar um

produto de boa semelhança, se comparado com o produto original, mas sim um produto que seja capaz de trazer algum sucesso econômico no mínimo ou igual ao produto original. A produção do empresário imitador geralmente irá ocorrer com a contribuição de novos¹² elementos tecnológicos (NELSON & WINTER, 2005).

Esse processo imitativo, no setor de máquinas e equipamentos, ocorre de algumas formas, dentre as quais podem ser evidenciadas: a participação em feiras internacionais e a união de um produtor de rochas com um fabricante de máquinas. Carlos (2017) destaca que, a participação em feiras possibilita para que o empresário possa observar o que há de novo no mercado. Em muitas ocasiões, durante as feiras, alguns fabricantes acabam se infiltrando por baixo das máquinas, com o intuito de fazer fotografias e filmagens do produto exposto, e, posteriormente, tentar desenvolver o produto de interesse.

Além da possibilidade de visualizar de perto o quanto os concorrentes têm evoluído, as feiras também acabam sendo uma forma dos empresários de diferentes segmentos adquirirem conhecimento através de realização de cursos de formação e seminários técnicos. São nas feiras internacionais que os empresários se deparam com as tendências que surgirão para os próximos anos e a fronteira tecnológica e mercadológica dos diferentes setores que compõem a cadeia produtiva de rochas ornamentais (BUFFON, 2007). Ainda que no setor de máquinas e equipamentos haja o predomínio da difusão por meio de imitação, é importante assinalar que ao relatar as tipologias de difusão, assinalou-se que o processo de difusão tecnológica em determinados ramos também pode ocorrer de forma desincorporada. A possibilidade de participação nesses seminários de caráter técnico pode colaborar para que aconteça “intercâmbio de informações entre profissionais e os fluxos de pessoal de P&D têm servido como mecanismos que mantêm público o conhecimento genérico” (NELSON, 2005, p. 115).

Outra forma recorrente de imitação ocorre quando um empresário do setor de rochas ornamentais adquire uma máquina de determinada empresa e comunica a outro fabricante de máquinas a aquisição de tal produto. Esse outro fabricante de máquinas, em parceria com o empresário do setor de rochas, consegue com que o empresário facilite o desmonte da máquina adquirida e consiga identificar todos os componentes envolvidos no processo de montagem da máquina analisada. Após serem identificados os componentes e a forma de

¹² Freeman & Soete (2008, p. 615) ressaltam que “os imitadores nem sempre ingressam nas “mesmas” tecnologias que os inovadores, e que os imitadores posteriores tampouco ingressam no mesmo ponto da evolução ou da trajetória das tecnologias como os primeiros. Todas as melhorias têm um custo e todas implicam a geração de conhecimento e experiências vinculados às inovações”.

montagem, o fabricante que se juntou ao empresário no desmonte da máquina consegue imitar o produto do qual até então não tinha tanto conhecimento e o coloca no mercado. Essa relação normalmente envolve vantagens para ambos os empresários. O fabricante de máquinas consegue identificar os componentes necessários para dar prosseguimento ao processo de imitação da máquina do outro fabricante e o empresário do setor de rochas tem a garantia que poderá conseguir, no futuro, máquinas mais baratas do empresário imitador. Muitas vezes não há um estudo para se verificar o custo em produzir determinada máquina. A intenção é imitar para conseguir expandir a participação no mercado vendendo o produto a um preço reduzido. Imitam-se máquinas que estão sendo vendidas por R\$ 500.000, por determinado fabricante, para serem vendidas a R\$ 450.000 por outros.

Desde o surgimento da CIMEF, em 1969, como produtora de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, o processo de difusão tecnológico observado, no setor, ocorre por meio da imitação. Nas palavras de Carvalho (2017) o primeiro modelo do tear produzido pela CIMEF era uma cópia dos modelos de teares italianos. A empresa foi fundada por dois europeus, Hans Beeli e Heinz H. G. Kaschner, alemão e suíço, que, na Europa, puderam ter acesso ao projeto das máquinas, até então produzidas, e se utilizaram dessas informações para desenvolver os primeiros teares produzidos, no estado. As máquinas e equipamentos desenvolvidos eram basicamente imitação de máquinas europeias, principalmente italianas. Dentro dessa perspectiva pode-se destacar a utilização e imitação da tecnologia italiana como um dos principais fatores impulsionadores da indústria de rochas ornamentais capixaba.

O acesso aos projetos de máquinas pelos senhores Hans e Hainz deu-se basicamente devido seus contatos com essas tecnologias na Europa, em virtude da função desempenhada por ambos, engenheiros. Após as primeiras máquinas produzidas e observando a necessidade de avançar no setor em franca expansão, a CIMEF realiza uma parceria com uma empresa alemã denominada Hansen. Essa parceria envolvia a compra de um pacote tecnológico da Hansen pela CIMEF. Nesse pacote tecnológico, por exemplo, existia o projeto que possibilitava compreender a fabricação das politrizes multicabeças. Essa parceria com a empresa alemã possibilitou a CIMEF a fabricar e evoluir seus projetos tecnológicos, além de estimular a produção de equipamentos de ótima qualidade, haja vista que a Alemanha também trabalhava com produção de tecnologia de ponta, para rochas ornamentais. A CIMEF, então, passa a desenvolver, no Espírito Santo, máquinas e equipamentos com um nível de processo e automação próximo ao desenvolvido na Europa, principalmente se comparado com os fabricantes italianos. Os empresários do setor saem de uma condição de dificuldade na

utilização e absorção de tecnologias, segundo explanado por Abreu & Carcalho (1994), para uma trajetória de crescimento e difusão de inovações.

A despeito da forma como essas inovações eram absorvidas pelos fabricantes do setor, Villaschi & Sabadini (2000, p. 13) denotam que:

As inovações no setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo, ocorrem na forma imitativa, ou seja, elas são desenvolvidas e incorporadas através do desenvolvimento dos insumos, das máquinas e dos equipamentos utilizados nas três etapas da cadeia produtiva. Portanto, a difusão tecnológica é 'adquirida' de outros setores industriais, como o metal-mecânico, ou desenvolvida de forma relativamente incipiente pela indústria local.

Seguindo Villaschi & Sabadini (2000), Pedrosa (2017) revela que os primeiros pórticos utilizados pelo setor de rochas ornamentais vinham de portos, onde eram muito utilizados. O setor acabou adequando esses pórticos às suas necessidades. Com o passar dos anos, muito em virtude do conhecimento acumulado e por serem máquinas de fácil produção, o setor tornou-se autossuficiente para produzir todas as máquinas e equipamentos necessários para o setor de rochas ornamentais. Segundo explicita o próprio Pedrosa (2017), não há nada que as empresas do segmento de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, não tenham condições de fabricar. Os empresários que trabalham no setor de rochas ornamentais normalmente importam das máquinas e equipamentos por conta de melhores condições de financiamento das máquinas estrangeiras ou por conta da ideia que o produto estrangeiro tem uma melhor estrutura frente aos vendidos no país. Entretanto, a verdade é que todas as máquinas e equipamentos utilizados no setor de rochas podem ser produzidos no estado, sem qualquer grande perda de qualidade.

É preciso destacar que o processo imitativo, apesar de contribuir para a difusão tecnológica, também acaba restringindo avanços tecnológicos mais significativos. É difícil conseguir identificar empresários que trabalhem com a produção de novas tecnologias, no estado. Apesar dos diversos aperfeiçoamentos pelo qual passa uma tecnologia, ao longo de seu período útil, Carlos (2017) esclarece que em termos de criação de uma máquina nova, capaz de alterar o processo da indústria de produção de máquinas e equipamentos, ainda não é possível observar no Brasil. Toda a evolução do setor de máquinas e equipamentos, até então observada, foi baseada no que estava sendo feito na Europa, sobretudo a Itália.

Nessa concepção, o que impede para que as empresas tomem a decisão quanto a investir em novas tecnologias e reduza o processo imitativo? O porquê da imitação se tornar mais atraente

que a criação de uma nova tecnologia, está nas pressões competitivas que as empresas sofrem. A não adoção de uma inovação crucial pode significar a expulsão de uma empresa do mercado, haja vista a alta probabilidade das tecnologias mais antigas ficarem obsoletas. Essas pressões pela adoção de novos avanços tecnológicos, então, forçam as empresas a acompanharem o ritmo das inovações que surgem no mercado. Em muitas ocasiões a imitação das inovações das empresas concorrentes reduzirá o risco de ter que arcar com as incertezas decorrentes dos processos inovativos. Nas palavras de Pedrosa (2017), no setor de máquinas e equipamentos o empresário precisa ter ciência que além da técnica envolvida no processo de fabricação de um produto é preciso ter certa “teimosia” e desenvolver muita pesquisa. O projeto de um equipamento envolve a necessidade de se fazer uma série de mudanças até que ele possa seguir para o mercado. Os empresários acabam descobrindo durante o processo de fabricação das máquinas e dos equipamentos, antes mesmo do protótipo ficar pronto, que as máquinas e os equipamentos idealizados ainda podem ser melhorados. O papel da pesquisa é estimular para que se descubram formas do equipamento trabalhar de forma mais eficiente. Contudo, não há muita margem para erro, a falta de estímulo para o desenvolvimento de inovações acaba contribuindo para que o setor se desenvolva à base de imitação.

A descoberta que o processo de difusão no setor de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais, ocorre por meio da imitação, revela que a adoção de mecanismos para garantir o direito de propriedade no setor não atua de forma eficiente. É notável a importância dos mecanismos de apropriação e domínio como forma de restringir o processo imitativo. O direito de propriedade atua como componente essencial à atividade de inovação. Dosi (2006, p. 131) exprime que:

(...) as oportunidades tecnológicas e a apropriabilidade representam as condições interligadas para a atividade de inovação. Cumpre notar que a oportunidade tecnológica pode ser considerada uma condição necessária, mas de modo algum eficiente. É, portanto, a apropriabilidade que define o grau de compromisso das empresas em relação às atividades de inovação, independente de qual seja o nível de atividade.

O principal mecanismo utilizado pelo setor para garantir com que a tecnologia desenvolvida permaneça no controle dos empresários são as patentes. Contudo, é cada vez mais evidente a falta de interesse dos empresários em buscar formas de conter o processo imitativo. O próprio direito de patente demanda somas de recursos até ser concedido. O maior problema da patente é o tempo que decorre desde o momento que ela é reivindicada até o momento de aceite. Em conformidade com Simões (2017), algumas patentes podem demorar até serem concedidas.

Existem patentes onde o tempo de espera pode chegar a 10 anos para ser concedida. Esse longo período de tempo que se aguarda entre o pedido de patente e a sua concessão contribui para que muitos empresários desistam de patentear determinado produto. A facilidade com que as máquinas podem ser imitadas favorece para que seja praticamente impossível obter a garantia de controle da tecnologia desenvolvida. Entende-se não haver condições de esconder o surgimento de uma inovação. Da mesma forma que as empresas atuam como copiadoras elas também são passíveis de serem copiadas. Quando um equipamento chama atenção do mercado e sai do domínio do empresário a chance desse equipamento não ser copiado é quase nula.

A descoberta que o processo de difusão tecnológica ocorre, no setor de máquinas e equipamentos, através da imitação e em paralelo com os tipos de difusão apresentados e descritos no Quadro 1, quando abordou-se os tipos e as formas como a difusão da inovação tecnológica é transferida, desenvolve-se, de forma sintética, o Quadro 4.

Quadro 5 – Tipos de difusão e formas de transferência no setor de máquinas e equipamentos.

Tipos de difusão	Formas de transferência
Difusão desincorporada	Pouco identificado no setor estudado, no Espírito Santo.
Difusão incorporada	Pouco identificado no setor estudado, no Espírito Santo.
Imitação	Feiras internacionais e parcerias com empresários produtores de rochas ornamentais.

Fonte: Elaboração Própria.

O Quadro 4 expõe que no setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo, há o predomínio do processo de difusão tecnológico por meio da imitação. Observou-se que os empresários, não compram máquinas e equipamentos de outros fabricantes, mesmo que o interesse esteja em imitar a inovação posteriormente. Contudo, existe a incorporação de mecanismos e pequenas tecnologias que podem auxiliar no processo de aperfeiçoamento das máquinas produzidas. Seja um novo suporte para um disco de polimento ou a inclusão de uma nova peça que favorece o contato entre as rochas com os abrasivos.

O processo de compra de grandes equipamentos seria um processo custoso e o setor ainda apresenta uma carência de capital por parte dos empresários para comprar uma máquina, desmontá-la e, finalmente, iniciar o processo imitativo. O interesse único do fabricante está na imitação, em muitas situações favorecidas, como observado, pela facilidade de produção das

máquinas e pela reduzida inovação de processo, identificado no funcionamento de algumas máquinas e equipamentos utilizados pelo setor. Como descrito por Carlos (2017) “a tônica do setor é a imitação”.

A difusão desincorporada ocorre basicamente, como abordado anteriormente, por meio de palestras, encontros e seminários entre agentes que atuam no ramo. A possibilidade de ampliar o contato, inteirar-se das novidades e observar as novas ideias desenvolvidas pelo setor ocorre essencialmente durante as feiras internacionais. Fator que pode ser descrito como relevante aos produtores de máquinas e equipamentos do Espírito Santo, haja vista que o estado comporta duas feiras anuais nos municípios da Serra e Cachoeiro do Itapemirim.

4.5 – CONCLUSÃO

O propósito do capítulo foi retratar o processo de difusão tecnológica no setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo. Entretanto, antes de chegar ao objetivo proposto no capítulo foi necessário fazer uma breve descrição do setor. O setor é um segmento que surge a base de recursos naturais (rochas ornamentais) e que internaliza na região de Cachoeiro do Itapemirim todo um conjunto de agentes capazes de sustentar e desenvolver o aparato tecnológico necessário para a sua consolidação. Além da robustez, a competitividade das máquinas brasileiras está na praticidade em poder contar com uma assistência técnica rápida, que impede perdas financeiras com quebras de equipamentos e pode se locomover dentro do território nacional muito mais rápido do que uma assistência estrangeira.

Apesar de ainda se encontrar um pouco distante da fronteira tecnológica do segmento de máquinas e equipamentos, frente aos países referências (Itália e China), o setor, no Espírito Santo, consegue produzir tudo o que é necessário ao segmento de rochas ornamentais. A falta de investimento e capacidade de se produzir em larga escala favorece para que as máquinas e os equipamentos produzidos, no estado, ainda não tenham obtido destaque no mercado internacional, motivo pelo qual algumas exportações tendem a ser bem pontuais. O setor acabou se adaptando às necessidades dos produtores brasileiros, produzindo máquinas que possam desempenhar um trabalho eficiente mesmo tendo que lidar com as adversidades do clima e jornada de trabalho no interior das empresas.

Quanto ao processo de difusão tecnológica observado no setor, abordou-se que o processo de difusão ocorre essencialmente por meio da imitação. É preciso que fique claro que uma imitação não é uma cópia. Uma cópia errada não oferece a oportunidade de reparação do erro, haja vista a falta de informações que possa levar ao sucesso do intento, ao contrário da imitação, que em caso de algum erro técnico no desenvolvimento do produto permite que o fabricante tenha condições de aperfeiçoar e ajustar o produto desenvolvido de acordo com as suas condições. A imitação permite que o empresário reduza o risco quanto ao investimento despendido no processo tecnológico.

O processo imitativo pode ocorrer por meio de participação em feiras e por parceria com outros agentes que compõem o setor. As feiras são uma ótima oportunidade para que os empresários reduzam a assimetria de informação frente aos demais produtores e evitem escolher possibilidades de trajetórias inadequadas.

Observou-se que os mecanismos de direito de propriedade não funcionam de maneira satisfatória no setor. Não há um mecanismo que atue de forma eficiente, porém entre os mecanismos conhecidos o direito de patente ainda é o mais recorrido pelos fabricantes. Finalmente, constatou-se que o processo de aprendizado e conhecimento, para o funcionamento das máquinas e equipamentos produzidos, passado pelos fabricantes, ocorre por meio do aprender usando. São fornecidos funcionários qualificados para promover treinamentos no interior das empresas usuárias da tecnologia.

5 – CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou identificar o processo de difusão de inovações tecnológicas no setor de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais, no Espírito Santo. A motivação para o desenvolvimento da pesquisa surgiu da percepção de que, além de grande produtor de rochas ornamentais, o estado também é o maior produtor de máquinas e equipamentos para o segmento, no país. Ainda que se verifique a existência de outros estados concorrentes, também produtores de máquinas, nenhum outro estado possui uma estrutura de suporte ao segmento de rochas superior ao observado em terras capixaba. Não são poucas as pesquisas que tratam das rochas ornamentais nos estados brasileiros, tentando demonstrar os tipos de rochas produzidos e a utilidade comercial de muitas. Contudo, sempre destacando o Espírito Santo como o estado com maior quantidade de tecnologias disponíveis, cursos profissionalizantes, mão de obra especializada e diversas variedades exóticas de rochas. Não há ainda um enfoque na importância dos fabricantes de máquinas e equipamentos, proporcionando suporte ao produtor de rochas. Este trabalho procurou preencher essa lacuna nos estudos acadêmicos sobre o setor.

Como observado, ao longo dos anos, mais precisamente na região de Cachoeiro do Itapemirim, houve uma internalização de um conjunto de agentes, configurados na forma de micro e pequenas empresas, capazes de prestar todo o suporte necessário ao empresário produtor, independente da etapa produtiva em que ele esteja situado (extração, beneficiamento primário, beneficiamento secundário). Fator esse que favorece a competitividade dos fabricantes de máquinas e equipamentos presentes no estado, frente aos principais concorrentes. Ter a proximidade a uma rede de assistências técnicas reduz o tempo de espera decorrido da quebra das máquinas e dos equipamentos até o seu reestabelecimento técnico. Dentro dessa concepção, pode-se sintetizar no Quadro 6, a seguir, alguns dos principais fatores que estimulam a competitividade do setor, no Espírito Santo.

Quadro 6 – Fatores que estimulam a competitividade no setor de máquinas e equipamentos.

Fatores
Proximidade entre fabricantes e produtores de rochas
Proximidade com assistências técnicas
Maior agilidade na resolução de problemas técnicos
Produção de máquinas e equipamentos que atendem as necessidades dos produtores brasileiros
Produção de todos os componentes necessários para o funcionamento do setor

Fonte: Elaboração Própria.

Houve uma necessidade de adaptar as máquinas e equipamentos produzidos, no estado, às necessidades dos produtores brasileiros. Enquanto os fabricantes estrangeiros produzem suas máquinas com inúmeros comandos e um elevado nível de automação, as máquinas brasileiras precisam ser mais robustas, ao ponto de conseguir trabalhar independente do clima, do tempo que precise ficar em funcionamento e das adversidades encontradas no interior das empresas produtoras, principalmente a ausência de mão de obra qualificada. Os trabalhadores que englobam o segmento de rochas ornamentais são, em sua maioria, formados no interior das próprias empresas.

Apesar do estado do Espírito Santo ser um grande produtor de máquinas e equipamentos, é preciso frisar que ainda há importação de máquinas e equipamentos de outros países. Esse fato ocorre essencialmente em virtude da baixa capacidade dos fabricantes brasileiros conseguirem produzir em série, consequência da falta de capital de giro. Um dos motivos pelos quais se justificaria a inexistência de exportação ou a ocorrência de exportações pontuais, no setor. Ainda que a produção de máquinas e equipamentos produzidos, no estado, esteja distante da fronteira tecnológica dos fabricantes estrangeiros, os empresários entrevistados para o desenvolvimento da pesquisa foram unânimes em destacar que todos os produtos necessários ao segmento de rochas ornamentais podem ser produzidos internamente.

Considerando essa capacidade em produzir tudo o que é necessário, em se tratando de máquinas e equipamentos, pelos fabricantes, no estado, levanta-se uma questão: como ocorre o processo de difusão tecnológica nesse setor? Desde as primeiras inovações tecnológicas introduzidas, observa-se um intenso processo de imitação. O processo imitativo é reflexo da baixa ou inexistente capacidade dos fabricantes em assegurar seus direitos de propriedade sobre a inovação. Segundos os empresários, o principal mecanismo utilizado para manter o direito de propriedade da inovação, no setor, são as patentes. Entretanto, esse mecanismo demanda muito tempo até que o direito de patente seja concedido, não obstante a necessidade do empresário em demandar uma soma de recursos que poderiam ser utilizados em pesquisas e aperfeiçoamentos tecnológicos.

Ao descrever a trajetória tecnológica das principais tecnologias utilizadas no segmento de rochas ornamentais, produzidas no Espírito Santo, o destaque fica por conta dos teares, inicialmente produzidos com uma estrutura de madeira e movidos à roda d'água, adaptados a utilização de lâminas e lama abrasiva e, posteriormente, o uso do fio diamantado, maior inovação apresentada pelo setor. O fio diamantado, inicialmente desenvolvido e utilizado no

processo de extração, passa a ser testado e, apesar de apresentar algumas limitações, é sinônimo de eficiência no processo de beneficiamento de rochas “duras” (granitos) e exóticas.

Ainda que o Espírito Santo seja o maior produtor brasileiro de máquinas e equipamentos, para rochas ornamentais, é preciso destacar que o setor poderia ter uma maior interação com as universidades e institutos federais, de modo a estimular o interesse dos alunos para a produção de tecnologias que possam ser utilizado no segmento de rochas ornamentais. Conforme Simões (2017) há muitos cursos de engenharia e técnicos voltados para a área de mecânica e de automação em todo o país, no entanto, muitos dos formandos nesses cursos nunca tiveram qualquer contato com o segmento de rochas. Assim, os alunos, após se formarem, buscam as grandes empresas para o ingresso no mercado de trabalho, contribuindo para que o desenvolvimento de tecnologias de ponta para o setor ainda apresente alguns entraves. A falta de capital para o investimento em pesquisa e estímulo governamental, nem sempre são os maiores entraves ao crescimento de um setor. Em outras ocasiões, aliado a esses problemas, pode-se acrescentar a falta de mão de obra qualificada. Uma forma de aproximar as instituições de ensino do setor de máquinas e equipamentos é possibilitar com que os alunos dessas instituições tenham um maior contato com o setor, visitem as feiras, interajam com os fabricantes, conheça as necessidades do segmento e expanda sua área de atuação e conhecimento.

Além de uma interação com instituições de ensino, é baixa a interação entre os próprios fabricantes. O temor em ter a inovação difundida fora de seus domínios, impede uma maior aproximação entre os fabricantes. Há uma falta de capital de giro que poderia auxiliar na produção de máquinas e equipamentos em série, em virtude de um distanciamento dos fabricantes, que poderiam unir recursos financeiros para o desenvolvimento de inovações. Uma forma de lidar com os problemas descritos seria os fabricantes de equipamentos se unirem a fim de tentarem produzir equipamentos seriados, ter condições de assumir, adaptar e licenciar novas tecnologias. Essa união também poderia proporcionar a possibilidade de aumentar os ganhos financeiros das empresas envolvidas, amenizando a falta desse capital.

É importante destacar algumas ações governamentais que são realizadas com o intuito de estimular o setor. Uma dessas ações que podem ser destacadas e foi adotada na última Vitória Stone Fair Marmomac Latin America, realizada entre os dias 6 a 9 de junho de 2017, no estado, foi a postergação do imposto sobre circulação de mercadorias das operações realizadas pelas empresas expositoras da feira.

Outra ação que pode ser destacada são as linhas de financiamento disponíveis pelo Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. A falta de capital de giro por parte dos empresários foi descrito por Buffon (2017) como um dos principais empecilhos a uma maior produção de máquinas e equipamentos, para a produção de rochas ornamentais. Esse problema pode ser amenizado, além da união dos empresários, pelas linhas de crédito disponíveis aos mesmos. Entre as linhas de crédito disponíveis podem ser citadas: i) linhas de investimento fixo, onde são financiados até 100% do investimento e apoio a projetos com capital de giro e ii) linhas de capital de giro, com uma carência de até 12 meses.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. **Balço das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2015**. Brasília. Informe 01/2016. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/3609/Informe_01_2016.pdf>. Acesso em: 3 set. 2016.

_____. **Dossiê Brasil 2015**. Brasília. Disponível em: <<https://issuu.com/abirochas/docs/dossierbrasile2015>>. Acesso em: 3 set. 2016.

ABREU, A.; CARVALHO. **A força das pedras: o mármore e o granito do Espírito Santo**. Vitória, Editora Pedreiras do Brasil Ltda.

ALMEIDA, S. **Dinâmica industrial e cumulatividade tecnológica**. Rio de Janeiro: BNDES, 2004.

BUFFON, J. A. B. Conquistas, desafios e oportunidades: lições da Mormacc 2007. **Revista Rochas**. nov./dez. 2007.

BUFFON, J. A. B. **O setor de máquinas e equipamentos no Espírito Santo**. Entrevista concedida a Maycon Chaga da Silva, Vitória, 3 abr. 2017.

CARLOS, J. **O setor de máquinas e equipamentos no Espírito Santo**. Entrevista concedida a Maycon Chaga da Silva, Cachoeiro do Itapemirim, 15 fev. 2017.

CARVALHO, D. **O setor de máquinas e equipamentos no Espírito Santo**. Entrevista concedida a Maycon Chaga da Silva, Cachoeiro do Itapemirim, 10 jan. 2017.

CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. O setor de rochas ornamentais no Brasil. In: FRANCISCO, W. H.; VIDAL, H. C. A. A.; NURIA, F. C. (Orgs.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, p. 495-527, 2014.

COSTA, I. L. S. **Cachoeiro suas pedras e sua história**. Cachoeiro do Itapemirim, Editora Sagraf, 1991.

CRIBB, A.Y. Inovação e difusão: considerações teóricas sobre a mudança tecnológica. **Revista Essência Científica**. Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 1-12, mar, 2002.

CUNHA, L. M. S.; ANDRADE, M. L. A.; SOUZA, E. S. **Rochas ornamentais: exportações promissoras**. Rio de Janeiro, Editora BNDES Setorial, n.17, p. 69-92, 2003.

DNPM. **Sumário Mineral**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Campinas, Editora da Unicamp, 2006.

DWECK, E.; KOBLITZ, A.; LICHA, A.; POSSAS, M.; OREIRO, J. L. Um modelo evolucionário setorial. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro, v. 53, n. 3, p. 333-377, 2001.

ESPIRITO SANTO. Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (BANDES). **Presença do Espírito Santo no mercado Internacional de rochas ornamentais**. Vitória: BANDES (doc. não publicado), 2014.

FRASCA, M. H. B. O. Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas. In: FRANCISCO, W. H.; VIDAL, H. C. A. A.; NURIA, F. C. (orgs.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, p. 45-98, 2014.

FERNANDES, R. L. C. **APL de mármore e granito de Cachoeiro do Itapemirim: aprendizado por interação como fonte de inovação**.

FILHO, S. R.; MATOS, G. M. M.; MENDES, V. A.; IZA, E. R. H. F.; **Atlas de rochas ornamentais no Espírito Santo**. Brasília, CPRM, v. 1000, 2013.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment business, cycles and investment behavior. IN: DOSI, G. et al. **Technical Change and Economic Theory**. London, Pinter Publishers, 1988.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas, Editora da Unicamp, 2008.

FURTADO, A. Difusão tecnológica: um debate superado. In: PELAEZ, V.; SZMRECANYI, T. (Orgs.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo, Editora Hucitec, p. 168-192, 2006.

GEROSKI, P, A. Models of technology diffusion. London, **Research Policy**. v. 29, p. 603-625, 2000.

GIACONI, W. J. **Perfil atual da indústria de rochas ornamentais no município de Cachoeiro do Itapemirim**. 1998. 108p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós Graduação em Geociências, Administração e Política de Recursos Minerais, Universidade Estadual de Campinas, 1998.

GRILICHES, Z. Hybrid Corn: An exploration in the economics of technological change. **Econometrica**, v. 25, n. 4, Oct. 1957.

HAAG, V. E. Planejamento estratégico para a internacionalização das empresas do setor de rochas ornamentais brasileiro, 2016-2018 – breve síntese. **Abinews**. Brasília, n. 4, out/dez, p. 13- 16, 2015.

HERNANDEZ, M. G. **O processo de difusão tecnológica na agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba**. 2005. 164p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico). Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

IDEIES. **Análise competitiva da indústria de rochas ornamentais no Espírito Santo**. Vitória, 2015.

IMM. **Rapporto commercio Internazionale dei prodotti lapidei**, Carrara. Disponível em:< <http://www.stat.immcarrara.com/it/STAT/stone-sector/stone-sector-archivio.asp>>. Acesso em: 2 dez. 2016.

KUPFER, D. Uma abordagem neoschumpeteriana da competitividade industrial. **Revista Ensaios FEE**, Porto Alegre, v.17, n.1, p. 355-372, 1996.

LA ROVERE, R. L. Paradigmas e trajetórias tecnológicas. In: PELAEZ, V.; SZMRECANYI, T. (Orgs.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo, Editora Hucitec, 2006, p. 285-301.

MANSFIELD, E. Technical change and the rate of imitation. **Econometrica**. v. 29, n. 4, Oct. 1961.

MATOS, J. G. R.; MATOS, R. M. B.; ALMEIDA, J. R. **Análise do ambiente comparativo: do caos organizado ao planejamento estratégico das organizações**. Rio de Janeiro, Editora E-papers Serviços Editoriais, 2007.

MDIC. **Estatísticas de comércio exterior**, Brasília. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>>. Acesso em: 3 set. 2016.

MENEZES, R. G. **Tecnologias de lavra em maciços rochosos**. 2005. 48p. Monografia apresentada ao Centro de Ciências Matemática e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro para a colação do Grau de Geólogo.

METCALFE, J. S. The diffusion of innovation: an interpretive survey. In: DOSI et al (eds.). **Technical change and economic theory**. London and New York, Pinter Publishers, 1988, p. 560-589.

MONTANI, C. **XXVI Rapporto marmo e pietrenel mondo 2015**. Verona: Aldus Casa diEdizioni in Carrara, 2015.

MTE/RAIS. Relação Anual de Informações Sociais/Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. **Bases estatísticas**. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_anuario_rais/anuario.htm>. Acesso em: 14 out. 2016.

NELSON, R. R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas, Editora da Unicamp, 2005.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas, Editora da Unicamp, 2005.

PEDROSA, S. **O setor de máquinas e equipamentos no Espírito Santo**. Entrevista concedida a Maycon Chaga da Silva, Cachoeiro do Itapemirim, 15 fev. 2017.

QUALHANO, M. A. L. **O Arranjo Produtivo Local do setor de rochas ornamentais no município de Cachoeiro do Itapemirim- ES**. 2005. 113p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidade) – Programa de Pós Graduação e Planejamento Regional e Gestão de Cidades, Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2005.

QUEIROZ, S. Aprendizado tecnológico. In: PELAEZ, V.; SZMRECANYI, T. (Orgs.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo, Editora Hucitec, p. 168-193, 2012.

ROCHA, H. C.; MORANDI, A. M. **Cafecultura e grande indústria: a transição no Espírito Santo 1955-1985**. 2. ed. Vitória: Espírito Santo em Ação, p. 59-70, 2012.

ROSENBERG, N. **Tecnologia y Economia**. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1979.

SABADINI, M. S. **Os distritos industriais como modelo de crescimento endógeno: o caso do setor de rochas ornamentais (mármore e granito) no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES)**. 1998. 173p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós Graduação em Economia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória (ES), 1998.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro, Editora Fundo de Cultura, 1961.

_____. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito juro e o ciclo econômico**. São Paulo, Editora Nova Cultural, 1996. (Os economistas).

SILVERBERG, G.; DOSI, G.; ORSENIGO, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organisation model. **The Economic Journal**, v. 98, p. 1032-1054, Dec. 1988.

SILVEIRA, L.L.L **Polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo**. 2007. 227p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Programa de Pós Graduação em Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SIMÕES, J. **O setor de máquinas e equipamentos no Espírito Santo**. Entrevista concedida a Maycon Chaga da Silva, Serra, 18 jan. 2017.

SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. Estudo comparativo da utilização de teares multilâminas e multifio na exploração de granitos comerciais. **Revista brasileira de Mineração e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 17-24, 2014.

SPÍNOLA, V.; GUERREIRO, L. F.; BAZAN. R.; **A indústria de rochas ornamentais**. Bahia, 2004.

TEECE, D. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy**, v. 15, 1986.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2006.

TORRES, R. L. A inovação na teoria econômica: uma revisão. In: VI Encontro de Economia Catarinense, 2012, **Anais...** Joinville. Encontro de Economia Catarinense, 2012.

VIDAL, F. W. H. Lavra de rochas ornamentais. In: FRANCISCO, W. H.; VIDAL, H. C. A. A.; NURIA, F. C. (Orgs.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, p. 155-257, 2014.

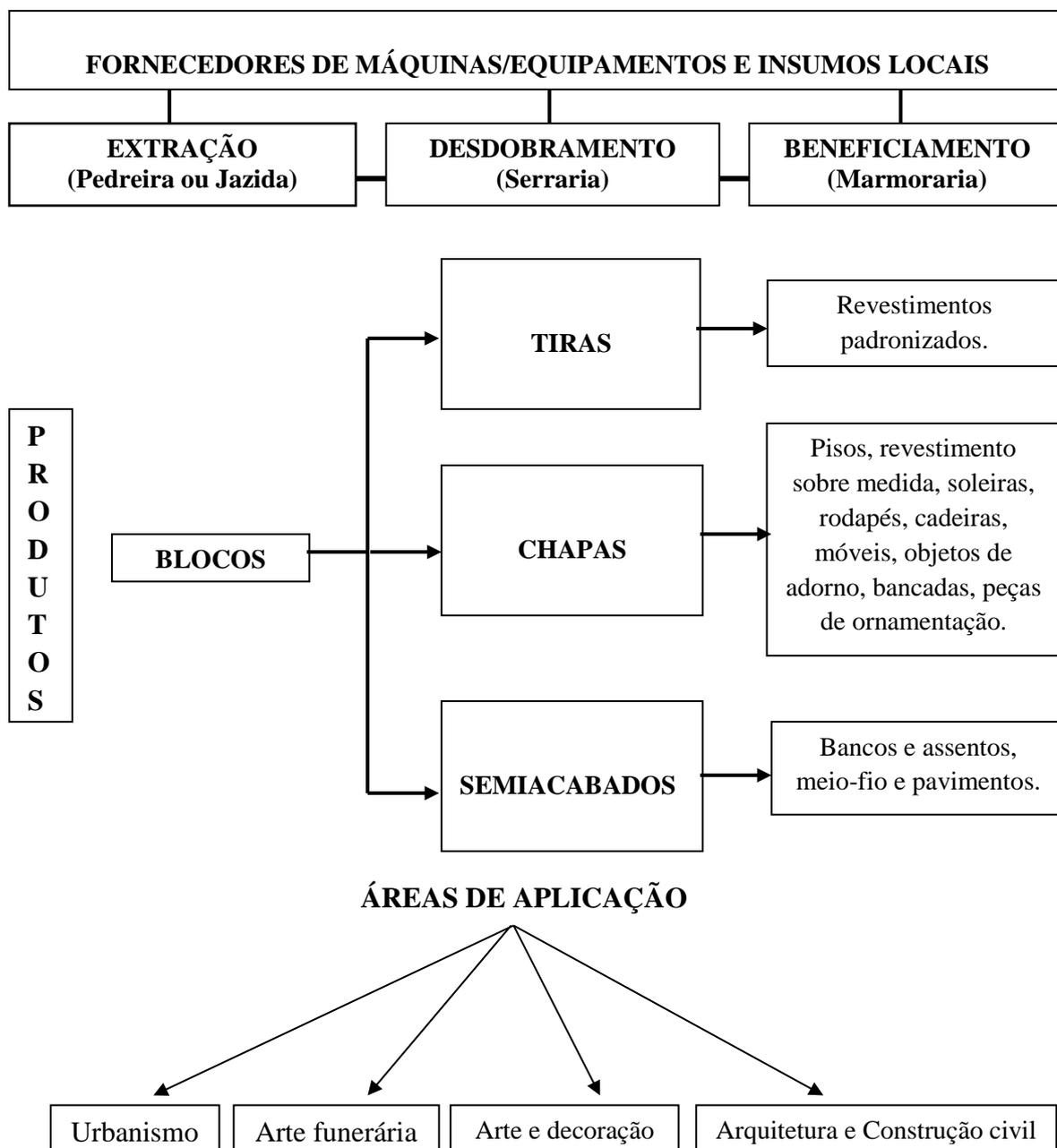
VIEIRA, R. M. **Teorias da firma e inovação: um enfoque neoschumpeteriano**. Revista Cadernos de Economia. Santa Catarina, v. 14, n. 27, p. 36-49, jul./dez. 2010.

VILLASCHI, A.; FELIPE, E. S.; OLIVEIRA, U. J. Visões compartilhadas e coalizão de possibilidades: a antessala do processo de industrialização. In: VILLASCHI, A. (Org.). **Elementos da economia capixaba e trajetórias de seu desenvolvimento**. Vitória, Editora Flor&Cultura, p. 29- 52, 2011.

VILLASCHI, A.; SABADINI, M. **Arranjo Produtivo de Rochas Ornamentais (mármore e granito) /ES**. Relatório de pesquisa BNDES. Rio de Janeiro, 2000.

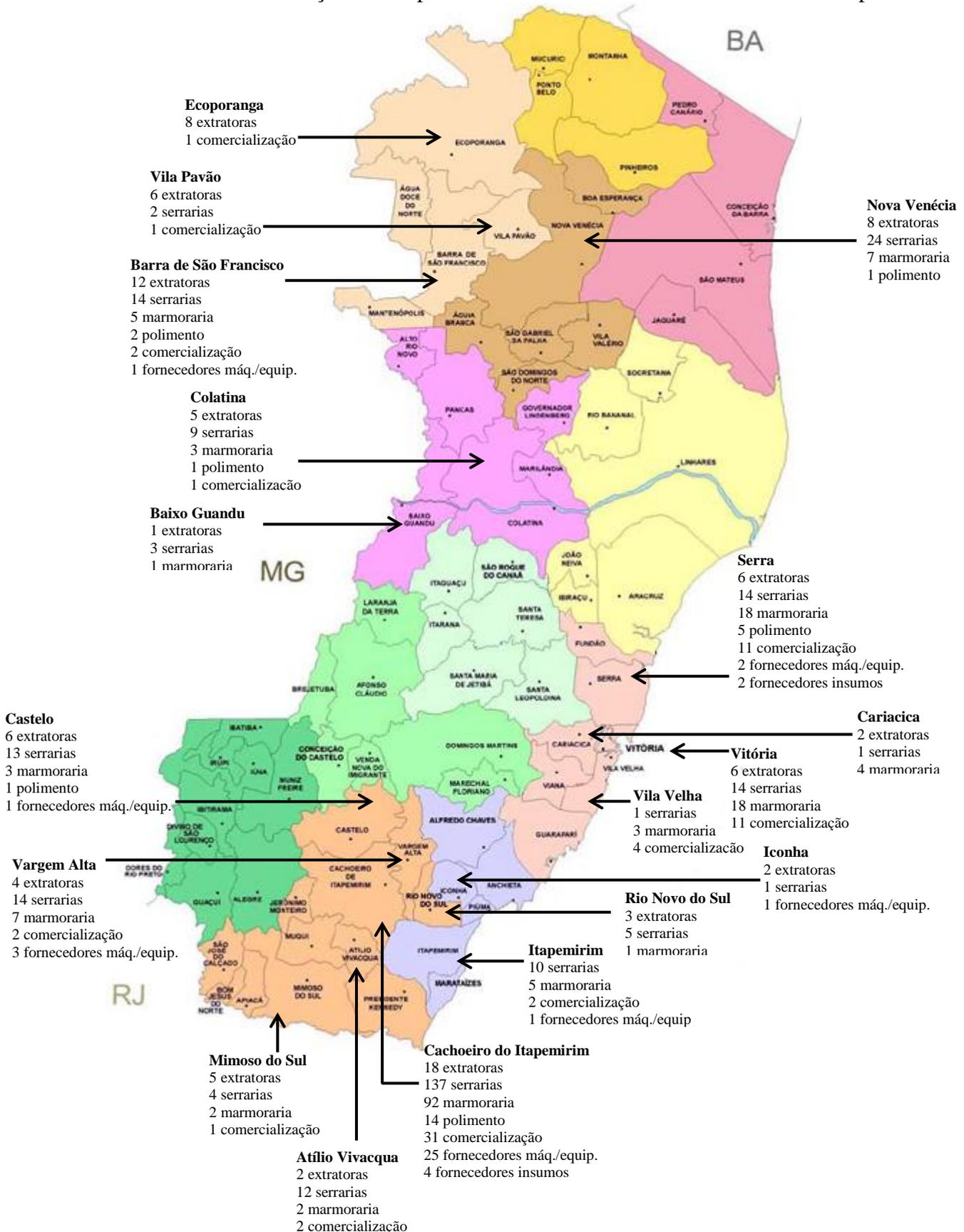
ANEXOS

ANEXO A – Composição da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais.



Fonte: Sabadini (1998). Elaboração Própria.

ANEXO B – Distribuição das empresas de rochas ornamentais no território do Espírito Santo.



Fonte: BANDES (2014). SINDIFERES (2016). Elaboração Própria.

ANEXO C – Perguntas da entrevista realizada junto aos empresários do setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo.

Sobre o setor de máquinas e equipamentos:

- I. O que é o setor de máquinas e equipamentos para rochas ornamentais, no Espírito Santo? Onde se localizam as empresas? Qual o porte? Para onde é destinada a produção? O setor exporta?
- II. Existem outros estados produtores de máquinas e equipamentos, para a produção de rochas ornamentais, no Brasil? Quais? O que diferencia a produção de máquinas e equipamentos do Espírito Santo dos outros estados produtores (caso existam)?
- III. O setor de máquinas e equipamentos do Espírito Santo fornece para quais setores da economia local?
- IV. Quais os principais produtos produzidos pelo setor de máquinas e equipamentos e quais outros produtos poderiam ser desenvolvidos pelo setor?
- V. O setor atualmente encontra-se em qual fase de desenvolvimento?
- VI. Qual a importância da produção de máquinas e equipamentos para o setor de rochas ornamentais, no ES? Como a produção de máquinas e equipamentos, próximo das regiões produtoras de rochas ornamentais, pode ser importante para estimular a competitividade do setor?
- VII. Quais são as etapas da cadeia produtiva (Extração – Beneficiamento primário – Beneficiamento secundário) mais atendidas pelo setor? (Principais clientes e máquinas produzidas).
- VIII. Quais foram os principais fatores que contribuíram para estimular o desenvolvimento do setor de máquinas e equipamentos, no Espírito Santo?
- IX. Por que em outros estados, também produtores de rochas ornamentais, o setor não se desenvolveu como no ES? Existe/houve algum incentivo/ação, visando o

desenvolvimento tecnológico, para que o setor se desenvolvesse no estado? O Bandes teve qual papel nesse processo?

- X. Quais máquinas e equipamentos são mais importados pelo setor de rochas ornamentais? Quais dessas poderiam ser produzidas, no Espírito Santo? Por que ainda não são?

Sobre tecnologia e inovação no setor de máquinas e equipamentos:

- XI. O Brasil é hoje um grande produtor e exportador de rochas ornamentais, muito em função da participação do estado do ES. Contudo, quando o assunto é tecnologia para o setor, o Brasil está entre os quatro maiores importadores de tecnologias no mundo (Segundo Montani, 2015). O que ainda falta ser feito para que as empresas do estado melhore sua competitividade e a aumente sua participação no mercado, reduzindo a “busca” por tecnologias importadas? Qual o papel do setor de máquinas e equipamentos local nesse processo?
- XII. O que diferencia as máquinas e equipamentos brasileiros das máquinas e equipamentos produzidos por outros países tidos como “referências”, Itália e China?
- XIII. Quais máquinas e equipamentos são mais importados pelo setor de rochas ornamentais?
- XIV. Quais foram às maiores modificações, em termos tecnológicos, ocorridas no setor de máquinas e equipamentos nos últimos tempos e qual o panorama para os próximos anos?
- XV. Quanto às empresas produtoras de insumos. Por que ainda é pequena a participação dessas empresas produtoras de insumos (de acordo com a pesquisa desenvolvida pelo Bandes, 2014), tais como: abrasivos discos de corte, explosivos, granalha, etc..., no ES?
- XVI. Quais são as principais formas de difusão das inovações tecnológicas, no setor de máquinas e equipamentos, voltados para o setor de rochas ornamentais, no Espírito Santo (Imitação, visita a feiras internacionais, etc)?
- XVII. A forma como a difusão irá ocorrer dependerá, entre outras coisas, da possibilidade de apropriação e do conhecimento/capacitação necessário à sua adoção. Com relação aos direitos de propriedade: Qual o principal meio utilizado pelos empresários produtores

de máquinas e equipamentos, para o setor de rochas ornamentais, para garantir com que a tecnologia desenvolvida permaneça sobre seu controle?

- XVIII. Como é realizada a transferência aos compradores de máquinas e equipamentos dos conhecimentos e as capacitações necessárias para a adoção de uma nova tecnologia?