

LAYSA CHRISTIANNY DE SOUZA ANDRADE

**ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE GRANITO NO ESPIRITO
SANTO: UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresenta à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

A minha mãe pelo amor e confiança que sempre me dedicou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas muitas oportunidades que me foram concedidas ao longo da vida.

À minha mãe pela presença e apoio sempre constantes.

Ao Roni pela paciência e carinho durante esta fase de dedicação ao mestrado e ao trabalho.

Ao Alessandro que foi muito mais que um irmão, foi pai, foi exemplo de luta e motivo de muito orgulho.

Ao Mayconn e Airam, meus maninhos do coração.

À UFV, ao COLUNI, ao DAD e ao DER pela oportunidade.

Ao professor José Luís Braga pela orientação, pela amizade e pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Aos amigos de Viçosa (Lili, Elisângela, Cássia, Dri, Dani, Sólon, Luizinho, Gui, Leo, Carol, Ana Paula e Ariga) que me ensinaram o verdadeiro valor da amizade.

Aos companheiros do mestrado (Carlos André, Karina, Thiago, Rosane, Willian e Luciana) pela motivação e pelo companheirismo.

BIOGRAFIA

Laysa Christianny de Souza Andrade, filha de Manoel Augusto de Andrade Filho e Guaraciaba de Fátima e Souza Andrade, nascida em 10 de abril de 1979 no município de Muriaé, no Estado de Minas Gerais, tendo morado durante a infância na cidade de Miraiá, também em Minas.

Em 1995, mudou-se para Viçosa para cursar o ensino Médio no Colégio Universitário (COLUNI). Em março de 1998, iniciou o curso de Administração de empresas na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em 07 de março de 2003. No mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Economia Aplicada no Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em fevereiro de 2005.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações iniciais.....	1
1.2. O problema e sua importância.....	4
1.3. Objetivos.....	8
2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	10
2.1. Cenário internacional.....	10
2.2. Cenário nacional.....	13
2.3. Cenário capixaba.....	21
3. METODOLOGIA.....	25
3.1. Referencial teórico.....	25
3.1.1. Teoria da decisão.....	25
3.1.2. Teoria da firma.....	30
3.1.2.1. Conceitos básicos.....	30
3.1.2.2. Conceitos de Custos.....	33
3.1.3. Cadeias produtivas.....	36
3.2. Modelo analítico.....	40
3.2.1. Programação linear.....	40

3.2.2. Análise de risco.....	42
3.3. Formulação do modelo de programação linear.....	44
3.4. Especificação do modelo.....	46
3.5. Fonte de dados.....	48
3.6. Análise dos dados da empresa em estudo.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1. Elos da cadeia produtiva capixaba de granito.....	51
4.1.1. Pedreira.....	54
4.1.2. Serraria.....	55
4.1.3. Beneficiamento	57
4.1.4. Recorte (Marmorarias).....	58
4.2. Análise dos resultados.....	58
4.3. Análise de risco no processo de produção de granito.....	64
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÊNDICE A: Mapa do Estado do Espírito Santo.....	80
APÊNDICE B: Modelagem do processo de produção de granito..	81
APÊNDICE C: Posição de entrada do bloco no tear e distância de separação das lâminas.....	93
APÊNDICE D: Conversão de diferentes espessuras para uma mesma base.....	95
APÊNDICE E: Cálculo dos custos de aquisição do bloco.....	98
APÊNDICE F: Cálculo dos custos da serragem.....	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Comportamento da produção, exportação, consumo e preço dos blocos e chapas de granitos brasileiros - período de 1988 a 2003.....	16
Quadro 2:	Setor de rochas ornamentais Brasil X Espírito Santo - base 2000.....	21
Quadro 3:	Comparativo das exportações Brasil X Espírito Santo - base 2003.....	22
Quadro 4:	Comparação dos dados de uma cadeia produtiva de granito integrada verticalmente e uma cadeia não integrada com dados da produção média.....	60
Quadro 5:	Comparação dos dados de uma cadeia produtiva de granito integrada verticalmente e uma cadeia não integrada com dados da produção real.....	61
Quadro 6:	Comparação das estatísticas da regressão do lucro bruto total.....	66
Quadro 7:	Coefficientes da regressão do lucro bruto total.....	71
Quadro 1C:	Cálculo do número de chapas e do total de m ² resultantes de uma serrada.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Fluxo de produtos da cadeia produtiva do granito.....	5
Figura 2:	Movimentação física das rochas ornamentais no mercado internacional, até a década de 90.....	11
Figura 3:	Evolução da participação relativa da Itália e China no mercado internacional de rochas beneficiadas no período de 1989 a 2002.....	12
Figura 4:	Evolução da participação relativa da Índia e do Brasil no mercado internacional de rochas beneficiadas no período de 1989 a 2002.....	12
Figura 5:	Evolução da produção, consumo e exportação brasileira de granito bruto, período de 1988 a 2003.....	15
Figura 6:	Evolução da produção, consumo e exportação brasileira de granito processado, período de 1988 a 2003.....	15
Figura 7:	Empresas brasileiras do setor de rochas ornamentais (base 2003).....	20
Figura 8:	Distribuição dos empregos por ramo de atividade (base 2003).....	20
Figura 9:	Curva de produção neoclássica.....	31
Figura 10:	Esquema simplificado de cadeias e etapas.....	38
Figura 11:	Diagrama da cadeia produtiva do granito.....	52

Figura 12:	Participação da matéria-prima na composição do custo do produto resultante de cada elo.....	62
Figura 13:	Participação dos demais custos de produção no preço médio da chapa beneficiada.....	63
Figura 14:	Participação dos custos totais no preço médio da chapa beneficiada.....	64
Figura 15:	Distribuição do lucro bruto na cadeia integrada com dados da produção média.....	65
Figura 16:	Distribuição do lucro bruto na cadeia não integrada com dados da produção média.....	66
Figura 17:	Distribuição do lucro bruto na cadeia integrada com dados da produção real.....	66
Figura 18:	Distribuição do lucro bruto na cadeia não integrada com dados da produção real.....	67
Figura 19:	Sensibilidade do lucro bruto na cadeia integrada com os dados da produção média.....	68
Figura 20:	Sensibilidade do lucro bruto na cadeia não integrada com os dados da produção média.....	69
Figura 21	Sensibilidade do lucro bruto na cadeia integrada com os dados da produção real.....	69
Figura 22:	Sensibilidade do lucro bruto na cadeia não integrada com os dados da produção real.....	70
Figura 1A:	Mapa rodoviário do Estado do Espírito Santo.....	80

RESUMO

ANDRADE, Laysa Christianny de Souza, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005. **Análise do processo produtivo de granito no Espírito Santo: um estudo de caso.** Orientador: José Luís Braga. Conselheiros: Antônio Carvalho Campos e Viviani Silva Lírio.

O setor de rochas ornamentais, apesar da taxa de crescimento elevada apresentada nos últimos anos, tanto na produção quanto na exportação, carece de estudos que permitam a identificação, análise e estruturação das variáveis que afetam diretamente as principais decisões a serem tomadas pelos empresários. A cadeia produtiva de granito é constituída por empresas integradas verticalmente e por empresas que se especializam em um único elo (extração, desdobramento, beneficiamento ou recorte) e o conhecimento desta estrutura é essencial à tomada de decisões que envolvam a análise da viabilidade dos investimentos no setor. O objetivo geral do projeto foi verificar se é mais rentável promover a integração vertical da cadeia produtiva do granito ou se concentrar em apenas um dos elos. Para chegar ao objetivo principal do projeto foi necessário antes sistematizar, na forma de fluxo de trabalho, os elos da cadeia de produção do granito e descrever as suas relações, associando aos elos as principais decisões relativas ao seu resultado operacional, para posteriormente promover a modelagem do processo e a análise de risco. Os resultados obtidos indicaram que é mais rentável realizar a integração vertical da cadeia, em função da economia de custo e da maior

coordenação entre os seus elos. A principal razão encontrada para a maior rentabilidade da cadeia integrada se deve ao controle da matéria-prima, principal fator na determinação dos custos dos produtos resultantes de cada fase do processo. A análise de risco foi promovida através do Software @Risk, a técnica de simulação utilizada foi a de Monte Carlo e a distribuição de probabilidade foi a triangular. Para que o software @Risk gerasse as distribuições de probabilidade para as variáveis, foram informados ao sistema os seus valores mínimos, médios e máximos. A análise de sensibilidade indicou que as variáveis mais significativas na determinação do lucro da cadeia produtiva de granito são o preço do bloco, a produção da pedreira, o preço das chapas beneficiadas e as quantidades produzidas pela serraria e pelo beneficiamento. Estes resultados demonstraram que o desempenho da cadeia produtiva de granito depende principalmente da detenção do controle sobre a produção de blocos, pois o resultado operacional é definido pelo custo de aquisição da matéria-prima ao longo da cadeia.

ABSTRACT

ANDRADE, Laysa Christianny de Souza, M.S., Universidade Federal de Viçosa, february 2005. **Analysis of the productive process of granite in Espírito Santo: a Case Study.** Advisor: José Luís Braga. Committee members: Antônio Carvalho Campos and Viviani Silva Lírio.

The sector of ornamental stones, in spite of the high growth rate presented in the last years in production and in exportation, lacks of studies that allow the identification, analysis and structuring of the variables that affect the main decisions directly to be taken by the businessmen . The productive chain of granite is constituted by companies integrated in the vertical and that are specialized in an only link (extraction, sawing, raw slabs process or cutting) and the knowledge of this structure is essential for decisions that involve the viability analysis of the investments in the sector. The objective of the project was to verify if it is more profitable to promote the vertical integration of the productive chain of granite or to ponder in just one of its links. To get the main objective of the project, it was necessary systematize, in a work flow of production links chains of granite and to describe its relation, associating to the links the main relative decisions to the operational result, and then to promote the modeling of the process and the risk analysis. The results indicated that it is more profitable to accomplish the vertical integration of the chain, in function of the costs and the largest coordination among links. The main reason found for the largest

profitability of the integrated chain is the control of the raw material, main factor in the determination of the costs of the resulting products of each process phase. The risk analysis was promoted through the Software @Risk, the used technique simulation was the "Monte Carlo" and the distribution of probability was the "triangular". So that the software @Risk could generate the distributions of probability for the variables, the system was informed about its minimum, medium and maximum values. The sensibility analysis indicated that the most significant variables in the determination of the profit of the productive chain of granite are the block price, the production of the quarry, the processed slab price and the amounts produced by the gang saw and the raw slabs process. These results demonstrated that the role of the productive granite chain depends, mainly, on the detention of the control about the block production, because the operational result is defined by the cost of acquisition of the raw material along the chain.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

A expressão rochas ornamentais engloba uma grande variedade de materiais, com diferentes aspectos e propriedades físicas. Dentre eles, destacam-se, segundo VILLASCHI FILHO & PINTO (2000), os mármore e os granitos, responsáveis por 95% das negociações do mercado internacional de rochas ornamentais.

Mármore e granitos são materiais utilizados em revestimentos de pisos de ambientes internos e externos, e em fachadas prediais, além de ter uma grande utilização em artes funerárias. Cerca de 70% da produção mundial é transformada em chapas e ladrilhos para revestimentos, 15% desdobrada em peças para arte funerária, 10% para obras estruturais e 5% para outros campos de aplicações (PEITER *et al.*, 2001).

O uso de mármore e granitos em edificações foi motivado por suas características atenderem especificações buscadas pelos construtores nos materiais de construção com aplicações em revestimentos, quais sejam: resistência, durabilidade, baixo custo de manutenção, valor estético, bem como facilidade de aplicação. O mercado é determinado pelas características estéticas de cada tipo de material, com demandas variáveis em função de cor, homogeneidade, movimentação e beleza.

PEITER *et al.* (2001) afirma que a média de preços das rochas ornamentais e de revestimento nos mercados interno e externo indica que o índice de agregação de valor na venda de blocos é equivalente a três vezes o seu custo de produção. No mercado externo, as transações comerciais proporcionadas pela venda de chapas polidas geram uma receita três a quatro vezes maior, por metro cúbico, que a venda de blocos. A venda de produtos finais, por sua vez, permite gerar uma receita seis a dez vezes maior, por metro cúbico, que a venda de blocos¹.

A produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento é de aproximadamente 67,5 milhões de toneladas/ano, tendo evoluído de um patamar de apenas 2 milhões de toneladas/ano, ao longo da década de 20. Estima-se que os negócios do setor movimentem pelo menos US\$ 50 bilhões/ano, considerando as transações nos mercados internos dos países produtores, as vendas internacionais e o comércio de máquinas e equipamentos. Nos últimos 15 anos foram registradas taxas médias entre 7% e 8% para o aumento da produção, da exportação e do consumo mundiais desses produtos, segundo dados estatísticos de MONTANI (2000, 2003), citados em MELLO *et al.* (2004).

O Brasil é o 6º maior exportador mundial de rochas ornamentais em volume físico, atrás de Itália, China, Índia, Espanha e Portugal. Quanto às exportações de granitos brutos, o Brasil situa-se em 4º lugar, atrás da Índia, África do Sul e China, e por fim, situa-se em 12º lugar nas exportações de rochas processadas. Segundo PEITER *et al.* (2001), o setor movimenta na economia brasileira cerca de US\$ 2,1 bilhões/ano, incluindo-se neste montante a comercialização nos mercados interno e externo, e as transações envolvendo máquinas, equipamentos, insumos e serviços gerais relacionados ao setor, gerando cerca de 105 mil empregos diretos em, aproximadamente, 10.000 empresas.

Com base nos indicadores do setor nos últimos três anos, espera-se que as exportações brasileiras apresentem um crescimento anual de 15% em seu valor

¹A média dos preços internacionais para blocos de mármore e granitos situa-se entre US\$ 400 e US\$ 1.200/m³, enquanto que o preço médio do produto final varia de US\$ 30 a 60/m² (CHIODI FILHO, 2001).

até 2006, o que poderia fomentar a criação de cerca de 25 mil novos postos de trabalho nesse mesmo período (MILANEZ & MILANEZE, 2003). Analisando os resultados apresentados para as exportações em valor de rochas processadas em 2002 (crescimento de 33% em relação ao resultado de 2001) e 2003 (crescimento de 35% em relação a 2002)², pode-se esperar que o crescimento anual das exportações de rochas beneficiadas neste período fique em torno de 30%, criando mais postos de trabalhos do que o inicialmente estimado.

Nesse cenário de franca expansão, o Espírito Santo é o “grande destaque” do setor, pois é o maior pólo processador e o maior exportador de mármore e granitos do País, responsável por cerca de 50% dos processamentos de materiais e por mais de 50% das exportações. Por ser o Estado mais representativo do contexto de rochas ornamentais no país, o Espírito Santo foi escolhido como foco principal da pesquisa.

Nos últimos cinco anos, as exportações capixabas de granitos mais que dobraram e tal aumento foi acompanhado por transformações no perfil dos produtos exportados, pois os blocos que representavam a maioria do material exportado, passaram a dar lugar às chapas polidas e outros materiais semi-acabados (MARBLE, 2003). A produção e a exportação de produtos acabados, como ladrilhos, mesas, pias e bancadas, ainda é deixada em segundo plano, sendo enxergada por alguns empresários como uma forma de transformar as “chapas de segunda” em produtos finais de primeira, visto que os defeitos das chapas (manchas, mulas e trincas) são eliminados no recorte.

O setor vem passando por uma constante modernização do seu parque industrial, principalmente no beneficiamento, obtida graças à desoneração tributária na importação de “tecnologia de ponta”, concedida pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio - MDIC e pelo percentual considerável de máquinas e equipamentos que são produzidos no País. Um outro fator favorável é a crescente participação dos empresários capixabas nas feiras nacionais e internacionais do setor.

²Os cálculos das porcentagens de crescimento foram feitos com base nos dados apresentados em CHIODI FILHO (2004).

1.2. O problema e sua importância

Não existem muitos estudos sobre o setor de rochas ornamentais que permitam a identificação, análise e estruturação das variáveis que afetam diretamente as principais decisões a serem tomadas pelos empresários. Diante desse fato, a tomada de decisão pelos empresários capixabas fica restrita aos seus conhecimentos práticos, sem nenhum embasamento teórico. Nestas circunstâncias, torna-se questão essencial à manutenção e, ou, expansão de sua participação no comércio nacional e internacional de granito, o conhecimento da estrutura de funcionamento do processo de produção e comercialização do produto.

A cadeia produtiva capixaba de granito é constituída tanto por empresas integradas verticalmente - que controlam todo o processo de produção, desde a extração dos blocos, passando pelo desdobramento³ dos mesmos nos teares, pelo beneficiamento das chapas brutas e pelo recorte de produtos finais, quanto por empresas que se especializam em um único elo da cadeia (extração, desdobramento, beneficiamento ou recorte). A Figura 1 permite visualizar cada um dos elos da cadeia produtiva e as ligações existentes entre os mesmos.

O primeiro elo da cadeia é a exploração das pedreiras, de onde são extraídos os blocos, que podem tanto ser comercializados no mercado interno, quanto no externo. O segundo elo constitui-se da transformação dos blocos em chapas brutas.

³Termo utilizado para designar a operação de corte do bloco em chapas brutas.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 1: Fluxo de produtos da cadeia produtiva do granito.

O elo seguinte é responsável pelo beneficiamento das chapas brutas e pode envolver quatro processos diferentes: o polimento⁴, a apicoagem⁵, a flameagem⁶ e o jateamento⁷, determinados de acordo com a finalidade de utilização do produto final, que podem ser as mais diversas: revestimento de fachadas, arte funerária, pisos internos e externos, entre muitos outros. O último elo da cadeia é constituído pelas marmorarias⁸, empresas responsáveis pelo acabamento final dos produtos e pela ligação com os consumidores finais.

Para pisos e revestimentos, na maioria das vezes, a ligação entre a cadeia produtiva do granito e o consumidor é feita através das lojas de materiais de construção que seriam responsáveis pela revenda. No caso de colunas, pias e adornos, a solicitação é feita diretamente do consumidor final para o marmorista, sendo que o pedido é feito em lotes, ocorrendo produção em série, de acordo com o projeto idealizado pelo arquiteto ou engenheiro da construção civil.

A exportação de granito, tanto no nível nacional quanto no estadual, mesmo isenta da tributação de 37,5% que incide sobre a receita auferida no mercado interno, envolve limitações. Apesar do Estado possuir um dos maiores complexos portuários da América Latina, sendo que a maioria de seus portos está apta para a movimentação de blocos e chapas de mármore e granito, o Terminal de Vila Velha (onde normalmente ocorrem às movimentações de containeres do Porto de Vitória) apresenta numerosos problemas, entre eles se destacam: a impossibilidade de receber navios de maior porte, a paralisação da dragagem da baía para que a mesma fique com uma profundidade de 12,5 de comprimento (o

⁴O polimento das chapas tem como função dar brilho e lustre ao material, conseguidos pelo fechamento dos 'poros' existentes na superfície da chapa bruta. O polimento consiste no friccionamento de elementos abrasivos sobre a pedra até alcançar o brilho desejado e pode ser realizado em diferentes tipos de politriz: politriz manual de bancada fixa, a politriz de ponte móvel com bancada fixa e a politriz multicabeça com esteira transportadora.

⁵Processo que submete a chapa ao impacto de um martelo pneumático que confere um tipo de rugosidade e dá uma nova aparência à superfície trabalhada.

⁶Essa técnica é utilizada para a obtenção de superfícies rugosas (anti-derrapantes), porém com brilho. O processo consiste em aquecer a superfície da rocha provocando a dilatação dos minerais que a compõem e com resfriamento posterior, provocar um choque térmico que provoca a descamação da superfície. O aquecimento é feito com maçarico a gás que atinge proximamente 3.000°C e o resfriamento com água.

⁷Essa técnica é utilizada para a obtenção de superfícies rugosas (anti-derrapantes), porém sem brilho. O processo consiste em jatear areia sobre a chapa.

⁸O termo marmoraria é utilizado tanto por empresas que fazem o acabamento dos produtos de mármore quanto de granito.

que permitiria a entrada de navios de maior porte), o número insuficiente de navios e a ausência de retroárea (local de carga e descarga de navios) para armazenagem de containeres (HIGGIN, 2004).

Enfrentam também dificuldades para alugar containeres e para embarcar os mesmos nos navios, em função do aumento da demanda provocada pelo crescimento expressivo das exportações brasileiras nos anos recentes. Outro fato que agrava o problema é o aumento do valor médio do aluguel do container, que passou de US\$ 1.500,00 em 2002 para US\$ 2.000,00 em 2004 (JAGGI, 2004). Estes problemas representam uma ameaça ao ciclo de crescimento das exportações do setor, que vem sendo construído com bastante empenho pelos empresários capixabas.

Na comercialização de blocos, a China é o alvo principal, pois os empresários chineses compram grandes quantidades de blocos do Brasil, processam esses blocos e vendem as chapas e demais produtos derivados no mercado internacional a preços inferiores aos praticados pelos empresários brasileiros. A China impõe barreiras tarifárias à importação de chapas beneficiadas, impedindo o acesso deste tipo de produto de maior valor agregado ao grande mercado consumidor chinês.

Mesmo nesse ambiente desfavorável, as empresas brasileiras do setor têm que ser competitivas e realizar exportações de blocos, sob pena de perder espaço para produtores de outros países, como a Índia e a África do Sul. A descontinuidade da venda de blocos para a China seria uma ameaça para as empresas mineradoras brasileiras, pois comprometeria a base da cadeia produtiva. O mercado interno não teria demanda ou pagaria muito pouco pelos blocos, podendo ocasionar o fechamento de pedreiras. Nos primeiros meses de 2004, o governo chinês liberou a importação de chapas brutas de rochas ornamentais, pois o parque de desdobramento deste país é composto por teares de pequeno porte, de baixa produtividade, o que se constitui numa excelente oportunidade para a cadeia produtiva de rochas ornamentais brasileira (CHIODI FILHO, 2004).

Como é um setor carente de estudos acadêmicos, os empresários capixabas não dispõem das informações necessárias para tomar decisões seguras com relação a aspectos elementares, tais como: definir a melhor forma de processar os blocos adquiridos/extraídos, ou seja, decidir se os mesmos serão convertidos em chapas brutas, chapas polidas, ladrilhos, bancadas, pias ou mesas; definir se os produtos vão atender ao mercado interno ou externo; tomar decisão com relação à rentabilidade de investir na exploração de pedreiras próprias; terceirização da serragem; utilização da capacidade ociosa dos teares para serrar para terceiros; terceirização do polimento das chapas; utilização da capacidade ociosa da politriz para polir chapas brutas de outras empresas. E, acima de tudo, não possuem informações suficientes para determinar se é mais rentável promover a integração vertical da cadeia, ou se concentrar em um único elo da mesma. Desprezando-se aqui, os aspectos e processos da autogeração ou captação de recursos para investimentos pelas empresas, torna-se importante ressaltar o papel do planejamento no estudo da viabilidade econômica e financeira de cada um dos elos.

O conhecimento da estrutura da cadeia produtiva é essencial à tomada de decisões que envolvam a análise da viabilidade dos investimentos no setor. Além disso, há que se considerar que os riscos envolvidos na decisão de investimento podem ser minimizados pelo planejamento da decisão, através da estruturação racional das variáveis envolvidas e que a compreensão do funcionamento e da coordenação da cadeia produtiva, a partir da origem dos fluxos físicos e da análise de mudanças em seu funcionamento são de grande relevância na busca da sua otimização.

1.3. Objetivos

O objetivo geral do projeto foi verificar se é mais rentável promover a integração vertical da cadeia produtiva do granito no Espírito Santo ou se concentrar em apenas um dos elos da cadeia (extração, desdobramento, beneficiamento ou recorte).

Especificamente, pretendeu-se:

- a) Sistematizar, na forma de fluxo de trabalho, os elos da cadeia de produção do granito e descrever as suas relações;
- b) Associar aos elos da cadeia produtiva as principais decisões relativas ao seu resultado bruto operacional;
- c) Analisar o processo de produção de granito para definir um modelo quantitativo e suas variações;
- d) Identificar quais são as variáveis que mais influenciam o lucro bruto da cadeia e promover a análise de risco.

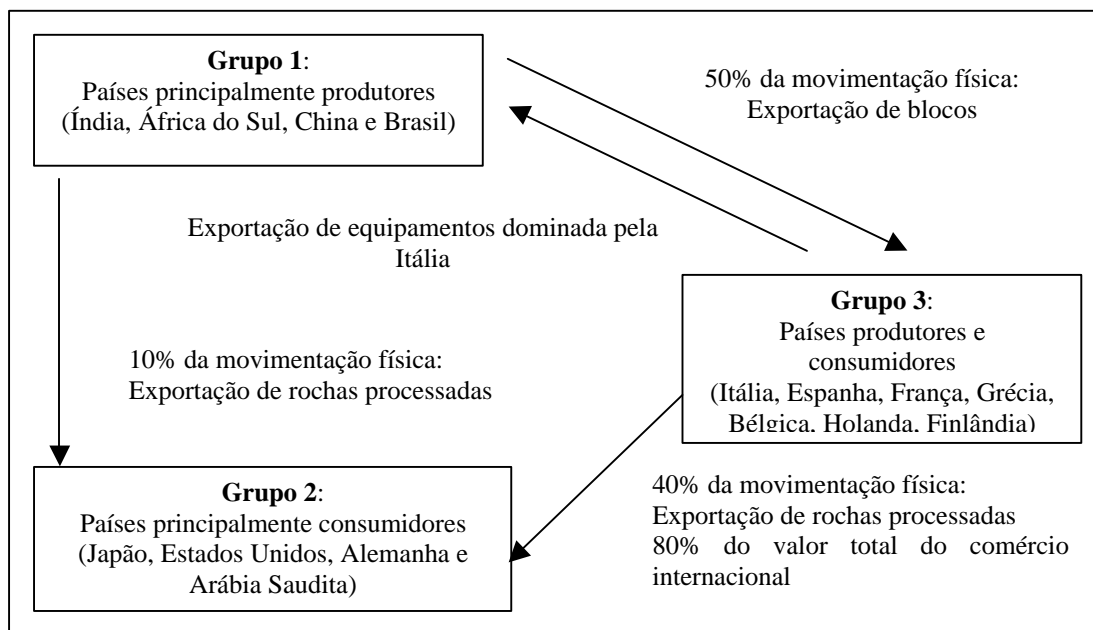
2. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

2.1. Cenário internacional

A produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento vem apresentando uma taxa de crescimento significativa a partir da década de 1920. A movimentação internacional do setor entre a o início do século vinte e o seu final registrou um crescimento de 2.400%, com taxas médias de crescimento entre 7% e 8% nos últimos 15 anos (MONTANI, 2003, citado em MELLO *et al.*, 20004).

Para VILLASCHI FILHO & PINTO (2000) o cenário internacional de rochas ornamentais existente na década de 1990 era dividido em 3 grupos (Figura 2), sendo que 50% da movimentação física de rochas seguia do Grupo 1 (países principalmente produtores) para o Grupo 3 (países produtores e consumidores), fluxo esse caracterizado pela exportação de material bruto (blocos), que concentrava o principal fluxo de comércio entre o Brasil e a Itália (até então o principal agente do setor); 40% compreendia a corrente de comércio (exportação + importação) do Grupo 3 para o Grupo 2 (países principalmente consumidores), porção caracterizada pela exportação de produtos acabados, cujo faturamento era estimado em 80% do valor total comercializado no mercado mundial, em que se encontrava o principal comércio de rochas entre Itália e Estados Unidos; apenas 10% do comércio internacional de rochas ornamentais ocorria do Grupo 1 para o Grupo 2, onde estavam incluídas, por exemplo, as exportações de chapas

beneficiadas do Brasil para os Estados Unidos⁹. A Itália além de dominar a produção, a importação de blocos e a exportação de produtos beneficiados, dominava também a fabricação de máquinas e equipamentos para setor.



Fonte: SPÍNOLA (2002)

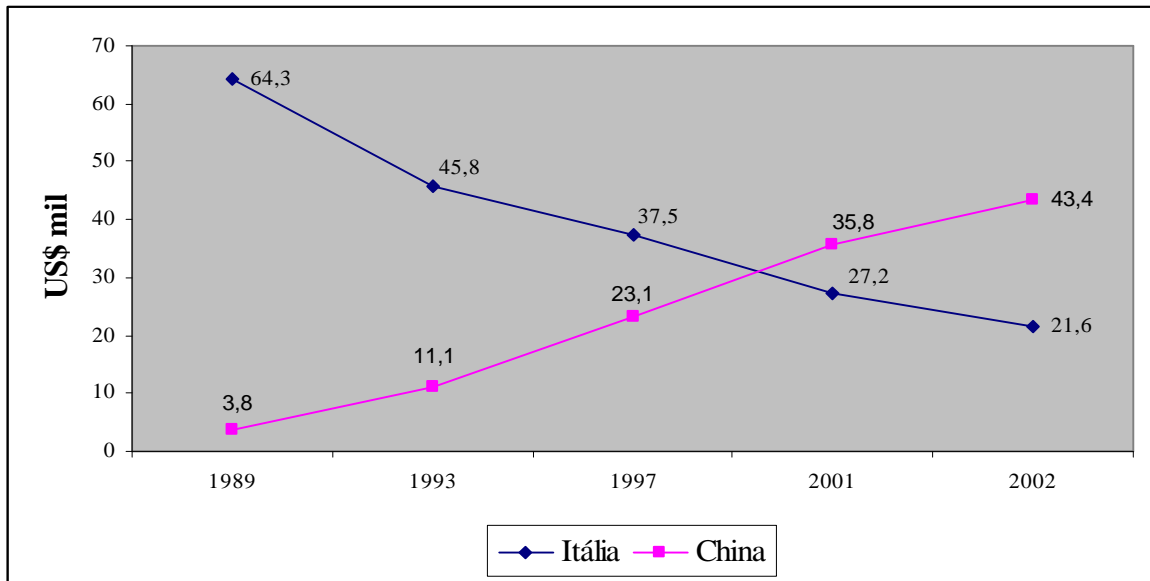
Figura 2: Movimentação física das rochas ornamentais no mercado internacional, até a década de 90.

A forte presença da China no mercado internacional de rochas ornamentais a partir da década de 1990 alterou o cenário estabelecido na Figura 2. Oferecendo qualidade, mas praticando preços politicamente administrados, calcados no baixo custo de sua mão-de-obra e em pesados subsídios aos setores exportadores, a China deslocou a Itália⁶ e os outros agentes europeus tradicionais (Figura 3), assumindo o controle de 43,4% do mercado de rochas beneficiadas em 2002, a partir de um controle de apenas 3,8% em 1989. Outros países, como a Índia e o Brasil vêm aumentando a sua participação no comercial internacional

⁹Os Estados Unidos constituem atualmente o maior mercado consumidor de produtos manufaturados de mármore e granito, responsável pela absorção de mais de 80% das exportações brasileiras (SIBBIN, 2003).

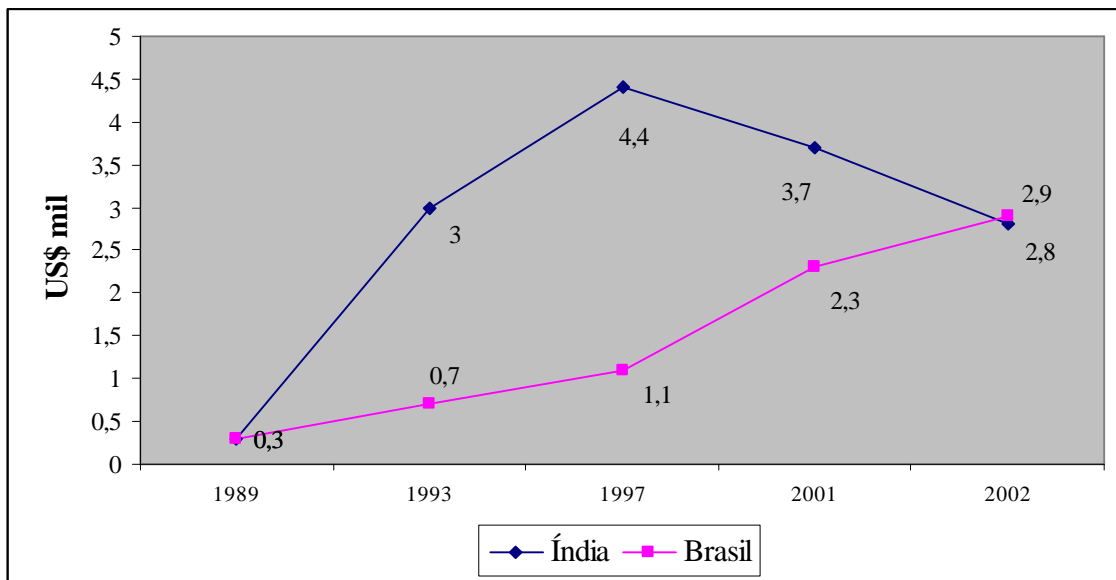
¹⁰A Itália permanece como o maior exportador de máquinas, equipamentos e tecnologia, responsável por cerca de 50% das vendas internacionais e, por ironia, a China é hoje o maior comprador, importando cerca de 56% do volume comercializado internacionalmente (MONTANI, 2003, citado em MELLO, 2004).

de rochas ornamentais, pois são capazes de oferecer melhores preços e uma grande variedade de materiais (Figura 4).



Fonte: Adaptado de CHIODI FILHO (2004)

Figura 3: Evolução da participação relativa da Itália e China no mercado internacional de rochas beneficiadas no período de 1989 a 2002.



Fonte: Adaptado de CHIODI FILHO (2004)

Figura 4: Evolução da participação relativa da Índia e do Brasil no mercado internacional de rochas beneficiadas no período de 1989 a 2002.

A China lidera também o grupo dos maiores compradores de rochas ornamentais, respondendo pela importação de 10% do total comercializado mundialmente, seguida pela Itália, Estados Unidos, Alemanha e Japão (8,5%, 8,2%, 7,4% e 6,9% respectivamente). Quando se considera a importação de produtos beneficiados, os Estados Unidos são os maiores compradores, importando 15,4% do volume total comercializado, seguido de perto, pela Coreia do Sul e pelo Japão (14,8 % e 14,4%, respectivamente) (MONTANI, 2003, citado em MELLO *et al.*, 20004).

A China é hoje o principal concorrente de todos os demais países exportadores de granito, pois possui vantagens competitivas regulares, baseadas na presença de mão-de-obra abundante e barata e na importação intensiva de máquinas, equipamentos e tecnologia nos últimos anos. Além de possuir uma política sustentada de preços, em consonância com a meta de alto crescimento da economia chinesa. A soma destes fatores é decisiva no entendimento do cenário atual, em que a China importa quantidades crescentes de blocos¹¹ e vende os produtos decorrentes da sua transformação industrial a preços que não podem ser acompanhados pelos produtores dos países de origem dos blocos.

2.2. Cenário nacional

O segmento econômico de exploração, beneficiamento e comercialização de rochas ornamentais no Brasil teve início na década de 1940 com iniciativas de imigrantes italianos e portugueses a partir das quais desenvolveram-se pólos extrativistas/industriais com a descoberta de muitas variedades de mármore e granitos em Cachoeiro de Itapemirim e nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (SOAVE, 1996, citado em VILASCHI FILHO & PINTO, 2000).

Até meados da década de 1980 a produção brasileira de rochas ornamentais era constituída principalmente por mármore, entretanto a abertura

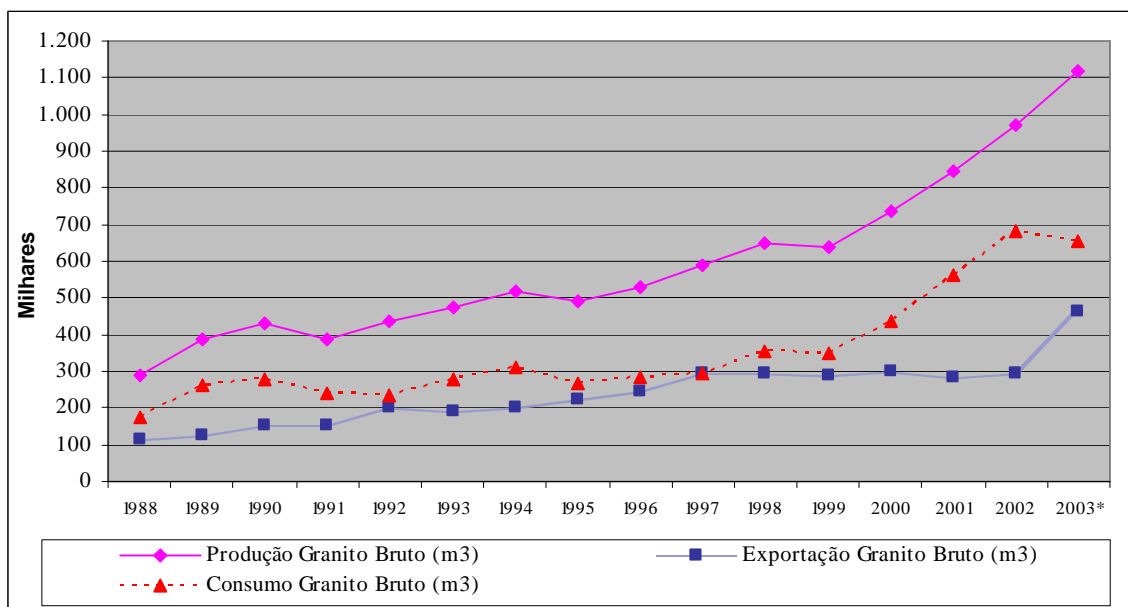
¹¹Já é o principal comprador de blocos do Brasil, absorvendo 30% das exportações brasileiras (MELLO *et al.*, 20004).

de mercado para exportação deu grande impulso à expansão do granito a partir do final da década.

O trabalho de NERY & SILVA (2001) expõe de forma bem detalhada o comportamento brasileiro do setor durante os últimos 15 anos. Durante estes anos, um número significativo de novas áreas para pesquisa foi requerido ou entrou em atividade, com investimentos expressivos na aquisição de equipamentos para produção de blocos em larga escala, elevando, em muitos casos, a produção média das pedreiras de 100 m³/mês para 500 m³/mês e, em alguns casos, até mais de 1.000 m³/mês. Ao longo do citado período, houve diversos momentos conjunturais determinados por condições de mercado ou por aspectos institucionais e governamentais que contribuíram, de alguma forma, para impulsionar, em maior ou menor grau, o desenvolvimento da atividade produtiva analisada.

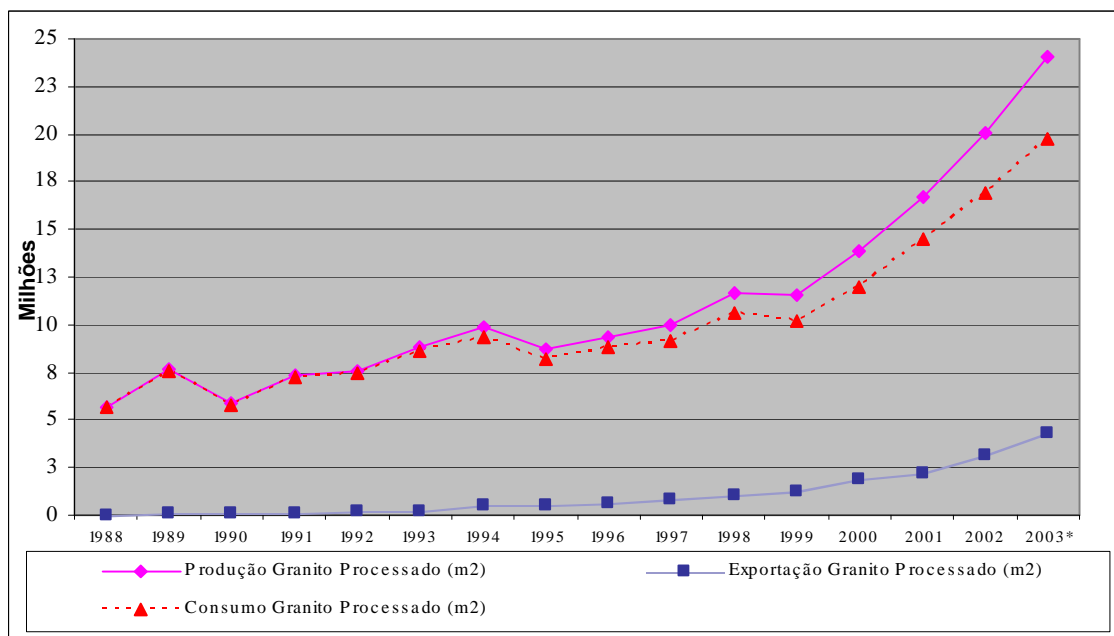
A partir do final dos anos 80, observou-se um crescimento substancial tanto nas exportações de blocos quanto de chapas beneficiadas de granito, conforme pode ser visto nas Figuras 5 e 6. A produção, a exportação e o consumo interno de blocos apresentaram taxas geométricas de crescimento semelhantes, em torno de 9% a.a., mesmo com a tendência anual de queda de 1,88% nos preços. Vale ressaltar o expressivo crescimento da exportação de chapas beneficiadas de quase 32% ao ano, mesmo ocorrendo uma queda anual nos preços de mais de 5%, como pode ser observado no Quadro 1.

Em 1992, mereceu destaque a expansão da produção em resposta à demanda no mercado internacional. A partir de 1993, o sistema BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) criou uma linha de financiamento para apoiar empreendimentos, dentre os quais o de beneficiamento de rochas ornamentais. Os financiamentos objetivaram a compra de máquinas e equipamentos novos, inclusive importados, a construção de instalações, o desenvolvimento de produtos, além do estímulo ao desenvolvimento de processos e projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (NERY & SILVA, 2001).



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de NERY & SILVA (2001)
 *Previsões feitas com base nos dados do primeiro semestre de 2003
 **Não foram computadas as importações

Figura 5: Evolução da produção, consumo e exportação brasileira de granito bruto, período de 1988 a 2003.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de NERY & SILVA (2001)
 *Previsões feitas com base nos dados do primeiro semestre de 2003
 **Não foram computadas as importações

Figura 6: Evolução da produção, consumo e exportação brasileira de granito processado, período de 1988 a 2003.

Quadro 1: Comportamento da produção, exportação, consumo e preço dos blocos e chapas de granitos brasileiros - período de 1988 a 2003

ANO	Produção de Blocos (m ³)	Exportação de Blocos (m ³)	Consumo de Blocos** (m ³)	Preço do Bloco (US\$/m ³)
1988	289.037	114.625	174.412	531
1989	387.734	127.703	260.031	515
1990	432.247	154.681	277.566	494
1991	389.837	151.070	238.767	502
1992	433.847	199.805	234.042	437
1993	472.142	191.244	280.898	481
1994	516.706	203.805	312.901	513
1995	489.360	224.750	264.610	498
1996	528.506	247.501	281.005	490
1997	587.174	294.445	292.729	500
1998	646.445	291.850	354.595	471
1999	637.361	290.212	347.149	456
2000	735.321	301.228	434.093	431
2001	845.619	283.633	561.986	410
2002	972.462	293.333	679.129	408
2003*	1.118.331	463.878	654.453	392
TGC₁₂	8,82 % a.a.	9,13% a.a.	8,62 % a.a.	- 1,88 % a.a.
ANO	Produção Chapas Beneficiadas (m ²)	Exportação Chapas Beneficiadas (m ²)	Consumo Chapas Beneficiadas** (m ²)	Preço Chapas Beneficiadas (US\$/m ²)
1988	5.713.425	51.931	5.661.494	115
1989	7.696.120	90.839	7.605.281	125
1990	5.908.493	104.875	5.803.618	97
1991	7.375.334	156.220	7.219.114	78
1992	7.589.192	177.445	7.411.747	91
1993	8.863.196	261.637	8.601.559	84
1994	9.870.702	479.931	9.390.771	76
1995	8.767.052	576.534	8.190.518	70
1996	9.387.603	593.759	8.793.844	75
1997	10.010.433	891.506	9.1018.927	68
1998	11.640.834	1.072.975	10.567.859	74
1999	11.506.710	1.284.240	10.222.470	66
2000	13.914.432	1.918.842	11.995.590	57
2001	16.697.524	2.247.376	14.450.148	54
2002	20.037.027	3.166.516	16.870.511	51
2003*	24.044.437	4.292.847	19.751.590	49
TGC	9,40% a.a.	31,78 % a.a.	8,12 % a.a.	- 5,19 % a.a.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de NERY & SILVA (2001)

*Previsões feitas com base nos dados do primeiro semestre de 2003

**Não foram computadas as importações

¹²TGC (Taxa Geométrica de Crescimento) = $\text{antilog} \{ [\log (\text{Valor Final} / \text{Valor Inicial})] / n \} - 1$, em que n é o número de observações da série.

Ao longo da década de 90, particularmente após a implantação do Plano Real, a produção brasileira de granito ganhou um impulso significativo. Tal fato pode ser atribuído tanto ao aumento da demanda interna, estimulada por um relativo aquecimento da indústria de construção civil, decorrente da estabilização da economia e da manutenção de tendências arquitetônicas responsáveis pelo crescimento no consumo de rochas naturais para revestimentos, quanto à ação fomentadora e compradora, no Brasil, de empresas estrangeiras que atuam na comercialização de blocos no mercado internacional (NERY & SILVA, 2001).

No ano de 1995, constatou-se que a produção interna de rochas ornamentais sofreu uma queda, determinada pela redução da demanda no mercado interno, em decorrência da diminuição da liquidez da moeda e pela retração nos lançamentos de novos empreendimentos no setor da construção civil. Esse desaquecimento foi provocado pelas elevadas taxas de juros e pela redução do crédito de longo prazo para novos financiamentos habitacionais acessíveis para a classe média, associada à perda de poder aquisitivo dessa faixa de público consumidor.

NERY & SILVA (2001) ressaltaram que em 1996 se registrou um aumento nos convênios de transferência de conhecimentos na operação de serrarias e pedreiras entre especialistas italianos e empresas brasileiras. Assim, o setor passou a aperfeiçoar o parque instalado, não necessariamente implantando novas unidades fabris, salvo no caso de politrizes, as quais se modernizaram mediante a aquisição de novas unidades. Também foi observada uma tendência de especialização e segmentação do setor, na busca de uma maior produtividade, permitindo que muitas serrarias reduzissem a ociosidade dos seus equipamentos, com a prestação de serviços para terceiros.

No ano de 1997, registrou-se, em alguns Estados, a suspensão temporária de algumas fontes de financiamento para projetos no setor de rochas ornamentais, após reavaliação das carteiras de empréstimos por parte dos agentes financeiros. No entanto, o governo do Espírito Santo manteve a sua linha de financiamento e usou a criatividade para negociar as inadimplências, reduzindo-

as sem cortar o crédito, o que permitiu ao financiado manter o seu empreendimento em atividade e, conseqüentemente, amortizar as dívidas.

Por seu turno, o Espírito Santo, que já revelava uma característica de Estado produtor de mármore, adotou uma política de fomento distinta. Contando, com um ambiente de negócios estruturado, com empresas organizadas, muitas delas já consolidadas no mercado, aliado às condições logísticas favoráveis existentes no Porto de Vitória, mesmo com as suas limitações, o setor de rochas promoveu o estímulo à produção de granitos. Para tanto, contou-se com o apoio governamental através de financiamento a atividade produtiva, fomentando a busca de novas jazidas na própria região. Em decorrência, promoveu-se a implantação de lavras de granitos, particularmente na sua região norte, bem como a instalação de indústrias de desdobramento, associada à facilidade de aquisição de máquinas de fabricação nacional originadas do próprio Estado.

Assim, tornou-se possível garantir a continuidade e até mesmo a elevação do nível de intensidade da atividade produtiva de blocos, chapas e ladrilhos. Exatamente como resultado dos incentivos governamentais do Estado, verificou-se um expressivo fortalecimento das empresas com atuação regional, muitas delas vindo a se associar a capitais internacionais, particularmente aos originários da Itália. Com a elevação do nível tecnológico proporcionado pelos novos investimentos, a qualidade dos produtos mostrou-se altamente competitiva, tanto no mercado interno quanto no mercado externo, contribuindo para a consolidação do maior pólo industrial de rochas ornamentais do País, tornando-se uma região de grande atratividade para investidores do setor e compradores de blocos e chapas.

A ocupação de espaço no mercado internacional pelos granitos brasileiros e principalmente capixabas decorreu, principalmente, das facilidades proporcionadas pela evolução tecnológica de lavra e beneficiamento, obtida graças à desoneração tributária na importação de tecnologia, pelo percentual considerável de máquinas e equipamentos que são produzidos no país, pela crescente participação dos empresários brasileiros nas feiras nacionais e internacionais do setor e pela entrada em vigor da Lei Complementar nº 87 (Lei

Kandir) de 13 de setembro de 1996, que determinou que o ICMS nas operações que destinem mercadorias ao exterior, incluindo-se os produtos primários e produtos industrializados semi-elaborados, fosse abolido. Assim, os estados produtores de granito passaram a não mais cobrar o ICMS sobre blocos destinados à exportação.

O desenvolvimento de tecnologias apropriadas para lavra e beneficiamento de granitos facilitou a produção desses materiais, diminuindo os seus custos operacionais, aumentando a produtividade, tornando os preços mais atrativos para os consumidores e levando os produtores nacionais a mudar seu foco de atenção, passando a centrar seu objetivo na produção de materiais de melhor qualidade e, como consequência, conseguindo visar o mercado externo.

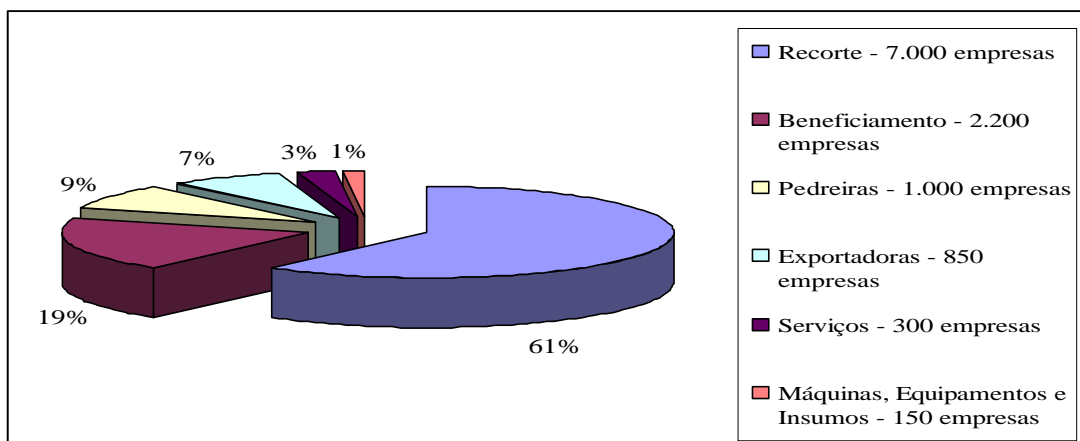
Normalmente, os granitos são classificados como de “primeira”, “segunda” e até “terceira” categorias, compreendendo, aproximadamente, cerca de 500 tipos distintos em termos de variedades em todo o mundo. Historicamente, a totalidade da produção de material classificado como de primeira vinha sendo destinada ao mercado internacional. No entanto, nos últimos anos, tem havido uma reação no mercado interno, provocada pelo aquecimento da construção civil, particularmente em obras de prédios comerciais modernos, edificadas nos grandes centros urbanos, bem como de prédios residenciais destinados às classes de maior poder aquisitivo, seja para atender a padrões estéticos de fachadas, quanto para decoração de ambientes interiores.

Historicamente, os granitos consumidos no País caracterizam-se por apresentar preços mais baixos em relação àqueles praticados para o mercado externo. Esse fato ocorre em virtude dos materiais consumidos internamente revelarem qualidades inferiores aos exportados. No Brasil, os preços dos materiais rochosos para uso como revestimento têm sido estabelecidos tomando-se como referência à distância para o centro consumidor associado com o nível de aceitação do material.

Entretanto, para o mercado externo, essa atualização baseava-se, unicamente, na variação cambial, haja vista que o mercado internacional não permite oscilações no preço de cada tipo de rocha. É importante frisar que o

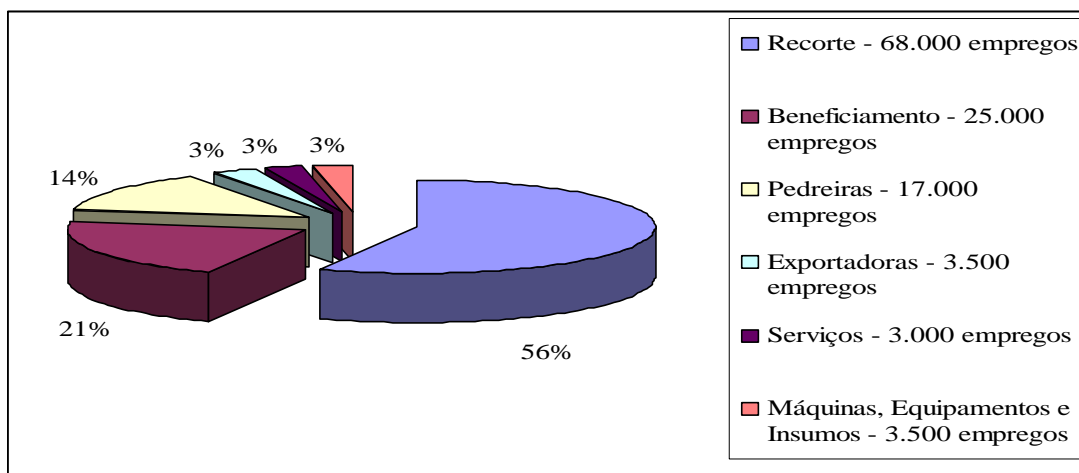
mercado globalizado atuou como responsável pela redução dos preços dos materiais, especialmente pela atuação da China, a partir de 1990, que aumentou muito a sua oferta de exportação. Por outro lado, essa queda nos preços favoreceu ao aumento do consumo, tendo o setor alcançado uma parcela maior da população e um maior consumo físico de rochas ornamentais.

No cenário nacional, com dados de 2003, as empresas que fazem o recorte final dos produtos (marmorarias) são as mais numerosas (representam 61% do total das empresas) e são também as maiores empregadoras, pois geram mais da metade das vagas de emprego na cadeia produtiva de rochas ornamentais brasileira (Figuras 7 e 8).



Fonte: CHIODI FILHO (2004)

Figura 7: Empresas brasileiras do setor de rochas ornamentais (base 2003).



Fonte: CHIODI FILHO (2004)

Figura 8: Distribuição dos empregos por ramo de atividade (base 2003).

2.3. Cenário capixaba

O Estado do Espírito Santo é o grande destaque nacional no setor de rochas ornamentais. Mesmo com menos de 1% do território nacional em extensão, responde por 46% do total da produção brasileira. É em território capixaba que se concentram 34% das pedreiras registradas no País; dos 1.574 teares em funcionamento no Brasil, 900 estão instalados no Espírito Santo, entre estes teares estão os de maior capacidade produtiva, garantindo ao estado 62% da capacidade brasileira de serragem (Quadro 2).

Quadro 2: Setor de rochas ornamentais Brasil X Espírito Santo - base 2000

	ES	BRA	ES / BRA
Produção de rochas ornamentais (t/ano)	2.400.000	5.186.000	46%
Teares (unidades)	900	1.574	57%
Pedreiras (unidades)	400	1.163	34%
Capacidade Serragem (m ² x 1.000)	25.000	40.630	62%
Marmorarias (unidades)	300	6.449	5%
Empregos Diretos (unidades)	20.000	105.720	19%

Fonte: Modificado de Peter *et al.* (2001).

A infra-estrutura logística do Estado, mesmo com as suas limitações para receber navios de maior porte e conseguir contêineres, tem atraído empresas de todo o Brasil e de outros países. Os principais portos do Espírito Santo, apesar dos problemas já mencionados, estão aptos para a movimentação de blocos e placas de mármore e granito, o que colabora para que o Estado seja o maior exportador do Brasil desse tipo de produto. Em 2003, o Estado exportou 53% do total de mármore e granitos que saíram do país, 48% do total de material bruto e 55% do total de material processado, conforme pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3: Comparativo das exportações Brasil X Espírito Santo - base 2003

	ES	BRA	ES / BRA
Exportações de Produtos Brutos (US\$ milhões)	61,58	128,3	48%
Exportações de Produtos Beneficiados (US\$ milhões)	165,55	301,0	55%
Exportações de Brutos e Processados (US\$ milhões)	227,13	429,3	53%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de MELLO *et al.* (2004).

O Espírito Santo, mesmo sendo o maior produtor de rochas ornamentais do País, não é o maior empregador de mão de obra do segmento, pois gera apenas 19% dos empregos diretos no setor. O estado de São Paulo lidera o “ranking” de empregos, com 32% do total de empregos diretos (PEITER *et al.*, 2001), porque possui o maior número de marmorarias, que compõem o mais expressivo parque industrial nacional de prestação de serviços na área de mineração, executando o acabamento final dos produtos comerciais e constituindo o elo de ligação do setor de rochas com os consumidores.

A cada dia novas empresas de beneficiamento, transporte, armazenamento e exportação se instalam no Espírito Santo, com destaque para Cachoeiro de Itapemirim, Nova Venécia, Barra de São Francisco e Grande Vitória (Ver no Apêndice A o mapa do Estado do Espírito Santo). A região de Cachoeiro de Itapemirim, por seu pioneirismo e concentração de suas indústrias de beneficiamento e fornecedoras de maquinário e equipamentos é a cidade referência do setor no Brasil. No entanto, o Norte do estado vem crescendo em importância com instalação de pólos processadores e sua volumosa concentração de jazidas, com granitos disputados no mercado interno e externo. Soma-se a esse potencial de produção e processamento, uma infra-estrutura logística provida de rede rodo-ferroviária, transportes marítimos, que apesar de apresentar problemas, garante a vocação do Estado para comércio exterior. Com tantas vantagens competitivas, o Espírito Santo ainda é sede das duas principais feiras internacionais do Mármore e Granito realizadas na América Latina, que acontecem anualmente em Cachoeiro do Itapemirim e em Vitória.

A indústria de rochas ornamentais do Espírito Santo está presente em todos os elos da cadeia produtiva e oferece praticamente todos os produtos possíveis de serem elaborados a partir do mármore e do granito. Sua maior produção, entretanto, está concentrada nas etapas iniciais do ciclo de transformação, sendo que os principais produtos ofertados são blocos, chapas brutas e polidas e ladrilhos. Segundo recente estimativa realizada pelo SINDIROCHAS (Sindicato Patronal do Espírito Santo), este segmento é formado por cerca de 700 empresas divididas entre os diversos elos da cadeia.

A grande maioria dessas empresas pode ser classificada como de micro, pequeno e médio porte, segundo a classificação do SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) pelo número de funcionários, pois são poucas aquelas que apresentam mais de 100 empregados. Estimativas feitas com base nos volumes movimentados, na capacidade de produção instalada no Estado indicam que são negociados valores da ordem de US\$ 350 milhões por ano, somente nas transações com matéria prima, semi-elaborados e produtos acabados, sem considerar os negócios que envolvem máquinas, equipamentos, ferramentas e outros insumos. De acordo com os dados estatísticos do SINDIROCHAS, a grande maioria, cerca de 73% das empresas estão situadas na Região Sul do Estado, 19% na região Norte e 8% na Grande Vitória.

Quanto ao perfil regional da atividade produtiva das rochas ornamentais, nota-se que 60% das empresas que estão instaladas na Região Norte, destinam-se à atividade de extração. Já na Grande Vitória, 80% dedicam-se as atividades de polimento. As empresas do Sul estão distribuídas nas atividades de extração, serragem e polimento. São extraídos cerca de 800 mil m³ por ano no Estado, distribuídos em 67% para o Norte do estado, ficando o Sul com o restante.

Em todas as outras atividades, a Região Sul concentra a maioria da produção do setor do Estado, ou seja, cerca de 95%, tanto no beneficiamento primário (serraria), como no secundário (marmoraria), os quais correspondem a aproximadamente 19 milhões de m² por ano. Na Região Sul, as atividades de exploração já estão bastante exploradas, sendo desenvolvidas num grande

número de empresas, fazendo com que novos investimentos sejam direcionados para as atividades de beneficiamento.

Na região da Grande Vitória, nota-se a presença de empresas do setor cujo objetivo principal é o desdobramento e o beneficiamento visando o comércio exterior. A grande vantagem da região é a proximidade com os portos, além dos incentivos e infra-estrutura à instalação de serrarias e marmorarias.

O norte do Estado vem despontando na extração do granito e ainda timidamente, no desdobramento. A região sul do estado encontra-se na vanguarda dentro dos aspectos de mercado, fato este explicado, devido a toda uma estrutura já formada para atividades complementares do setor. A região dispõe de entidades como SENAI, SESI, CETEMAG, SINDIROCHAS, SEBRAE, fornecedores já instalados e toda uma estrutura de comercialização que chegou e se fortaleceu ao longo dos 30 anos de vida comercial do mármore e granito do Espírito Santo (CARANASSIOS, 200x).

3. METODOLOGIA

3.1. Referencial teórico

3.1.1. Teoria da decisão

Num processo racional de tomada de decisão é necessário seguir algumas etapas. A primeira delas é a identificação de um problema, como, por exemplo, a determinação do que produzir e quanto produzir. Definido o problema, o próximo passo é a obtenção de informações com o intuito de subsidiar a decisão. De acordo com VALE (1995) a qualidade da decisão final dependerá tanto do conhecimento dos elementos envolvidos no processo de decisão quanto das relações existentes entre eles.

A descrição do processo de tomada de decisão proposta por Herbert Simon, citado em TURBAN & ARONSON (1998), segue uma seqüência de passos, que podem ser descritos como:

1. FASE DE INTELIGÊNCIA ? o tomador de decisões, sua equipe ou membros dela percebem que existe um problema a ser resolvido e partem para entendê-lo melhor, buscando dados e informações que os ajudem nessa tarefa. Essa fase dura até que se conheça bem o problema e se consiga classificá-lo corretamente em uma categoria de problemas com solução conhecida. A partir desse nível de conhecimento, já é possível especificá-lo

com mais precisão, o que significa conseguir visualizar as possíveis soluções, métodos e processos associados.

A fase de inteligência requer uma procura por informações no ambiente e envolve várias atividades centradas na identificação do problema ou das oportunidades. Nesta fase, o tomador de decisões pode ser beneficiado pelo uso de:

- ✓ Sistemas Especialistas (SE), Redes Neurais Artificiais (RNA) - construídos para identificar situações e extrair relações de grandes conjuntos de dados, deixando o problema mais à mostra, tornando seus sintomas mais claros e visíveis ao tomador de decisões.
- ✓ Sistema de Informações Executivos (SIE) - monitoração do ambiente da empresa, extraindo informações de sites, portais e sistemas remotos via internet, tornando-as disponíveis localmente.
- ✓ Sistema de Informação Gerencial (SIG) - construído para monitorar o problema e emitir relatórios fixos de toda a situação.

2. FASE DE DESIGN (Projeto) ? Uma vez conhecido e especificado o problema, buscam-se possibilidades de solução para ele. Tecnologias, modelos, problemas semelhantes já resolvidos em outras empresas, soluções criativas e únicas, etc., todo um arsenal de técnicas, métodos, modelos, artigos científicos, etc. é colecionado, analisado e testado pela equipe responsável pela solução do problema.

A fase de Design envolve a geração, o desenvolvimento e a análise de possíveis cursos de ação. Modelos que descrevem a situação do problema e seu contorno são construídos, testados e avaliados comparativamente. Nesta fase, a equipe responsável pela solução do problema pode ser beneficiada pelo uso dos seguintes sistemas, pelo menos:

- ✓ Sistemas especialistas – promoção de uma análise comparativa dos dados obtidos na fase anterior, de prospecção e entendimento e, a partir do uso das heurísticas disponíveis, propor possíveis caminhos de solução. Esse é um tipo

de solução qualitativa, baseada em modelos simbólicos, como os usados pelos sistemas especialistas.

- ✓ Sistemas de apoio à decisão – construídos para permitir a análise dos dados disponíveis, experimentação com cenários e modelos distintos, na tentativa de aproximar da solução final.

Na fase de Design, modelos quantitativos são formulados e executados, para permitir a obtenção de projeções, comparações, etc. Essa é uma área técnica, difícil de ser dominada, que retira seus recursos da área de Modelagem, essencialmente matemática. Há algumas categorias de modelos, cada uma com suas vantagens, desvantagens e aplicabilidade a categorias específicas de problemas. Brevemente:

- Modelos de ícones, que é o de menor nível de abstração, pois seu objetivo é construir uma réplica do sistema em questão, baseada em ícones que substituem os elementos do mundo real. Para algumas classes de problemas simples, que permitem solução visual, esse tipo de modelo é extremamente útil e muito utilizado. Com o aparecimento do computador pessoal e das estações de trabalho gráficas e seus respectivos softwares de apoio, esse tipo de modelo voltou a ser largamente usado em todas as áreas de design, notadamente na Arquitetura.
- Modelos Análogos (analógicos), que estão em um nível de abstração acima dos modelos de ícones, sendo considerados uma representação simbólica da realidade. Embora não se pareçam fisicamente com o problema real, esses modelos permitem a reprodução do comportamento do mundo real. Exemplos conhecidos são termômetros de temperatura, altímetros, velocímetros, mapas tridimensionais de relevo, etc.
- Modelos Matemáticos, que são os de mais alto nível de abstração. Esses modelos são construídos segundo técnicas específicas, usando ferramentas matemáticas (equações, sistemas de equações, técnicas de soluções, matrizes, vetores, etc.). Existem várias ferramentas que facilitam a construção, o uso e os testes desse tipo de modelo, permitindo a sua alimentação com dados

extraídos de fontes externas e a apresentação de resultados finais em forma visual, como gráficos, tabelas, etc.

O uso de modelos traz inúmeros e inegáveis benefícios, como diminuição dos custos de análise, obtenção mais rápida de resultados, facilidade na manipulação (quando comparada à manipulação do problema real), menor custo em cometer erros, maior facilidade em calcular os riscos envolvidos nas ações, possibilidade de análise de grande número de situações distintas e, finalmente, aumento e reforço do aprendizado, favorecendo o treinamento.

Particularmente, a área de Pesquisa Operacional tem sido muito utilizada como fornecedora de modelos para as decisões administrativas. Para quem quiser se habilitar a entender melhor a área e a própria modelagem, um primeiro e importante passo é conhecer as técnicas de Pesquisa Operacional.

3. FASE DE ESCOLHA ? Os modelos, técnicas e conhecimento acumulados na fase anterior são testados, cenários são construídos, resultados são comparados, gráficos comparativos são produzidos, exaustivamente, até que se consiga decidir o caminho da solução a ser adotada.

A fase de Escolha inclui pesquisa, avaliação e recomendação de uma solução apropriada para o modelo. O limite entre a fase de Design e a fase de Escolha não é claro, pois certas atividades podem ser realizadas durante ambas as fases. Ela envolve a procura por um curso de ação apropriado que irá solucionar o problema. Existem vários métodos de busca, dependendo do critério de escolha. Nesta fase, o tomador de decisões e sua equipe podem ser auxiliados por:

- ✓ Sistema de Apoio à Decisão em Grupo (SADG) - possibilita que uma equipe grande, com membros geograficamente distantes, tome a decisão em conjunto. Esse tipo de SAD coordena a ação do grupo remoto, permitindo a comunicação, experimentação, exibição de resultados, teleconferência, etc.
- ✓ Sistema de Apoio à Decisão Local - usado para os mesmos objetivos citados anteriormente (localmente, não envolvendo grupos).

4. FASE DE IMPLANTAÇÃO ? A solução escolhida na fase anterior é finalmente implantada e colocada em prática. Medidas são efetuadas, tudo é monitorado, para que se tenha certeza de que o problema foi bem resolvido e que o modelo adotado é confiável e atende às expectativas.

A fase de Implantação é aquela em que, finalmente, a solução (ou soluções), projetada e escolhida nas fases anteriores é implantada na empresa. Essa pode ser uma fase longa e difícil, pois a simples implantação de uma solução não significa que o problema esteja resolvido. Monitoração constante tem que ser feita, até que se tenha certeza de que a solução adotada está realmente resolvendo o problema. Caso seja detectado o contrário, o processo de decisão deve ser repetido ou iterado, até que se chegue ao problema satisfatoriamente resolvido. Nessa fase, a equipe pode ser auxiliada por:

- ✓ SAD, auxiliando na análise e escolha das melhores alternativas de implantação da solução escolhida e na monitoração da solução implantada.
- ✓ SE, que pode ser construído com heurísticas especiais voltadas para o problema de implantação da solução final.

Para aplicar a teoria da decisão no planejamento da produção do granito devem-se considerar diversos fatores, dentre eles destacam-se os relacionados com a quantidade de cada produto a produzir, de modo a maximizar o resultado final, considerando os custos envolvidos em todo o processo e as restrições de demanda do mercado.

Obtidas as informações, as mesmas são trabalhadas, organizadas e analisadas pelo agente tomador de decisão, o qual deverá selecionar aquelas alternativas com maiores potencialidades de resolução de seu problema. Há de se ressaltar que quanto maiores as conseqüências de seus cursos de ação maior será a necessidade de reflexão e julgamento.

Outro fator de extrema importância na decisão do produtor é a incorporação do risco em suas análises de planejamento, uma vez que sabidamente algumas das variáveis envolvidas no processo decisório irão fugir de seu controle. Segundo PAIVA (2001) a incerteza estará presente quando não

for possível prever qual o valor exato que alguma variável assumirá no futuro. As principais fontes de risco para os produtores de granito são os preços dos produtos, a existência de mercado para os produtos intermediários e acabados, os custos de produção e a disponibilidade de containeres para exportar, que podem ser modelados usando variáveis aleatórias.

Cabe ressaltar que a decisão final do empresário será influenciada por fatores como tradição, nível de educação formal, infra-estrutura, aspectos psicológicos e sociais, fatores que não serão considerados no modelo, além de fatores econômicos, como a maximização do lucro e sua maior ou menor susceptibilidade ao risco envolvido na atividade, sendo fator decisivo a estimativa da lucratividade que o investimento poderá retornar (SANTOS FILHO, 1995).

Tomada a decisão, implementa-se a mesma e procede-se à posterior análise de seus pontos positivos e negativos os quais serão utilizados em futuras decisões. De acordo com RESENDE FILHO (1997), quanto mais analítico for o processo de tomada de decisão, maior será a chance de se encontrar uma solução adequada, porém sem garantir a resolução definitiva do problema, dada a quantidade significativa de soluções a serem levantadas e as possíveis falhas de implementação de qualquer uma delas.

3.1.2. Teoria da firma

3.1.2.1. Conceitos básicos

Diariamente os agentes econômicos se deparam com a necessidade de optar pelo tipo de produção a ser realizada, como deve ser elaborada e em que quantidade. Essas três questões fundamentais fazem parte constante do processo de tomada de decisão dos agentes e, por conseguinte são úteis nesse processo decisório, conhecimentos acerca da função de produção, lei dos rendimentos marginais decrescentes e marginalidade. O objetivo principal da empresa é maximizar os seus lucros tendo por restrições o custo dos fatores de produção, o

preço do produto e a fronteira tecnológica de produção. (SANTOS & LIRIO, 2003).

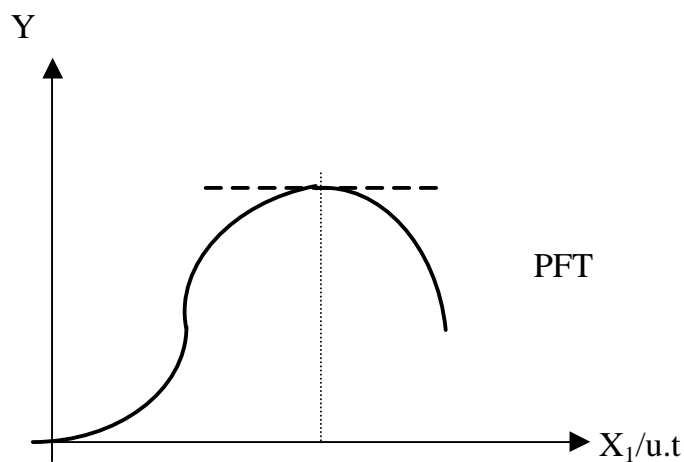
A função de produção descreve uma relação física entre os recursos de uma determinada firma e a quantidade de produto produzida por ela, por unidade de tempo, sem considerar os preços. Matematicamente, pode ser expressa como:

$$Y = f(X_1/X_2, X_3, \dots) \quad (1)$$

Em que a quantidade de produto Y é produzida a partir da combinação dos recursos X_1, X_2, X_3, \dots , sendo que a barra após o primeiro fator indica que somente ele poderá ter sua quantidade variada ao longo do tempo. Em outras palavras, no caso exposto, se a firma deseja aumentar ou reduzir o volume produzido deve variar apenas o fator X_1 , mantendo constante todos os demais recursos utilizados. O montante de produto depende, além dos recursos empregados, da tecnologia em vigor.

A função de produção neoclássica considera apenas um fator variável podendo ser expressa como:

$$Y = f(X_1) \quad (2)$$



Fonte: SANTOS & LÍRIO (2003)

Figura 9: Curva de produção neoclássica.

Pode-se notar que os retornos apresentados mostram-se primeiro crescentes, passando posteriormente a constantes e depois decrescentes. Isso ocorre em virtude da Lei dos rendimentos marginais decrescentes, segundo a qual unidades adicionais de um fator variável, mantidos todos os demais

constantes, geram primeiro ganhos de produtividade, passa por um ponto de retorno constante para, posteriormente decrescer.

Do produto físico total (PFT), que vem a ser a produção (Y), duas importantes relações podem ser derivadas, o Produto Físico Médio (PFMe) e o Produto Físico Marginal (PFMa). O PFMe é o PFT dividido pela quantidade empregada de insumo variável, ou seja:

$$\text{PFMe}_{X_1} = \text{PFT}/X_1 = Y/X_1 \quad (3)$$

O PFMa, por sua vez, é a variação no produto físico total, decorrente da variação de uma unidade na quantidade empregada do insumo variável, sendo matematicamente representado por:

$$\text{PFMa}_{X_1} = \Delta\text{PFT}/\Delta X_1 = \Delta Y/\Delta X_1 \quad (4)$$

O comportamento do produto físico marginal é o seguinte: cresce, apresenta um ponto de máximo e, a partir deste ponto, decresce, chegando a zero e passando a ser negativo.

A premissa básica que norteia o comportamento do empresário é o de que ele busca a maximização dos lucros da empresa, ou da sua receita líquida¹³. Na determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro, o uso da análise marginal é o mais apropriado. Essa análise é utilizada para comparar o custo do insumo variável com a receita do produto (SANTOS & LIRIO, 2003).

Um insumo variável deve ser adicionado ao processo produtivo até o ponto onde a mudança na renda, devido ao uso da última unidade de insumo, for maior ou igual à mudança no custo resultante da última unidade empregada desse fator. Se a última unidade do insumo variável empregada aumentar mais a receita do que o custo, mais desse fator deve ser utilizado. Contudo, se a última unidade de insumo aumentar mais os custos do que a receita, menor quantidade desse fator deve ser empregada.

Em síntese, um fator variável deve ser empregado até o ponto onde o valor adicional do produto for maior ou igual ao total adicional do custo do insumo, isso é, o ponto onde o PFMa do insumo, multiplicado pelo preço do produto for maior ou igual ao preço do insumo: $\text{PFMa}_{X_1} \cdot P_Y \geq P_{X_1}$. De outra

¹³ No presente trabalho os termos lucro e receita líquida foram tratados como sinônimos.

forma, desde que o valor do produto marginal ($VPFMa = PFMa_{X_1} \cdot P_Y$) do insumo for maior ou igual ao preço do insumo: $VPFMa \geq P_{X_1}$.

A derivação matemática dessa regra de ‘tomada de decisão’ é apresentada a seguir:

$$\text{Max LUCRO} = RT - CT \quad (5)$$

O lucro é dado pela diferença entre a receita total (RT) e o custo total (CT). Na determinação do lucro é necessário, portanto, conhecer a receita e os custos. Os preços dos insumos de produção e a tecnologia constituem-se os determinantes básicos do custo. Uma vez estabelecida a tecnologia, o total de cada insumo necessário para produzir qualquer nível de produto pode ser determinado.

O custo total é dado pela soma dos insumos variável e fixo:

$$CT = X_1 \cdot P_{X_1} + K \quad (6)$$

Em que X_1 é a quantidade de insumo variável utilizada e P_{X_1} é o seu preço; e onde K é o custo dos insumos fixos.

A receita total é obtida pelo produto da quantidade total vendida e preço de venda.

$$RT = Q_Y \cdot P_Y \quad (7)$$

Em que Q_Y é a quantidade total do produto produzido e P_Y é o preço de venda do mesmo.

3.1.2.2. Conceitos de Custos

Existem vários e diferentes tipos de custos, e vários significados são atribuídos à expressão custos de produção. Portanto, simplesmente o termo ‘custo’ tem pouco significado para os propósitos aqui desenvolvidos.

O termo custo significa, para os fins da análise econômica, a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma firma para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à empresa. O termo compensação é aqui utilizado – e não pagamento – porque existem casos onde tal ‘remuneração’ não acontece de

modo formal. Segundo HOFFMANN et al (1987) citado em SANTOS & SILVA (2003) existe ainda a possibilidade de alguns donos dos fatores de produção fornecerem seus fatores ainda que pouco ou nada ganhem com isso. Segundo esses autores “os proprietários de um negócio que não esteja fornecendo um rendimento normal sobre o investimento continuarão, muitas vezes, a operá-los por vários anos, porque eles não podem, rapidamente, retirar o seu capital investido em bens de produção especializados, com duração de vários anos. Contudo, uma vez desgastados os bens de capital, o capital-dinheiro não será reinvestido nesse negócio”.

Curto prazo e longo prazo

O curto e o longo prazo são conceitos temporais (envolvem tempo), mas eles não são definidos como períodos fixos no calendário. Sendo assim, pode-se entender o curto prazo como sendo aquele período de tempo no qual pelo menos um insumo é fixo, enquanto que no longo prazo, todos os fatores utilizados são variáveis. Em consequência, no curto prazo existem custos variáveis e custos fixos (já que existem fatores fixos e variáveis), porém, no longo prazo, existem apenas custos variáveis, ou seja, apenas custos que dependem do volume de produção.

Custos fixos são os custos dos fatores fixos da empresa, portanto, no curto prazo, independem do nível de produção. Os custos variáveis, ao contrário, dependem da quantidade empregada dos fatores variáveis e, portanto, varia de acordo com o volume da produção. Os custos totais da empresa são representados pela soma dos custos fixos com os custos variáveis.

Tipos de custos

A) Custos fixos

Os custos fixos são aqueles que permanecem inalteráveis durante um período de tempo (curto prazo) e independentes do nível de produção. Esses custos ocorrem, mesmo que o recurso não seja utilizado. No longo prazo, como

todos os insumos podem ter suas quantidades variadas, os custos fixos são inexistentes.

Outra característica dos custos fixos é que eles não estão sob o controle do administrador no curto prazo; eles existem no mesmo nível, independente de quanto do recurso é utilizado.

O custo fixo total (CFT) é simplesmente a soma dos vários tipos de custos fixos e inclui, usualmente os componentes: depreciação, seguros, impostos e juros.

O custo fixo médio (CFMe), que expressa o custo fixo por unidade de produto (Y) é determinado pela equação:

$$\text{CFMe} = \text{CFT} / Y \quad (8)$$

Em que o produto é medido em unidades físicas. Uma vez que, por definição, o custo fixo total é um valor fixo ou constante, independente do nível de produção, o CFMe irá decrescer continuamente, com o aumento da produção.

B) Custos variáveis

Os custos variáveis são aqueles sobre os quais o administrador exerce controle no curto prazo. Eles podem ser aumentados ou diminuídos pela ação direta do administrador e irão variar no mesmo sentido das mudanças na produção. Se nenhum produto for produzido, o custo variável pode ser evitado.

O custo variável total (CVT) pode ser encontrado pela soma de cada custo variável individual, que é igual à quantidade do recurso comprada, multiplicada pelo preço. O custo variável médio (CVMe) é o custo variável total dividido pelo produto, e é calculado pela equação:

$$\text{CVMe} = \text{CVT} / Y \quad (9)$$

O custo variável existe tanto no curto, quanto no longo prazo, sendo que, neste último, todos os recursos são considerados variáveis. Assim, a distinção entre custos fixos e variáveis também depende do exato ponto no tempo, no qual a próxima decisão será tomada.

C) Custo total

O custo total é a soma do custo fixo total e do custo variável total ($CT = CVT + CFT$). No curto prazo, ele irá aumentar somente com o aumento do CVT, uma vez que o CFT é um valor constante. O custo total médio (CTMe) para um determinado nível de produto é igual à soma do CVMe e CFMe ou, ainda, igual a:

$$CTMe = CT / Y \quad (10)$$

D) Custo marginal

O custo marginal (CMa) é definido como a variação no custo total dividido pela variação do produto:

$$CMa = \Delta CT / \Delta Y, \text{ ou ainda como } CFT \text{ não varia } CMa = \Delta CVT / \Delta Y \quad (11)$$

E) Custo operacional

Pode ser definido como o custo de todos os recursos de produção que exigem desembolso por parte da empresa para sua recomposição. Esquemáticamente, o custo operacional compõe-se de todos os itens de custo considerados variáveis adicionados de uma parcela dos custos fixos, e ainda pela parcela da mão de obra familiar que, embora não remunerada, realiza serviços básicos imprescindíveis ao desenvolvimento da atividade.

A finalidade do uso desse custo é mostrar, caso a empresa não tenha remuneração igual ou superior ao custo alternativo, se e quanto ela tem de resíduo que remunera em parte o capital, o tempo, a administração e recursos auto-renováveis.

3.1.3. Cadeias produtivas

Segundo PROCHNIK (2002), as cadeias produtivas resultam da crescente divisão do trabalho e maior interdependência entre os agentes

econômicos. Por um lado, as cadeias são criadas pelo processo de desintegração vertical e especialização técnica e social. Por outro lado, as pressões competitivas por maior integração e coordenação entre as atividades, ao longo das cadeias, ampliam a articulação entre os agentes.

Uma cadeia produtiva é um conjunto de etapas consecutivas pelas quais passam e vão sendo transformados e transferidos os diversos insumos, usualmente com foco no produto final. Esta definição abrangente permite incorporar diversas formas de cadeias. Segmentando-se longitudinalmente, pode-se ter uma *cadeia produtiva empresarial* onde cada etapa representa uma empresa (ou um conjunto de poucas empresas, que participam de um acordo de produção). O recurso a este tipo de cadeia é útil para a realização de análises empresariais, estudos de tecnologia e planejamento de políticas locais de desenvolvimento. Em um nível mais agregado, encontram-se as *cadeias produtivas setoriais*, nas quais as etapas são setores econômicos e os intervalos são mercados entre setores consecutivos.

Variando a amplitude do leque de produtos considerados, nos setores econômicos, obtêm-se cadeias mais ou menos desagregadas. Neste sentido, pode-se ter, por exemplo, a cadeia produtiva de rochas ornamentais ou a cadeia produtiva de granito.

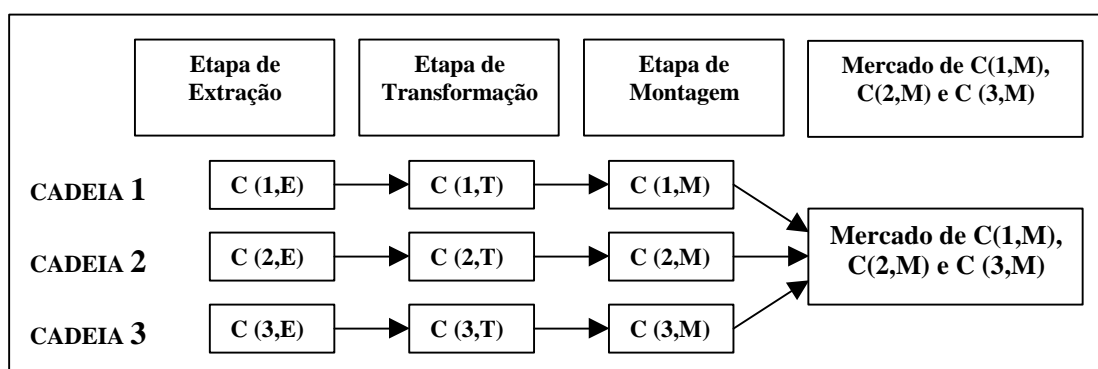
Duas cadeias são ditas concorrentes quando seus produtos finais servem a um mesmo mercado e as cadeias são relativamente independentes entre si. Cadeias concorrentes fabricam produtos substitutos. Em geral, o nível de desagregação de cadeias concorrentes está entre o das cadeias empresariais e o das setoriais. A cadeia produtiva de granito é diferente da cadeia produtiva de revestimentos cerâmicos, embora os produtos resultantes de cada uma delas tenham praticamente as mesmas utilizações.

Para PROCHNIK (2002), o conceito de cadeia produtiva é uma extensão da idéia de setor econômico, sendo que esta ampliação é vista como relevante por causa da crescente interdependência econômica e social entre os agentes. Para ele as evidências empíricas da maior interdependência entre os setores são numerosas, entre as quais a introdução e difusão dos métodos organizacionais

japoneses e outras técnicas de gestão moderna (como *supply chain management*), a generalização das formas de parcerias e cooperação e o aumento das economias de escala e de escopo das empresas.

Assim, na medida em que a competitividade das empresas depende do seu meio ambiente imediato, a arena concorrencial se amplia, deixando de ser apenas a dos mercados imediatos de venda de mercadorias e aquisição de insumos, para também incorporar mercados acima e abaixo da cadeia em que a empresa está atuando.

O trabalho de PROCHNIK (2002) discute o conceito de cadeia produtiva aplicado à análise da concorrência e utiliza a Figura 10 para representar as três diferentes formas de concorrência. No gráfico, os retângulos representam indústrias; as setas, mercados entre indústrias consecutivas. São hipóteses do esquema simplificado: (i) cada indústria só adquire uma única matéria-prima, com exceção das indústrias extrativas, a montante das cadeias, que não compram insumos correntes; (ii) a matéria-prima usada em uma indústria é totalmente produzida pela indústria que a antecede, com a óbvia exceção das indústrias extrativas; (iii) o nível de integração vertical para trás e para frente é semelhante em todas as empresas de cada indústria e restrito à própria indústria e (iv) são concorrentes os produtos das indústrias M1, M2 e M3. Os produtos das demais indústrias não são concorrentes entre si.



Fonte: PROCHNIK (2002)

Figura 10: Esquema simplificado de cadeias e etapas.

As cadeias são divididas em etapas, extração (E), transformação (T) e montagem (M). A divisão é arbitrária, a etapa de extração, por exemplo, poderia ser segmentada em extração e beneficiamento e a de montagem em peças, partes e montagem final.

A primeira forma de concorrência representada pela Figura 10 é a tradicional, entre as empresas de uma mesma indústria. A segunda forma de concorrência deriva-se do caráter estanque de cada cadeia. As vendas das indústrias finais, M1, M2 e M3, são iguais ao valor agregado pela suas respectivas cadeias. Assim, em cada cadeia, as empresas de uma indústria competem contra as firmas das demais, por uma parcela maior do valor agregado. Acordos de preços setoriais e rompimento de acordos são dois exemplos de estratégias com este objetivo. Pode-se sugerir também que, em uma cadeia, as indústrias com maior poder de mercado prevalecem sobre as demais. Acordos em uma indústria ou em uma cadeia envolvem, muitas vezes, empresas e indústrias com poder de barganha diferenciado.

A terceira forma de concorrência é caracterizada pela disputa entre indústrias motrizes diferentes. Os produtos das indústrias M1, M2 e M3 são substitutos e concorrem pelo mesmo mercado. Isto faz com que as empresas das demais indústrias dependam dos resultados da competição entre as indústrias finais. O processo de concorrência, nas indústrias terminais, envolve a todos e implica em uma terceira forma de concorrência, o confronto entre as cadeias produtivas.

Note-se, finalmente, a coexistência de competição e cooperação. As três formas de competição mencionadas - concorrência entre empresas de uma indústria, indústrias de uma cadeia e entre diferentes cadeias - se inter-relacionam de forma contraditória. As empresas de uma indústria competem entre si, mas têm interesses comuns frente às empresas das outras indústrias. As indústrias de uma cadeia, por sua vez, apesar de competirem entre si, são solidárias na disputa com outras cadeias.

3.2. Modelo analítico

3.2.1. Programação linear

A programação linear é útil para o apoio à tomada de decisão quando se visa a escolher uma alternativa dentre as diversas opções possíveis. Para isso se estabelece uma função objetivo, como, por exemplo, a maximização do lucro ou a minimização dos custos, sujeito às restrições envolvidas, tais como a disponibilidade de capital financeiro para investimento, de equipamentos e de matéria-prima.

Mais precisamente, a programação linear é um método de maximização de uma função linear, limitada por equações ou inequações também lineares. Matematicamente, um problema genérico de programação linear com n variáveis e m restrições pode ser expresso da seguinte forma (SANTOS FILHO, 1995):

$$\text{Maximizar (ou minimizar)} \sum_{j=1}^n C_j X_j = Z, \quad (12)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j (<, =, >) b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^n X_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (14)$$

Onde:

Z = valor da função objetivo a ser maximizada ou minimizada;

X_j = j -ésima variável de escolha;

C_j = coeficiente representando a contribuição por unidade da j -ésima variável de escolha;

a_{ij} = coeficiente técnico da j -ésima variável de escolha na i -ésima restrição; e

b_i = constante representando a disponibilidade da i -ésima restrição.

Um modelo de programação linear possui algumas características peculiares. A primeira delas diz respeito ao fato de se pressupor a existência de relações lineares entre as variáveis que compõem o modelo, em outras palavras,

os coeficientes utilizados apresentam comportamento constante. Outro fato marcante é a presença de inequações, que possibilitam tanto a não utilização dos recursos na íntegra, quanto à ausência de soluções negativas.

Espera-se que os problemas a serem estudados com programação linear permitam a incorporação de algumas pressuposições matemáticas estabelecidas sob este método. A primeira delas diz respeito a aditividade, isto é, as atividades alternativas devem ser aditivas de modo que o produto total obtido seja composto pela soma dos produtos individuais dessas alternativas. Outra suposição é a de proporcionalidade, ou seja, a soma dos recursos utilizados por cada atividade deve ser igual ao montante total de recursos. Admite-se ainda, que tanto os fatores quanto os produtos sejam infinitamente divisíveis, isto é, sejam contínuos. Outra pressuposição é aquela que diz respeito ao fato de que tanto o número de alternativas, quanto de restrições é finito. Por fim, a característica mais importante e talvez a mais comentada é a determinística, ou seja, pressupõem-se pleno conhecimento dos valores dos coeficientes técnicos, da disponibilidade de recursos e dos preços.

Conforme mencionado anteriormente, um dos fatores que pode influenciar a tomada de decisão em processos de planejamento é a incerteza. Considerando que a maior parte das decisões a serem tomadas, principalmente no que diz respeito à seleção de alternativas viáveis a serem seguidas, se baseia em algum tipo de previsão o que, por si só, já insere algum tipo de incerteza nestes processos. SHAPE (1978) define o risco como sendo a variabilidade do retorno de um investimento e CROCOMO (1979), citado em FERNANDES (2001), completa que quando se tem conhecimento sobre os eventuais resultados de uma decisão, pode-se dizer que se trata de uma situação de risco e quando não se têm especificações para a tomada de decisão, diz-se que se trata de incerteza. O risco pode ser considerado com uma situação onde os eventuais resultados obedecem a uma distribuição de probabilidade conhecida, e incerteza como uma situação na qual nada se conhece sobre a forma de ocorrência de resultados.

Para DILLON (1976) os modeladores devem se afastar da abordagem tradicional de representação das variáveis de maneira estocástica pelo seu nível

médio, e representar pelo menos aquelas mais influentes por suas distribuições de probabilidade, contornando desta forma parte do determinismo assumido nos modelos de programação linear e promovendo, assim, a análise de risco.

3.2.2. Análise de Risco

Como o modelo de programação linear não incorpora as variáveis de risco e incerteza é necessário associar este modelo a outro, que leve em consideração a distribuição de probabilidade. Para solucionar o problema, pode ser aplicado, simultaneamente, o método de programação linear com a técnica de simulação de Monte Carlo. Este método consiste na sucessiva resolução do problema determinístico de programação linear, em que a cada nova resolução os coeficientes aleatórios são substituídos por valores obtidos pelo emprego deste método de simulação.

O método de simulação de Monte Carlo pode ser descrito em etapas, conforme especificado a seguir:

- a) Identificação das variáveis a serem simuladas e seleção de uma distribuição de probabilidade que represente adequadamente cada uma delas;
- b) A partir de suas distribuições de probabilidade, seleciona-se ao acaso um valor para cada uma destas variáveis aleatórias;
- c) Cada vez que for escolhido um valor para a variável simulada, calcula-se o valor da variável dependente em estudo;
- d) Repete-se esse processo diversas vezes até que se possa estabelecer uma distribuição de frequência para a variável dependente. Quanto mais iterações forem feitas, mais confiável será a simulação.

Para MATOS (2002) uma variável aleatória pode assumir diversos valores com probabilidades diferentes de ocorrência. Entretanto, pode-se fazer inferências probabilísticas sobre estes valores por meio de sua função de distribuição de probabilidade. Repetindo-se um experimento um número significativo de vezes a probabilidade de a variável assumir um determinado

valor pode ser aproximada por sua frequência relativa de ocorrência neste experimento.

A dificuldade de se incluir risco em modelos de programação linear deve-se à representação correta da aleatoriedade das variáveis do modelo; portanto, o sucesso em processos de simulação estocástica dependerá, sobretudo, da distribuição de probabilidade escolhida para representar o comportamento destes elementos.

Foi utilizada a distribuição de probabilidade triangular para representar o comportamento das seguintes variáveis: preço do bloco, preço da chapa bruta, preço da chapa beneficiada, preço do ladrilho, custo de extração dos blocos, custo da serrada, custo do beneficiamento, custo do recorte e quantidade produzida em cada fase da cadeia. A escolha desta distribuição se deve ao fato de a mesma ser recomendada quando poucas informações ou apenas probabilidades subjetivas estão disponíveis, além de sua simplicidade de operação e flexibilidade quanto ao grau de assimetria (FERNANDES, 2001).

Os valores gerados aleatoriamente para estas variáveis foram obtidos por meio da distribuição uniforme, utilizando, portanto, o denominado “método de inversão”. De acordo com BUSTOS e ORGAMBIDE (1992) por esse método pode-se gerar valores amostrais de X com distribuição triangular de moda “b”, valor mínimo “a” e valor máximo “c”, a partir de um valor amostral “u” de uma variável uniformemente distribuída no intervalo [0, 1], fazendo:

$$x = a + \sqrt{u(b-a)(c-a)}, \quad (15)$$

$$\text{para } 0 \leq u \leq \frac{b-a}{c-a}, \text{ e} \quad (16)$$

$$x = c - \sqrt{(1-u)(c-b)(c-a)}, \quad (17)$$

$$\text{para } \frac{b-a}{c-a} \leq u \leq 1. \quad (18)$$

Segundo FERNANDES (2001) a função densidade de probabilidade da distribuição triangular é dada por:

$$f(x) = \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} \text{ se } a \leq x \leq b \quad (19)$$

$$f(x) = \frac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} \text{ se } b < x < c, \quad (20)$$

Em que:

a = valor mínimo da variável x;

b = valor mais provável da variável x; e

c = valor máximo da variável x.

A média da distribuição triangular é:

$$E(X) = \frac{a+b+c}{3} \quad (21)$$

e a variância é dada por:

$$s^2(X) = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18}. \quad (22)$$

3.3. Formulação do modelo de programação linear

Assumindo-se que objetivo primordial do produtor de granito é a maximização de sua receita¹⁴, tem-se o seguinte problema de programação linear:

Maximizar RT =

$$P(BL).Q(BL) + P(CB).Q(CB) + P(CBE).Q(CBE) + P(LA).Q(LA) \quad (23)$$

Sujeito a:

$$1) C_{BL} \cdot PME_{BL} + C_{CB} \cdot PME_{CB} + C_{CBE} \cdot PME_{CBE} + C_{LA} \cdot PME_{LA} = E \quad (24)$$

$$2) PME_{BL} \leq PMA_{BL} \quad (25)$$

$$3) PME_{BL} \geq 0 \quad (26)$$

$$4) PME_{CB} \leq PMA_{CB} \quad (27)$$

$$5) PME_{CB} \geq 0 \quad (28)$$

$$6) PME_{CBE} \leq PMA_{CBE} \quad (29)$$

¹⁴Num problema de maximização da receita sujeita ao custo pode-se interpretar a receita como sendo o lucro gerado pelo investimento.

$$7) \text{PME}_{\text{CBE}} \geq 0 \quad (30)$$

$$8) \text{PME}_{\text{LA}} \leq \text{PMA}_{\text{LA}} \quad (31)$$

$$9) \text{PME}_{\text{LA}} \geq 0, \quad (32)$$

Em que,

RT = Receita total obtida por meio do investimento, em R\$;

P(BL) = Preço médio do bloco recebido pelo produtor/revendedor, em R\$/m³;

Q(BL) = Quantidade vendida de bloco, em m³;

P(CB) = Preço médio da chapa bruta recebido pelo produtor/revendedor, em R\$/m²;

Q(CB) = Quantidade vendida de chapa bruta, em m²;

P(CBE) = Preço médio da chapa beneficiada recebida pelo produtor/revendedor, em R\$/m²;

Q(CBE) = Quantidade vendida de chapa beneficiada, em m²;

P(LA) = Preço médio do ladrilho recebido pelo produtor/revendedor, em R\$/m²;

Q(LA) = Quantidade vendida de ladrilho, em m²;

C_{BL} = Custo dos fatores de produção utilizados no processo de extração (ou custo de aquisição) de blocos, em R\$/m³;

PM_{BL} = Produção média das pedreiras, em m³;

C_{CB} = Custo dos fatores de produção utilizados no processo de serragem (ou custo de terceirização da serragem ou custo de aquisição da chapa bruta), em R\$/m²;

PM_{CB} = Produção média dos teares, em m²;

C_{CBE} = Custo dos fatores de produção utilizados no processo de polimento (ou custo de terceirização do polimento ou custo de aquisição da chapa beneficiada), em R\$/m²;

PM_{CBE} = Produção média da politriz, em m²;

C_{LA} = Custo dos fatores de produção utilizados no processo de recorte (ou custo de terceirização do recorte ou custo de aquisição do ladrilho), em R\$/m²;

PM_{LA} = Produção média da máquina de recorte, em m²;

E = Recurso financeiro disponível para investimento no processo de produção, em R\$;

PMA_{BL} = Produtividade máxima da pedreira, em m^3 ;

PMA_{CB} = Produtividade máxima do tear, em m^2 ;

PMA_{CBE} = Produtividade máxima da politriz, em m^2 .

PMA_{LA} = Produtividade máxima da máquina de recorte, em m^2 .

A primeira restrição indica que o produtor investirá seus recursos financeiros disponíveis “E”, em uma determinada combinação de produção que lhe forneça a maior receita possível. Já a segunda restrição indica que não se podem produzir mais blocos do que a capacidade produtiva da pedreira “ PMA_{BL} ”. A quarta restrição indica que não se podem produzir mais chapas brutas que a limitação dos teares “ PMA_{CB} ” disponível para a serragem de blocos. A terceira restrição estabelece que a produção das pedreiras não pode assumir valores negativos. Da mesma forma, as restrições seis e oito, afirmam que a produção de chapas beneficiadas e de ladrilhos é limitada respectivamente pela capacidade produtiva da politriz e da máquina de recorte. E finalmente, as restrições cinco, sete e nove indicam que a produção da serraria, da politriz e da máquina de recorte não pode ser negativa.

As variáveis que foram simuladas e que receberam uma distribuição de probabilidade foram o preço do bloco, o preço da chapa bruta, o preço da chapa beneficiada, o preço do ladrilho, o custo de extração dos blocos, o custo da serrada, o custo do beneficiamento, o custo do recorte, a produção da pedreira, a produção da serraria, a produção do beneficiamento e a produção do recorte.

3.4. Especificação do modelo

A equação da Maximização da Receita Total (23) considera a princípio uma empresa totalmente verticalizada, que controla os quatro elos da cadeia produtiva do granito. Sendo que a empresa mesmo sendo verticalizada, pode serrar os seus blocos, polir as suas chapas brutas e recortar as suas chapas

beneficiadas em outras empresas. Sendo o custo de desdobramento representado pelo valor pago pelo metro quadrado de chapa bruta produzida, o custo do beneficiamento representado pelo valor do metro quadrado de chapa polida e o custo do recorte pelo valor do metro quadrado recortado.

Para uma pedreira, a equação da Receita Total se resumiria ao preço recebido pela venda do bloco, multiplicado pela quantidade vendida, sujeita ao custo de extração dos blocos. Para uma serraria, a Receita Total seria o preço da chapa bruta, multiplicado pela quantidade vendida, sujeito ao custo de serragem somado ao custo de aquisição do bloco. A Receita da serraria poderia ser aumentada, com a utilização da capacidade ociosa dos teares para desdobrar blocos de outras empresas. Para uma empresa de beneficiamento, a Receita Total seria o preço recebido pela chapa beneficiada, multiplicado pela quantidade vendida, com a restrição do custo de aquisição das chapas brutas e do custo de beneficiamento. No recorte, a Receita é definida pelo preço do ladrilho vezes a quantidade vendida, com a restrição do custo de aquisição da chapa beneficiada e do custo de recorte. Da mesma forma que na serraria, as empresas que se especializaram no beneficiamento e no recorte, podem utilizar a capacidade ociosa da politriz e da máquina de recorte para polir chapas brutas e recortar chapas beneficiadas de outras empresas e obter uma receita extra. Existem também empresas que se focalizaram especificamente na comercialização de produtos da cadeia produtiva do granito, tanto no mercado interno, quanto no externo, como em ambos. A Receita Total destas empresas é definida pela quantidade vendida de cada material, multiplicada pelos seus respectivos preços, sujeita ao custo de aquisição de cada um dos produtos.

O modelo apresentando na sessão 3.3. considerou uma empresa integrada verticalmente, com os dados da sua produção média, custo médio e a metragem líquida (metragem comercializável dos produtos) de cada fase da cadeia produtiva. Algumas variações podem ser realizadas no modelo para se adaptar a realidade de cada empresa.

A primeira variação poderia ser feita com relação a empresas não integradas que teriam os resultados individuais conforme discutido

anteriormente. A segunda variação no modelo seria com relação à metragem bruta, em que os custos de produção seriam definidos de acordo com a produção bruta total resultante. Esta variação é necessária, porque existem tanto empresas que trabalham com a produção líquida, quanto empresas que trabalham com a metragem bruta. A terceira seria com relação aos dados da produção, que pode ser tanto a média, quanto a real. A última variação seria com relação à estrutura de custos, real ou média¹⁵.

Não foi possível promover a análise de todas as variações do modelo do processo de produção de granito na empresa estudada, em função da ausência de dados da produção bruta de cada um dos elos e dos custos reais de cada fator de produção. Alguns dados, principalmente do primeiro elo (pedreira) e do último (recorte), foram baseados em estimativas extraídas de entrevistas feitas com os funcionários, devido à inexistência das informações concretas. Por questão de simplificação do modelo, a quantidade produzida foi igualada a quantidade vendida para a apuração da receita em cada um dos elos da cadeia produtiva.

Na Pedreira é razoável aceitar a simplificação, pois só existem dados dos blocos que saem das pedreiras, sejam para venda ou para envio para a serraria da empresa. Os blocos que são extraídos e continuam na pedreira não são contabilizados. Na serraria, no beneficiamento e no recorte as quantidades produzidas no período analisado foram muito próximas das quantidades vendidas.

3.5. Fonte de Dados

Os dados referentes aos equipamentos, insumos, remuneração da mão-de-obra, valor do frete e preços foram coletados numa empresa representativa do setor que forneceu os dados reais utilizados no estudo. Os dados utilizados para alimentar o modelo foram os dados referentes ao mês de setembro de 2004 (Quadros 4 e 5).

¹⁵ Para a determinação do custo de produção é necessário criar alguns fatores para ratear os custos que não são absorvidos totalmente dentro do período de produção e para ratear os custos indiretos (Ver Apêndice F).

A empresa estudada explora atualmente 12 lavras, de diferentes tamanhos e de diferentes materiais. A estrutura industrial conta com 8 teares, sendo 4 jumbo. No mês analisado, apenas 7 estavam operando. Conta com 2 politrizes, uma de 16 cabeças e outra de 20. A politriz de 20 cabeças foi adquirida para substituir a de 16 que se encontra em manutenção há alguns meses.

3.6. Análise dos dados da empresa em estudo

A empresa estudada é uma empresa verticalizada e tem sua atenção voltada para 2 focos principais:

- 1º) venda de blocos no mercado interno
- 2º) venda de chapas beneficiadas no mercado externo

As vendas de chapas brutas, chapas polidas e ladrilhos no mercado interno é uma forma da empresa “limpar o pátio” e geralmente as negociações de preço são mais flexíveis, uma vez que com este tipo de venda a empresa recupera uma parte das perdas que teria com o material parado no seu galpão. Na empresa estudada só existe uma tabela de preços para blocos, chapas beneficiadas para exportação e chapas beneficiadas de material comercial (espessura de 2,0 cm) para o mercado interno.

Os blocos que não são classificados como comerciais ou de 1^a, não saem nem das pedreiras, pois o preço de venda das chapas de materiais de segunda não cobre o custo do seu desdobramento e beneficiamento. Investir na extração de blocos é um empreendimento muito arriscado, porque como são produtos naturais, não se pode garantir a qualidade do material a ser retirado e os investimentos exigidos são muito elevados. É comum ouvir relatos de “donos” de pedreiras que insistem em continuar a extrair blocos de frentes de lavras acreditando que conseguirão achar materiais de boa qualidade e acabam se endividando, em função dos altos custos de manutenção da atividade de lavra.

Pelos fatos citados anteriormente, uma pedreira consagrada (com histórico de extração de blocos de boa qualidade e padrão uniforme) pode valer

até cerca de 15 milhões de reais, sendo que os investimentos médios para iniciar a atividade de extração de uma frente média de lavra girem em torno de 1 milhão de reais.

É claro que existem diversos tipos de empresas e cada uma tem um foco diferente. As empresas que tem o seu foco na comercialização de chapas beneficiadas e ladrilhos no mercado interno, adotam políticas de preço mais estruturadas.

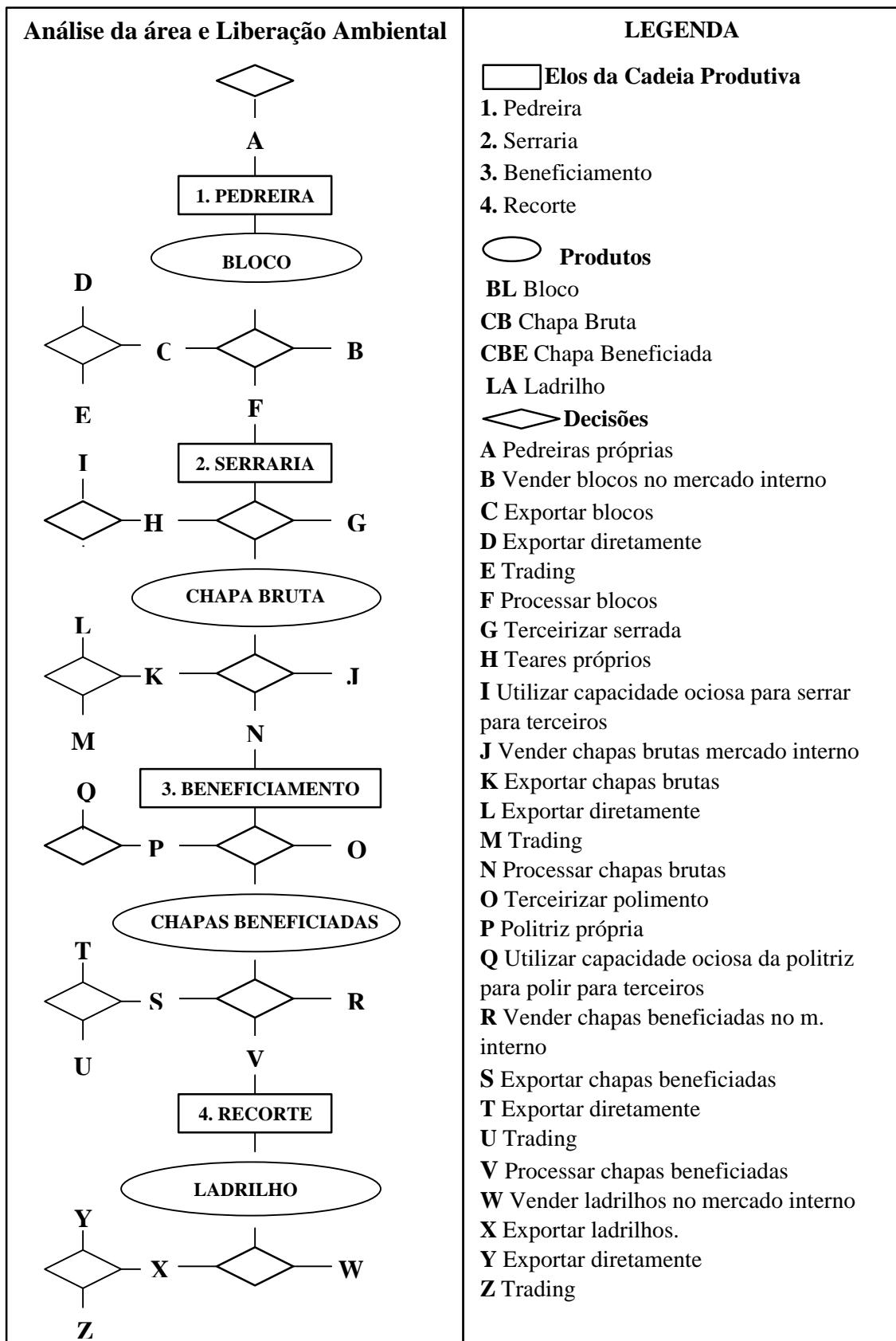
Acompanhando o crescimento do setor, a empresa estudada está ampliando os seus galpões e investindo na modernização e ampliação da fase de recorte, que no período analisado era ainda uma atividade pouco expressiva e não muito representativa da realidade deste elo da cadeia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Elos da cadeia produtiva capixaba de granito

As atividades da cadeia produtiva capixaba são bem correlacionadas, a *montante* e a *jusante*. Esta condição é satisfeita principalmente *a montante*, pela grande concentração de pedreiras no norte do estado (região de Nova Venécia, Barra de São Francisco e Baixo Guandu) e pelos fornecedores de máquinas e equipamentos no sul (região de Cachoeiro), no centro da cadeia, pela aglomeração das empresas de beneficiamento em Cachoeiro de Itapemirim e em Serra (na Grande Vitória). As atividades *a jusante* do beneficiamento são desempenhadas pelas marmorarias, as quais se encontram próximas ao mercado consumidor, nos grandes centros urbanos. Vale ressaltar que no segmento de marmorarias existem unidades modernas, bem equipadas e outras consideradas de “fundo de quintal”.

A Figura 11 permite a visualização da cadeia produtiva do granito, os seus elos, os produtos derivados de cada elo e o relacionamento entre as principais decisões que os empresários do setor precisam tomar ao longo da cadeia. Foram feitas algumas simplificações no diagrama da cadeia para facilitar a sua esquematização e posterior análise.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11: Diagrama da cadeia produtiva do granito.

A primeira simplificação foi com relação aos quatro tipos de processos de beneficiamento que podem gerar a chapa beneficiada (polimento, apicoagem, flameagem e jateamento), que foram todos considerados como realizados na politriz, o que não é correto. Somente a apicoagem e o polimento podem ser realizados neste equipamento.

A segunda simplificação foi feita com relação aos produtos resultantes da fase de recorte. Somente o ladrilho foi considerado. Estas simplificações podem ser feitas, porque a maior parte das chapas brutas são beneficiadas através do polimento e o principal produto resultante da fase de recorte, no contexto capixaba, é o ladrilho.

O primeiro elo da cadeia (**PEDREIRA**) inicia-se, normalmente, com a lavra de blocos em sistema a céu aberto, após um amplo estudo que consiste na identificação da área de exploração, determinada a partir de exames de documentação geológica sobre a área de interesse ou da visualização de um afloramento rochoso. A partir desse ponto, o interessado na exploração mineral deve garantir acesso à área por meio de autorização junto ao Departamento Nacional de Pesquisas Minerais - DNPM e órgãos regionais ou locais que tenham interferência nesse processo. Conseguindo a liberação da lavra, começa a fase de exploração da pedreira.

Após a extração dos blocos, o processo de industrialização caracteriza-se pela fase de desdobramento (**SERRARIA**), na qual se realiza a serragem desses blocos em chapas brutas, as quais são submetidas posteriormente ao polimento (**BENEFICIAMENTO**). Também podem ser cortados em dimensões menores, em equipamentos denominados “talha-blocos”, com o objetivo de produção de ladrilhos (**RECORTE**), ou, ainda, torneados em formato de colunas. Os materiais, muitas vezes refugados nas pedreiras, que não possuem dimensões apropriadas para blocos, são utilizados na feitura de mosaicos para tampos de mesa, objetos de adorno e artesanato mineral diverso.

No País, a maioria das empresas que realizam a lavra de rochas ornamentais e de revestimento mantém algum vínculo com grupos internacionais. Tais relações podem se dar em termos de associações, co-

participações, contratos de fornecimento exclusivo ou mesmo como executores de lavra por eles financiada.

Algumas pedreiras atuantes no Estado do Espírito Santo desenvolvem uma escala de produção superior a 1.000 m³ mensais. Além dessas, existe um outro grupo expressivo de pedreiras que operam em escalas relativamente superiores à média de 300 m³/mês, ou seja, na faixa dos 500 m³/mês, particularmente no norte do Estado, embora apresentem produção, em volume, que as caracterizariam como empresas de médio porte; na verdade, são estruturas que atendem a grandes demandas do mercado externo. Ressalta-se que, nos últimos cinco anos, tem sido observada uma relativa concentração da atividade produtora de rochas ornamentais. Empresas maiores ou com minas tecnologicamente mais modernas e com canais de comercialização consolidados têm aumentado a sua produção e participação no setor, enquanto empresas menores e com tecnologia inferior têm encerrado as suas atividades (NERY & SILVA, 2001).

4.1.1. Pedreira

No Estado do Espírito Santo, normalmente, a extração de rochas ornamentais (DECISÃO A: Pedreiras Próprias), costuma ocorrer a céu aberto em cava, em flanco ou por aproveitamento de matacões.

As operações de lavra em matacões consistem de individualizações de pranchas normalmente com furação contínua, realizada com martelos pneumáticos. Cada prancha fatiada é recortada em blocos, em tamanho a depender da capacidade volumétrica do tear para onde o bloco vai ser destinado.

As lavras desenvolvidas a partir de matacões são normalmente limitadas a cada matacão individualizado, mas sempre buscando envolver um maior número possível de matacões, numa mesma circunvizinhança. Esses matacões podem ser originados por descolamento de blocos das encostas de morros, decorrentes de esfoliações ou planos de fraturas, sendo transportados por gravidade (rolados) até a base dessas encostas, ou podem decorrer de fraturas nas

rochas, sem sofrer transporte, permanecendo individualizados em blocos no local onde são formados, constituindo concentrações desses materiais. Esse fato permite que as operações de lavra sejam flexibilizadas, permitindo a adoção de técnicas de extração a baixo custo.

Essas pedreiras, apesar do baixo custo, raramente permitem produção em grande escala, sendo desenvolvidas numa faixa entre 50 a 100 m³. Em muitos casos, verifica-se uma significativa variação do tipo de material, raramente obtendo-se a manutenção de padrões uniformes, principalmente quanto a colorações e texturas (NERY & SILVA, 2001).

As lavras sobre maciços rochosos permitem a aplicação de diferentes métodos, a depender das condições topográficas e da disposição dos corpos rochosos. Tanto por cava em lavra de bancadas ou por lavra em flanco, as operações com vista à produção de blocos podem envolver equipamentos específicos, particularmente *flame jet* (maçarico), *slot drill* (furação contínua), fio diamantado, consistindo de furação coplanar e paralela realizada por marteleiros pneumáticos, com uso de explosivos, bem como lavras com fios diamantados, por vezes sendo permitida a associação de mais de uma técnica. A operação desses equipamentos apresenta vantagens em relação àquelas convencionais, desenvolvidas sobre matacões, em virtude de permitir alta produtividade, maior seletividade dos materiais e obtenção de materiais com padronagem mais uniforme.

4.1.2. Serraria

NERY & SILVA (2001) estimam que, no máximo, 35% da produção oriunda das pedreiras de mármore e granitos sejam exportados diretamente na forma de blocos (DECISÃO C: Exportar blocos), que podem ser remitidos ao exterior por meios de canais estabelecidos pela própria pedreira (DECISÃO D) ou através de uma *trading*¹⁶ (DECISÃO E). Dos 65% destinados a

¹⁶ A atividade dessas empresas não se confunde com a de produção para exportação ou de representação comercial internacional, caracteriza-se, especialmente, pela aquisição de mercadorias no mercado interno para posterior exportação.

desdobramento no País, uma parte é destinada também ao mercado externo de chapas, ladrilhos, tampos de mesa, bancadas de pias, colunas, entre outros, sendo o restante consumido no mercado interno. Assim, muitos desses blocos desdobrados no Brasil são transportados para unidades de teares normalmente fora das áreas de lavra e circunscritas em perímetros urbanos. Essas unidades de desdobramento podem ser do mesmo dono da pedreira (DECISÃO F: Processar os blocos), ou pertencer a empresas não produtoras de blocos (DECISÃO B: Vender blocos no mercado interno) e ainda podem ser encaminhados a empresas que prestem serviço de serragem de blocos (DECISÃO G: Terceirizar o serviço de serrada). Os pólos que acumulam os maiores números de teares são Cachoeiro do Itapemirim, Nova Venécia e Serra. Quando o empresário decide integrar os dois primeiros elos da cadeia (DECISÃO H: Teares próprios), pode utilizar a capacidade ociosa dos teares para serrar blocos de terceiros (DECISÃO I).

As chapas brutas resultantes do desdobramento podem ser vendidas no mercado interno (DECISÃO J), exportadas (DECISÃO K), por meios próprios (DECISÃO L) ou pelas *Tradings* (DECISÃO M) e ainda podem continuar no processo de produção da empresa, integrando o terceiro elo da cadeia produtiva (DECISÃO N: Processar chapas brutas).

A indústria de desdobramento nacional tem passado por uma considerável atualização do seu parque industrial, em que teares e politrizes obsoletos estão sendo substituídos por equipamentos de maior capacidade de corte e polimento. Existem empresas que vêm acompanhando o lançamento de novas tecnologias de corte, a exemplo do tear a fio diamantado, que propicia um rápido desdobramento dos blocos, além de gerar chapas com elevado nível de acabamento, propiciando a elevação da qualidade e a redução do custo com polimento.

Estima-se que existam no País, aproximadamente, 1.600 teares em atividade, os quais possuem capacidade de desdobramento variável de acordo com o modelo de cada equipamento. Tais capacidades têm evoluído bastante nos últimos anos, existindo aqueles de menor porte, com capacidade de desdobramento equivalente a 35 m³/mês, até os de maior porte de 120 m³/mês

(jumbo), todos utilizando sistemas de corte baseados no atrito a úmido de lâminas de ferro e lama abrasiva (mistura de granalha, cal e água) com o bloco. (NERY & SILVA, 2001). Os teares tecnologicamente mais avançados utilizam fios diamantados para o corte de chapas, com o mesmo princípio de corte realizado nas frentes de lavra. Enquanto um tear convencional leva cem horas para serrar um bloco de 6 m³, o de lâminas diamantadas pode levar apenas dez horas. Seu preço, no mercado interno, atinge aproximadamente R\$ 350.000,00. O custo de instalação é estimado em R\$ 200.000,00, 50% na engenharia básica e 50% na estação para tratamento de água. Já o convencional de segunda mão pode ser adquirido até por R\$ 30.000,00. Seus gastos de instalação são avaliados em R\$ 70.000,00 (SPÍNOLA, 2002).

Existem também os equipamentos conhecidos por “talha-blocos”, utilizados para o corte de blocos com dimensões menores do que aqueles destinados aos teares e para bloquetes, os quais podem possuir dimensões variáveis de 30x30cm e 40x40 cm, com o objetivo de produção de lajotas com espessura de 2 cm para pisos.

4.1.3. Beneficiamento

Os empresários do setor podem optar por integrar o beneficiamento das chapas brutas com equipamentos próprios (DECISÃO P) aos dois primeiros elos da cadeia, reduzindo assim os custos com transação do setor, podendo utilizar a capacidade ociosa da politriz para polir chapas brutas de terceiros (DECISÃO Q), ou podem terceirizar o polimento das chapas brutas (DECISÃO O). As chapas beneficiadas tanto podem ser vendidas no mercado interno (DECISÃO R), quanto exportadas (DECISÃO S), diretamente pelos canais de distribuição da empresa no mercado internacional (DECISÃO T) ou indiretamente através de uma *trading* (DECISÃO U), como podem também ser enviadas para o quarto elo da cadeia, fase de RECORTE (DECISÃO V).

4.1.4. Recorte (Marmorarias)

A fase de recorte pode tanto ser um elo isolado da cadeia (marmoraria), que compra as chapas de outras empresas, como pode ser um elo integrado aos anteriores de uma empresa verticalizada (DECISÃO V).

Neste elo da cadeia, as chapas beneficiadas são recortadas em diversos tipos de produtos, entre eles se destacam as peças isoladas como bancadas, soleiras, tampos de mesa, rodapés e objetos de decoração. As empresas podem vender os seus produtos tanto no mercado interno (DECISÃO W), quanto no mercado externo (DECISÃO X). Como nos elos anteriores da cadeia, as empresas de recorte podem promover diretamente as exportações dos seus produtos (DECISÃO Y), como podem também utilizar as empresas comerciais exportadoras (DECISÃO Z).

Atualmente, existe no Brasil algumas indústrias de recorte que possuem condições técnica e instrumental para a produção de bens semi-manufaturados tais como, ladrilhos padronizados, colunas, mosaicos, objetos de adorno em quantidade e qualidade competitivas no cenário internacional ou, ainda, para a produção de bens manufaturados de acabamento final, na forma de pias, bancadas e soleiras. Com uma ressalva para a grande maioria das marmorarias (empresas que são normalmente isoladas dos 3 elos anteriores da cadeia), que encontram-se sucateadas e concentram a sua produção no mercado interno.

4.2. Análise dos resultados

Os dados da empresa estudada foram lançados em 4 modelos: o primeiro considera a empresa totalmente integrada verticalmente, controlando os 4 elos da cadeia produtiva do granito, em que o custo de aquisição da matéria-prima de cada elo é igual ao custo de produção do produto resultante da fase anterior, utilizando os dados da produção média de acordo com a modelagem apresentada no modelo analítico. O segundo considera que a empresa estudada foi dividida em 4 outras, cada uma representando uma única fase da cadeia (PEDREIRA,

SERRARIA, BENEFICIAMENTO e RECORTE), sendo que o custo de aquisição da matéria-prima é igual ao preço de venda do produto da fase anterior e considerando a produção média de cada fase. Os resultados dos modelos 1 e 2 foram organizados no Quadro 4.

No terceiro modelo foi trabalhado com os dados da produção real na cadeia integrada e no quarto trabalhou-se com os dados da produção real na cadeia não integrada, que foram retratados no Quadro 5.

Neste ponto cabe ressaltar que foi feita uma extrapolação ao se trabalhar com os dados isolados de cada elo da cadeia de uma única empresa integrada verticalmente, como sendo empresas isoladas. Considerando apenas que o preço de venda do produto resultante da fase anterior fosse igual ao custo de aquisição da fase posterior, sem considerar nenhuma taxa de transferência de um elo para o outro.

Pela análise dos dados do Quadro 4 pode-se concluir que na cadeia integrada verticalmente, e com os dados da produção média, a Receita Total é 19% menor que na cadeia não integrada. No entanto, ao se comparar os custos das duas cadeias, observa-se que estes aumentaram mais que as receitas na cadeia não integrada, em função do aumento do custo de aquisição da matéria-prima em cada um dos elos.

Como os custos da cadeia não integrada (custo de cerca de 70% a mais do que o apresentado na cadeia integrada) cresceram mais que proporcionalmente ao crescimento da receita de 19%, o lucro gerado nesta cadeia foi 9% menor do que o obtido na cadeia integrada.

Os resultados obtidos através da análise de custo com os dados da produção real (Quadro 5) do período analisado foram similares aos obtidos com os dados da produção média (Quadro 4). Ambos indicaram que é mais rentável promover a integração vertical da cadeia, em função da economia de custo e da maior coordenação entre os seus elos.

Quadro 4: Comparação dos dados de uma cadeia produtiva de granito integrada verticalmente e uma cadeia não integrada com dados da produção média

1	PEDREIRA	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Blocos	2.519.695,63	2.852.155,78	R\$
	Preço Médio do Bloco	985,89	985,89	R\$/m ³
	Custo de Extração	789.329,12	789.329,12	R\$
C_{BL}	Custo de Extração	272,84	272,84	R\$/m ³
PME_{BL}	Produção Média da Pedreira	2.892,976	2.892,976	m ³
	Quantidade Enviada para a Serraria	466,253	-	m ³
	Lucro Bruto	1.730.366,51	2.062.826,66	R\$
	Lucro Bruto	713,05	713,05	R\$/m ³
2	SERRARIA	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Chapas Brutas	533.920,65	1.102.658,72	R\$
	Preço Médio da Chapa Bruta	64,11	64,11	R\$/m ²
	Custo Total da Serraria	382.897,87	672.522,07	R\$
C_{CB}	Custo Total da Serraria	22,26	39,10	R\$/m ²
	Custo de Aquisição do Bloco	158.914,94	448.539,14	R\$
	Custo de Aquisição do Bloco	9,24	26,08	R\$/m ²
	Custo da Serrada	223.982,93	223.982,93	R\$
	Custo da Serrada	13,02	13,02	R\$/m ²
PME_{CB}	Produção Média da Serraria	17.198,59	17.198,59	m ²
	Quantidade Enviada para Polimento	13.589,92	-	m ²
	Lucro Bruto	151.022,78	430.136,65	R\$
	Lucro Bruto	41,85	25,01	R\$/m ²
3	BENEFICIAMENTO	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Chapas Beneficiadas	1.958.975,27	2.024.736,63	R\$
	Preço Médio Chapa Beneficiada	97,37	97,37	R\$/m ²
	Custo Total do Beneficiamento	583.813,38	1.454.023,17	R\$
C_{CBE}	Custo Total do Beneficiamento	28,08	69,93	R\$/m ²
	Custo de Aquisição da Chapa Bruta	462.933,59	1.333.143,37	R\$
	Custo de Aquisição da Chapa Bruta	22,26	64,11	R\$/m ²
	Custo do Beneficiamento	120.879,80	120.879,80	R\$
	Custo do Beneficiamento	5,81	5,81	R\$/m ²
PME_{CBE}	Produção Média do Beneficiamento	20.793,54	20.793,54	m ²
	Quantidade Enviada para Recorte	948,98	-	m ²
	Lucro Bruto	1.375.161,88	570.713,45	R\$
	Lucro Bruto	69,30	27,45	R\$/m ²
4	RECORTE	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Ladrilhos	80.354,61	80.354,69	R\$
	Preço Médio Ladrilho	58,08	58,08	R\$/m ²
	Custo Total do Recorte	61.267,80	157.135,50	R\$
C_{LA}	Custo Total do Recorte	44,29	113,58	R\$/m ²
	Custo de Aquisição da Chapa Beneficiada	38.842,29	134.709,97	R\$
	Custo de Aquisição da Chapa Beneficiada	28,08	97,37	R\$/m ²
	Custo do Recorte	22.425,51	22.425,53	R\$
	Custo do Recorte	16,21	16,21	R\$/m ²
PME_{LA}	Produção Média do Recorte	1.383,44	1.383,44	m ²
	Lucro Bruto	19.086,81	(76.780,81)	R\$
	Lucro Bruto	13,80	(55,50)	R\$/m ²
MÉDIA	RECEITA TOTAL	R\$ 5.092.946,16	R\$ 6.059.905,82	19%
	RESTRICÇÕES *	R\$ 1.817.308,18	R\$ 3.073.009,86	69%
	LUCRO BRUTO TOTAL	R\$ 3.275.637,99	R\$ 2.986.895,95	- 9%

Fonte: Elaborado pela autora.

* Restrições: sujeito a $(C_{BL} \cdot PME_{BL} + C_{CB} \cdot PME_{CB} + C_{CBE} \cdot PME_{CBE} + C_{LA} \cdot PME_{LA})$

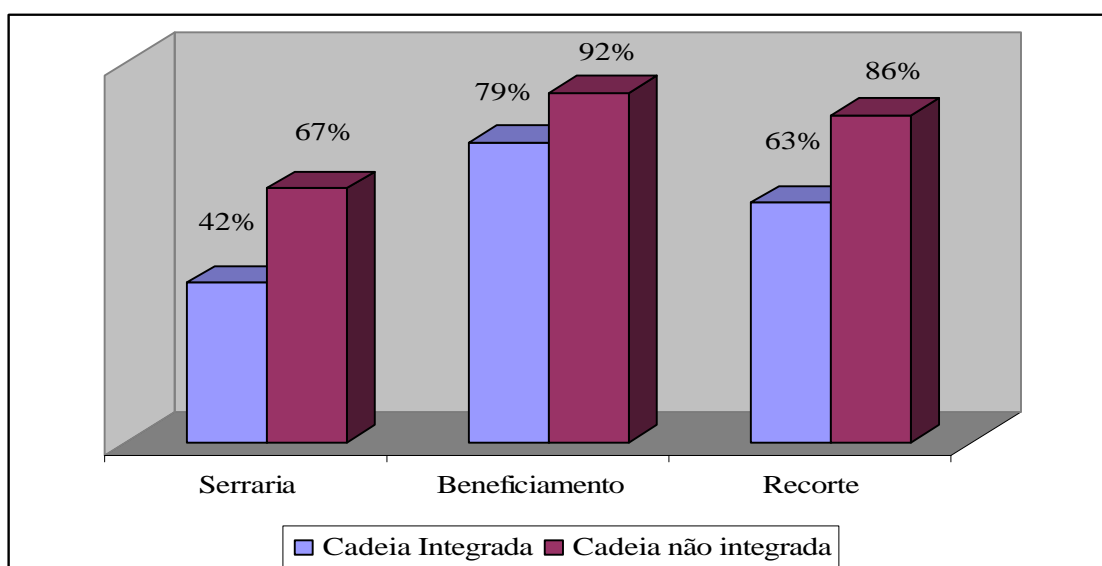
Quadro 5: Comparação dos dados de uma cadeia produtiva de granito integrada verticalmente e uma cadeia não integrada com dados da produção real

1	PEDREIRA	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Blocos	2.519.695,63	2.852.155,78	R\$
	Preço Médio do Bloco	985,89	985,89	R\$/m ³
	Custo de Extração	789.329,12	789.030,18	R\$
C_{BL}	Custo de Extração	272,84	272,74	R\$/m ³
PRE_{BL}	Produção Real da Pedreira	2.892,98	2.892,98	m ³
	Quantidade Enviada para a Serraria	466,253	-	m ³
	Lucro Bruto	1.730.366,51	2.063.125,60	R\$
	Lucro Bruto	713,05	713,15	R\$/m ³
2	SERRARIA	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Chapas Brutas	466.687,67	1.035.425,74	R\$
	Preço Médio da Chapa Bruta	64,11	64,11	R\$/m ²
	Custo Total da Serraria	359.551,24	631.516,03	R\$
C_{CB}	Custo Total da Serraria	22,26	39,10	R\$/m ²
	Custo de Aquisição do Bloco	149.225,34	421.190,13	R\$
	Custo de Aquisição do Bloco	9,24	26,08	R\$/m ²
	Custo da Serrada	210.325,90	210.325,90	R\$
	Custo da Serrada	13,02	13,02	R\$/m ²
PRE_{CB}	Produção Real da Serraria	16.149,93	16.149,93	m ²
	Quantidade Enviada para Polimento	13.589,92	-	m ²
	Lucro Bruto	107.136,43	403.909,71	R\$
	Lucro Bruto	41,85	25,01	R\$/m ²
3	BENEFICIAMENTO	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Chapas Beneficiadas	2.213.814,26	2.279.575,62	R\$
	Preço Médio Chapas Beneficiadas	97,37	97,37	R\$/m ²
	Custo Total do Beneficiamento	657.293,77	1.637.030,58	R\$
C_{CBE}	Custo Total do Beneficiamento	28,08	69,93	R\$/m ²
	Custo de Aquisição da Chapa Bruta	521.199,70	1.500.030,58	R\$
	Custo de Aquisição da Chapa Bruta	22,26	64,11	R\$/m ²
	Custo do Beneficiamento	136.094,07	136.094,07	R\$
	Custo do Beneficiamento	5,81	5,81	R\$/m ²
PRE_{CBE}	Produção Real do Beneficiamento	23.410,68	23.410,68	m ²
	Quantidade Enviada para Recorte	948,98	-	m ²
	Lucro Bruto	1.556.520,50	642.545,04	R\$
	Lucro Bruto	69,30	27,45	R\$/m ²
4	RECORTE	Integrada	Não Integrada	Unidade
RT	Receita com Ladrilhos	55.120,70	55.120,70	R\$
	Preço Médio Ladrilhos	58,08	58,08	R\$/m ²
	Custo Total do Recorte	42.027,75	107.789,83	R\$
C_{LA}	Custo Total do Recorte	44,29	113,58	R\$/m ²
	Custo de Aquisição da Chapa Benefic.	26.644,57	92.406,64	R\$
	Custo de Aquisição da Chapa Benefic.	28,08	97,37	R\$/m ²
	Custo do Recorte	15.383,18	15.383,18	R\$
	Custo do Recorte	16,21	16,21	R\$/m ²
PRE_{LA}	Produção Real do Recorte	948,99	948,99	m ²
	Lucro Bruto	13.092,94	(52.669,13)	R\$
	Lucro Bruto	13,80	(55,50)	R\$/m ²
REAL	RECEITA TOTAL	R\$ 5.255.318,26	R\$ 6.622.277,84	18%
	CUSTOS DE PRODUÇÃO	R\$ 1.848.201,88	R\$ 3.165.366,62	71%
	LUCRO BRUTO TOTAL	R\$ 3.407.116,38	R\$ 3.056.911,21	-10%

Fonte: Elaborado pela autora.

Um outro fator que diferencia as duas cadeias é que o lucro e a rentabilidade da cadeia integrada são evidenciados após o beneficiamento, já na cadeia não integrada são mais expressivos na pedreira e na serraria, fases em que o custo da matéria-prima não é tão expressivo na composição do custo dos produtos.

A principal razão encontrada para a maior rentabilidade da cadeia integrada se deve ao controle da matéria-prima, principal fator na determinação dos custos dos produtos resultantes de cada fase do processo. Na figura 12 pode-se visualizar que a participação relativa da matéria-prima na composição do custo de produção dos produtos resultantes de cada fase do processo é maior na cadeia não integrada.



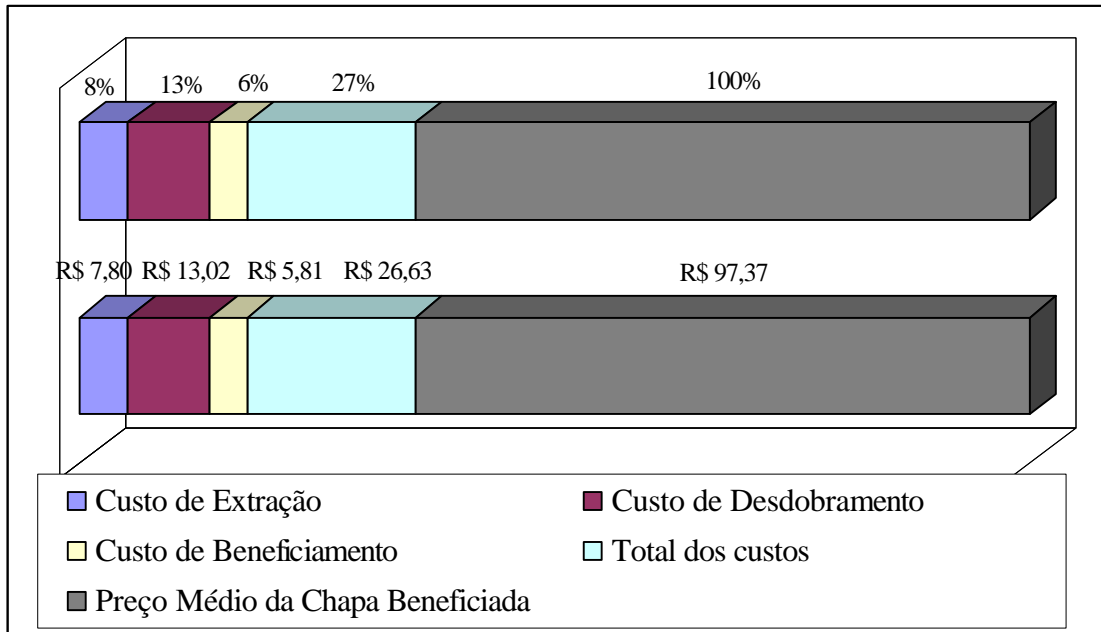
Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 12. Participação da matéria-prima na composição do custo do produto resultante de cada elo.

Na etapa da serraria da cadeia não integrada, o custo de aquisição do bloco representou 67% do custo de produção da chapa bruta, enquanto que na cadeia integrada foi de 42%. No beneficiamento e no recorte da cadeia não integrada a participação relativa da chapa bruta e da chapa beneficiada, foram ainda mais representativas na composição do custo da chapa beneficiada e do

ladrilho, representando 92% e 86%. Enquanto que na cadeia integrada foi de 79% e 63%, respectivamente.

A figura 13 apresenta a participação dos demais custos no preço da chapa beneficiada¹⁷. Como se pode analisar na figura, a soma dos custos de extração, desdobramento e beneficiamento representam 27% do preço médio da chapa beneficiada.

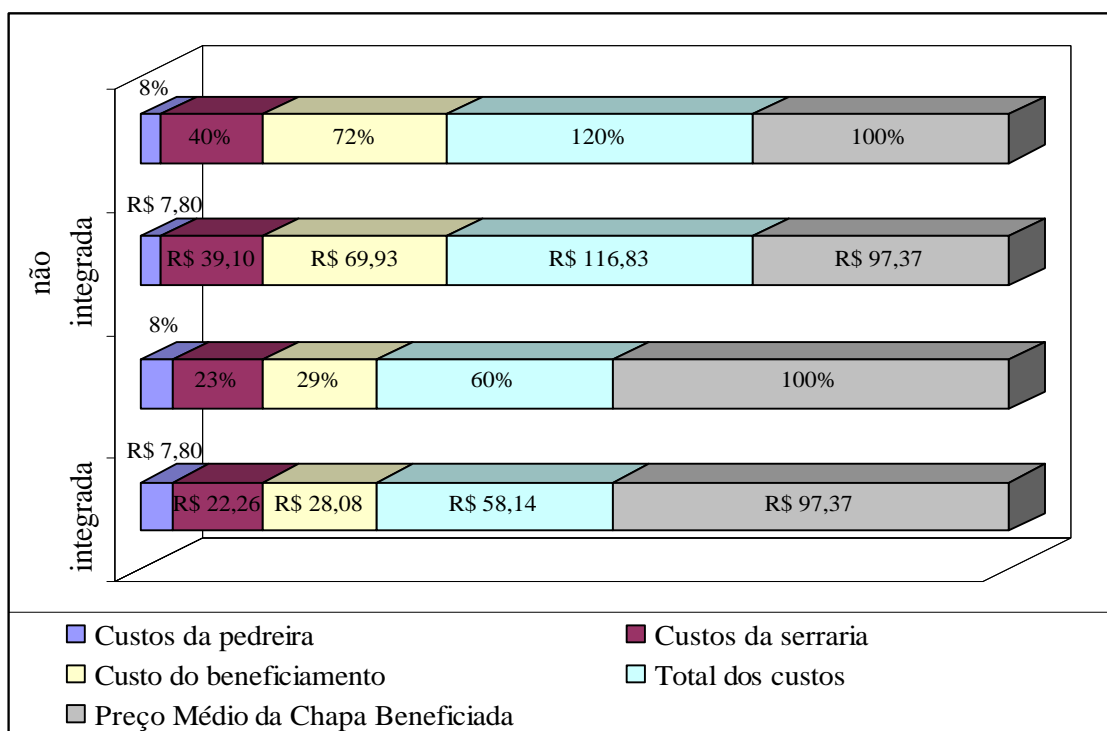


Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 13. Participação dos demais custos de produção no preço médio da chapa beneficiada.

A figura 14 apresenta uma comparação dos custos totais com o preço da chapa beneficiada. Ao se incluir o custo de aquisição da matéria-prima, a participação dos custos no preço da chapa beneficiada sobe de 27% para 60% na cadeia integrada e para 112% na cadeia não integrada. Evidenciando mais uma vez a importância da matéria-prima na definição do lucro e da rentabilidade da cadeia produtiva do granito.

¹⁷ Não foi trabalhado com o preço do ladrilho, em função da pouca expressão que este produto tem na empresa estudada.



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 14. Participação dos custos totais no preço médio da chapa beneficiada.

4.3. Análise de risco no processo de produção de granito

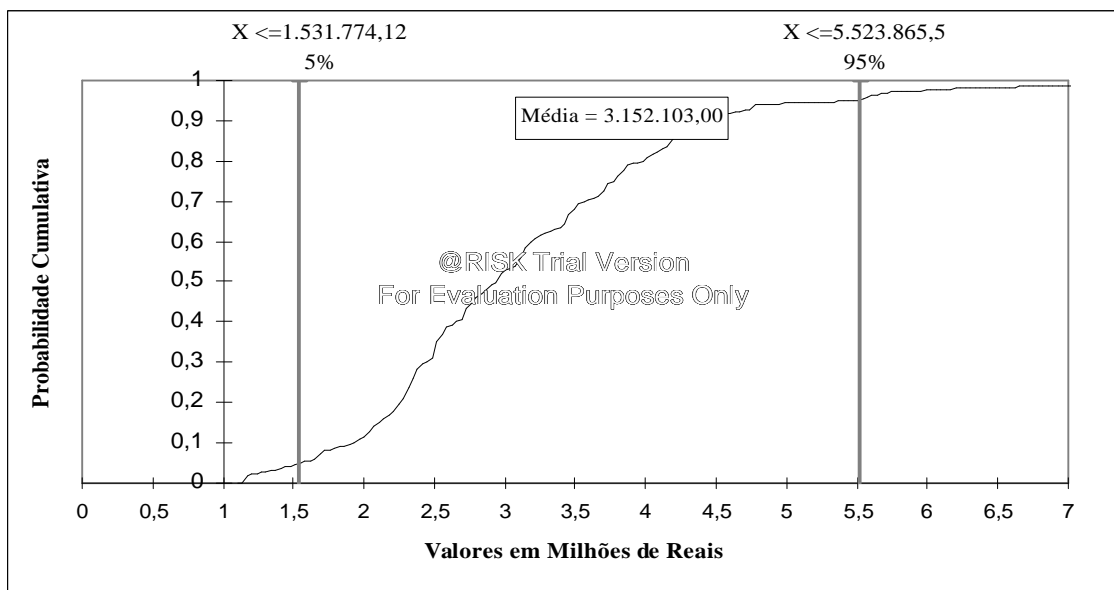
Visando conhecer a influência de cada uma das variáveis no resultado operacional das 4 variações do modelo, apresentadas na seção anterior, foi promovida a análise de risco através do Software @Risk versão 4.5 for Excel (PALISADE, 2004).

As variáveis que foram simuladas nas 4 variações do modelo e que receberam uma distribuição de probabilidade foram os preços dos produtos resultantes de cada elo da cadeia (bloco, chapa bruta, chapa beneficiada e ladrilho), os seus custos de produção desconsiderando o custo da matéria-prima (extração, serragem, beneficiamento e recorte) e a quantidade produzida (que foi considerada igual à quantidade vendida).

A técnica de simulação utilizada foi a de Monte Carlo e a distribuição de probabilidade foi a triangular. Para que o software @Risk gerasse as

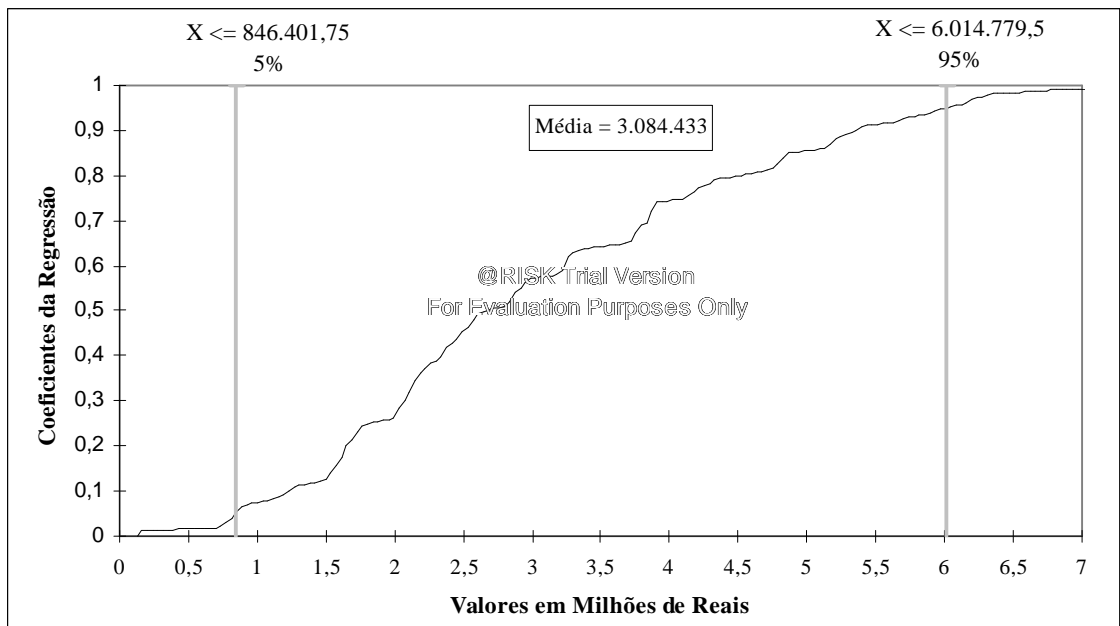
distribuições de probabilidade para as variáveis, foram informados ao sistema os seus valores mínimos, médios e máximos.

As Figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam os resultados das simulações para as 4 variações do modelo (cadeia integrada com produção média, cadeia não integrada com produção média, cadeia integrada com produção real e cadeia não integrada com produção real). Os formatos das curvas de probabilidade cumulativa foram similares, apresentado melhores resultados para a cadeia integrada comparativamente a não integrada.



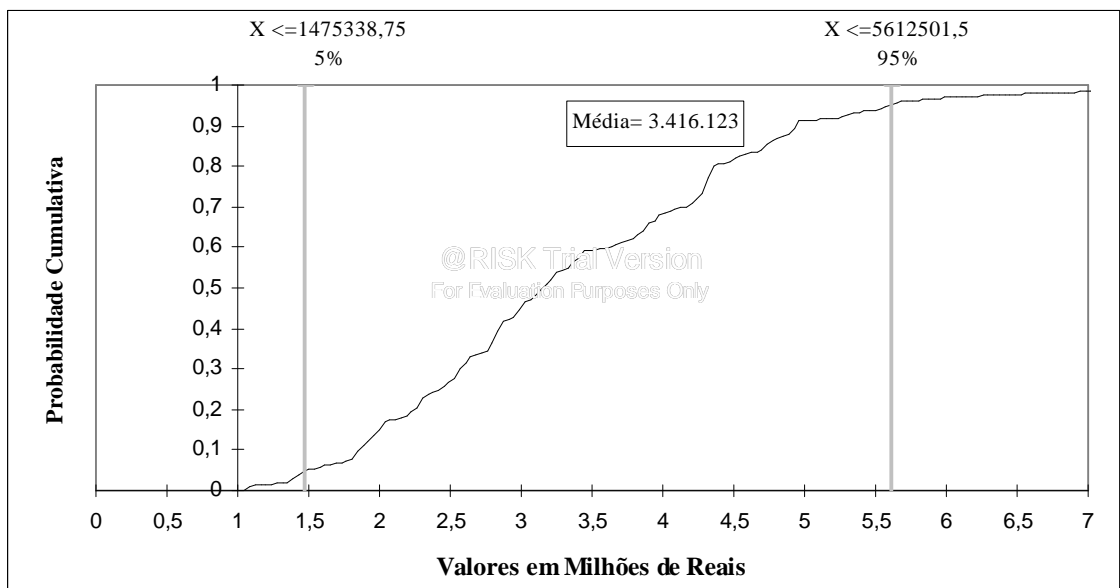
Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 15. Distribuição do lucro bruto na cadeia integrada com dados da produção média.



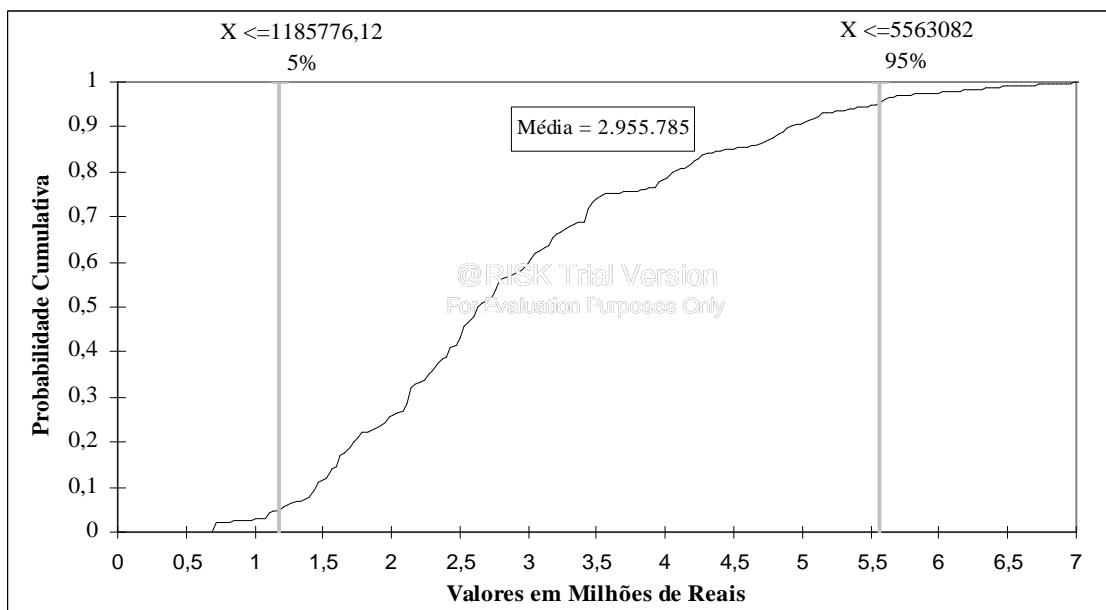
Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 16: Distribuição do lucro bruto na cadeia não integrada com dados da produção média.



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 17: Distribuição do lucro bruto na cadeia integrada com dados da produção real.



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 18: Distribuição do lucro bruto na cadeia não integrada com dados da produção real.

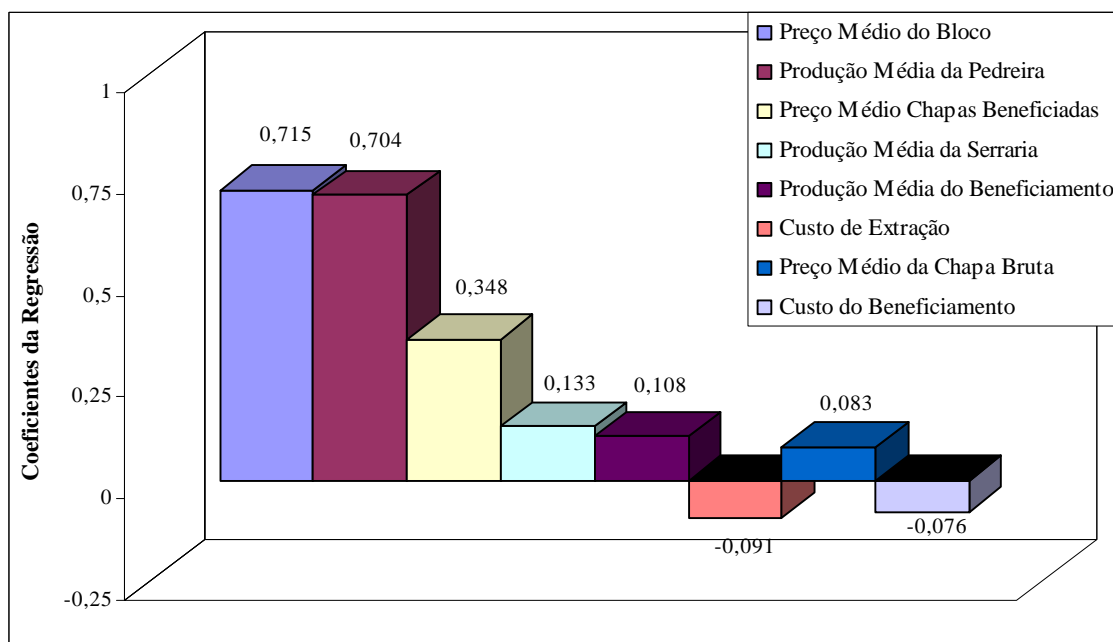
As simulações não apresentaram grandes variações entre os resultados estatísticos da produção média e real (Quadro 6), com ressalvas para a maior dispersão dos dados da cadeia não integrada, que tende a apresentar valores mínimos abaixo dos apresentados nas simulações da cadeia integrada, mas ainda positivos. Dentre as interações realizadas, nenhuma apresentou prejuízo operacional. Nesse sentido, pode-se afirmar que, sob as condições consideradas na concepção do modelo e com os dados da empresa estudada, o risco envolvido no investimento na cadeia produtiva de granito, integrada ou não, seria nulo. Cabe ressaltar que no modelo trabalhou-se apenas com os dados operacionais e que não se levou em consideração às taxas de retorno do investimento.

Quadro 6: Comparação das estatísticas da regressão do lucro bruto total

	Produção Média		Produção Real	
	Integrada	Não Integrada	Integrada	Não Integrada
Mínimo	1.097.941,00	85.450,26	1.009.341,00	656.943,70
Média	3.152.103,00	3.084.433,00	3.416.123,00	2.955.785,00
Máximo	8.038.908,00	7.729.185,00	8.615.515,00	7.117.432,00
Desvio Padrão	1.198.816,00	1.599.586,00	1.360.894,00	1.354.837,00
Variância	1,44E+12	2,56E+12	1,85E+12	1,84E+12
Moda	2.493.950,00	3.864.381,00	2.559.429,00	2.505.030,00
5%	1.531.774,00	846.401,80	1.475.339,00	1.185.776,00
95%	5.523.866,00	6.014.780,00	5.612.502,00	5.563.082,00

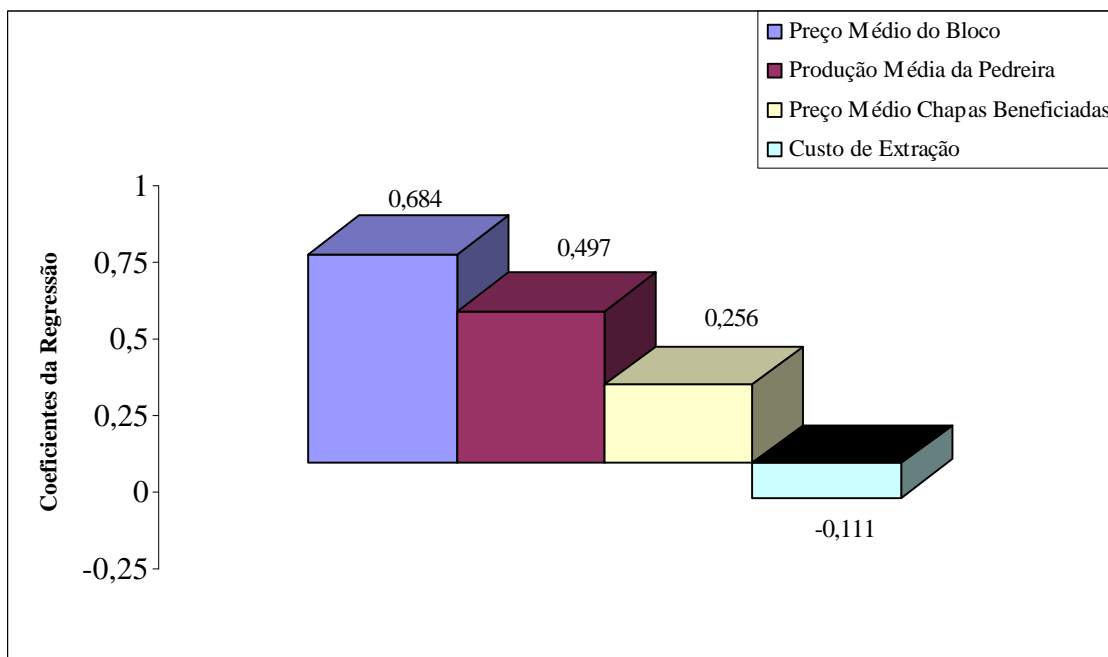
Fonte: Dados da Pesquisa

A análise de sensibilidade apresentada nas Figuras 19, 20, 21 e 22 indicou que as variáveis mais significativas na determinação do lucro da cadeia produtiva de granito foram o preço do bloco, a produção da pedreira, o preço das chapas beneficiadas e as quantidades produzidas pela serraria e pelo beneficiamento.



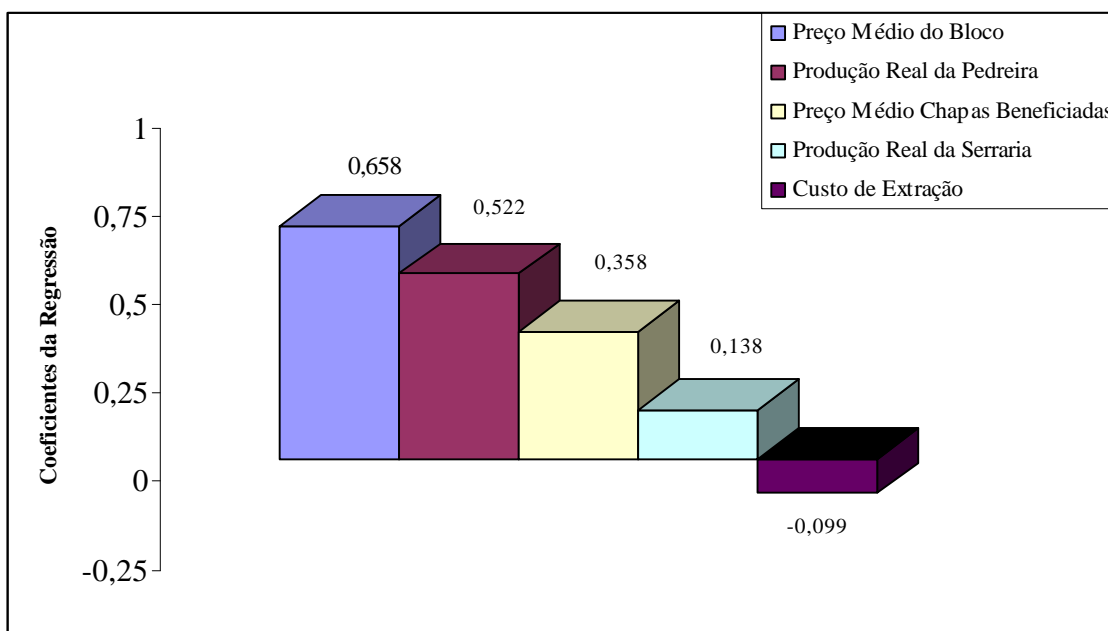
Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 19: Sensibilidade do lucro bruto na cadeia integrada com os dados da produção média.



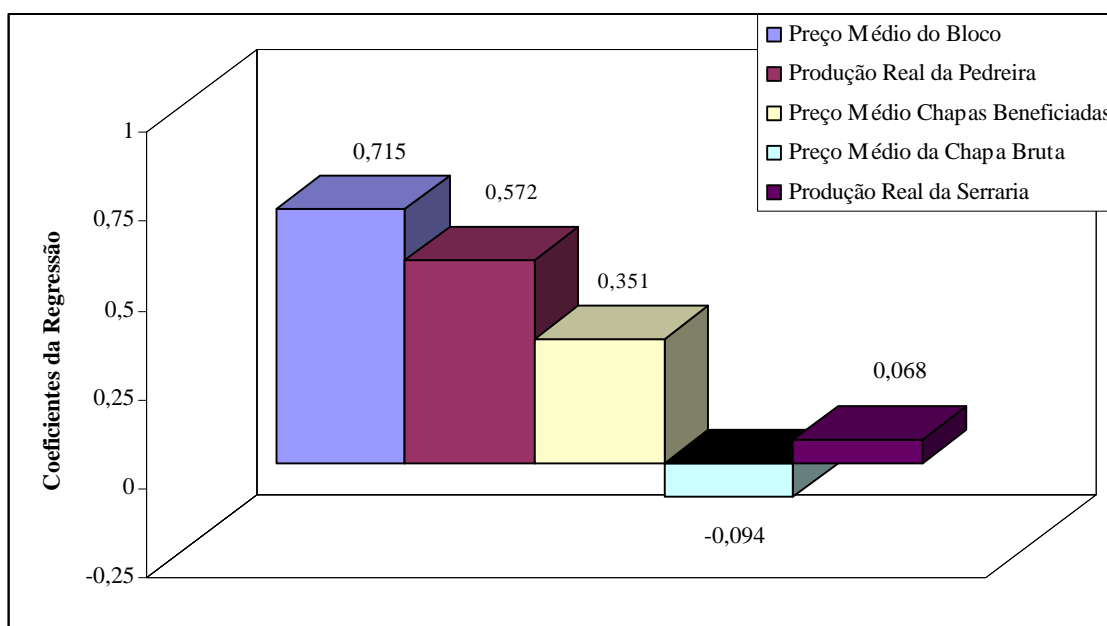
Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 20: Sensibilidade do lucro bruto na cadeia não integrada com os dados da produção média.



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 21: Sensibilidade do lucro bruto na cadeia integrada com os dados da produção real.



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 22: Sensibilidade do lucro bruto na cadeia não integrada com os dados da produção real.

O Quadro 7 apresenta de forma comparativa os coeficientes da regressão de cada uma das variáveis nas 4 diferentes variações do modelo. O valor do R^2 acima de 90% indica que existe uma forte relação linear entre as variáveis independentes especificadas e a variável dependente lucro.

Pela análise do Quadro 7 pode-se inferir que a variável preço do bloco é a que apresentou a maior sensibilidade para o lucro operacional das duas cadeias, independente de se trabalhar com os dados da produção real ou média. A quantidade produzida na pedreira também se mostrou bastante significativa na determinação do resultado operacional. Estes dados servem para demonstrar que os resultados dependem principalmente da detenção do controle sobre a base da cadeia que é a pedreira.

A análise de sensibilidade do preço da chapa beneficiada também se mostrou representativa na determinação do lucro da cadeia. Deve-se considerar que a empresa em estudo tem o seu foco voltado para a comercialização de blocos no mercado interno e chapas beneficiadas no mercado externo. Um outro ponto a ser levantado é que os custos de serragem e de recorte não se mostraram

significativos e os custos de extração e de beneficiamento foram pouco significativos na determinação do lucro.

Quadro 7: Coeficientes da regressão do lucro bruto total

Variáveis	Produção Média		Produção Real	
	Integrada	Não Integrada	Integrada	Não Integrada
Preço Médio do Bloco	0,715	0,684	0,658	0,715
Produção da Pedreira	0,704	0,497	0,522	0,572
Preço Médio Chapas Beneficiadas	0,348	0,256	0,358	0,351
Produção da Serraria	0,133		0,138	0,068
Produção do Beneficiamento	0,108			
Custo de Extração	-0,091	-0,111	-0,099	
Preço Médio da Chapa Bruta	0,083			-0,094
Custo do Beneficiamento	-0,076			
R^2	0,9079436	0,9246763	0,9443139	0,9471673

Fonte: Dados da Pesquisa

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O segmento econômico de exploração, beneficiamento e comercialização de rochas ornamentais no Brasil teve início na década de 1940 com iniciativas de imigrantes italianos e portugueses a partir das quais desenvolveram-se pólos extrativistas/industriais com a descoberta de muitas variedades de mármore e granitos em Cachoeiro de Itapemirim e nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Até meados da década de 80 a produção brasileira de rochas ornamentais era constituída principalmente por mármore, entretanto a abertura de mercado para exportação deu grande impulso à expansão do granito a partir do final da década. Desde então, um número significativo de novas áreas para pesquisa foi requerido.

A partir do final dos anos 80, observou-se um crescimento substancial tanto nas exportações de blocos quanto de chapas beneficiadas de granito. A produção, a exportação e o consumo interno de blocos apresentaram taxas geométricas de crescimento semelhantes, em torno de 9% a.a., mesmo com a tendência anual de queda de 1,88% nos preços. Vale ressaltar o expressivo crescimento da exportação de chapas beneficiadas de quase 32% ao ano, mesmo ocorrendo uma queda anual nos preços de mais de 5%.

Nesse cenário de franca expansão, o Espírito Santo é o “grande destaque” do setor, pois é o maior pólo processador e o maior exportador de

mármore e granitos do país. Nos últimos cinco anos, as exportações capixabas de granitos mais que dobraram e tal aumento foi acompanhado por transformações no perfil dos produtos exportados, pois os blocos que representavam a maioria do material exportado, passaram a dar lugar às chapas polidas e outros materiais semi-acabados. O setor capixaba apesar da franca expansão, não dispõe de muitos estudos que sirvam de orientação para acadêmicos e empresários que desejem conhecer a sua estrutura de funcionamento.

Nesse contexto, o objetivo geral do projeto foi verificar se é mais rentável promover a integração vertical da cadeia produtiva do granito ou se concentrar em apenas um dos elos (extração, desdobramento, beneficiamento ou recorte). Para chegar ao objetivo principal do projeto foi necessário antes sistematizar, na forma de fluxo de trabalho, os elos da cadeia de produção do granito e descrever as suas relações, associando aos elos as principais decisões relativas ao seu resultado operacional, para posteriormente promover a modelagem do processo e a análise de risco.

A análise de risco foi promovida através do Software @Risk, a técnica de simulação utilizada foi a de Monte Carlo e a distribuição de probabilidade foi a triangular. Para que o software @Risk gerasse as distribuições de probabilidade para as variáveis explicativas, foram informados ao sistema os seus valores mínimos, médios e máximos. As variáveis que foram simuladas e que receberam uma distribuição de probabilidade foram os preços dos produtos resultantes de cada elo da cadeia (bloco, chapa bruta, chapa beneficiada e ladrilho), os seus custos de produção desconsiderando o custo da matéria-prima (extração, serragem, beneficiamento e recorte) e a quantidade produzida (que foi considerada igual à quantidade vendida).

Os resultados obtidos indicaram que é mais rentável realizar a integração vertical da cadeia, em função da economia de custo e da maior coordenação entre os seus elos. Na cadeia integrada verticalmente a Receita Total é em torno de 20% menor que na cadeia não integrada. No entanto, ao se comparar os custos das duas cadeias, observa-se que estes aumentaram mais que as receitas na cadeia

não integrada (70% a mais do que o apresentado na cadeia integrada), em função do aumento do custo de aquisição da matéria-prima em cada um dos elos. Como os custos da cadeia não integrada cresceram mais que proporcionalmente ao crescimento da receita, o lucro gerado nesta cadeia foi 10% menor do que o obtido na cadeia integrada.

A principal razão encontrada para a maior rentabilidade da cadeia integrada se deve ao controle da matéria-prima, principal fator na determinação dos custos dos produtos resultantes de cada fase do processo. Na serraria da cadeia integrada o custo de aquisição do bloco representou 42% do total dos custos de produção, enquanto que na cadeia não integrada representou 67%. No beneficiamento e no recorte a participação relativa da chapa bruta e da chapa beneficiada na composição do custo da chapa beneficiada e do ladrilho foram de 79% e 63%, respectivamente. Para a cadeia não integrada foram ainda mais expressivas as participações, 92% e 86%.

Na cadeia integrada, o lucro e a rentabilidade são evidenciados após o beneficiamento, pois nas fases anteriores a empresa transfere os produtos para a fase posterior, considerando apenas o seu custo de produção. Já na cadeia não integrada são mais expressivos na pedreira e na serraria, fases em que o custo da matéria-prima não é tão representativo na composição do custo dos produtos.

A análise de sensibilidade indicou que as variáveis mais significativas na determinação do lucro da cadeia produtiva de granito são o preço do bloco, a produção da pedreira, o preço das chapas beneficiadas e as quantidades produzidas pela serraria e pelo beneficiamento. Um outro ponto a ser levantado é que os custos de serragem e de recorte não se mostraram significativos e os custos de extração e de beneficiamento foram pouco significativos na determinação do lucro, com valores inferiores a 10%. Estes resultados demonstraram que o desempenho da cadeia produtiva de granito depende principalmente da detenção do controle sobre a pedreira.

Os resultados apresentados indicaram um bom retorno em termos de números absolutos do lucro operacional, mas cabe ainda contrastar os lucros obtidos com os altos investimentos que são necessários para se entrar no

mercado, principalmente investindo em todos os elos da cadeia e considerar também as despesas comerciais e administrativas que não foram retratadas.

Algumas sugestões para próximos estudos podem ser dadas. A primeira seria avaliar as Taxas Internas de Retorno, os Valores Presentes Líquidos e o Período de Payback da cadeia produtiva de granito. A segunda seria uma análise econométrica para retratar melhor a regressão das variáveis explicativas sobre a variável dependente lucro bruto, de modo a permitir inferências estatísticas mais precisas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSTOS, O. H. & ORGAMBIDE, A. C. F. **Simulação estocástica: teoria e algoritmos.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 10, 1992, São Paulo, **Anais.** São Paulo: 1992. 152p.

CHIODI FILHO, Cid. Centro de Tecnologia Mineral. **Rochas ornamentais no século XXI:** bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro - CETEM / ABIROCHAS, 2001.

_____. Exportações Brasil X China. **Revista Pedras do Brasil.** n. 27. Ano III jun. 2004.

CARANASSIOS, A. **Panorama das rochas ornamentais no Espírito Santo.** Rio de Janeiro: CETEM, 200X.

DILLON, J.L. **Agricultura, pesquisa e probabilidade.** Fortaleza. s. ed., 1976. 25 p.

FERNADES, L.M. **Avaliação do Rendimento Financeiro e Risco de Investimento da Cultura do Milho Irrigado no Triângulo Mineiro.** 2001. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)- Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, UFV, Viçosa, 2001.

HIGGIN, R. C. Rochas de Qualidade. **Dragagem compromete competitividade dos portos brasileiros.** n. 117. Ano XXXVII. Jul./ago. 2004.

JAGGI M. Revista EXAME. **Falta contêiner.** n. 15. Ano XXXVIII. 04 ago. 2004

MARBLE. **Cresce exportação de rochas ornamentais**. Disponível em: <www.marble.com.br/article/articleprint/300/-1/26/>. Acesso em: 11 abril 2003.

MATOS, C.M. **Viabilidade e Análise de Risco de Projetos de Irrigação: Estudo de Caso do Projeto Jequitai (MG)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)- Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MELLO, I. S. C. *et al.* **A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo: diretrizes para inovação e competitividade**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004. 192 p.

MILANEZ & MILANEZE. **Maior produtor, processador e exportador promove maior feira brasileira de rochas ornamentais**. Disponível em: <www.milazemilaneze.com.br/fimag_ci/ver_imprensa.asp?codigo=28>. Acesso em: 11 abr. 2003.

MONTANI, C. **Stone 2000** – Word Marketing Handbook. Faenza (ITA): Grupo Editoriale Faenza Editrice, 2000. 213 p.

_____. **Stone 2000** – Word Marketing Handbook. Faenza (ITA): Grupo Editoriale Faenza Editrice, 2003. 237 p.

NERY, M. A. C. & SILVA, E. A.. **Balanço Mineral Brasileiro 2001**. Rochas Ornamentais 1988-2000. Disponível em: <http://www.dnrm.gov.br/dnrm_legis/Balanço01/pdf/rochas.pdf>. Acesso em: 12 out. 2003.

PAIVA, M. C. S. **Análise financeira do carvão vegetal e do coque na siderurgia mineira, no período de 1995 a 1999**. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

PALISADE CORPORATION. **Guide to using @Risk: risk analysis and simulation add-in for Microsoft Excel – Version 4.5**. New York: Palisade Co., 2004.

PEITER, C. C. *et al.* **Rochas ornamentais no século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras**. Rio de Janeiro: Cetem / Abirochas, 2001. 150p.

PROCHNIK, V. **Cadeias produtivas e complexos industriais**. Seção do capítulo Firma, indústria e mercados, do livro HASENCLEVER, L. & KUPFER, D. **Organização industrial**, Ed. Campus, 2002.

RESENDE FILHO, M.A. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Processo de Tomada de Decisão em Confinamento de Bovinos de Corte**. 1997. Tese (Mestrado em Economia Rural)- Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, UFV, Viçosa, 1997.

SANTOS, M. L. dos & LÍRIO, V. S. **Teoria Microeconômica**. Apostila Nivelamento. Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SANTOS FILHO, J.I. **Otimização de Planos de Produção em Fazendas Integradas de Cacau sob Condições de Risco**. 1995. Tese (Mestrado em Economia Rural)- Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

SHAPE, W. P. **Investments**. Englewood: Prentice-Hall, 1978. 125p.

SIBBIN, J. G. Revista Pedras do Brasil. **Na rota da exportação**. n. 15. Ano II. Jun. 2003.

SPÍNOLA, V. M. L. **Potencial Exportador e Política Pública para uma Evolução Virtuosa: a Indústria de Rochas Ornamentais da Bahia**. Dissertação de Mestrado em Economia. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2002.

SPÍNOLA, V. M. L. & LADEIRA, R. **As rochas ornamentais baianas: uma questão de posicionamento e planejamento estratégico para a entrada no mercado internacional pela porta da frente**. Anais do IX CONGRESSO COPPEAD DE ADMINISTRAÇÃO, 9 Workshop Sobre Internacionalização de Empresas. Anais... Rio de Janeiro, 2002. 15 f

TURBAN, E. & ARONSON, J.E. **Decision support systems and intelligent systems**. 5th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1998.

VALE, S.M. L. R. **Avaliação de Sistemas de Informação para Produtores Rurais: Metodologias e um Estudo de Caso**. 1995. Tese (Doutorado em Economia Rural)- Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

VILLASCHI FILHO, Arlindo & PINTO, Míriam de Magdala. **Arranjos Produtivos e Inovação Localizada: o caso do segmento de rochas ornamentais no noroeste do Estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Economia da UFRJ: Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/notec.asp>. Acesso em: 09 maio 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Mapa do Estado do Espírito Santo



Figura 1A: Mapa rodoviário do Estado do Espírito Santo

Fonte: <http://www.guianet.com.br/es/mapaes.htm>

APÊNDICE B

Modelagem do processo de produção de granito

Como dito na seção 3.3., assumindo-se que objetivo primordial do produtor de granito é a maximização de seu lucro, tem-se o seguinte problema de programação linear:

MAXIMIZAR RT =

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n P(BL_{MI1})_j Q(BL_{MI1})_j + \sum_{j=1}^n P(BL_{MIC})_j Q(BL_{MIC})_j + \sum_{j=1}^n P(BL_{MI2})_j Q(BL_{MI2})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CB_{MI1,1,5})_j Q(CB_{MI1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MI1,2})_j Q(CB_{MI1,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MI1,3})_j Q(CB_{MI1,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CB_{MIC,1,5})_j Q(CB_{MIC,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MIC,2})_j Q(CB_{MIC,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MIC,3})_j Q(CB_{MIC,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CB_{MI2,1,5})_j Q(CB_{MI2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MI2,2})_j Q(CB_{MI2,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MI2,3})_j Q(CB_{MI2,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CB_{ME1,1,5})_j Q(CB_{ME1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{ME1,2})_j Q(CB_{ME1,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{ME1,3})_j Q(CB_{ME1,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CB_{MEC,1,5})_j Q(CB_{MEC,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MEC,2})_j Q(CB_{MEC,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{MEC,3})_j Q(CB_{MEC,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CB_{ME2,1,5})_j Q(CB_{ME2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{ME2,2})_j Q(CB_{ME2,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CB_{ME2,3})_j Q(CB_{ME2,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MI1,1,5})_j Q(CBE_{MI1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MI1,2})_j Q(CBE_{MI1,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MI1,3})_j Q(CBE_{MI1,3})_j \\ & + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MIC,1,5})_j Q(CBE_{MIC,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MIC,2})_j Q(CBE_{MIC,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MIC,3})_j Q(CBE_{MIC,3})_j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MI2,1,5})_j Q(CBE_{MI2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MI2,2})_j Q(CBE_{MI2,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MI2,3})_j Q(CBE_{MI2,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(CBE_{ME1,1,5})_j Q(CBE_{ME1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{ME1,2})_j Q(CBE_{ME1,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{ME1,3})_j Q(CBE_{ME1,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MEC,1,5})_j Q(CBE_{MEC,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MEC,2})_j Q(CBE_{MEC,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{MEC,3})_j Q(CBE_{MEC,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(CBE_{ME2,1,5})_j Q(CBE_{ME2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{ME2,2})_j Q(CBE_{ME2,2})_j + \sum_{j=1}^n P(CBE_{ME2,3})_j Q(CBE_{ME2,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(LA_{MI1,1,5})_j Q(LA_{MI1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MI1,2})_j Q(LA_{MI1,2})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MI1,3})_j Q(LA_{MI1,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(LA_{MIC,1,5})_j Q(LA_{MIC,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MIC,2})_j Q(LA_{MIC,2})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MIC,3})_j Q(LA_{MIC,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(LA_{MI2,1,5})_j Q(LA_{MI2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MI2,2})_j Q(LA_{MI2,2})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MI2,3})_j Q(LA_{MI2,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(LA_{ME1,1,5})_j Q(LA_{ME1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{ME1,2})_j Q(LA_{ME1,2})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{ME1,3})_j Q(LA_{ME1,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(LA_{MEC,1,5})_j Q(LA_{MEC,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MEC,2})_j Q(LA_{MEC,2})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{MEC,3})_j Q(LA_{MEC,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n P(LA_{ME2,1,5})_j Q(LA_{ME2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{ME2,2})_j Q(LA_{ME2,2})_j + \sum_{j=1}^n P(LA_{ME2,3})_j Q(LA_{ME2,3})_j
\end{aligned} \tag{33}$$

Em que,

RT = Receita total obtida por meio do investimento, em R\$;

P(BL) = Preço médio do bloco recebido pelo produtor/revendedor, em R\$/m³;

Q(BL) = Quantidade vendida de bloco, em m³;

P(CB) = Preço médio da chapa bruta recebido pelo produtor/revendedor, em R\$/m²;

Q(CB) = Quantidade vendida de chapa bruta, em m²;

P(CBE) = Preço médio da chapa beneficiada recebida pelo produtor/revendedor, em R\$/m²;

Q(CBE) = Quantidade vendida de chapa beneficiada, em m²;

P(LA) = Preço médio do ladrilho recebido pelo produtor/revendedor, em R\$/m²;

Q(LA) = Quantidade vendida de ladrilho, em m²;

j = tipo de material comercializado. EX: Amarelo Ornamental.

n = número de materiais comercializados pela empresa.

MI = Mercado Interno

ME = Mercado Externo¹⁸

1 = Classificação como Material de 1^a

C = Classificação como Material Comercial

2 = Classificação como Material de 2^a

1,5 = Espessura do Material de 1,5 cm

2 = Espessura do Material de 2,0 cm

3 = Espessura do Material de 3,0 cm

EXEMPLOS:

$P(BL_{MIC})_j$ = Preço do Bloco no mercado interno, do material j, de classificação comercial.

$Q(CBE_{MIC,2})_j$ = Quantidade de Chapa Beneficiada do material j vendida no Mercado Interno, de classificação comercial e espessura de 2,0 cm.

$Q(LA_{ME1,1,5})_j$ = Quantidade de Ladrilho do material j vendida no Mercado Externo, de classificação de 1^a e com espessura de 1,5 cm.

Sujeito a:

$$C_{BL} \cdot PME_{BL} + C_{CB} \cdot PME_{CB} + C_{CBE} \cdot PME_{CBE} + C_{LA} \cdot PME_{LA} = E \quad (34)$$

$$PME_{BL} \leq PMA_{BL} \quad (35)$$

$$PME_{BL} \geq 0 \quad (36)$$

$$PME_{CB} \leq PMA_{CB} \quad (37)$$

$$PME_{CB} \geq 0 \quad (38)$$

$$PME_{CB} \leq PMA_{CB} \quad (39)$$

$$PME_{CBE} \geq 0 \quad (40)$$

$$PME_{LA} \leq PMA_{LA} \quad (41)$$

$$PME_{LA} \geq 0, \quad (42)$$

¹⁸As receitas do comércio internacional foram convertidas do dólar para o real a uma taxa de câmbio de R\$ 3,00 para cada US\$ 1,00.

Em que:

PEDREIRA:

$$C_{BL} = C_{BL1} + C_{BL2} + C_{BL3} + C_{BL4} + C_{BL5} \quad (43)$$

C_{BL} = Custo dos fatores de produção utilizados no processo de extração de blocos, em R\$/m³;

C_{BL1} = Custo Médio dos Insumos (Serras, Rolos Calibradores, Fresas, Discos, Rebolos, Sapatas, Fios Diamantados, Argamassas, Conebits, Explosivos, Diesel e EPI¹⁹);

C_{BL2} = Custo Médio da Mão-de-Obra;

C_{BL3} = Custo Médio da Depreciação;

C_{BL4} = Custo Médio da Manutenção;

C_{BL5} = Valor Médio do Royalt pago por metro cúbico extraído;

PME_{BL} = Produção média das pedreiras, em m³;

PMA_{BL} = Produtividade máxima da pedreira, em m³ ;

OBSERVAÇÃO:

- 1) Só é considerado como quantidade extraída aqueles blocos que podem ser comercializados. Sendo, portanto, calculado o custo de extração por metro cúbico como sendo a divisão do total dos custos pela quantidade comercializável de blocos extraídos. Os demais blocos ficam nas pedreiras como “entulho”.
- 2) O custo de extração não varia a princípio de material para material, pois na maioria dos casos, se utilizam as mesmas técnicas de extração para pedreiras de diferentes materiais.

SERRARIA:

$$C_{CB} = C_{CB1} + C_{CB2} + C_{CB3} + C_{CB4} + C_{CB5} + C_{CB6} \quad (44)$$

$$C_{CB}^* = C_{CB2} + C_{CB3} + C_{CB4} + C_{CB5} + C_{CB6} \quad (45)$$

¹⁹EPI = Equipamento de Proteção Individual

C_{CB} = Custo médio dos fatores de produção utilizados no processo de serragem, em R\$/m²;

C_{CB}^* = Custo Médio da Serrada;

C_{CB1} = Custo médio de aquisição da Matéria-prima, já incluído os gastos com o frete²⁰ dos blocos;

C_{CB2} = Custo médio com os Insumos: Lâmina, Granalha, Cal e Cimento;

C_{CB3} = Custo médio da Energia;

C_{CB4} = Custo médio da Mão-de-Obra Direta;

C_{CB5} = Custo médio da Depreciação de Máquinas e Equipamentos;

C_{CB6} = Custo médio da Manutenção de Máquinas e Equipamentos;

PME_{CB} = Produção média dos teares, em m²;

PMA_{CB} = Produtividade máxima do tear, em m³;

A metragem cúbica paga ao fornecedor pelo bloco leva em consideração os seus defeitos. Por exemplo, se um bloco de 4,00 m³ (com 2,50 metros de comprimento, 1,60 metros de altura e 1,00 de largura) tem algum defeito localizado na parte superior que permita produzir apenas chapas com 1,50 metros de altura, o comprador só irá pagar ao fornecedor o valor correspondente a 3,75 m³ (2,50 comprimento, 1,50 altura e 1,00 largura).

Os gastos com a aquisição dos blocos variam para cada tipo de material, de acordo com a sua classificação (o custo de aquisição de um bloco de Amarelo Jaguar de 1^a é bem superior ao custo de aquisição de um bloco de Amarelo Ornamental de 1^a, da mesma forma, o custo de um bloco de Amarelo Ornamental Comercial é inferior ao custo do bloco de Amarelo Ornamental classificado como de 1^a) e a espessura das chapas brutas produzidas também interferem no valor do custo médio de aquisição dos blocos (Ver Apêndices C e E para maiores detalhes).

A fórmula do cálculo do fator matéria-prima é definida pelo custo de aquisição dos blocos de cada material: $(C_{CB1})_1, (C_{CB1})_2, (C_{CB1})_3, \dots, (C_{CB1})_n,$

²⁰O cálculo do frete leva em consideração o peso dos produtos transportados, a distância e o ICMS do estado de destino.

segundo a sua classificação e espessura das chapas brutas resultantes, aos quais são atribuídos os pesos $Q(CB)_1, Q(CB)_2, Q(CB)_3, \dots, Q(CB)_n$, que representam a quantidade de metros de chapas brutas produzidas de cada material, de acordo com a classificação e espessura. A média ponderada do custo de aquisição dos blocos (C_{CB1}) destes n tipos de materiais será dada por:

$$\begin{aligned}
 C_{CB1} = & \\
 & \left[\sum_{j=1}^n (C_{CB11,1,5})_j \cdot Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB11,2})_j \cdot Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB11,3})_j \cdot Q(CB_{1,3})_j \right. \\
 & + \sum_{j=1}^n (C_{CB1C,1,5})_j \cdot Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB1C,2})_j \cdot Q(CB_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB1C,3})_j \cdot Q(CB_{C,3})_j \\
 & \left. + \sum_{j=1}^n (C_{CB12,1,5})_j \cdot Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB12,2})_j \cdot Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB12,3})_j \cdot Q(CB_{2,3})_j \right] / \\
 & \left[\sum_{j=1}^n Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,2})_j \right. \\
 & \left. + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,3})_j \right] \quad (46)
 \end{aligned}$$

O custo diferenciado da metragem quadrada de acordo com cada espessura (1,5 cm, 2,0 cm e 3,0 cm) pode ser obtido com a conversão de todas as espessuras para uma mesma base. Como pode ser observado no Apêndice D, para transformar a metragem quadrada resultante de uma serrada de 1,5 cm para a base 2,0 cm, basta multiplicar a metragem quadrada resultante por 0,75 e para transformar da espessura 3,0 cm para a base 2,0 cm basta multiplicar por 1,5.

Ao se excluir o custo da matéria-prima (C_{CB1}) da equação (44), consegue-se obter o custo médio da serrada (C_{CB}^*), que é dado pela soma do custo dos insumos, energia, mão-de-obra, depreciação e manutenção.

O tipo de material (materiais escuros são geralmente mais duros, demandando um número maior de horas do tear para serem serrados) e a espessura (ao serrar um bloco em chapas de 1,5 cm obtém-se um número maior de chapas, e conseqüentemente mais metros quadrados do que se as chapas forem de 2,0 cm ou 3,0 cm) serão fundamentais para o cálculo do custo do metro

quadrado serrado, variando muito de um material para outro e de uma espessura para outra (Ver Apêndice F).

O custo médio com o fator de produção Insumos (C_{CB2}), só depende do tipo de material e da espessura das chapas brutas resultantes, não variando de acordo com a classificação do material. Por questão de padronização, manteve-se o mesmo padrão adotado na fórmula do custo de aquisição da matéria-prima.

$$\begin{aligned}
C_{CB2} = & \left[\sum_{j=1}^n (C_{CB21,1,5})_j \cdot Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB21,2})_j \cdot Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB21,3})_j \cdot Q(CB_{1,3})_j \right. \\
& + \sum_{j=1}^n (C_{CB2C,1,5})_j \cdot Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB2C,2})_j \cdot Q(CB_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB2C,3})_j \cdot Q(CB_{C,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n (C_{CB22,1,5})_j \cdot Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB22,2})_j \cdot Q(CB_{2,2})_j + \left. \sum_{j=1}^n (C_{CB22,3})_j \cdot Q(CB_{2,3})_j \right] / \\
& \left[\sum_{j=1}^n Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,2})_j \right. \\
& + \left. \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,3})_j \right] \quad (47)
\end{aligned}$$

O custo médio da Mão-de-obra (C_{CB3}) também depende da espessura e do tipo de material e é definido como:

$$\begin{aligned}
C_{CB3} = & \left[\sum_{j=1}^n (C_{CB31,1,5})_j \cdot Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB31,2})_j \cdot Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB31,3})_j \cdot Q(CB_{1,3})_j \right. \\
& + \sum_{j=1}^n (C_{CB3C,1,5})_j \cdot Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB3C,2})_j \cdot Q(CB_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB3C,3})_j \cdot Q(CB_{C,3})_j \\
& + \sum_{j=1}^n (C_{CB32,1,5})_j \cdot Q(CB_{3,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB32,2})_j \cdot Q(CB_{2,2})_j + \left. \sum_{j=1}^n (C_{CB32,3})_j \cdot Q(CB_{2,3})_j \right] / \\
& \left[\sum_{j=1}^n Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,2})_j \right. \\
& + \left. \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,3})_j \right] \quad (48)
\end{aligned}$$

O custo médio com a Depreciação de Máquinas e Equipamentos (C_{CB4})

é:

$$\begin{aligned}
 C_{CB4} = & \\
 & \left[\sum_{j=1}^n (C_{CB41,1,5})_j \cdot Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB41,2})_j \cdot Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB41,3})_j \cdot Q(CB_{1,3})_j \right. \\
 & + \sum_{j=1}^n (C_{CB4C,1,5})_j \cdot Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB4C,2})_j \cdot Q(CB_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB4C,3})_j \cdot Q(CB_{C,3})_j \\
 & + \left. \sum_{j=1}^n (C_{CB42,1,5})_j \cdot Q(CB_{3,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB42,2})_j \cdot Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB42,3})_j \cdot Q(CB_{2,3})_j \right] / \\
 & \left[\sum_{j=1}^n Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,2})_j \right. \\
 & + \left. \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,3})_j \right] \quad (49)
 \end{aligned}$$

E o custo médio com Manutenção de Máquinas e Equipamentos (C_{CB5}), como os demais, é determinado pela equação abaixo:

$$\begin{aligned}
 C_{CB5} = & \\
 & \left[\sum_{j=1}^n (C_{CB51,1,5})_j \cdot Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB51,2})_j \cdot Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB51,3})_j \cdot Q(CB_{1,3})_j \right. \\
 & + \sum_{j=1}^n (C_{CB5C,1,5})_j \cdot Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB5C,2})_j \cdot Q(CB_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB5C,3})_j \cdot Q(CB_{C,3})_j \\
 & + \left. \sum_{j=1}^n (C_{CB52,1,5})_j \cdot Q(CB_{3,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB52,2})_j \cdot Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CB52,3})_j \cdot Q(CB_{2,3})_j \right] / \\
 & \left[\sum_{j=1}^n Q(CB_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,2})_j \right. \\
 & + \left. \sum_{j=1}^n Q(CB_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CB_{2,3})_j \right] \quad (50)
 \end{aligned}$$

BENEFICIAMENTO:

$$C_{CBE} = C_{CBE1} + C_{CBE2} + C_{CBE3} + C_{CBE4} + C_{CBE5} + C_{CBE6} \quad (51)$$

$$C_{CBE}^* = C_{CBE2} + C_{CBE3} + C_{CBE4} + C_{CBE5} + C_{CBE6} \quad (52)$$

C_{CBE} = Custo médio dos fatores de produção utilizados no processo de polimento, em R\$/m²;

C_{CBE}^* = Custo Médio do Beneficiamento;

C_{CBE1} = Custo Médio de Aquisição da Matéria-prima: Chapa Bruta

C_{CBE2} = Custo Médio dos Insumos: Resinagem (Resina, Indurente, Gás, Utilitários, Polipropelino), Polimento (Abrasivos e Utilitários), Tratamento de Água e Enceratriz Automática (Cera);

C_{CBE3} = Custo Médio da Energia

C_{CBE4} = Custo Médio da Mão-de-Obra

C_{CBE5} = Custo Médio da Depreciação

C_{CBE6} = Custo Médio da Manutenção

PME_{CBE} = Produção média da politriz, em m²;

PMA_{CBE} = Produtividade máxima da politriz, em m².

As chapas brutas recebem preços diferenciados de acordo com a sua classificação e espessura e os diversos tipos de materiais recebem diferentes quantidades de insumos de acordo com a sua porosidade e resistência.

A média ponderada do custo de aquisição das chapas brutas (C_{CBE1}) dos n tipos de materiais que a empresa beneficia é dada por:

$$\begin{aligned}
 C_{CBE1} = & \left[\sum_{j=1}^n (C_{CBE11,1,5})_j \cdot Q(CBE_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CBE11,2})_j \cdot Q(CBE_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CBE11,3})_j \cdot Q(CBE_{1,3})_j \right. \\
 & + \sum_{j=1}^n (C_{CBE1C,1,5})_j \cdot Q(CBE_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CBE1C,2})_j \cdot Q(CBE_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CBE1C,3})_j \cdot Q(CBE_{C,3})_j \\
 & + \sum_{j=1}^n (C_{CBE12,1,5})_j \cdot Q(CBE_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CBE12,2})_j \cdot Q(CBE_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{CBE12,3})_j \cdot Q(CBE_{2,3})_j \left. / \right. \\
 & \left[\sum_{j=1}^n Q(CBE_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{C,2})_j \right. \\
 & \left. + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(CBE_{2,3})_j \right] \quad (53)
 \end{aligned}$$

Ao se excluir o custo da matéria-prima (C_{CBE1}) da equação (51), consegue-se obter o custo médio do beneficiamento (C_{CBE}^*).

O custo médio com o fator de produção Insumos (C_{CBE2}) no Beneficiamento varia apenas de material para material e é dado por:

$$C_{CBE2} = \sum_{j=1}^n (C_{CBE2})_j \cdot Q(CBE)_j / \sum_{j=1}^n Q(CBE)_j \quad (54)$$

Da mesma forma, o custo médio da Energia (C_{CBE3}) no beneficiamento só depende do tipo do material e é definido por:

$$C_{CBE3} = \sum_{j=1}^n (C_{CBE3})_j \cdot Q(CBE)_j / \sum_{j=1}^n Q(CBE)_j \quad (55)$$

O custo médio com Mão-de-obra (C_{CBE4}) é:

$$C_{CBE4} = \sum_{j=1}^n (C_{CBE4})_j \cdot Q(CBE)_j / \sum_{j=1}^n Q(CBE)_j \quad (56)$$

O custo médio com a Depreciação de Máquinas e Equipamentos no beneficiamento (C_{CBE5}) é:

$$C_{CBE5} = \sum_{j=1}^n (C_{CBE4})_j \cdot Q(CBE)_j / \sum_{j=1}^n Q(CBE)_j \quad (57)$$

E o custo médio com Manutenção de Máquinas e Equipamentos (C_{CBE6}), como os demais, é determinado pela equação abaixo:

$$C_{CBE6} = \sum_{j=1}^n (C_{CBE4})_j \cdot Q(CBE)_j / \sum_{j=1}^n Q(CBE)_j \quad (58)$$

RECORTE:

$$C_{LA} = C_{LA1} + C_{LA2} + C_{LA3} + C_{LA4} + C_{LA5} \quad (59)$$

$$C_{LA}^* = C_{LA2} + C_{LA3} + C_{LA4} + C_{LA5} \quad (60)$$

C_{LA} = Custo Médio dos fatores de produção utilizados no processo de recorte, em R\$/m²;

C_{LA}^* = Custo Médio do Recorte

C_{LA1} = Custo Médio de Aquisição da Matéria-prima: Chapa Beneficiada

C_{LA2} = Custo Médio do Insumo: Disco Diamantado

C_{LA3} = Custo Médio da Mão-de-Obra

C_{LA4} = Custo Médio da Depreciação de Máquinas e Equipamentos

C_{LA5} = Custo Médio da Manutenção de Máquinas e Equipamentos

PME_{LA} = Produção média da máquina de recorte, em m²;

PME_{LA} = Produtividade máxima da máquina de recorte, em m².

As chapas Beneficiadas recebem preços diferenciados de acordo com o material, classificação e espessura, sendo o custo de aquisição da matéria-prima (C_{LA1}) dada por:

$$\begin{aligned}
 C_{LA1} = & \left[\sum_{j=1}^n (C_{LA11,1,5})_j \cdot Q(LA_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{LA11,2})_j \cdot Q(LA_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{LA11,3})_j \cdot Q(LA_{1,3})_j \right. \\
 & + \sum_{j=1}^n (C_{LA1C,1,5})_j \cdot Q(LA_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{LA1C,2})_j \cdot Q(LA_{C,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{LA1C,3})_j \cdot Q(LA_{C,3})_j \\
 & \left. + \sum_{j=1}^n (C_{LA12,1,5})_j \cdot Q(LA_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n (C_{LA12,2})_j \cdot Q(LA_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n (C_{LA12,3})_j \cdot Q(LA_{2,3})_j \right] / \\
 & \left[\sum_{j=1}^n Q(LA_{1,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{1,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{1,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{C,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{C,2})_j \right. \\
 & \left. + \sum_{j=1}^n Q(LA_{C,3})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{2,1,5})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{2,2})_j + \sum_{j=1}^n Q(LA_{2,3})_j \right] \quad (61)
 \end{aligned}$$

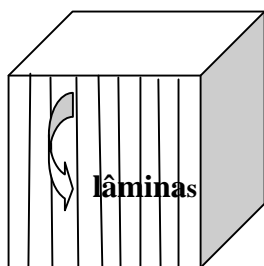
Ao se excluir o custo da matéria-prima (C_{LA1}) da equação (59), consegue-se obter o custo médio do recorte (C_{LA1}^*). Os custos de recorte não variam para cada tipo de material, de acordo com a sua classificação e espessura. Dessa forma, os custos dos fatores de produção específicos do recorte – Insumos, Mão-de-obra, Depreciação e Manutenção – são determinados pela divisão do total de gastos, pelo total de metros quadrados recortados.

E= Recurso financeiro disponível para investimento no processo de produção dos 4 elos da cadeia produtiva, em R\$:

- PEDREIRA: Compressor de Ar, Carregadeira, Escavadeira, Insumos Iniciais, Caminhão, Máquina de Fio Diamantado, Documentação, Pesquisa e Área;
- SERRARIA: Área e Terraplanagem, Pórtico Rolante, Barramento e Base do Pórtico, Galpão do Tear, Auto-transportador e Teares;
- BENEFICIAMENTO: Ponte, Galpão e Politriz;
- RECORTE: Fresa-ponte e Ômega 100.

APÊNDICE C

Posição de entrada do bloco no tear e distância de separação das lâminas



Altura (A) = 2,50 metros

Comprimento (C) = 1,80 metros

Largura (L) = 2,10 metros

Cálculo da Medida Total do Bloco: $L \times C \times A = 2,10 \times 1,80 \times 2,50 = 9,45 \text{ m}^3$

As distâncias entre as lâminas de ferro do tear (número de centímetros que separam uma lâmina da outra) irão definir a espessura das chapas brutas resultantes e a posição de entrada do bloco no tear (L X C X A ou C X A X L ou A X C X L) define o número de chapas que podem ser produzidas. Os relacionamentos do Quadro 1C permitem visualizar melhor o cálculo da espessura e do número de chapas resultantes da serrada.

Como pode ser observado no Quadro 1C, independentemente da posição que o bloco entra no tear, o total de metros quadrados resultantes será sempre o mesmo, para uma dada espessura. O que varia é o número de chapas brutas produzidas e as suas respectivas metragens quadradas.

A posição de entrada do bloco no tear é geralmente alterada quando existe algum defeito no bloco que pode ser eliminado ao desdobrá-lo numa

posição contrária ao seu veio, ou quando se obtém uma chapa com um desenho mais "interessante" ao serrar o bloco em outra posição e a definição da espessura das chapas brutas a serem produzidas é na maioria das vezes definida pelos pedidos de cliente que chegam à empresa.

Quadro 1C: Cálculo do número de chapas e do total de m² resultantes de uma serrada

	Distância entre as lâminas		
	1,5 cm	2 cm	3 cm
Se o bloco entrar no tear na posição L X C X A			
Número de Chapas ²¹	140	105	70
Metragem da Chapa (C X A = 1,80 X 2,50 = 4,5 m ²)	4,5 m ²	4,5 m ²	4,5 m ²
Total de m ² ²²	630 m ²	472,5 m ²	315 m ²
Se o bloco entrar no tear na posição C X A X L			
Número de Chapas	120	90	60
Metragem da Chapa (A X L = 2,50 X 2,10 = 5,25 m ²)	5,25 m ²	5,25 m ²	5,25 m ²
Total de m ²	630 m ²	472,5 m ²	315 m ²
Se o bloco entrar no tear na posição A X C X L			
Número de Chapas	166,67	125	83,33
Metragem da Chapa (C X L = 1,80 X 2,10 = 3,78 m ²)	3,78 m ²	3,78 m ²	3,78 m ²
Total de m ²	630 m ²	472,5 m ²	315 m ²

Fonte: Elaborado pela autora

O que é interessante salientar no Quadro 1C é que a metragem quadrada resultante da serrada de chapas 1,5 cm é superior à resultante da serrada de 2,0 cm e 3,0 cm. Diante deste fato, pode-se afirmar que o custo da serrada de 1,5 cm é inferior aos demais, porque ao se produzir uma quantidade maior de metros quadrados, obtém-se um denominador maior na equação do cálculo do custo médio da serrada. Por exemplo, se o custo total de serrar o bloco for R\$ 6.000,00, o custo médio de desdobramento será de R\$ 9,52/m² para as chapas de 1,5 cm (R\$ 6.000,00 / 630 m²), R\$ 12,70/m² para as chapas de 2,0 cm (R\$ 6.000,00 / 472,5 m²) e R\$ 19,05/m² para as chapas de 3,0 cm (R\$ 6.000,00 / 315 m²).

²¹largura/ espessura = nº chapas. Exemplo: largura de 2,10 metros / espessura de 1,5 cm = 210 cm / 1,5 cm = 140 chapas de 1,50 cm

²²Total de m² = Número de chapas X Metragem da chapa. Exemplo: 140 chapas x 4,5 m² = R\$ 630 m²

APÊNDICE D

Conversão de diferentes espessuras para uma mesma base

Supondo a produção mensal de uma serraria como sendo a descrita a seguir:

Total de blocos consumidos = 48 unidades = 421,053 m³

Custo de aquisição dos blocos = R\$ 298.951,64

Custo de serrar os blocos = R\$ 133.960,79

Total geral de custos = R\$ 432.912,43

Total de chapas de 1,5 cm produzidas = 2.893,370 m²

Total de chapas de 2,0 cm produzidas = 4.745,486 m²

Total de chapas de 3,0 cm produzidas = 4.369,910 m²

Produção Total dos Teares = 12.0008,766 m²

Custo Total do m² = $\frac{\text{R\$ } 432.912,43}{12.0008,766 \text{ m}^2}$ = R\$ 36,05

Custo de Aquisição do Bloco = $\frac{\text{R\$ } 298.951,64}{12.0008,766 \text{ m}^2}$ = R\$ 24,90

Custo da Serrada = $\frac{\text{R\$ } 133.960,79}{12.0008,766 \text{ m}^2}$ = R\$ 11,15

Para se obter o custo diferenciado da metragem quadrada de cada espessura (1,5 cm, 2,0 cm e 3,0 cm) é necessário adotar uma base. Adotando a espessura de 2,0 cm como base é preciso então transformar a metragem quadrada resultante das serradas de 1,5 cm para a base 2,0 cm. Para fazer esta conversão basta multiplicar a metragem quadrada resultante das serradas de 1,5 cm por 0,75 e para transformar da espessura 3,0 cm para a base 2,0 cm basta multiplicar por 1,5. Os dados abaixo permitirão uma melhor compreensão da forma como é feita a conversão:

$$\text{Total de chapas de 1,5 cm produzidas} = 2.893,370 \text{ m}^2 \times 0,75 = 2.170,0275 \text{ m}^2$$

$$\text{Total de chapas de 2,0 cm produzidas} = 4.745,486 \text{ m}^2 \times 1,00 = 4.745,486 \text{ m}^2$$

$$\underline{\text{Total de chapas de 3,0 cm produzidas}} = \underline{4.369,910 \text{ m}^2} \times 1,50 = \underline{6.554,865 \text{ m}^2}$$

$$\text{Produção Total dos Teares} = 12.0008,766 \text{ m}^2 \quad 13.470,3785 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo Total do m}^2 = \frac{\text{R\$ } 432.912,43}{13.470,3785 \text{ m}^2} = \text{R\$ } 32,14 \text{ (Base 2,0 cm)}$$

$$\text{Custo Total do m}^2 = \text{R\$ } 32,14 \times 0,75 = \text{R\$ } 24,10 \text{ (1,5 cm)}$$

$$\text{Custo Total do m}^2 = \text{R\$ } 32,14 \times 1,50 = \text{R\$ } 48,21 \text{ (3,0 cm)}$$

Se for informado o custo do m² de cada espessura e as respectivas produções, pode-se obter o custo total médio do m² através da média ponderada:

$$\text{Custo Total do m}^2 = \frac{24,10 \times 2.893,370 + 32,14 \times 4.745,486 + 48,21 \times 4.369,910}{12.008,766}$$

$$\text{Custo Total do m}^2 = \text{R\$ } 36,05$$

Usando a mesma sistemática, pode-se obter o custo da serrada e da aquisição do bloco por espessura:

$$\text{Custo de aquisição do Bloco por m}^2 = \frac{\text{R\$ } 298.951,64}{13.470,3785 \text{ m}^2} = \text{R\$ } 22,19 \text{ (Base 2,0 cm)}$$

$$\text{Custo de aquisição do Bloco por m}^2 = \text{R\$ } 22,19 \times 0,75 = \text{R\$ } 16,64 \text{ (1,5 cm)}$$

$$\text{Custo de aquisição do Bloco por m}^2 = \text{R\$ } 22,19 \times 1,50 = \text{R\$ } 33,29 \text{ (3,0 cm)}$$

$$\text{Custo da Serrada por m}^2 = \frac{\text{R\$ } 133.960,79}{13.470,3785 \text{ m}^2} = \text{R\$ } 9,95 \text{ (Base 2,0 cm)}$$

$$\text{Custo da Serrada por m}^2 = \text{R\$ } 9,95 \times 0,75 = \text{R\$ } 7,46 \text{ (1,5 cm)}$$

$$\text{Custo da Serrada por m}^2 = \text{R\$ } 9,95 \times 1,50 = \text{R\$ } 14,93 \text{ (3,0 cm)}$$

APÊNDICE E

Cálculo dos custos de aquisição do bloco

Para se calcular o custo de aquisição de um bloco é necessário conhecer o preço do m³ do material, as medidas líquidas do bloco²³ e o valor do frete. Conhecidos estes valores realizam-se as seguintes operações:

Medida Líquida: 5,69625 m³

(Comprimento = 2,45 metros, Altura = 1,55 metros e Largura = 1,50 metros)

Preço: R\$ 400,00/m³

Frete: R\$ 45/m³

Custo de Aquisição do Bloco: R\$ 445,00/ m³

Gasto com o Bloco: R\$ 400,00 X 5,69625 m³ = R\$ 2.278,50

Gasto com Frete: R\$ 45,00 X 5,69625 m³ = R\$ 256,33

Custo de Aquisição do Bloco: R\$ 2.534,83

Supondo que se tenha obtido 189,88 m² de chapas brutas, com a seguinte distribuição:

$$1,5 \text{ cm} = 57,22 \text{ m}^2$$

²³Medida após o desconto dado pelo fornecedor, desconsiderando os defeitos e as medidas que não serão aproveitadas no tear.

$$2,0 \text{ cm} = 105,88 \text{ m}^2$$

$$3,0 \text{ cm} = 26,78 \text{ m}^2.$$

O custo médio de aquisição do bloco ficaria em:

$$\text{R\$ } 2.534,83 / 189,88 \text{ m}^2 = \text{R\$ } 13,35/\text{m}^2$$

Para saber o custo de aquisição do bloco por espessura é necessário transformar a metragem obtida para a base 2,0 cm (Ver Apêndice B), obtendo 188,97 m²:

$$1,5 \text{ cm} = 42,92 \text{ m}^2$$

$$2,0 \text{ cm} = 105,88 \text{ m}^2$$

$$3,0 \text{ cm} = 40,17 \text{ m}^2$$

Dessa forma, o custo de aquisição do bloco por espessura ficaria em:

$$\text{Custo de aquisição do bloco} = \text{R\$ } 2.534,83 / 188,97 \text{ m}^2 = \text{R\$ } 13,41/\text{m}^2 \text{ (Base 2,0 cm)}$$

$$\text{Custo de aquisição do bloco} = \text{R\$ } 13,41 \times 0,75 = \text{R\$ } 10,06/\text{m}^2 \text{ (1,5 cm)}$$

$$\text{Custo de aquisição do bloco} = \text{R\$ } 13,41 \times 1,50 = \text{R\$ } 20,16 /\text{m}^2 \text{ (3,0 cm)}$$

APÊNDICE F

Cálculo dos custos da serragem

Para se calcular o custo de desdobramento de um bloco é necessário conhecer o consumo de granalha, lâmina, cal, energia, mão-de-obra, depreciação e manutenção.

1. Consumo de Granalha: $1.004,29 \times 1,06 = \text{R\$ } 1.064,55$

Quantidade consumida: 1.004,29 Kg

Preço: 1,06 R\$/Kg

Usando os mesmos dados do Apêndice C, para a quantidade de metros quadrados resultantes (189,88 m²).

Obtém-se, um custo médio de Granalha de R\$ 5,61/m² (R\$ 1.064,55/189,88 m²)

O custo da Granalha por espessura ficaria em:

Custo da Granalha = R\$ 1.064,55/ 188,97 m² = R\$ 5,63/m² (Base 2,0 cm)

Custo da Granalha = R\$ 5,63 X 0,75 = R\$ 4,22/ m² (1,5 cm)

Custo da Granalha = R\$ 5,63 X 1,50 = R\$ 8,45 /m² (3,0 cm)

2. Consumo de Lâminas: $201,26 \times 1,17 = \text{R\$ } 235,47$

Quantidade consumida: 201,26 Kg

Preço: R\$ 1,17/ Kg

O custo médio das Lâminas é R\$ 1,24/m² (R\$ 235,47/189,88 m²)

O custo das Lâminas por espessura ficaria em:

Custo das Lâminas = R\$ 235,47/ 188,97 m² = R\$ 1,25/m² (Base 2,0 cm)

Custo das Lâminas = R\$ 1,25 X 0,75 = R\$ 0,94/ m² (1,5 cm)

Custo das Lâminas = R\$ 1,25 X 1,50 = R\$ 1,88/m² (3,0 cm)

3. Consumo de Cal: 136 X 0,14= R\$ 19,04

Quantidade consumida: 136 Kg

Preço: R\$ 0,14 / Kg

O custo médio de Cal é R\$ 0,10/m² (R\$ 19,04/189,88 m²)

O custo das Lâminas por espessura ficaria em:

Custo de Cal = R\$ 19,04/ 188,97 m² = R\$ 0,10/m² (Base 2,0 cm)

Custo de Cal = R\$ 0,10 X 0,75 = R\$ 0,08/ m² (1,5 cm)

Custo de Cal = R\$ 0,10 X 1,50 = R\$ 0,15/m² (3,0 cm)

4. Consumo de Energia: 65,52 X 2,45= R\$ 160,52

Quantidade consumida: 65,52 horas

Preço: R\$ 2,45 / h

O custo médio da Energia é R\$ 0,85/m² (R\$ 160,52/189,88 m²)

O custo das Lâminas por espessura ficaria em:

Custo da Energia = R\$ 160,52/ 188,97 m² = R\$ 0,85/m² (Base 2,0 cm)

Custo da Energia = R\$ 0,85 X 0,75 = R\$ 0,64/ m² (1,5 cm)

Custo da Energia = R\$ 0,85 X 1,50 = R\$ 1,28/m² (3,0 cm)

5. Mão-de-Obra: 65,52 X 3,41= R\$ 223,42

Quantidade consumida: 65,52 horas

Preço: R\$ 3,41 / h

O custo médio da Mão-de-obra é R\$ 1,18/m² (R\$ 223,42/189,88 m²)

O custo da Mão-de-Obra por espessura ficaria em:

Custo da MDO = R\$ 223,42/ 188,97 m² = R\$ 1,18/m² (Base 2,0 cm)

Custo da MDO = R\$ 1,18 X 0,75 = R\$ 0,89/ m² (1,5 cm)

Custo da MDO = R\$ 1,18 X 1,50 = R\$ 1,36/m² (3,0 cm)

6. Depreciação: 65,52 X 4,62= R\$ 302,70

Quantidade consumida: 65,52 horas

Preço: R\$ 4,62 / h

O custo médio de Depreciação é R\$ 1,59/m² (R\$ 302,70/189,88 m²)

O custo de Depreciação por espessura ficaria em:

Custo de Depreciação = R\$ 302,70/ 188,97 m² = R\$ 1,60/m² (Base 2,0 cm)

Custo de Depreciação = R\$ 1,60 X 0,75 = R\$ 1,20/ m² (1,5 cm)

Custo de Depreciação = R\$ 1,60 X 1,50 = R\$ 2,40/m² (3,0 cm)

7. Manutenção: 65,52 X 4,02= R\$ 263,39

Quantidade consumida: 65,52 horas

Preço: 4,02 R\$/h

O custo médio da Energia é R\$ 1,39/m² (R\$ 263,39/189,88 m²)

O custo das Lâminas por espessura ficaria em:

Custo da Energia = R\$ 263,39/ 188,97 m² = R\$ 1,39/m² (Base 2,0 cm)

Custo da Energia = R\$ 1,39 X 0,75 = R\$ 1,05/ m² (1,5 cm)

Custo da Energia = R\$ 1,39 X 1,50 = R\$ 2,09/m² (3,0 cm)

O custo da serrada é a soma dos custos dos fatores acima. Dessa forma, o custo total da serrada seria R\$ 2.269,10. E o custo médio R\$ 11,95/m².

O custo da Serrada por espessura ficaria em:

Custo da Serrada = R\$ 2.269,10/ 188,97 m² = R\$ 12,00/m² (Base 2,0 cm)

Custo da Serrada = R\$ 12,00 X 0,75 = R\$ 9,00/ m² (1,5 cm)

Custo da Serrada = R\$ 12,00 X 1,50 = R\$ 18,00/m² (3,0 cm)