

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM

EDUARDO SCHIMITT DA SILVA

**METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO, ANÁLISE DE  
CUSTOS, DE MERCADO E ECONÔMICA PARA UNIDADES  
DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO  
CIVIL**

Porto Alegre

2013

EDUARDO SCHIMITT DA SILVA  
ENGENHEIRO DE MINAS

METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO, ANÁLISE DE CUSTOS, DE MERCADO E  
ECONÔMICA PARA UNIDADES DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS PARA  
CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, modalidade Acadêmica, área de concentração: Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Lemos Peroni

Porto Alegre  
2013

EDUARDO SCHIMITT DA SILVA

METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO, ANÁLISE DE CUSTOS, DE MERCADO E  
ECONÔMICA PARA UNIDADES DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS PARA  
CONSTRUÇÃO CIVIL.

Esta Dissertação foi analisada e julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Lemos Peroni

---

Prof. Coordenador Telmo Roberto Strohaecker

Aprovado em: 30/09/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco José Kliemann Neto – PPGEP/UFRGS \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jair Carlos Koppe – PPGEM/UFRGS \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Carlos Otavio Petter – PPGEM/UFRGS \_\_\_\_\_

Aos meus pais, meu irmão e minha  
noiva.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Rodrigo de Lemos Peroni pelas cobranças e o entusiasmo que fizeram com que o trabalho fosse realizado.

Aos colegas do LPM, pelas valiosas contribuições.

Aos meus pais, pelo amor e tudo o mais que for incondicional.

Ao meu irmão Cristiano, pelo companheirismo e amor fraternal de sempre podermos contar um com o outro.

À Andressa, minha amada noiva que sempre me auxiliou e contribuiu de forma fundamental para desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos, pelos momentos de descontração e força.

Ao Grupo Treviplam, em especial ao Eng. Civil Evandro e ao Econ. Emerson, pelo apoio e incentivo na confecção deste trabalho.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

Aos professores do DEMIN, por sempre estarem dispostos a ensinar.

*“Omnia possum in eo qui me confortat.”*

Filipenses 4: 13

## RESUMO

A indústria mineral moderna, com ênfase para as grandes minerações de ferro, segundo maior minério em produção no Brasil, é altamente especializada e seus projetos são precedidos de inúmeros estudos econômicos e financeiros, a fim de avaliar a implantação de uma unidade extrativa. Em oposição a esta tendência, podemos encontrar a produção de agregados para a construção civil, o maior segmento mineral do Brasil em número de produção, sendo produzidos mais de 600 Mt/ano desde o ano de 2010, segundo levantamentos do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). A indústria de produção de agregados, sendo composta em sua maioria por pequenos e médios empreendimentos, utiliza técnicas e procedimentos já abandonados pelas minerações de alto rendimento apresentando, por essa razão, um avanço modesto, o que se constitui em um entrave para a expansão do setor. A demanda por agregados tende a aumentar significativamente, principalmente devido ao crescimento econômico brasileiro, sendo que nos últimos dez anos houve um incremento de aproximadamente 50%. Com o intuito de ilustrar um cenário da indústria de agregados e demonstrar o impacto que um maior desenvolvimento do setor pode acarretar, este trabalho tem por objetivo desenvolver uma metodologia e ilustra-la a fim de instruir a indústria de agregados de uma série de procedimentos comuns ao planejamento de lavra e à economia mineral. Desenvolveram-se estudos desde as fases de levantamentos de pesquisa até considerações mercadológicas, com o objetivo de avaliar o potencial das unidades estudadas e do mercado em que estão inseridas, utilizando técnicas modernas e convencionais, no que diz respeito à indústria mineral contemporânea. Com base nessa abordagem, este trabalho desenvolve o planejamento de três minas em atividade na região de Santa Cruz do Sul, com o auxílio de programa específico para modelagem e planejamento. Igualmente, apresenta o levantamento e a análise dos custos operacionais e de capital dessas unidades, utilizando ainda um programa para análise de investimentos e estimativa de custos, a fim de comparar os resultados entre cenários reais e previstos, além do impacto de cada unidade no mercado regional. Ao final do trabalho, conseguiu-se apresentar uma metodologia estruturada e de certa forma simplificada, partindo-se de estudos mais abrangentes utilizados por minerações mais complexas. A partir deste método, podem-se visualizar os empreendimentos analisados de forma completa, permitindo avanços financeiros, operacionais e tecnológicos.

Palavras-chave: Planejamento de lavra. Custos. Indústria de agregados. Análise econômica. Investimentos.

## ABSTRACT

The modern mining industry, with emphasis on large mining iron ore production second largest in Brazil, is highly specialized and their projects are preceded by numerous economic and financial studies, to assess the implementation of a mining unit. In opposition to this trend, we find the production of aggregates for construction, the largest segment of Brazil in mineral production number, and produced over 600 Mt/year since 2010, according to surveys of DNPM (National Department of Mineral Production). The industrial production of aggregates, consisting mostly of small and medium enterprises, using techniques and procedures already abandoned by mining high performance presenting, therefore, a modest advance, which constitutes an obstacle to the expansion of sector. Demand for aggregates tends to increase significantly, mainly due to Brazil's economic growth, and in the last ten years there has been an increase of approximately 50%. In order to illustrate a scenario of the aggregates industry and demonstrate the impact that the development of the sector may result this work aims to develop a methodology and illustrates it in order to inform the industry aggregate of a number of common procedures the mine planning and mineral economics. Evolved from studies phases of surveys of research to marketing considerations, with the aim of evaluating the potential of the studied units and the market in which they operate, using modern and traditional techniques, with regard to contemporary mining industry. Based on this approach, this paper develops planning three mines in operation in the region of Santa Cruz do Sul, with the aid of specific program for modeling and planning. Also presents a survey and analysis of operating and capital costs of these units, even using a program for investment analysis and cost in order to compare results between actual and projected scenarios, and the impact of each unit in the regional market. At the end of the work, we were able to provide a structured and somewhat simplified methodology, starting with the most comprehensive studies used for complex mining. From this method, you can view the projects analyzed comprehensively, allowing financial, operational and technological advancements.

**Keywords:** Mining planning. Costs. Aggregates industry. Economic analysis. Investments.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Produção Mineral Brasileira - 2010 (Milhões de Toneladas) .....	18
Figura 2 -	Produção Mineral do Rio Grande do Sul - 2009 (Milhões de Toneladas) .....	19
Figura 3 -	Tipos de Rochas utilizadas na produção de brita no Brasil.....	20
Figura 4 -	Localização das unidades de britagem nos municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz. ....	21
Figura 5 -	Localização das unidades de britagem nos municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz. ....	21
Figura 6 -	Estrutura do modelo de avaliação. ....	38
Figura 7 -	Estrutura da metodologia de avaliação.....	48
Figura 8 -	Fluxograma para levantamentos de campo. ....	48
Figura 9 -	Fluxograma para Planejamento de lavra. ....	50
Figura 10 -	Fluxograma para análise de equipamentos e custos.....	52
Figura 11 -	Fluxograma para avaliação de mercado. ....	54
Figura 12 -	Fluxograma para Análise Econômica. ....	56
Figura 13 -	Levantamento Topográfico Unidade Santa Cruz do Sul A.....	60
Figura 14 -	Levantamento Topográfico Unidade Santa Cruz do Sul B .....	60
Figura 15 -	Levantamento Topográfico Unidade Vera Cruz .....	61
Figura 16 -	Mapa geológico das unidades .....	62
Figura 17 -	Seção Geológica Esquemática Regional .....	63
Figura 18 -	Seção Geológica Esquemática de um derrame .....	63
Figura 19 -	Trabalho de sondagem com perfuratriz roto-percussiva .....	66
Figura 20 -	Pó de rocha basáltica gerada pela perfuratriz roto-percussiva .....	67
Figura 21 -	Topografia e imagem Unidade Santa Cruz do Sul A .....	71
Figura 22 -	Cava Final da Unidade Santa Cruz do Sul A .....	72
Figura 23 -	Topografia e imagem Unidade Santa Cruz do Sul B .....	73
Figura 24 -	Cava Final Unidade Santa Cruz do Sul B .....	73
Figura 25 -	Topografia e imagem Unidade Vera Cruz .....	74
Figura 26 -	Cava Final Unidade Vera Cruz .....	74
Figura 27 -	Topografia da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 0 .....	75
Figura 28 -	Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 3 .....	75
Figura 29 -	Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 8 .....	75

Figura 30 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 11 .....	76
Figura 31 – Topografia da Unidade Santa Cruz do Sul B no ano 0 .....	76
Figura 32 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul B no ano 3.....	76
Figura 33 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul B no ano 10.....	77
Figura 34 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 14 .....	77
Figura 35 – Topografia da Unidade Vera Cruz atual da área .....	77
Figura 36 – Cava intermediária da Unidade Vera Cruz no ano 3.....	77
Figura 37 – Cava intermediária da Unidade Vera Cruz no ano 8.....	78
Figura 38 – Cava intermediária da Unidade Vera Cruz no ano 13.....	78
Figura 39 – Mapa do mercado local e raio de influência das unidades estudadas .....	93
Figura 40 – Análise da sensibilidade das Unidades frente à variação do preço de venda....	106
Figura 41 – Análise da sensibilidade das Unidades frente à variação dos custos operacionais.....	107
Figura 42 – Análise da sensibilidade com investimento das Unidades frente à variação do preço de venda.....	108
Figura 43 – Análise da sensibilidade das Unidades frente à variação dos custos operacionais.....	109
Figura 44 – <i>Payback</i> das unidades com base no fluxo de caixa com investimentos.....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do consumo <i>per capita</i> de agregados - Brasil.....	23
Tabela 2 - Principais utilizações dos agregados no mundo nos últimos 30 anos .....	29
Tabela 3 - Usos e Destinação da Brita para Construção .....	30
Tabela 4 - Evolução da produção de agregados para a construção civil no Brasil 1999- 2010.....	33
Tabela 5 - Previsão da produção de agregados – 2015/2022/2030.....	33
Tabela 6 - Previsão dos investimentos em mineração de agregados – 2015/2022/2030.....	34
Tabela 7 - Previsão de empregos na mineração de agregados – 2015/2022/2030.....	34
Tabela 8 - Insumos minerais mais consumidos no mundo .....	34
Tabela 9 - Consumo <i>per capita</i> de agregados comparado a outros materiais .....	35
Tabela 10 - Fatores que afetam a localização de uma pedreira.....	36
Tabela 11 – Apreciação macroscópica na Unidade Santa Cruz do Sul A .....	68
Tabela 12 – Composição mineral amostra Pedreira Santa Cruz do Sul A.....	68
Tabela 13 – Resultados dos testes para absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade da amostra da Pedreira Santa Cruz do Sul A. ....	69
Tabela 14 – Apreciação macroscópica na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	69
Tabela 15 – Composição mineral amostra Pedreira Santa Cruz do Sul B.....	69
Tabela 16 –Resultados dos testes para absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade da amostra da Pedreira Santa Cruz do Sul B. ....	70
Tabela 17 – Apreciação macroscópica na Unidade Vera Cruz.....	70
Tabela 18 – Composição mineral amostra da Pedreira Vera Cruz .....	70
Tabela 19 –Resultados dos testes para absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade da amostra da Pedreira Vera Cruz. ....	71
Tabela 20 – Equipamentos de lavra Unidade Santa Cruz do Sul A.....	79
Tabela 21 – Equipamentos de lavra Unidade Santa Cruz do Sul B .....	79
Tabela 22 – Equipamentos de lavra Unidade Vera Cruz .....	79
Tabela 23 –Equipamentos de Perfuração de rocha.....	79
Tabela 24 – Vida útil dos equipamentos de lavra .....	79
Tabela 25 – Número de dias de manutenção dos equipamentos de Perfuração de rocha.....	80
Tabela 26 – Perfuração Equipamento Perfuratriz 1 na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	80
Tabela 27 – Perfuração Equipamento Perfuratriz 1 na Unidade Santa Cruz do Sul B .....	80

Tabela 28 – Perfuração Equipamento Perfuratriz 1 na Unidade Vera Cruz .....	80
Tabela 29 – Produtividade Equipamento Perfuratriz 1 nas 3 Unidades.....	80
Tabela 30 – Perfuração e Produtividade Equipamento Perfuratriz 2 na Unidade Vera Cruz .....	80
Tabela 31 – Consumo de combustível (l) dos equipamentos de perfuração.....	81
Tabela 32 – Consumo de acessórios e itens de produção dos equipamentos de perfuração...	81
Tabela 33 – Consumo de Explosivos na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	81
Tabela 34 – Consumo de Acessórios na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	82
Tabela 35 – Consumo de Explosivos na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	82
Tabela 36 – Consumo de Acessórios na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	83
Tabela 37 – Consumo de Explosivos na Unidade Vera Cruz .....	83
Tabela 38 – Consumo de Acessórios na Unidade Vera Cruz .....	84
Tabela 39 – Número de carregamentos efetuados na Unidade Santa Cruz do Sul A .....	84
Tabela 40 – Número de carregamentos efetuados na Unidade Santa Cruz do Sul B .....	84
Tabela 41 – Número de carregamentos efetuados na Unidade Vera Cruz .....	84
Tabela 42 – Diesel consumido na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	85
Tabela 43 – Diesel consumido na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	85
Tabela 44 – Diesel consumido na Unidade Vera Cruz .....	85
Tabela 45 – Número de viagens realizadas pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	85
Tabela 46 – Distância percorrida (km) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A... 85	
Tabela 47 – Volume total transportado (m <sup>3</sup> ) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	86
Tabela 48 – Diesel consumido (l) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	86
Tabela 49 – Número de viagens realizadas pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	86
Tabela 50 – Distância percorrida (km) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B ... 86	
Tabela 51 – Volume total transportado (m <sup>3</sup> ) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	87
Tabela 52 – Diesel consumido (l) pelo caminhão na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	87
Tabela 53 – Número de viagens realizadas pelos caminhões na Vera Cruz no ano de 2012.....	87
Tabela 54 – Distância percorrida (km) pelos caminhões na Unidade Vera Cruz .....	88

Tabela 55 – Volume total transportado (m <sup>3</sup> ) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	88
Tabela 56 – Diesel consumido (l) pelos caminhões na Unidade Vera Cruz.....	88
Tabela 57 – Investimento na Lavra Unidade Santa Cruz do Sul A .....	89
Tabela 58 – Investimento na Lavra Unidade Santa Cruz do Sul B.....	89
Tabela 59 – Investimento na Lavra Unidade Vera Cruz.....	89
Tabela 60 – Custo de capital para instalação de Britagem para as diferentes unidades .....	90
Tabela 61 – Custo de capital para implantação dos empreendimentos para as diferentes unidades.....	90
Tabela 62 – Investimentos de lavra, britagem e investimento total nas unidades. ....	90
Tabela 63 – Custos Operacionais da atividade de Perfuração (R\$).....	91
Tabela 64 – Custos Operacionais da atividade de Desmonte (R\$) .....	91
Tabela 65 – Custos Operacionais da atividade de Carregamento (R\$).....	91
Tabela 66 – Custos Operacionais da atividade de Transporte (R\$).....	91
Tabela 67 – Despesas (R\$).....	91
Tabela 68 – Custos Operacionais da atividade de Britagem (R\$) .....	92
Tabela 69 – Despesas da Administração Geral (R\$) .....	92
Tabela 70 – Custos da Administração Geral para as Unidades produtivas.....	92
Tabela 71 – Custos Operacionais Totais .....	92
Tabela 72 – Série histórica do PIB do mercado local e RS .....	93
Tabela 73 – Série histórica da população local e do estado .....	94
Tabela 74 – Série histórica da produção de agregados no Brasil e RS durante os anos de 2008 e 2010 .....	94
Tabela 75 – Prognóstico de produção de agregados no Brasil– 2015/2022/2030 .....	95
Tabela 76 – Produção histórica de agregados de basalto na região (t) .....	95
Tabela 77 – Prognóstico na produção de agregados na região (t).....	96
Tabela 78 – Fluxo de Caixa Unidade Santa Cruz do Sul A sem investimento e sem variação na produção.....	97
Tabela 79 – Fluxo de Caixa Unidade Santa Cruz do Sul B sem investimento e sem variação na produção.....	97
Tabela 80 – Fluxo de Caixa Unidade Vera Cruz sem investimento e sem variação na produção .....	98

Tabela 81 – Fluxo de caixa com variação da produção e reinvestimento na Unidade Santa Cruz do Sul A .....	98
Tabela 82 – Fluxo de caixa com variação da produção e reinvestimento na Unidade Santa Cruz do Sul B .....	99
Tabela 83 – Fluxo de caixa com variação da produção e reinvestimento na Unidade Vera Cruz .....	100
Tabela 84 – Comparativo de custos de capital entre o custo real e o <i>software Sherpa</i> na Unidade Santa Cruz do Sul A .....	102
Tabela 85 – Comparativo de custos de capital entre o custo real e o <i>software Sherpa</i> na Unidade Santa Cruz do Sul B.....	102
Tabela 86 – Comparativo de custos de capital entre o custo real e o <i>software Sherpa</i> na Unidade Vera Cruz.....	103
Tabela 87 – Custos operacionais gerados pelo <i>software Sherpa</i> .....	104
Tabela 88 – Adequação dos custos operacionais mensurados aos parâmetros do <i>software Sherpa</i> .....	104
Tabela 89 – Comparativo de custos operacionais para Unidade Santa Cruz do Sul A.....	104
Tabela 90 – Comparativo de custos operacionais para Unidade Santa Cruz do Sul B.....	104
Tabela 91 – Comparativo de custos operacionais para Unidade Vera Cruz .....	105
Tabela 92 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	106
Tabela 93 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul B .....	106
Tabela 94 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Vera Cruz .....	106
Tabela 95 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Santa Cruz do Sul A..	107
Tabela 96 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Santa Cruz do Sul B..	107
Tabela 97 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Vera Cruz.....	107
Tabela 98 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul A.....	108
Tabela 99 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul B .....	108
Tabela 100 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Vera Cruz .....	108
Tabela 101 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Santa Cruz do Sul A.	109
Tabela 102 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Santa Cruz do Sul B.	109
Tabela 103 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Vera Cruz .....	109

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1. METAS .....	24
1.2. OBJETIVOS .....	24
1.3. JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	24
1.4. RESULTADOS ESPERADOS .....	25
1.5. ESTRUTURA .....	26
<b>2. ESTADO DA ARTE EM PLANEJAMENTO DE LAVRA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS</b> .....	27
2.1. IMPORTÂNCIA DOS AGREGADOS .....	27
2.2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO SETOR .....	27
2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS .....	29
2.4. UTILIZAÇÃO DOS AGREGADOS .....	30
2.5. PRODUÇÃO MUNDIAL .....	31
2.6. PRODUÇÃO BRASILEIRA .....	31
2.7. CONSUMO <i>PER CAPITA</i> .....	34
2.8. GEOLOGIA, RESERVAS E LOCALIZAÇÃO .....	35
<b>2.8.1. Reservas</b> .....	36
<b>2.8.2. Prospecção e pesquisa mineral</b> .....	36
<b>2.8.3. Localização</b> .....	37
2.9. AVALIAÇÃO ECONÔMICA .....	38
<b>2.9.1. Avaliação econômica no projeto e gestão de negócios</b> .....	38
<b>2.9.2. Simulação e análise econômico-financeira</b> .....	39
<b>2.9.3. Custos de capital e operacional</b> .....	41
<b>2.9.4. Análise de Mercado</b> .....	43
2.10. PLANEJAMENTO .....	44
2.11. DIFICULDADES DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE AGREGADOS .....	46
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	48
3.1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO .....	48
3.2. PLANEJAMENTO .....	50
3.3. ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS E CUSTOS .....	52
3.4. AVALIAÇÃO DE MERCADO .....	53
3.5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA .....	56

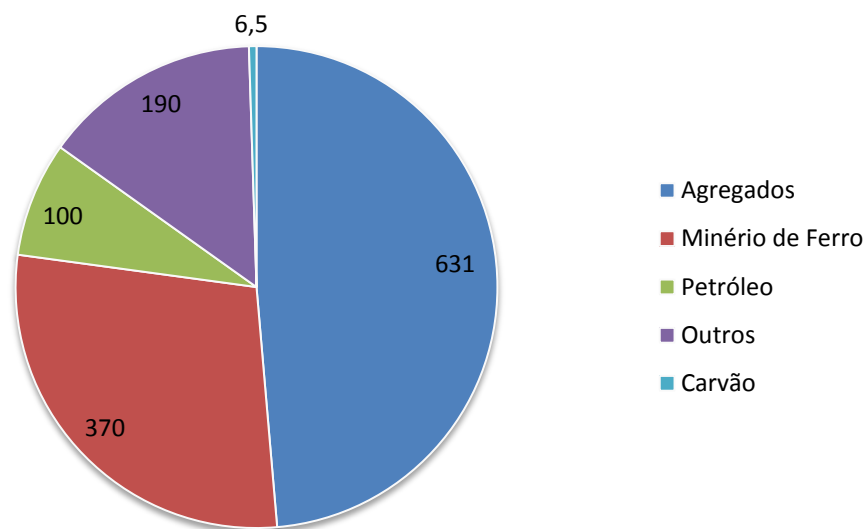
<b>4. ESTUDO DE CASO DE UNIDADES DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO SUL E VERA CRUZ</b> .....	59
4.1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO .....	59
4.1.1. Levantamento topográfico.....	59
4.1.2. Geologia.....	61
4.1.3. Geomorfologia .....	64
4.1.4. Hidrologia e hidrografia.....	65
4.1.5. Sondagem.....	66
4.1.6. Análise de amostras .....	67
4.1.7. Determinação das reservas e vida útil das unidades.....	71
4.2. PLANEJAMENTO .....	75
4.2.1. Planejamento anual Unidade Santa Cruz do Sul A .....	75
4.2.2. Planejamento anual Unidade Santa Cruz do Sul B .....	76
4.2.3. Planejamento anual Unidade Vera Cruz .....	77
4.3. ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS, INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS .....	78
4.3.1. Equipamentos de lavra .....	78
4.3.2. Perfuração.....	80
4.3.3. Desmonte de rocha .....	81
4.3.4. Carregamento.....	84
4.3.5. Transporte .....	85
4.3.6. Investimentos .....	89
4.3.7. Levantamento dos custos operacionais nas unidades. ....	90
4.4. ANÁLISE DE MERCADO.....	92
4.5. ANÁLISE ECONÔMICA.....	96
4.6.1. Utilização das estimativas com o auxílio do <i>software Sherpa</i> .....	101
4.6.2. Aplicação do <i>software Sherpa for Surface Mines</i> para os custos de capital e avaliação.....	101
4.6.3. Levantamento dos custos operacionais nas unidades com o auxílio do <i>software Sherpa</i> . ....	103
<b>5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	106
5.1. FLUXOS DE CAIXA SEM INVESTIMENTO .....	106
5.2. FLUXOS DE CAIXA COM INVESTIMENTO .....	108
<b>6. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES FUTURAS</b> .....	111
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	115



## 1. INTRODUÇÃO

No setor mineral brasileiro, apesar do maior destaque conferido a outros produtos, a posição de liderança na produção e consumo pertence aos agregados para a construção civil (ANEPAC, 2010). A produção estimada para o ano de 2010 foi em torno de 632 milhões t, enquanto produtos considerados mais nobres, como o minério de ferro e o petróleo, tiveram produção, respectivamente, de 370 milhões t e de 100 milhões t. Apesar destes números, o baixo valor agregado ao produto, assim como a restrição do consumo aos mercados locais e o alto custo de transporte associado, faz com que a produção de agregados tenha um papel de pouco destaque no cenário mineral brasileiro. Na Figura 1 podem ser visualizados os principais bens minerais no Brasil em milhões de toneladas no ano de 2010.

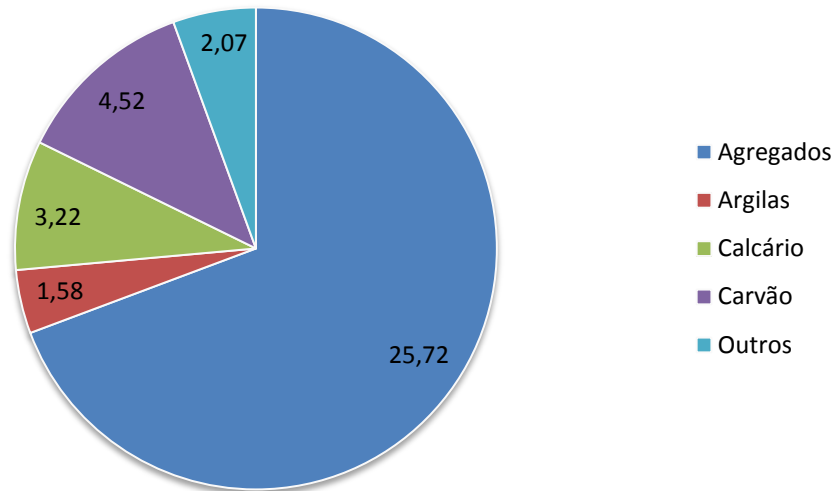
Figura 1 - Produção Mineral Brasileira - 2010 (Milhões de Toneladas)



Fonte: ANEPAC (2010); DNPM 1 (2011). Elaborado pelo Autor.

Na Figura 2 podem ser visualizados os principais bens minerais no Rio Grande do Sul em milhões de toneladas no ano de 2009, último ano disponibilizado. Esses dados foram extraídos das informações disponibilizadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e pela Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC). Os principais produtos do Rio Grande do Sul são os agregados da Construção Civil, Argilas, Calcário e Carvão.

Figura 2 - Produção Mineral do Rio Grande do Sul - 2009 (Milhões de Toneladas)



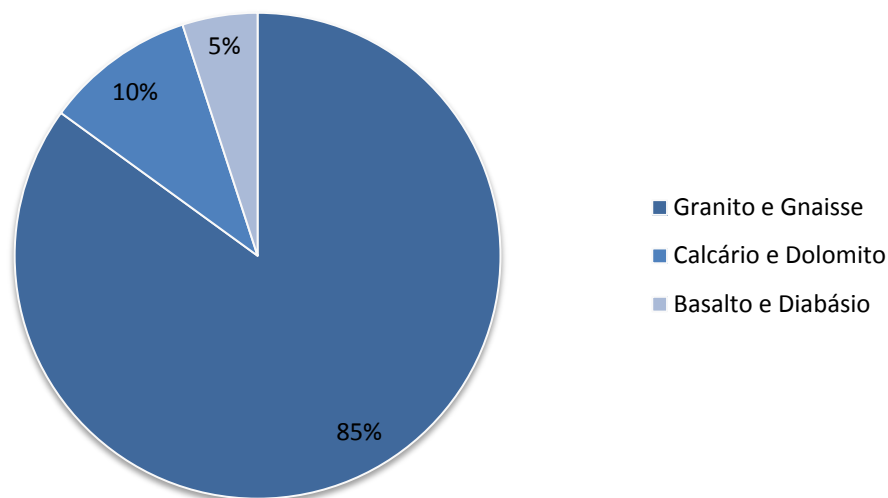
Fonte: ANEPAC (2010); DNPM 1 (2010). Elaborado pelo Autor.

Isso demonstra que os agregados para a construção civil são vitais para o crescimento de qualquer nação. O desenvolvimento socioeconômico, assim como a qualidade de vida de uma população, por meio de obras de infraestrutura e construção civil incorpora uma grande importância aos agregados como matérias-primas minerais fundamentais destes empreendimentos (LUZ, 2012). Os agregados são materiais essenciais para a construção do mundo moderno, e seus produtos são usados todo dia em moradias, estradas, escolas, hospitais, fábricas, etc. (BROWN, 2011).

Muito se utiliza o termo agregado, mas se desconhece sua origem. O uso do termo é atribuído ao fato de que a areia e a brita se agregam ao cimento para obtenção do concreto e ao betume para preparação do asfalto (LUZ, 2012). Segundo Bertolino et al. (2012), os materiais rochosos na forma granular utilizados na construção civil são denominados agregados. Ainda segundo o autor, as rochas podem passar por processos de britagem e classificação para atingir as especificações de granulometria.

De acordo com o DNPM 1 (2006), a produção de agregados para a construção civil é dividida em brita e areia, sendo que a brita é composta por: granito e gnaiss 85%, calcário e dolomito 10%, e diabásio e basalto 5%. A utilização das rochas basálticas é caracterizada por ocorrer principalmente nas regiões sul e sudeste (bacia do Paraná), local onde foi realizado este estudo. Os principais tipos de rochas utilizadas na produção de brita podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3 - Tipos de Rochas utilizadas na produção de brita no Brasil.



Fonte: DNPM 1 (2006). Elaborado pelo Autor.

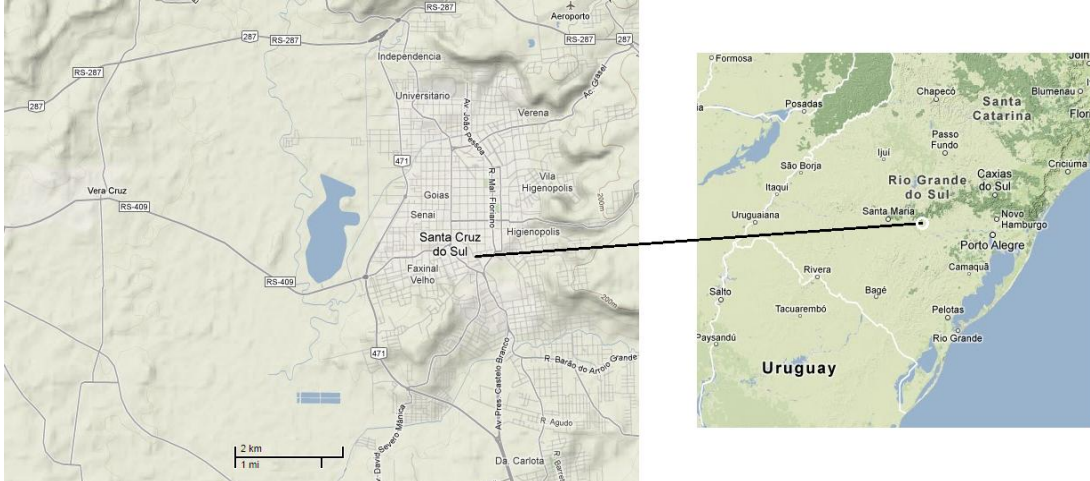
Conforme Nelson (2011), um estudo de viabilidade de um projeto de mineração é uma avaliação da viabilidade comercial do projeto que considera a engenharia, a economia, o licenciamento e as variáveis ambientais. Segundo Brown (2011), uma pedreira de agregados é similar a minerações em superfície de vários outros minerais, mas apresentando algumas significativas diferenças no que diz respeito ao tamanho das minas, à escala de produção, à espessura da descobertura, ao valor do mineral.

As empresas do setor de agregados possuem um nível insuficiente de informações referentes às suas operações. As mesmas não possuem um planejamento do avanço de suas lavras, desconhecem muitas vezes a vida útil das unidades com base na quantidade remanescente de seus bens minerais e não empregam controles dos gastos de suas unidades, sem ter ciência, por vezes, da produtividade das mesmas. Tais observações demonstram que a grande maioria desses empreendimentos continua na contramão da atual conjuntura da economia. Em um momento no qual a especialização, a precisão e a máxima eficiência não são mais apenas objetivos, mas uma necessidade para sobrevivência, elas continuam desperdiçando recursos e trabalhando com mais gastos do que receitas em muitos casos.

Além disso, o mercado atualmente sobrecarrega as empresas com uma carga tributária muito elevada e uma concorrência muito acirrada. Outro fato são os preços serem determinados pelo mercado o que obriga a que se trabalhe com uma margem de lucro menor e um alto controle das operações, a fim de reduzir gastos desnecessários.

Com base nisso, este trabalho pretende desenvolver uma metodologia de avaliação, análise e/ou projeto para empreendimentos instalados ou futuros, partindo da aplicação do método em três pedreiras em atividade na região sul do Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul. O local selecionado foi o Vale do Rio Pardo, nas cidades de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz, levando-se em conta o mercado local das mesmas. Para o estudo dos agregados relacionados à produção de brita, foram utilizadas pedreiras de rochas basálticas, caracterizadas por jazidas de basalto. As pedreiras são constituídas por unidades distribuídas entre as cidades, sendo duas localizadas na cidade de Santa Cruz do Sul e uma terceira localizada na cidade de Vera Cruz. As mesmas podem ser visualizadas na Figura 4, que mostra as cidades dentro do território do estado do Rio Grande do Sul.

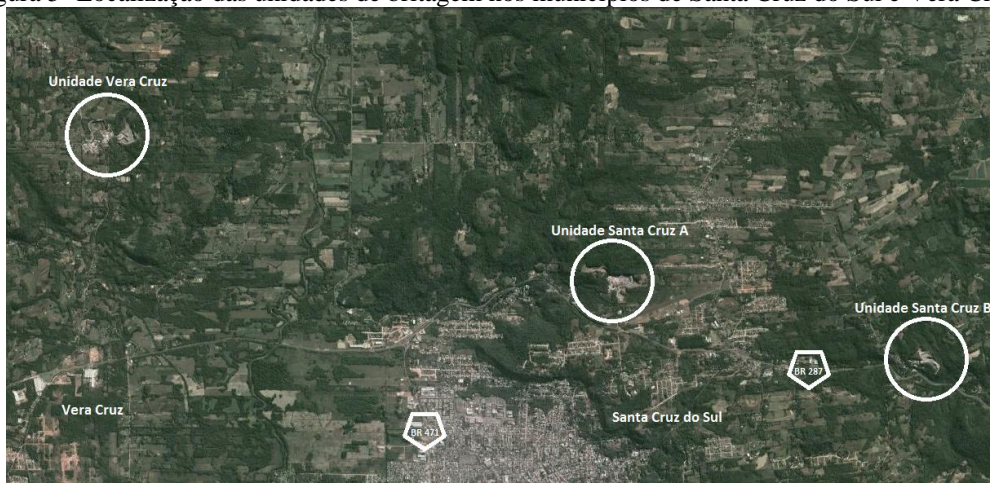
Figura 4- Localização das unidades de britagem nos municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz.



Fonte: Google Maps (2011). Elaborado pelo Autor.

Na Figura 5, pode-se visualizar em detalhe a localização e disposição das unidades nos municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz.

Figura 5- Localização das unidades de britagem nos municípios de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz.



Fonte: Google Earth (2012). Elaborado pelo Autor.

Atualmente, os profissionais da área da mineração, mais especificamente a Engenharia de Minas, tendem a concentrar pouca atenção no setor de agregados. O principal motivo para tal fato é o baixo valor agregado do produto, aliado ao baixo grau de especialização e modernização das empresas do setor, compostas em sua maioria por pequenas ou médias unidades. Devido ao pouco envolvimento dos profissionais do setor com esta indústria, as mesmas apresentam inúmeras dificuldades econômicas, aliadas à falta de planejamento e baixo grau de instrução dos administradores que as gerenciam, na grande maioria dos casos com seus conhecimentos práticos e com a experiência adquirida ao longo dos anos.

Por isso, buscou-se trazer conhecimentos da área de engenharia de minas para algumas pedreiras da região estudada, a fim de obter resultados econômicos satisfatórios e melhorar a produtividade das mesmas. Nenhum ramo de engenharia possui um sentido econômico tão acentuado como o é na Engenharia de Minas (NOER, 1984, p.7).

Esta metodologia desenvolvida objetivou aplicar os principais elementos necessários ao estudo de uma lavra de agregados para a construção civil. Foram realizados levantamentos de campo como ensaios com os tipos de rochas e estudos da geologia do terreno, o levantamento da topografia das áreas, a extensão dos reserva de rocha, com o intuito de projetar a cava final. Posteriormente o método analisou os equipamentos existentes e os custos associados. Verificaram-se o capital investido e as considerações mercadológicas da região de abrangência das unidades.

Quanto ao planejamento, após os levantamentos topográficos das áreas, utilizou-se o *software Studio 3* para modelar a extensão do corpo rochoso e projetar as cavas. No que diz respeito aos aspectos de mercado e econômicos, atualmente o Brasil apresenta um consumo de agregados ainda muito pequeno se comparado a nações desenvolvidas. O baixo consumo pode ser explicado pela demanda reprimida, principalmente no que diz respeito à ausência de infraestrutura adequada (LUZ, 2012). Tendo em vista uma expectativa de crescimento da demanda de agregados em nível nacional, principalmente pela existência de programas governamentais de ampliação da infraestrutura e moradias, além do aumento do poder econômico da população, realizou-se uma análise de mercado, a fim de estimar o aumento da demanda de agregados na região. Para tanto, levantou-se a evolução do consumo de agregados ao longo dos anos a fim de estimar o consumo da região analisada e a perspectiva de aumento da demanda nesse mercado. Partindo-se desta observação, pode-se visualizar na Tabela 1 a evolução do consumo *per capita* de agregados em todo o Brasil para os produtos areia e brita.

Tabela 1 - Evolução do consumo *per capita* de agregados - Brasil

Ano	Areia (t/hab.)	Brita (t/hab.)
1999	1,2	0,8
2000	1,3	0,9
2001	1,4	0,9
2002	1,4	0,9
2003	1,1	0,7
2004	1,1	0,7
2005	1,1	0,8
2006	1,1	0,8
2007	1,3	0,8
2008	1,4	1,0
2009	1,5	1,0
2010	1,7*	1,2*

Fonte: Ferreira e Junior (2012)

Nota: \* Dados estimados considerando uma população de 191 milhões, segundo censo de 2010 do IBGE.

Com relação aos aspectos relacionados aos custos, realizou-se o levantamento destes referentes às operações unitárias, como perfuração, desmonte, carregamento, transporte e britagem. Como ferramenta auxiliar, após o levantamento de todos os dados, aplicou-se o *software Sherpa for surface mines*. Este *software* tem como objetivo estimar os custos de minas e representa um conceito único para a estimativa desses custos. O objetivo do Sherpa é permitir que os estimadores de custos utilizassem procedimentos de engenharia avançada de custos em nível de pré-viabilidade para realizar as estimativas. Finalmente, compararam-se os resultados obtidos com os resultados gerados pelo programa, a fim de verificar a aplicabilidade do *software* em pedreiras de agregados, principalmente tendo em vista o porte das mesmas em comparação ao porte das empresas que foram utilizadas como banco de dados do programa. Dessa forma, buscou-se validar o uso de uma ferramenta, com o intuito de auxiliar os gestores a melhorar suas estimativas de custos tanto com relação às unidades em funcionamento, como para projetos futuros.

Esse setor vem passando por alterações, principalmente no que diz respeito ao perfil empresarial, à aquisição e utilização de equipamentos mais modernos, à utilização de métodos avançados de gestão dos seus sistemas produtivos, assim como do marketing dos produtos (CALAES e AMARAL, 2012). Essa tendência ainda não atingiu todas as empresas do segmento, mas pretendeu-se, adiantar-se a estas mudanças, a fim de obter dados do impacto que essas medidas causarão no setor e o quanto as mesmas trarão de benefícios à economia de um modo geral.

### 1.1. METAS

Desenvolver uma metodologia para avaliação, análise e/ou projeto futuro de pedreiras de agregados para construção civil com o intuito de auxiliar os empreendedores a empregar alguns conceitos fundamentais da mineração, objetivando melhores resultados econômicos e operacionais.

### 1.2. OBJETIVOS

Com o intuito de atingir a meta proposta pelo trabalho, os seguintes objetivos deverão ser cumpridos:

- Definição do método de levantamento de campo dos principais itens a serem abordados;
- Desenvolver o planejamento futuro das lavras, com auxílio de programa específico, definindo a produção anual e a vida útil de cada cava;
- Avaliar os equipamentos, investimentos e custos operacionais de uma unidade, partindo da definição das operações unitárias;
- Analisar o mercado local, o raio de influência das unidades, as cidades atingidas e as perspectivas de demanda;
- Obter uma avaliação econômica, a partir da definição de parâmetros econômicos, dos fluxos de caixa projetados, e análise de diferentes cenários.

### 1.3. JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação apresenta de forma estruturada um trabalho de levantamento de dados, planejamento e obtenção dos custos, além de uma análise de mercado da indústria de agregados, contribuindo para um desenvolvimento e entendimento das unidades presentes no estado e uma maior especialização das mesmas. Procura-se demonstrar a importância que um trabalho desse nível para as empresas, trazendo melhorias consideráveis ao setor, fornecendo ferramentas indispensáveis para o crescimento e a melhoria destas operações, com a obtenção de melhores resultados.

Ao atingir-se a meta estabelecida com o sucesso dos objetivos traçados, espera-se:

- Auxiliar na construção de uma mudança de mentalidade das empresas no ramo, de modo a fomentar os investimentos em modernização, conhecimento e melhorias dos seus parques produtivos, bem como a introdução de tecnologias já utilizadas nas grandes empresas de mineração;
- Contribuir com o setor mineral, propiciando investimento em pessoal treinado e especializado, com o desenvolvimento de melhorias;
- Desenvolver uma sistemática para análise de unidades de produção de agregados.

As empresas do segmento em estudo trabalham com custos mais elevados do que seria necessário ou recomendado. Isso ocorre pela falta de planejamento, já que as empresas, por não possuírem pessoal especializado nem ferramentas próprias para tal, trabalham conforme a necessidade e executam as atividades sem planejamento, elevando os custos de investimento e de operação consideravelmente. Por isso, busca-se alcançar um método que auxilie na redução dos custos, aliado ao planejamento da produção, dentro da demanda necessária. Isto impactaria em um crescimento considerável das empresas do setor, por meio da chamada maximização dos ganhos a partir da total eliminação das perdas. Também se pretende introduzir nas operações em pequena escala conceitos e procedimentos utilizados nas grandes minerações, como o planejamento de curto e médio e longo prazo, a setorização e sequenciamento de lavra, visando ao melhor aproveitamento das operações unitárias.

#### 1.4. RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado, espera-se gerar dados de relevância em nível local e nacional, e divulgar no meio acadêmico e industrial as ferramentas utilizadas e resultados obtidos, por meio de publicações técnico-científicas.

Contribuir para o desenvolvimento e aprimoramento das unidades de produção de agregados para a construção civil, abrindo um campo de atuação maior aos profissionais da área, que são vistos em muitas regiões como meros entraves burocráticos com vistas a atender aos conselhos regionais de engenharia, e não como profissionais capacitados e desenvolvedores de melhorias para o setor.

Obter resultados sobre estudos de casos reais e confiáveis, com os quais as empresas possam melhor planejar suas unidades, aperfeiçoar seus métodos de lavra e atingir melhores resultados. Também se procura demonstrar a importância de estabelecer controles das



operações e de desenvolver um planejamento de lavra, a fim de diminuir custos e obter maiores lucros, para fazer com que a indústria de agregados cresça de forma sustentável dentro da região e do estado como um todo.

## 1.5. ESTRUTURA

Para a confecção deste trabalho, utilizou-se a seguinte estrutura, com a divisão da dissertação em 6 (seis) capítulos:

Capítulo 1 – Introdução, Meta, Objetivos e Estrutura da dissertação;

Capítulo 2 – Fundamentação e embasamento teórico do Estado da arte em planejamento de lavra e avaliação econômica de projetos;

Capítulo 3 – Metodologia;

Capítulo 4 – Estudos de caso;

Capítulo 5 – Análise dos resultados e discussões;

Capítulo 6 – Conclusões e proposições futuras e Referências.

## 2. ESTADO DA ARTE EM PLANEJAMENTO DE LAVRA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

Realizou-se um resgate da literatura disponível sobre agregados a fim de ilustrar os principais temas abrangidos. Buscou-se apresentar informações a fim de contextualizar a importância dos agregados e suas características, o cenário da indústria e as principais técnicas e procedimentos adotados na mineração.

### 2.1. IMPORTÂNCIA DOS AGREGADOS

De acordo com Koppe e Costa (2012), desde a idade da pedra o homem utiliza rochas para o seu desenvolvimento, e à medida que foi se tornando sedentário e passou à fase de urbanização, as rochas passaram a ter enorme importância, sendo utilizados nos mais variados tipos de construções. No início, as técnicas de uso das rochas eram extremamente rudimentares; com os avanços tecnológicos, ocorreram grandes melhorias nos processos de lavra nas pedreiras.

A relevância do setor de agregados para a sociedade é destacada por estar diretamente ligada a elementos que afetam a qualidade de vida da população, tais como a construção de moradias, o saneamento básico, a pavimentação e construção de rodovias, vias públicas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos, etc. (FERREIRA e JUNIOR, 2012).

Conseqüentemente, o consumo *per capita* de agregados é indicador de desenvolvimento socioeconômico, expresso em infraestruturas de transporte, habitação, saneamento, educação e saúde. Em sentido oposto, o baixo consumo *per capita* de agregados minerais pode indicar regiões ou países com infraestruturas e serviços sociais insuficientes ou inadequados (CALAES e AMARAL, 2012).

Uma vez que são os componentes mais fundamentais da construção, os agregados são empregados em todo o país, onde qualquer tipo de construção ou atividade de construção de obras públicas tenha lugar. Como resultado, a indústria de agregados é uma das indústrias de fabricação mais amplamente dispersas (MEYER e ZELNAK JR., 2001).

### 2.2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO SETOR

Segundo Ferreira e Junior (2012) e Calaes e Amaral (2012), as principais características dos agregados para a construção civil são:

- a) Menor preço unitário dentre todos os minerais industriais - baixo valor agregado do produto;
- b) Grande volume de produção, com muitos produtores, usinas de médio ou pequeno porte e gerenciamento precário;
- c) Pesquisa geológica simples e com baixa incorporação de tecnologia constituída, em geral, por operações unitárias de lavagem, classificação e moagem dos bens minerais;
- d) Mercado regional, sendo o internacional restrito ou inexistente.
- e) Relativa abundância de recursos naturais – as fontes (depósitos minerais de areia, de cascalho e de rocha dura para brita) são relativamente abundantes, sendo poucas as regiões do país que apresentam relativa escassez desses recursos naturais.
- f) Rigidez locacional – sendo geradores de produtos de baixo valor contido – e que, portanto, não suportam altos custos de transporte –, os depósitos produtores de agregados minerais tendem a se localizar o mais próximo possível do mercado consumidor. Por esta razão, apesar da relativa abundância de fontes de matérias-primas, as unidades de produção se notabilizam por sua específica rigidez locacional, determinada pela proximidade em relação aos polos de demanda.
- g) Ordenamento territorial – o elevado conteúdo tecnológico do setor se faz presente também na superação de desafios de ordenamento territorial, assim como na busca de melhores soluções para a mitigação de conflitos de uso e ocupação do solo e de impactos ambientais, de forma a prevenir a ocorrência de externalidades negativas e a contribuir para o desenvolvimento sustentável.
- h) Recursos exauríveis/Ciclo de vida – na busca das melhores soluções de ordenamento territorial e de implementação de cuidados ambientais, deve-se ter em consideração que cada depósito de areia de cascalho ou de rocha dura para brita terá um ciclo de extração temporário, ao final do qual a área deverá estar preparada para reutilização, como reserva ecológica, área de lazer e entretenimento, empreendimento imobiliário, local de deposição de resíduos inertes ou qualquer outro fim de interesse da sociedade.
- i) Capital intensivo – embora, no contexto da indústria mineral, seja considerado um segmento rude e pouco dinâmico, além de constituído predominantemente por pequenas e médias empresas, o setor de agregados minerais passa por grandes transformações, seja na mudança de seu perfil empresarial, na incorporação de avançados equipamentos e tecnologias de produção, ou ainda na adoção de modernos métodos de

gestão da produção e de marketing de produto. Portanto, o setor de agregados minerais está se caracterizando como de capital intensivo.

### 2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS

A classificação dos agregados de uma maneira adequada a seu uso na construção civil é assunto controvertido na literatura. A ASTM (*American Society for Testing Material*) e a ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) propõem uma classificação baseada na análise petrográfica das rochas e na descrição tecnológica relacionada às propriedades físicas e mecânicas das rochas. A classificação de agregados deve levar em consideração as seguintes informações: a origem do material, a classe ou nome petrográfico, idade da rocha, cor, granulometria e fissilidade (BERTOLINO, *et al*, 2012).

No entanto, parece que a classificação mais utilizada é a que considera o tamanho dos fragmentos, classificando os agregados em finos (até 0,2 mm), médios (entre 0,2 e 2 mm) e grossos (> 2 mm). Por vezes, a indústria utiliza para os de valores superiores a 5 mm, a denominação agregados grosseiros (PRENTICE, 1990). As principais utilizações dos agregados no mundo ao longo dos últimos 30 anos podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais utilizações dos agregados no mundo nos últimos 30 anos

Produtos	Usos
Areia artificial e areia natural (4,8 a 0,074 mm)	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, emboço, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pó de pedra (<4,8mm).....	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamento em geral.
Brita "0" ou pedrisco (4,8 a 9,5 mm).....	Massa asfáltica
Brita 1 (4,8 a 12,5 mm).....	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2 (12,5 a 25,0 mm).....	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 3 (25,0 a 50 mm).....	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias.
Brita 4 (50,0 a 76,0 mm).....	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão <sup>1</sup> , pedra de mão ou pedra amarrada.....	Fabricação de gabiões <sup>3</sup> , muros de contenção e bases.
Brita graduada.....	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.
Bica corrida <sup>2</sup> <25 mm.....	Massa asfáltica, aterro.

Fonte: Kulaif (2001);

<sup>1</sup>Rachão – é o material obtido diretamente do britador primário e que é retido na peneira de 75 mm.

<sup>2</sup>Bica corrida – conjunto de pedra britada, pedrisco e pó de pedra, sem graduação definida, obtido diretamente do britador, sem separação por peneiramento.

<sup>3</sup>Gabião – muro de contenção feito de pedras arrumadas dentro de uma tela e bastante usado em estradas para evitar erosão.

## 2.4. UTILIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Conforme demonstrou Ferreira e Junior (2012), com os dados da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (FIPE), o consumo médio de agregados no Brasil é:

- a) Na autoconstrução de cada unidade de 35 m<sup>2</sup> são consumidas 21 t de agregados;
- b) Em habitações populares de 50 m<sup>2</sup> são consumidas 68 t de agregados;
- c) Na manutenção de vias municipais se consome menos de 100 t/km, enquanto as estradas demandam cerca de 3.000 t/km;
- d) Em uma obra-padrão de 1.120 m<sup>2</sup> para escolas, são consumidos 985 m<sup>3</sup> de agregados, ou 1.675 t;
- e) Na pavimentação urbana, o consumo por m<sup>2</sup> varia de cidades de baixa densidade para as de alta densidade. O primeiro grupo consome 0,166m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, enquanto o segundo, 0,326 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Um quilômetro de uma via de 10 m de largura consumiria, respectivamente, 2.000 t e 3.250 t, aproximadamente.

A indústria de agregados é fortemente dependente da indústria da construção para as suas vendas. Os principais clientes incluem usinas de asfalto, de concreto pronto e blocos, construção pesada e empreiteiros de pavimentação. Cerca de metade da demanda é gerada pela construção civil (habitações, edifícios comerciais e fábricas, entre outros). A outra metade vem de obras públicas, como estradas, pontes, aeroportos e projetos relacionados com a água. A demanda da construção civil está intimamente relacionada com as taxas de juros e, portanto, varia de acordo com a economia em geral. Demanda de obras públicas por agregados é uma função de financiamento do governo, que tende a ser politicamente motivada, ao contrário da procura (MEYER e ZELNAK JR., 2001). Na Tabela 3 são apresentados os principais usos e destinações da brita na construção civil em todo o mundo.

Tabela 3 - Usos e Destinação da Brita para Construção

Segmento	Brita (%)
Concreteira.....	32
Construtora.....	24
Indústria de Pré-fabricados.....	14
Revendedores/Loja.....	10
Usina de asfalto.....	9
Argamassas.....	-
Outros.....	4
Órgão Público.....	7

Fonte: Valverde e Tsuchiya (2008)

## 2.5. PRODUÇÃO MUNDIAL

“Os agregados para a indústria da construção civil são as substâncias minerais mais consumidas e, portanto, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no mundo.” (FERREIRA e JUNIOR, 2012, p. 9). Em todo o mundo desenvolvido e em desenvolvimento, grandes quantidades de agregados são extraídas a cada ano, estimadas em cerca 25 bilhões toneladas. A produção na Europa Ocidental e nos Estados Unidos é amplamente estática, enquanto a produção na Europa Oriental, Índia, China e Sudeste da Ásia aumentam, à medida que estes desenvolvem suas infraestruturas (BROWN, 2011).

A Ásia responde por 50 % da demanda mundial por agregados, ocupando posição de destaque, pois o crescimento chinês vem sendo em torno de 9 a 12 %. A China, com consumo de mais de 4 bilhões de toneladas/ano, lidera a demanda mundial por agregados (ANEPAC, 2010).

Os EUA são os maiores produtores de brita do mundo e, em 2010, a sua produção girava em torno de 1,5 bilhão de toneladas, apresentando valor da ordem de US\$ 11 bilhões. Essa produção foi sustentada por cerca de 1.600 empresas que operam 4.000 unidades de produção, distribuídas por 50 estados americanos (USGS, 2013). Na Europa, em 2009, foram produzidos 3,25 bilhões de toneladas de agregados em cerca de 24 mil unidades de operação. As referidas unidades de produção empregaram, direta e indiretamente, 300 mil pessoas (UEPG, 2013).

## 2.6. PRODUÇÃO BRASILEIRA

“A mineração de areia e brita é uma das mais importantes atividades extrativas do setor mineral brasileiro, quando comparado o volume produzido ao volume de produção do minério de ferro, principal produto mineral brasileiro”. (LUZ, 2012, p. 4). Poucos sabem que a produção brasileira de agregados para a construção civil supera a de minério de ferro, carvão e um dos garantidores do saldo positivo da balança comercial. Enquanto a produção de ferro em 2009 foi de 310 milhões de toneladas, a de agregados totalizou 481 milhões (PENNA, 2010).

A produção brasileira de agregados em 2010 (estimada pelo DNPM em 556 milhões de toneladas de agregados sendo que, deste total, 222 milhões de toneladas representados por pedras britadas) confirma a posição de liderança deste bem mineral, em termos de maior volume de produção e consumo no país. A título de comparação, a produção brasileira de

minério de ferro e a de petróleo, em 2010, foram da ordem de 370 milhões t e de 100 milhões t, respectivamente.

Ainda segundo a ANEPAC, em 2010, 48% da produção brasileira de agregados minerais foi realizada no Sudeste, 20% no Nordeste, 16% no Sul, 9% no Centro-Oeste e 7% no Norte. Com relação aos estados, São Paulo lidera a produção nacional, com 26,6%, seguido por Minas Gerais, com 10,6%; Rio de Janeiro, com 8,7%; Paraná, com 6,1% e Rio Grande do Sul, com 5,7%.

Conforme Luz e Almeida (2012), hoje o setor de agregados tem uma participação média de 18% na produção mineral nacional. Acredita-se que, em 2015, o setor de agregados continuará a ser o maior produto mineral a ser produzido no Brasil (COELHO, 2012).

Um dos maiores problemas encontrados nas análises que envolvem os agregados para a construção civil é a falta de base estatística confiável, uma vez que existe um elevado grau de ilegalidade devido a empresas clandestinas que operam nesse mercado. Além disso, os dados divulgados pelo DNPM são recolhidos através de relatórios elaborados com base nos questionários respondidos pelas empresas legalizadas do setor. O Departamento Nacional de Produção Mineral não dispõe de uma estrutura de coleta e análises de dados apurados sobre o setor, e não há estatísticas confiáveis sobre agregados que possibilitem prestar informações objetivas aos organismos envolvidos na política de planejamento urbano (FERREIRA e JUNIOR, 2012, p. 14).

Segundo Coelho (2012), é um setor que gira em torno de R\$ 8,3 bilhões em negócios, e são responsáveis por 68 mil empregos diretos. A estimativa é fechar o período de 2010-16 com crescimento acumulado de 29%, número que pode ser ainda melhor devido à Copa do Mundo, aos Jogos Olímpicos e ao PAC 2. Mas, como todo setor produtivo, o de agregados enfrenta obstáculos: legislação ambiental cada vez mais restritiva; dificuldades de obtenção e renovação de licenças; excesso de tributação e informalidade; sistema precário de distribuição nas regiões metropolitanas.

A produção de pedras britadas encontra-se espalhada por todas as unidades da federação, com as seguintes estatísticas (FERREIRA e JUNIOR, 2012; COELHO, 2012):

- a) Envolve, oficialmente, cerca de 600 empresas;
- b) Gera cerca de 21.000 empregos diretos;
- c) 60% das empresas produzem menos de 240.000 toneladas/ano;
- d) 30% produzem entre 240.000 e 480.000 toneladas/ano;
- e) E 10% produzem mais do que 480.000 toneladas/ano.

Segundo a ANEPAC (2010), o valor bruto da produção de agregados minerais no Brasil foi da ordem de R\$ 22,6 bilhões, em 2010, ou o equivalente a 0,615% do PIB. Na Tabela 4, observa-se a evolução da produção de agregados no Brasil durante o período de 1988 até o ano de 2010.

Tabela 4 - Evolução da produção de agregados para a construção civil no Brasil 1999-2010

<b>Ano</b>	<b>Areia (*)</b>	<b>Brita (*)</b>	<b>Total (*)</b>
<b>1999</b>	205	142	347
<b>2000</b>	226	156	382
<b>2001</b>	236	163	399
<b>2002</b>	230	156	386
<b>2003</b>	191	130	321
<b>2004</b>	201	187	388
<b>2005</b>	238	172	410
<b>2006</b>	255	199	454
<b>2007</b>	279	217	496
<b>2008</b>	279	186	465
<b>2009</b>	289	192	481
<b>2010</b>	334	222	556

Fonte: Ferreira e Junior (2012)

(\*) Unidades: milhões de toneladas.

O Plano Nacional de Mineração 2030 (SCLiar, 2010), projetando o crescimento de agregados, utilizou uma taxa de 5,6% ao ano até 2022, considerando o esperado crescimento em infraestrutura, saneamento e habitações, e uma taxa de crescimento mais moderada, de 4,6% ao ano, para o período de 2023 a 2030 (COELHO, 2012). Por estas previsões, a produção de brita para construção civil passará de 217 milhões de toneladas, em 2008, para 318 milhões de toneladas, em 2015, o que pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 - Previsão da produção de agregados – 2015/2022/2030.

<b>Agregado</b>	<b>Un.</b>	<b>2008</b>	<b>2015</b>	<b>15/08</b>	<b>2022</b>	<b>22/15</b>	<b>2030</b>	<b>30/22</b>
<b>Areia.....</b>	Mt	279	409	5,6%	598	5,6%	857	4,6%
<b>Brita.....</b>	Mt	217	318	5,6%	465	5,6%	667	4,6%

Fonte: Coelho (2012).

Para que o setor atinja tais níveis de produção, dependerá de que se invista um total de 1,4 bilhões de dólares de 2010 a 2015, de 2 bilhões de dólares de 2015 a 2022, e de quase 3 bilhões de dólares de 2010 a 2030, isto é, de 2010 até 2030, serão necessários investimentos da ordem de 6,2 bilhões de dólares. Os valores previstos para os investimentos foram baseados na necessidade da capacidade instalada adicional para atender às previsões de produção até o ano de 2030, conforme Tabela 6 (COELHO, 2012).



Tabela 6 - Previsão dos investimentos em mineração de agregados – 2015/2022/2030.

Agregado	Custo (US\$/t)	Investimentos				
		2010-2015	2016-2022	2022-2030	2010-2030	% ( $\Sigma$ )
Areia.....	3	389	569	777	1735	1,9
Brita.....	10	1008	1476	2015	4499	5,0

Fonte: Coelho (2012).

A previsão de empregos diretos nas atividades fins (mineração e beneficiamento de agregados), face aos aumentos de produção previstos, agravará a necessidade de mão de obra especializada, conforme se pode observar na Tabela 7 (COELHO, 2012).

Tabela 7 - Previsão de empregos na mineração de agregados – 2015/2022/2030.

Agregados	Un.	2008			2015		2022		2030	
		Prod.	Empr.	E/P	Prod.	Empr.	Prod.	Empr.	Prod.	Empr.
Areia.....	Mt	279	11634	41,7	409	17055	598	24936	857	35736
Brita.....	Mt	217	19767	91,1	318	28967	468	42358	667	60758
<b>Total.....</b>	<b>Mt</b>	<b>496</b>	<b>31401</b>		<b>727</b>	<b>46022</b>	<b>1063</b>	<b>67294</b>	<b>1524</b>	<b>96494</b>

Fonte: Coelho (2012).

Nota: E/P=número de empregos/Mt produzidas

## 2.7. CONSUMO PER CAPITA

Na atualidade, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, após a água. A propósito, particularizando os insumos minerais de mais intensivo consumo pela atual civilização, verifica-se a liderança dos agregados minerais (brita, areia e cascalho) (CALAES e AMARAL, 2012). Visualizam-se na Tabela 8 os principais insumos consumidos no mundo por habitante ao longo de sua vida.

Tabela 8 - Insumos minerais mais consumidos no mundo

Insumos Minerais	Kg/habitante/vida
Brita.....	4.704
Areia e cascalho.....	3.750
Petróleo.....	3.650
Ferro e aço.....	520
Cimento.....	300
Alumínio.....	24

Fonte: Calaes e Amaral (2012).

Baseados nas estatísticas da União Europeia de Produtores de Agregados, cada europeu requer durante toda a vida, mais de 500 toneladas de agregados. Essa quantidade é

maior do que qualquer outro bem mineral consumido naquele continente (FERREIRA e JUNIOR, 2012).

Atualmente, cada habitante do planeta consome 3,5 t de agregados por ano. Nos EUA, o consumo *per capita* de agregados é da ordem de 9 t/habitante/ano e, na Europa Ocidental, de 6 a 10 t/habitante/ano (CALAES e AMARAL, 2012). Na Tabela 9 pode-se visualizar o consumo *per capita* de agregados e outros materiais no mundo por habitante.

Tabela 9 - Consumo *per capita* de agregados comparado a outros materiais

Material	Europa	EUA	China	Índia	Mundo	Brasil		
						2008	2015	2030
Agregados(t).....	6/10	9	Nd	Nd	3,5	2,5	3,6	7,0
Cimento (kg).....	400/1200	425	900	136	393	270	372	726
Aço (kg) .....	400/700	396	330	52	202	126	198	401
Alumínio (kg)...	20/30	30	7,8	1,1	5,7	4,9	6,5	12,8

Fonte: Cuchierato (2011 *apud* Calaes e Amaral, 2012, p. 378)<sup>1</sup>.

O consumo de agregados no Brasil é de apenas 2,5 t/habitante, baixo quando comparado aos países desenvolvidos, onde esse consumo *per capita* está entre 5 e 15 t. Esse baixo consumo no Brasil é atribuído a uma demanda reprimida, pela inexistência de obras de infraestrutura e habitação (LUZ, 2012). Conforme Calaes e Amaral (2012) as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul são as de maior consumo *per capita*, com 4,0, 3,8 e 3,7 t/habitante/ano.

## 2.8. GEOLOGIA, RESERVAS E LOCALIZAÇÃO

Podem-se classificar as rochas ígneas como a de maior interesse para a produção de agregados, dentre as quais se destaca a brita (DUNN, 2001). As rochas ígneas mais comuns são granito e/ou basalto, geralmente formadas pelo resfriamento e solidificação de rocha fundida e magma. Elas podem ser extrusivas - de lava vulcânica- ou intrusivas - como resultado da cristalização lenta na crosta da Terra-. As rochas ígneas são ricas em sílica, e produzem bons materiais de construção, principalmente material ferroviário de lastro e agregados para concreto e asfalto. No entanto, estas rochas ígneas são mais caras de produzir, por causa das altas taxas de desgaste no equipamento de processamento (BROWN, 2011). Na Tabela 10, observam-se os principais fatores que afetam a localização de uma pedreira.

<sup>1</sup> CUCHIERATO, G., **A demanda gerada pelas obras de infraestrutura para a copa do mundo de 2014 e as olimpíadas de 2016** – as possibilidades para o setor de mineração, infraestruturas e construção civil geradas pelos grandes eventos de 2014 e 2016 no Brasil., 2011.

Tabela 10 - Fatores que afetam a localização de uma pedreira

<b>Fatores Geológicos</b>	<b>Ações a considerar</b>
Espessura do estéril....	Uma relação de mais de 2:1 é geralmente antieconômica.
Tamanho da reserva.....	Reservas de 1 Mt é o mínimo requerido para areia e cascalho. Uma reserva de no mínimo 10 Mt é o necessário para justificar uma pedreira
Lençol Freático.....	Caso ocorra dentro da área, um bombeamento é necessário.
Córregos e rios.....	Uma distância apropriada, usualmente pelo menos 50 m, deve ser deixada entre o local e cursos de água. Às vezes um rio ou córrego é desviado.
Tipo de rocha.....	Rochas comuns para produtos básicos devem estar perto do mercado. Materiais menos abundantes (para usos especializados) podem ser enviados a alguma distância.
Impacto visual.....	Barreiras paisagísticas devem ser construídas e / ou um grande número de árvores plantadas.
Rodovias e estradas de ferro.....	Reservas são por vezes perdidas por causa da proximidade entre estas estruturas, embora elas também sejam essenciais para a distribuição do produto. Estradas ou vias férreas devem ser perto da área da usina, mas não muito perto das reservas minerais.
Distância do mercado....	Devido aos altos custos de transporte, isso é muito importante.

Fonte: Brown (2011)

### 2.8.1. Reservas

Na maioria dos casos, o trabalho é localizar um depósito viável de agregados para fornecer a um determinado mercado com um preço competitivo. O preço cobrado por agregados inclui o custo de desenvolvimento da unidade de mineração de agregados, também inclui transporte, processamento, despesas reguladoras, vendas e custos de administração, juntamente com um lucro razoável. Estes custos devem ser estimados e considerados desde muito cedo para avaliar a economia de uma nova fonte de agregados. Exploração é, portanto, muito mais do que simplesmente encontrar uma fonte de material adequado, e inclui a avaliação global da economia associada ao desenvolvimento de pedreira (DUNN, 2001).

Uma vez que a natureza e distribuição dos recursos econômicos de agregados foram determinadas, o volume e tonelagem dessas reservas são estimados. O cálculo para determinar o volume das reservas de agregados pode ser tão fácil como multiplicar a espessura das camadas com a área ocupada por essas mesmas camadas (DUNN, 2001).

### 2.8.2. Prospecção e pesquisa mineral

Segundo Bertolino et al. (2012), a primeira etapa na prospecção de agregados é a definição do tipo de material rochoso necessário que irá guiar a pesquisa mineral para determinados ambientes geológicos. A utilização dos mapas geológicos e caminhamentos irão indicar: (a) a espessura do material rochoso potencial para a extração, (b) a relação com

rochas encaixantes para estimativa da espessura e tipo de estéril, (c) a presença de estruturas geológicas como dobras, falhas, fraturas, e (d) a composição do material rochoso e o grau de intemperismo. Essas informações irão definir o potencial geológico na região para o determinado tipo de material. Em áreas sem conhecimento geológico básico, os métodos indiretos, como o uso de imagens de satélite e fotografias aéreas e levantamento geofísico de superfície, são bastante utilizados para a identificação de possíveis alvos prospectivos.

No entanto, a prospecção de novas áreas potenciais para a exploração de agregados deverá levar em consideração principalmente a distância do mercado, já que o transporte é o fator determinante para a extração de materiais de baixo valor. Outros fatores determinantes são a presença de estradas e a disponibilidade de água e combustível, dentre outros.

Devido às características geológicas do território brasileiro, existe uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados. O tipo de rocha utilizada vai depender basicamente da disponibilidade local ou regional. A seguir, são apresentados alguns exemplos:

- a) Granito e gnaiss: são utilizados na maioria dos estados brasileiros;
- b) Basalto: Regiões Sul e Sudeste (bacia do Paraná);
- c) Calcários e dolomitos: Minas Gerais, Goiás, Bahia e norte fluminense;
- d) Lateritas: Região Amazônica e Minas Gerais;
- e) Areia/Cascalho: maioria dos estados.

O alto risco nas fases de prospecção e pesquisa impõe a realização de sucessivas avaliações, com o objetivo de subsidiar decisões quanto a prosseguir ou paralisar um determinado projeto ou empreendimento. Por outro lado, devido à ampla variação dos parâmetros de um empreendimento mineiro, torna-se frequentemente recomendável realizar a avaliação de diferentes cenários, nos quais as hipóteses de variação dos principais fatores são associadas às respectivas probabilidades de ocorrência (CALAES e NETTO, 2012).

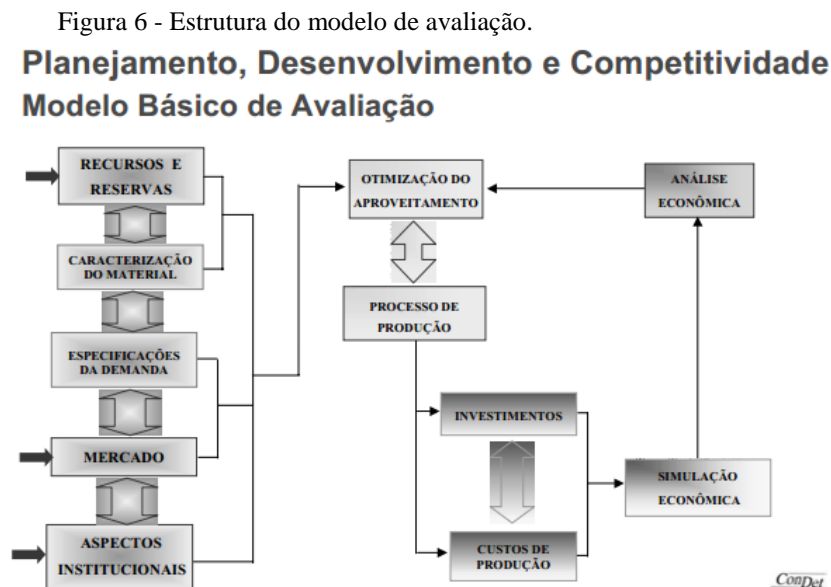
### **2.8.3. Localização**

A localização de uma pedreira é determinada primeiramente pelas condições geológicas locais e pelas condições ambientais. A distância em relação ao Mercado é outra variante fundamental, pois o custo de transporte é o maior valor dentre os impactantes no preço do produto. A maioria das pedreiras atende a um Mercado localizado a no máximo 50 km de distância (BROWN, 2011).

Os agregados aproximam-se mais do conceito microeconômico de bens homogêneos. Isso acarreta um padrão de concorrência mais voltado à eficiência nos custos, seja na redução dos custos de transporte (com localização perto do mercado consumidor), na busca por métodos operacionais e de movimentação de materiais mais eficientes (como a britagem móvel), ou em arranjos organizacionais que aperfeiçoem os processos internos e redução de custos, levando muitas vezes à verticalização da produção. (COELHO, 2012).

## 2.9. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A palavra avaliação, no contexto de projeto de mineração, conota um significado mais amplo do que a determinação dos valores numéricos de todos os fatores ou variáveis possíveis que são importantes para estabelecer o valor de um projeto. A avaliação da mina denota a viabilidade econômica do projeto mineiro ou a oportunidade de investimento. Neste sentido, as estimativas de reservas de bens minerais do projeto, receitas, custos, retornos esperados e riscos associados, etc., são feitos para cada projeto (GENTRY e O'NEIL, 1992). Na Figura 6 demonstra-se a estrutura de um modelo de avaliação econômica.



### 2.9.1. Avaliação econômica no projeto e gestão de negócios

Segundo Luz e Almeida (2012), a concepção de um projeto conceitual, visando à produção de agregados, requer a definição de vários parâmetros, dentre os quais se destacam:

a definição de reservas do depósito; localização da unidade de britagem; a rocha do depósito deve ser submetida a ensaios de caracterização tecnológica, para avaliar as suas principais propriedades físicas, mecânicas, petrográficas, mineralógicas, químicas, visando as suas diferentes aplicações; licença ambiental; e, definição da escala de produção da unidade.

Conforme Calaes e Netto (2012), a avaliação econômica é prática rotineira que deve preceder a tomada de decisões que envolvam riscos e incertezas. Dentre as decisões que podem ser fundamentadas em resultados de simulações econômicas de respectivos projetos e empreendimentos, cabe assinalar os seguintes casos mais usuais, relativos ao setor de agregados para construção:

- a) Iniciar, prosseguir ou descontinuar um programa de pesquisa mineral;
- b) Adquirir um direito mineral de rocha dura para produção de agregados;
- c) Desenvolver (implantar) um empreendimento de produção de agregados;
- d) Adquirir um empreendimento produtor de agregados, em operação;
- e) Aprimorar um empreendimento produtor de agregados, visando ao aumento de sua capacidade produtiva e/ou de sua produtividade e competitividade.

### **2.9.2. Simulação e análise econômico-financeira**

Conforme Calaes e Netto (2012), a simulação econômico-financeira de projetos e empreendimentos produtores de agregados deve ser exercida com base na projeção de resultados futuros, compreendendo:

- a) Projeção de lucros e perdas;
- b) Projeção de fluxo de caixa.

Tais projeções são efetuadas de acordo com a vida útil do empreendimento, sendo esta condicionada pelo volume de reservas e escala de produção. As projeções de lucros e perdas e de fluxo de caixa devem ser realizadas para cada alternativa que venha a ser considerada.

Conforme Calaes e Netto (2012), uma vez dispendo do modelo de simulação adequadamente construído, procedem-se à determinação dos indicadores de decisão, sobressaindo-se os de rentabilidade e valor econômico da oportunidade de negócio ou projeto de investimento. Para cada alternativa de aproveitamento do depósito, determina-se:

- a) A taxa interna de retorno (*internal rate of return*) – TIR.
- b) O valor presente líquido de fluxo de caixa (*net present value*) – VPL.
- c) O prazo de retorno do investimento (*payback period*) – PDR.

Por definição, a taxa interna de retorno de um fluxo de caixa é a taxa para a qual o Valor presente líquido do fluxo é nulo. O VPL é o somatório dos valores presentes de todas as parcelas (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010).

Outro conceito importante na elaboração e análise dos fluxos de caixa é a Taxa Mínima de Atratividade, ou TMA. É a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. Esse é um índice associado a um baixo risco e uma alta liquidez, ou seja, qualquer sobra de caixa pode ser aplicada, na pior das hipóteses, na TMA. Uma das formas de analisar um investimento é confrontar a TIR com a TMA do investidor (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010).

Como indicado, as análises de fluxo de caixa relacionam os gastos associados ao investimento às receitas subsequentes ou benefícios gerados por tal investimento. Os fluxos de caixa são rotineiramente calculados numa base anual para fins de avaliação e são determinados subtraindo-se as saídas de caixa anuais a partir dos fluxos de caixa anuais que resultam do investimento. Conseqüentemente, a análise do fluxo de caixa pode ser feita para qualquer investimento com o qual as receitas e despesas estão associadas. Além disso, os fluxos de caixa anuais resultantes de um investimento podem ser positivos ou negativos. Normalmente, os fluxos de caixa líquidos anuais para uma nova propriedade de mineração serão negativos durante os anos de pré-produção, devido a grandes despesas de capital. Os principais componentes e procedimentos básicos para o cálculo de um fluxo de caixa partem das receitas obtidas, subtraindo-se itens como Custos Operacionais, Depreciação, Imposto de Renda, etc.

Chaves (2012) afirma que, como cada uma das etapas de estimativa tem um erro, é possível fazer diferentes fluxos de caixa para diferentes parâmetros. Por exemplo, se a estimativa está afetada de um erro de -20% a + 30%, tem-se três estimativas de investimento a colocar no fluxo de caixa: Uma estimativa pessimista = investimento calculado + 30 %; Uma estimativa otimista = investimento calculado - 20 %; Uma estimativa central = investimento calculado.

Da mesma forma, isso se aplica aos custos operacionais. Assim, é possível gerar diferentes fluxos de caixa, cada um referente a uma dose de otimismo ou pessimismo introduzida nele. A composição dos indicadores econômicos fornecidos por estas avaliações é o que se chama de análise de sensibilidade do empreendimento.

### 2.9.3. Custos de capital e operacional

Preliminar à análise, uma compreensão dos custos de extração é fundamental. Um depósito mineral não deve ser desenvolvido a menos que o lucro operacional anual estimado após os impostos seja considerado suficiente para recuperar, com juros, o custo de capital do desenvolvimento da mina. A precisão da estimativa de custos de capital e custos operacionais depende da qualidade da avaliação técnica (O'HARA e SUBOLESKI, 1992).

Stebbins e Leinart (2011) consideram para efeitos de avaliação de projeto, os custos como tipicamente categorizados em operacionais ou de capital, de modo que possam ser submetidos, após os impostos, a análises de fluxos de caixa. Em suma, os custos operacionais são aqueles que podem ser totalmente contabilizados no ano incorrido. As despesas dos consumíveis (incluindo aqueles associados com a operação do equipamento) e os salários são normalmente considerados como custos operacionais, e são mais frequentemente estimados em termos de reais por tonelada de bem mineral ou de reais por ano. Os custos de capital são aqueles que não podem ser totalmente contabilizados no ano incorrido e incluem itens como: equipamentos de lavra e beneficiamento; desenvolvimento; engenharia; infraestrutura; capital de giro; recuperação; pré-produção; aquisição de propriedade; exploração; e, edifícios.

Os custos operacionais compreendem todas as despesas incorridas no local da instalação, enquanto as despesas gerais são de gestão fora do local ou despesas de nível corporativo. Esta última classificação de despesas pode ser diretamente relacionada com a mina ou com o tamanho da planta, ou pode conter itens indiretos incorridos pela sede e alocados em todas as divisões de produção, de acordo com algum cenário de alocação corporativa (GENTRY e O'NEIL, 1992).

Os custos de capital (ou custo inicial, ou investimento de capital) são os gastos feitos para adquirir ou desenvolver os bens de capital, os benefícios que serão derivados ao longo de vários anos. A maior parte dos custos de capital é efetuada em estágios iniciais do projeto, mas algumas despesas de capital são incorridas anualmente ao longo da vida da mina.

A estimativa de custos operacionais e de capital para projetos de mineração é extremamente difícil, e deve ser feita com muito cuidado. A avaliação e mensuração de custos em um projeto de mineração são essenciais para o desenvolvimento de qualquer operação, em relação ao planejamento a curto e longo prazo.

Provavelmente, o método mais comum para a expressão de nível e de eficiência de operação é o de determinar o custo total de extração por tonelada de material removido ou



simplesmente o custo por tonelada. Usando essa medida, o operador inclui muitos fatores que têm diferentes níveis de influência sobre o custo operacional. Em outras palavras, qualquer ação do operador durante o processo de extração tem um custo associado. A redução de um segmento do custo pode ocasionar no aumento de outro. Quando considerados em conjunto, o custo total por tonelada representa a eficiência global da operação (ARCHIBALD, 2001).

De acordo com Mertens (1990), o custo de produção é uma medida do desempenho da mina e deve ser o principal alvo do controle de gestão. A avaliação de desempenho e as decisões sobre o desenvolvimento de mina dependem de um conhecimento profundo dos vários componentes de manutenção e operação de custo. Planejamento de lavra e critérios de investimento devem ser baseados em um sistema de controle de custos confiável.

Conforme Calaes e Netto (2012) os custos operacionais, em projetos e empreendimentos de agregados, devem ser estimados baseados em coeficientes técnicos e valores unitários de insumos. Devem ser apresentados segundo etapas/operações do processo.

a) Custos diretos: os custos diretos devem ser estimados por naturezas de despesas (mão de obra direta, materiais de consumo, energia, serviços de terceiros, etc.) e segundo etapas e operações de processo, conforme exemplifica a estrutura a seguir:

- Decapeamento
- Lavra: Desmonte primário, desmonte secundário, Carregamento e transporte.
- Beneficiamento: Britagem primária, britagem secundária, classificação.
- Expedição.

b) Custos indiretos: Os custos indiretos devem ser discriminados como a seguir:

- Mão de obra indireta: administração, almoxarifado, manutenção, segurança, serviços gerais e vendas.
- Custos administrativos.
- Manutenção.

Custos são os gastos que estão diretamente relacionados com a atividade-fim de um negócio, como, por exemplo, matérias-primas, mão de obra direta. Despesas são os gastos que não estão relacionados diretamente com a atividade-fim, mas são fundamentais para que a empresa e o negócio funcionem, como, por exemplo, aluguel, telefone, material de escritório. (AGUIRRE e HENNIES, 2010).

A análise de composição do custo operacional deve ser empreendida para cada alternativa que venha a ser considerada, até que se estabeleça a seleção daquela que assegure a otimização do projeto, empreendimento ou negócio (CALAES e NETTO, 2012).

Segundo Stebbins e Leinart (2011), há provavelmente tantas maneiras de estimar os custos de mineração, como há estimadores de custo. Por causa da falta de uma abordagem padronizada, os avaliadores são deixados para estimar os custos da melhor forma possível, assim quase todo mundo usa um método um pouco diferente. Um método normalizado que se adapta a cada situação seria extremamente difícil, uma vez que cada mina proposta é única e as condições podem ser muito variáveis. Apesar de não existir essa abordagem, métodos muitos bem documentados estão disponíveis.

#### **2.9.4. Análise de Mercado**

Literalmente milhares de fatores afetam uma demanda mineral. Na análise da demanda mineral, não é possível levar em conta todos os possíveis determinantes. Há simplesmente demasiados. Além disso, os efeitos da maioria são tão triviais que eles podem ser seguramente ignorados, evitando complicar desnecessariamente a análise. O problema é decidir quais recursos são de tal importância que precisam ser considerados. A resposta depende não somente dos minerais de interesse, mas também da finalidade e dos prazos de análise. A escolha de quais fatores considerarem e quais ignorar vai determinar em larga medida a qualidade da análise. Neste sentido, é útil avaliar os determinantes frequentemente considerados em estudos de procura minerais (TILTON, 1992). Os principais fatores resultantes na variação de uma demanda são:

Preço do agregado: O preço do produto mineral também é normalmente um importante determinante da demanda. A demanda tende a cair com o aumento dos preços e subir com um declínio no preço. Há duas razões para esta relação inversa. Primeiro, um preço mineral maior aumenta os custos de produção dos produtos finais em que é usado. Se estes custos são repassados para o consumidor, a demanda por bens finais cairá. Em segundo lugar, e geralmente de maior consequência, as empresas podem responder ao preço mais elevado, substituindo por outra mercadoria mineral cujo preço não subiu.

Mudança Tecnológica: Nova tecnologia pode alterar a demanda de várias maneiras. Primeiro, pode reduzir a quantidade de um produto mineral requerido na produção de itens específicos. Em segundo lugar, novas tecnologias podem afetar a capacidade de um bem mineral para competir em um particular mercado. Finalmente, novas tecnologias podem alterar o número e tamanho do mercado de uso final.

Preferências do Consumidor: Mudanças nas preferências dos consumidores afetam os mercados. Preferências do consumidor variam ao longo do tempo e entre países por várias razões. A renda *per capita* e o nível geral de desenvolvimento econômico também influenciam as preferências dos consumidores.

Atividades do Governo: As políticas, regulamentações e ações governamentais constituem outro fator determinante da demanda.

Os autores Calaes e Netto (2012) relatam que para fornecer totalmente ao empresário uma visão global e estimativa do comportamento do mercado e da estrutura, do lado do fornecedor, deve-se abordar a evolução da produção, comportamento e estrutura. Do lado da demanda, além da análise da evolução e comportamento, é importante analisar a distribuição regional e setorial. As projeções de mercado dentro de um determinado horizonte devem ser realizadas de acordo com a oferta e projeções de demanda. A demanda do mercado para os agregados está intimamente ligada às condições econômicas na indústria da construção (SMITH, 2001).

Devido à ampla gama de variáveis incontroláveis, as previsões não são totalmente confiáveis. Algumas das ferramentas usadas atualmente em processo de previsão para melhorar a precisão são: os detalhes dos conselhos reguladores e agências governamentais com informações da quantidade e do valor da brita produzida pelo mesmo estado; investimentos de construção em potencial; estudo do mercado de agregados. O uso de dados históricos, a produção atual e projeções futuras; análise de planos para projetos de infraestrutura.

## 2.10. PLANEJAMENTO

Antes de qualquer projeto detalhado, o engenheiro deve coletar uma grande variedade de informações, incluindo: todos os dados necessários relativos aos dominantes ambientais, regulamentação, todas as informações disponíveis sobre o estado da arte de equipamentos de extração e tecnologia; variáveis econômicas, e perspectiva econômica geral para o mercado local, um conhecimento de trabalho de propriedades básicas de agregados, e um conhecimento profundo do modelo geológico do depósito (ARCHIBALD, 2001).

Primeiramente, o engenheiro compila informações sobre a geologia do depósito, as geográficas, topográficas, as fronteiras em que o sistema deve funcionar, e os locais propostos para a planta de processamento e outras estruturas permanentes. Com um entendimento

definitivo de todas as restrições predominantes, o engenheiro pode fazer o projeto da mina auxiliado na elaboração por *softwares*.

Normalmente, um planejamento é elaborado considerando-se três fases: longo, médio e curto prazo. Na primeira fase, a de longo prazo, faz-se um planejamento mais amplo, pensa-se na mina para alguns anos até o fim da vida útil. Na segunda, a de médio prazo, faz-se um planejamento para até três anos e, na terceira fase, a de curto prazo, trabalha-se num planejamento diário, mensal e até anual. É importante salientar que esses intervalos não são rígidos e, portanto, podem variar de uma empresa para outra (ARAÚJO e SOUZA, 2011).

Antes que qualquer sistema de extração possa ser implementado, o planejamento conjunto de curto, médio e longo prazo devem ser realizados. Esse planejamento pode variar de uma simples declaração de "Eu acho que a pedreira deve iniciar por aqui", a uma complexa análise computadorizada de inúmeras alternativas com o resultado final sendo um projeto de otimização de todos os fatores pertinentes que influenciam a economia do projeto proposto, incluindo pós-mineração do uso da terra ou recuperação. *Softwares* de planejamento e métodos de *design* podem ajudar na aplicação de dados recolhidos para fins de planejamento de mina, mas não substituem a necessidade de exploração adequada e uma análise adequada de dados geológicos (ARCHIBALD, 2001).

Segundo Araújo e Souza (2011), de posse dos dados relativos à quantidade e à qualidade do bem mineral disponível na mina, pode-se falar em vida útil desta. Essa é uma tarefa das equipes de médio e longo prazo, que objetivam fazer o planejamento para atender ao mercado por um dado período. Evidentemente que, em função do avanço da tecnologia, essa vida útil pode variar. Materiais antes considerados estéreis, no futuro, podem ser economicamente aproveitados como bem mineral. Em contrapartida, equipamentos de maior produtividade e *softwares* mais eficazes poderão fazer com que a mina seja exaurida mais rapidamente.

A vida da maioria das extrações de agregados são bastante longas, geralmente acima de 30 anos. Vários fatores afetam a operação, tal como os avanços tecnológicos, mudanças regulatórias e flutuações econômicas, pode afetar drasticamente o processo de planejamento.

O período de tempo real para o qual o plano é compilado coincide, na maioria dos casos, com o ano fiscal da pedreira. O ano fiscal é usado porque as informações coletadas para preparar ou atualizar o plano também são necessários para a elaboração do orçamento anual.

## 2.11. DIFICULDADES DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE AGREGADOS

Apesar da continua demanda da sociedade moderna por esse material, principalmente nas obras de construção civil, a exigência ambiental, além do alto custo de transporte, são alguns dos desafios enfrentados pela atual mineração de agregados (MELLO e CALAES, 2006). Os principais problemas enfrentados foram: falta de uma política adequada para o setor; empresas clandestinas; ausência de um capital de investimento e financiamentos; ausência de informação geológica; estrutura de trabalho precária; desconhecimento da legislação mineral; e, tecnologia inadequada.

Políticas governamentais locais, estaduais, e nacionais que exigem que as empresas cumpram com grandes, abrangentes e muitas vezes inconsistentes regulamentações governamentais também contribuem para a consolidação. Uma equipe técnica altamente treinada é necessária para monitorar, negociar e responder às exigências do crescente número de regulamentos governamentais (SMITH, 2001).

Uma das possíveis medidas para estimular o produtor de brita a migrar de um cenário pouco desenvolvido para um de maior nível tecnológico é a redução de carga fiscal. De tal forma a equiparar a geração de valor de cada empreendimento nas condições do cenário desenvolvido à do correspondente empreendimento nas condições de um subdesenvolvido.

Com relação às empresas clandestinas, segundo Ferreira e Junior (2012), o excesso destas se dá devido às atuações desencontradas dos órgãos envolvidos e é um fator preponderante. O que se visualiza no setor é a existência de um número considerável de empresas que efetuam a extração e interferem no mercado sem o necessário controle por parte dos órgãos fiscalizadores. Enquanto as empresas regulares sofrem inúmeros entraves burocráticos e fiscalizações, empresas clandestinas iniciam suas atividades e atuam longo período antes de sofrerem sanções por parte dos órgãos responsáveis.

No que diz respeito à falta de capital de investimento e financiamentos, de modo geral, a atividade mineral, tanto na fase de pesquisa quanto de lavra, depende de métodos e equipamentos às vezes dispendiosos e inacessíveis ao pequeno empresário. Os investimentos relativos a essa fase são bastante variáveis, dependendo da complexidade da jazida, da localização, das condições de acesso e da infraestrutura disponível, entre outros. As dificuldades de obtenção de financiamentos atingem a grande maioria das pequenas empresas por requererem garantias reais além de um excessivo procedimento burocrático. A maioria

dos investimentos é feita com capital próprio dos pequenos empreendedores, e que, no caso da pesquisa mineral, corre risco de insucesso (FERREIRA e JUNIOR, 2012).

Com relação às pesquisas geológicas, Ferreira e Junior (2012) citam a existência de uma informação geológica deficiente. A localização de indícios minerais ou ocorrências com base científica envolve um planejamento prévio e o desenvolvimento de um programa onde se utiliza pessoal técnico capacitado, implicando em custos normalmente inacessíveis ao pequeno minerador. Esse, frequentemente desconhece a geologia da área que está trabalhando, sendo algumas vezes surpreendido com a exaustão prematura da jazida.

Quando se trata da estrutura precária de trabalho, a organização do trabalho na pequena empresa produtora de agregados mostra deficiências. É frequente a produção por métodos arcaicos com estrutura familiar e sem nenhuma preocupação científica por parte da administração. Observa-se que o proprietário e membros da família atuam diretamente na produção, e quando o empreendimento toma maiores proporções, eles tendem a assumir funções de gestão ou direção.

Existe um profundo desconhecimento da legislação mineral e ambiental, como abordam Ferreira e Junior (2012). Muitos órgãos responsáveis pela fiscalização e controle da mineração não possuem técnicos em número suficiente, capacitados e instruídos para auxiliarem as empresas no desenvolvimento de sua atividade. O que se visualiza são a fiscalização e a punição das empresas, sem a devida orientação, por técnicos muitas vezes incapazes ou mesmo sem o conhecimento da legislação. Da mesma forma, as empresas não buscam o conhecimento da legislação pertinente, ficando muitas vezes cientes apenas quando do sofrimento de sanções por parte dos órgãos reguladores.

Existe uma insuficiente incorporação de tecnologia – constata-se nas pequenas empresas, que falta tecnologia adequada ao melhor aproveitamento de seus bens minerais, principalmente no que diz respeito à lavra, que sempre é a céu aberto e incorporando pouca ou quase nenhuma tecnologia (FERREIRA e JUNIOR, 2012).

Estes tópicos abordados teoricamente neste capítulo compõem o esqueleto de um projeto de mineração. A partir deste foi construído um fluxograma do processo e suas etapas com o intuito de desenvolver a metodologia para orientação e análise das empresas produtoras de agregados. Também é ilustrado neste capítulo as principais características e os principais motivos da geração deste e o porquê desenvolvê-lo para auxílio na indústria de agregados.

### 3. METODOLOGIA

Com o intuito de estabelecer uma metodologia para avaliação, readequação de unidades, ou ainda, para projetos futuros de uma extração de agregados, criou-se uma metodologia baseada em um ciclo iterativo, que será detalhado ao longo deste capítulo. A Figura 7 ilustra o método e os itens a serem abordados em um processo iterativo de construção do projeto desenvolvido.

Figura 7 - Estrutura da metodologia de avaliação.

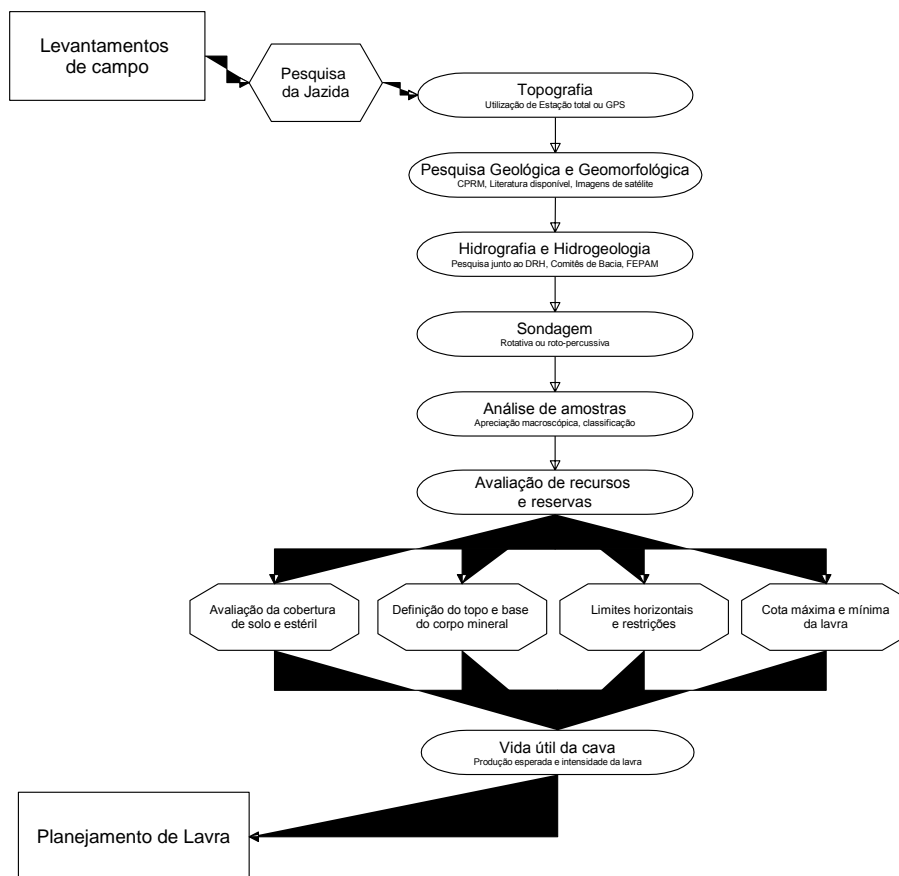


Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO

O trabalho, como informado anteriormente, trata-se da definição de uma metodologia para planejamento, análise de custos e análise de mercado, com o intuito de servir como orientação no desenvolvimento de um projeto ou controle de unidades em operação. Partindo-se deste objetivo, desenvolveu-se o presente a partir da fase de levantamento de dados até chegarem-se as fases de análise econômica. O levantamento de dados consiste da caracterização do meio físico efetuado com dados referentes aos aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, recursos hídricos, localização e topografia. Tais dados fazem parte dos estudos de pesquisa mineral. O fluxograma para orientação da primeira etapa encontra-se ilustrado na Figura 8:

Figura 8 – Fluxograma para levantamentos de campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Primeiramente, efetua-se o levantamento topográfico das jazidas. O mesmo pode ser realizado com o auxílio de equipamentos do tipo estação total e do tipo GPS. Também é necessário o transporte de coordenadas de um marco geodésico conhecido para correção.

A realização de um estudo completo da área, a partir da literatura disponível, é fundamental. O tipo de geologia em que se encontra o depósito, assim como características da hidrologia e hidrogeologia fornecem dados importantes para o restante dos trabalhos de campo, como a locação dos pontos para sondagem e a realização de amostragens. Assim, podem-se executar as sondagens das áreas, sendo recomendado o método rotativo diamantado com recuperação de testemunhos. Este método por ser mais caro e depender de equipamentos normalmente alugados, torna-se mais difícil de ser realizado, podendo, neste caso em específico, recorrer-se ao método roto-percussivo. Este procedimento é realizado com a própria perfuratriz de operação, a qual executa o procedimento pelo do controle do pó proveniente da perfuração, assim como pela velocidade de avanço da haste de perfuração.

Para confirmar a qualidade do material, é importante a execução da análise de amostras, obtidas pelos afloramentos, ou cortes na rocha, enviados à laboratórios



especializados. Estas análises podem confirmar o tipo de rocha e as características da mesma como sua densidade, composição química, etc.

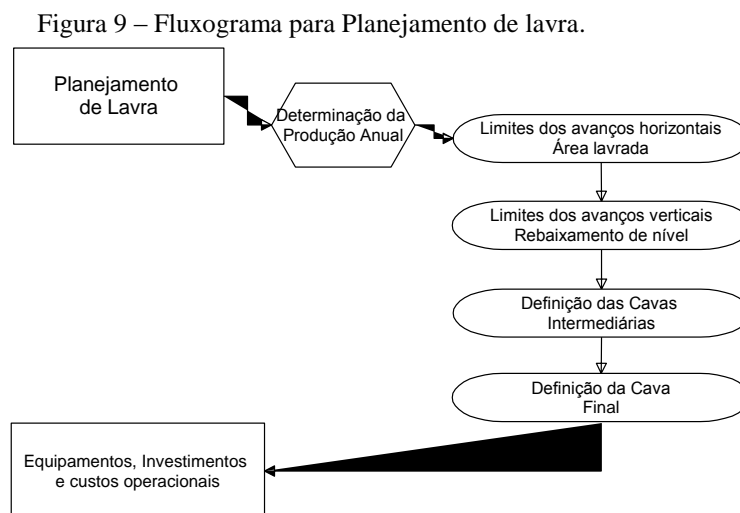
De posse destes dados, parte-se para a avaliação das reservas existentes. Primeiramente se determina a espessura da cobertura e o tipo de material a ser extraído preliminarmente à lavra. Também se define o topo e a base do corpo rochoso, os limites horizontais e as cotas operacionais em função dos parâmetros previamente levantados. A fim de definir os limites da jazida, se tomam por base, em primeira instância, os limites das poligonais do DNPM. A partir destes, estudam-se as áreas que impediriam o avanço de lavra, como a presença de vegetação nativa, ou áreas de APP, presença de corpo hídrico ou alguma outra barreira que impediria a expansão da lavra.

Para o cálculo do volume e cubagens das reservas consideram-se os seguintes parâmetros (diretrizes gerais): extensão e limites das áreas, continuidade lateral e vertical do corpo mineral, a delimitação e subtração de áreas com condições ambientais proibitivas para extração (reservas permanentes, ocorrência de mata nativa e zonas com ocupação antrópica). Assim, partindo-se de uma produção esperada, pode-se definir a vida útil da cava.

### 3.2. PLANEJAMENTO

A partir da reserva mineral estabelecida, da vida útil das jazidas, dos limites e das produções anuais esperadas, desenvolve-se um planejamento de lavra para longo prazo até o fim da vida útil das mesmas. Para tanto se pode utilizar um *software* empregado por diferentes minerações, como o *Studio 3*, com o intuito de auxiliar no planejamento das cavas.

No fluxograma apresentado na Figura 9, visualiza-se a metodologia:



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Porter (2005), desenhar uma cava a céu aberto é um processo iterativo que leva em consideração muitos critérios de *design*, parâmetros e objetivos. Não existe uma única maneira de desenhar uma cava, cada engenheiro o faz levemente diferente. Antes de começar com um desenho de cava detalhado, o conhecimento da superfície topográfica, da extensão e natureza do corpo de mineral e a cava final são necessários. Existem várias maneiras de fazer isso dependendo de quais informações estão disponíveis (PORTER, 2005).

Como neste estudo foi definido que as primeiras etapas seriam justamente o levantamento da topografia e o conhecimento do corpo de bem mineral, se faz necessária à determinação da cava final. Como a característica da operação se constitui na extração da camada superficial (cobertura), sendo que posteriormente é lavrado todo o corpo de bem mineral disponível, com exceção de rebaixamentos abaixo do lençol freático. Portanto estabelece-se a definição das cavas finais como a lavra de todo o corpo mineral disponível, dentro dos limites físicos pré-estabelecidos.

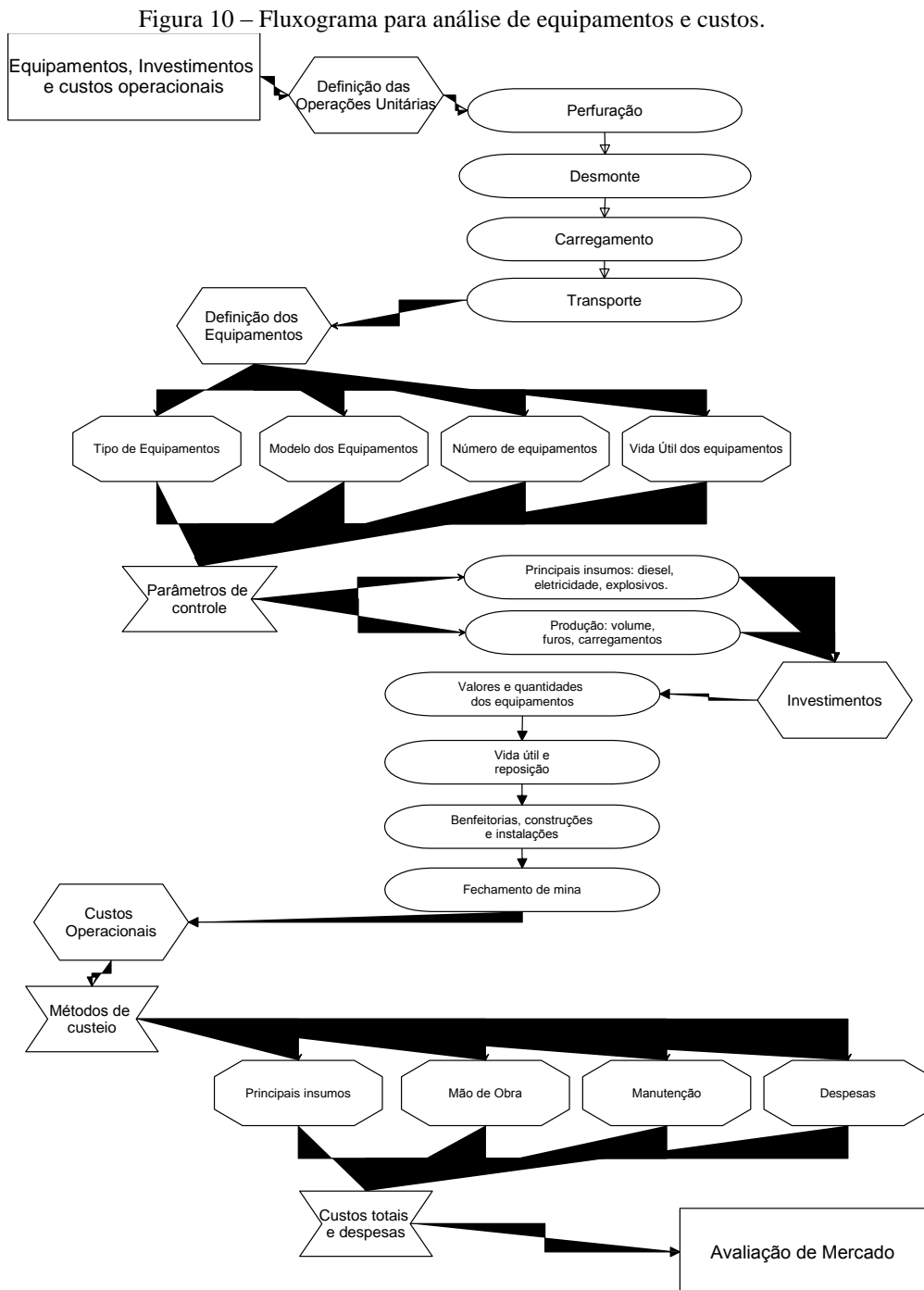
Com a delimitação da cota máxima e da cota mínima da cava em função das sondagens e da definição do lençol freático, assim como os limites físicos definidos e a poligonal do DNPM, estabelece-se a extensão do corpo de bem mineral. O corpo de bem mineral pode ser fisicamente diferente do definido, entretanto, visando atender as exigências legais e operacionais, o mesmo é redefinido conforme as possibilidades operacionais. Para cada ano é definido o limite horizontal e vertical de acordo com o volume necessário, gerando sucessivas cavas intermediárias. Desenvolvem-se as cavas intermediárias, para períodos de um ano, estabelecendo os avanços necessários e o planejamento para cada ano. Com o intuito de simplificar a utilização do *software*, não necessitam serem criadas as cavas operacionais, não gerando rampas e acessos, por exemplo. No entanto, as rampas e acessos para cavas de pedreira, que tipicamente se desenvolvem em encostas, são traçados periféricos de acesso aos níveis de bancada e que se perpetuam ao longo de toda a vida útil da operação.

A cava final é então definida com base na altura das bancadas, ângulo das faces além de outros parâmetros que influenciam o desenho de cava tais como acesso limitado, problemas de drenagem ou contornos de área legal. Esta é a máxima profundidade e máxima extensão conforme definida anteriormente.

Após o planejamento da cava torna-se possível analisar os equipamentos de lavra necessários, os investimentos para aquisição de tais equipamentos e os custos operacionais.

### 3.3. ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS E CUSTOS

A primeira etapa após a definição de um plano de lavra é efetuar o levantamento dos equipamentos utilizados nas pedreiras analisadas. Após o levantamento de todos os equipamentos passa-se a criar planilhas de controle a fim de efetuar o monitoramento com relação aos seus consumos, produtividade, etc. Em Figura 10 o fluxograma para aplicação:



Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira etapa trata-se da definição das operações que compreendem a lavra e o tipo de cada operação que será empregado. O método de perfuração e a tecnologia de desmonte, a forma de carregamento e o transporte de material. Após a definição das operações unitárias, passa-se para a definição dos equipamentos de lavra verificando a quantidade, o tipo, a marca, o modelo e a capacidade dos equipamentos de perfuração, carregamento e transporte. Após, para cada equipamento, estabelecem-se os itens de controle como:

- a) Perfuração – números de bits, de hastes, de luvas, quantidade de graxa; combustível utilizado pelo compressor; manutenções e quebras dos equipamentos;
- b) Desmonte – volume de explosivos e acessórios utilizados;
- c) Carregamento – quantidade de diesel consumido;
- d) Transporte – quantidade de diesel consumido; quantidade de pneus utilizados.

Além do controle destes itens também se efetua o controle de itens de produtividade como, metros perfurados pelas perfuratrizes, viagens dos caminhões, distâncias percorridas, passes das escavadeiras, etc. De posse dos equipamentos, estabelece-se os investimentos necessários para aquisição destes e substituição após o fim da vida útil. Também se determinam valores necessários à instalação do empreendimento com a construção das benfeitorias e demais obras necessárias. Os investimentos necessários à planta de beneficiamento também devem ser buscados e/ou estimados a fim de desenvolver uma análise econômica mais completa com todos os custos de capital necessários ao empreendimento.

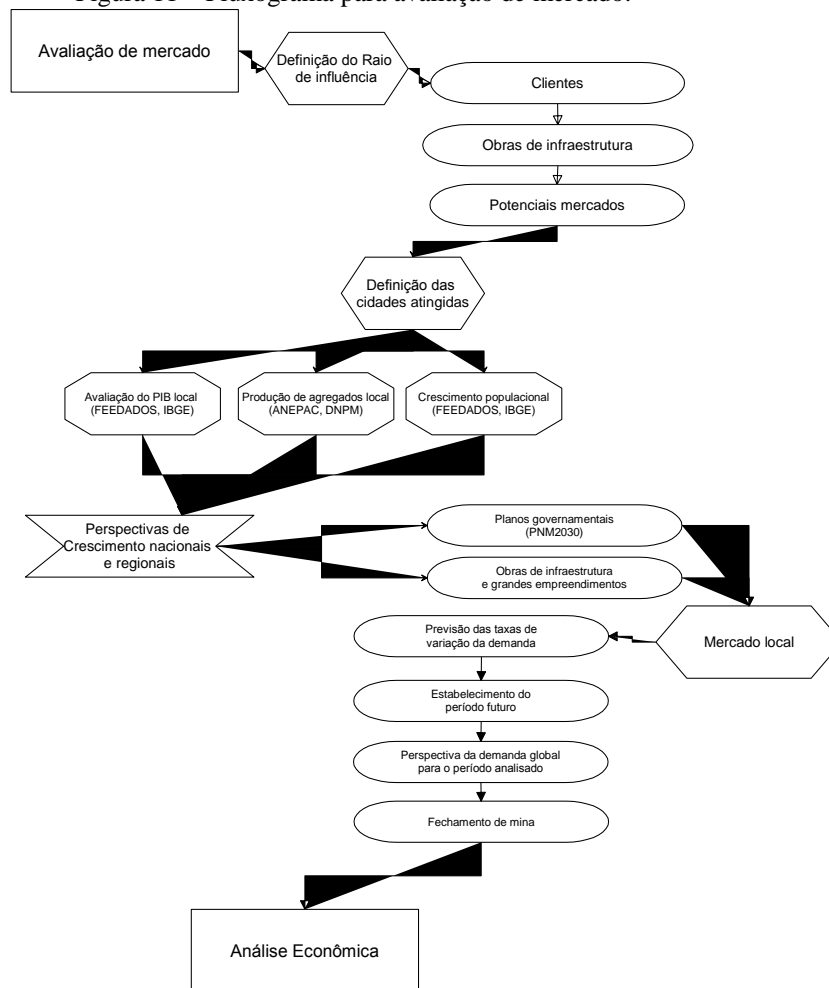
Outro item importante de mensuração é com relação ao custo de fechamento da mina após sua vida útil. Citam-se duas opções para o cálculo dos valores: em um caso o investimento do valor total ao fim da vida útil e, outra opção, um valor mensal adicionado ao custo operacional.

Com relação aos custos operacionais, primeiramente determina-se os métodos de controle e de obtenção destes custos. Após, infere-se os insumos, a mão de obra, os custos de manutenção para determinação dos custos totais de produção. Itens administrativos e gerais são incluídos como despesas. Finalmente, após a determinação dos parâmetros operacionais dos equipamentos, passa-se para a avaliação do mercado local.

### 3.4. AVALIAÇÃO DE MERCADO

A avaliação de mercado compreende os itens de definição do raio de abrangência das unidades estudadas. Esta análise é fundamental para a posterior análise econômica dos empreendimentos. Em Figura 11 esta presente o fluxograma para implantação do método:

Figura 11 – Fluxograma para avaliação de mercado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Calaes e Netto (2012) relatam que se deve fornecer ao empresário uma visão global do comportamento do mercado; deve-se abordar a evolução da produção, comportamento e estrutura. Além desta análise, é importante averiguar a distribuição regional e setorial. As projeções de mercado dentro de um determinado horizonte devem ser realizadas de acordo com as projeções de oferta e de demanda. Os aspectos relacionados ao mercado são fundamentais e deve-se dar especial atenção no que diz respeito à análise econômica. Os principais itens a serem verificados são:

- a) Natureza do(s) produto(s) que será (ão) ofertado(s);
- b) Porte, localização e verticalização do empreendimento;
- c) Grau de dispersão regional da demanda;
- d) Grau de pulverização da demanda, segundo contingente de consumidores;
- e) Segmentos de utilização do(s) produto(s) a ser (em) ofertado(s);
- f) Perspectivas de oscilação da demanda em função de sazonalidade, ciclos econômicos, substituições etc.

A análise mercadológica poderá exigir aprofundamentos ou indicar simplificações, objetivando fornecer ao empreendedor uma visão consistente e atual das dimensões presentes e futuras do mercado, de tal forma a subsidiar as suas decisões estratégicas. Também será possível avaliar o comportamento e a estrutura do mercado de tal forma a identificar perspectivas de mutação, sob efeito das tendências de variações dos fatores que o condicionam.

As projeções do mercado, dentro de um horizonte convenientemente determinado, devem ser levadas a efeito de acordo com as seguintes orientações:

- a) Projeção da oferta: pela verificação dos planos de expansão e diversificação dos fornecedores, já existentes no mercado, bem como pela observação dos programas de implantação de novas unidades produtoras;
- b) Projeção da demanda: pela utilização dos métodos quantitativos de projeção de tendências históricas e de correlação com parâmetros macroeconômicos. A utilização de coeficientes técnicos (ex.: volume de agregados por m<sup>2</sup> de área edificada ou por km de vias pavimentadas etc.), assim como estudos prospectivos com o emprego de técnicas de cenários, também constituem instrumentos valiosos.

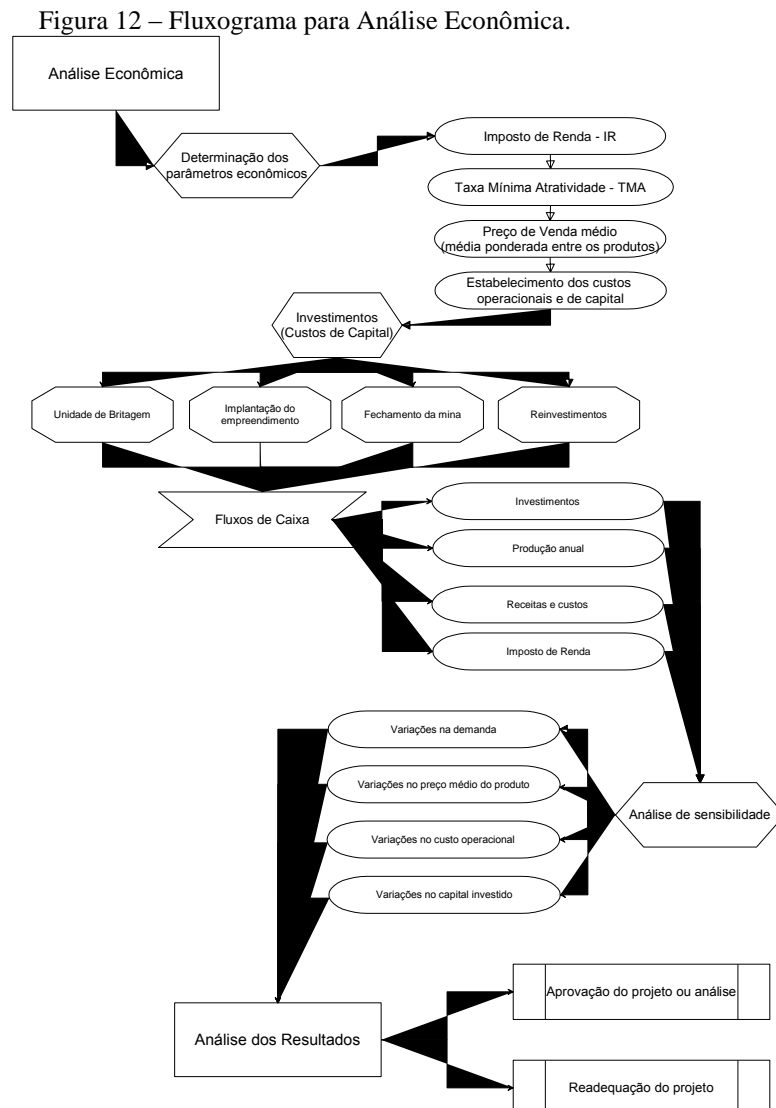
Não se restringindo à mera quantificação de oferta e demanda futura, tais projeções devem também apreciar os fatores qualitativos (políticos, econômicos e tecnológicos) que condicionam a produção e o consumo de agregados, de tal forma a se delinear os cenários alternativos de evolução do mercado. Assim, a previsão de demanda é baseada nas atuais condições econômicas do mercado em uma área relativamente dinâmica durante um período de orçamento determinado.

Devido à ampla gama de variáveis incontroláveis, as previsões não são totalmente confiáveis. Algumas das ferramentas usadas atualmente em processo de previsão para melhorar a precisão são: os detalhes dos conselhos reguladores e agências governamentais com informações da quantidade e do valor da brita produzida pelo mesmo estado; investimentos de construção em potencial; estudo do mercado de agregados. O uso de dados históricos, a produção atual e projeções futuras; análise de planos para projetos de infraestrutura. Agências costumam ter planos diretores para, pelo menos, cinco anos de projetos de construção; e, algumas associações de produtores de agregados desenvolvem séries históricas de volumes de agregados utilizados em conjunto com a cobrança de taxas.

De posse das taxas de variação e perspectivas de demanda, das previsões dos períodos futuros, e da previsão de fechamento da mina em função dessas produções, parte-se para a avaliação econômica.

### 3.5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A avaliação econômica constitui instrumento essencial do processo de planejamento e gestão. Em tomadas de decisão sintonizadas com a competitividade e com a sustentabilidade, avaliações econômicas devem ser fundamentadas em uma sólida base de conhecimento, notadamente no que se refere ao depósito mineral (recursos e reservas, etc.); mercado (evolução, preços etc.) e aspectos institucionais (legislação mineral e tributária, meio ambiente etc.). Assim, na Figura 12 encontra-se o fluxograma para procedimento da análise:



Fonte: Elaborado pelo autor.

O processo de avaliação de projetos e empreendimentos de mineração é condicionado por características peculiares à atividade mineral. Por exemplo, o alto risco nas fases de prospecção e pesquisa impõe a realização de sucessivas avaliações com o objetivo de subsidiar decisões quanto a prosseguir ou paralisar um determinado projeto. Por outro lado, devido à ampla variação dos parâmetros de um empreendimento mineiro, torna-se frequentemente recomendável realizar a avaliação de diferentes cenários, onde hipóteses de variação dos parâmetros são associadas às respectivas probabilidades de ocorrência.

Ao se proceder à avaliação econômica de um empreendimento de agregados, as seguintes diretrizes devem fundamentar o modelo de decisão: aproveitamento integral do depósito mineral; características de produtos compatibilizadas com especificações do mercado consumidor; máxima valorização da unidade de material útil contido no depósito mineral; integração do empreendimento à estrutura social e econômica da região; máxima contribuição para o desenvolvimento urbano e regional; rentabilidade adequada à atração de capitais; e, conciliação do empreendimento com o uso e ocupação do solo e com o meio ambiente.

Dentre outras, as seguintes restrições poderão condicionar as alternativas consideradas em relação a um dado empreendimento mineiro: dimensões do mercado; dimensão das reservas/vida útil; comportamento granulométrico do agregado; fatores tecnológicos (características do produto x especificações de mercado); e, fatores locacionais e ambientais.

Uma vez estabelecido o modelo de avaliação de projeto ou negócio, esse deve ser empregado para testar diferentes alternativas que venham a ser consideradas, com base nas indicações de mercado e nas compatibilizações de características do agregado com as especificações de demanda. As alternativas passíveis de avaliação compreenderão variações isoladas ou combinadas de diferentes fatores, tais como: produtos; escalas de produção; segmentos de mercado; equipamentos; etc.

A alternativa que vier a ser escolhida (Caso-Base) deverá ser claramente identificada, com a definição de suas características operacionais: especificações dos produtos; escala de produção; regime de operação; e, mercados a serem praticados. A projeção de lucros, perdas e projeção de fluxo de caixa são efetuadas de acordo com a vida útil do empreendimento, sendo esta condicionada pelo volume de reservas e escala de produção. As projeções de lucros, perdas e de fluxo de caixa devem ser realizadas para cada alternativa que venha a ser considerada.

Os indicadores básicos de decisão (TIR e VPL) são calculados, em cada alternativa, pelo desconto do fluxo de caixa correspondente. Tais indicadores são determinados, de forma



agilizada, mediante recursos de computação eletrônica. Deve-se proceder à determinação da taxa interna de retorno para o capital do projeto.

Uma vez determinados os indicadores de decisão para o caso base (relativo aos parâmetros originalmente adotados) procede-se à realização da análise de sensibilidade, buscando-se verificar - para variações impostas a parâmetros-chave do projeto - as consequentes variações sobre os indicadores de decisão (TIR e VPL). Submete-se à variação, dentre outros, os parâmetros relativos à escala de produção, preços de venda, investimentos e custos operacionais.

Assinale-se ainda que os projetos, empreendimentos e negócios de agregados para a construção civil podem ainda ser submetidos à Análise de Riscos e Incertezas, onde - pela associação de probabilidades a variações de parâmetros críticos - são determinados intervalos de confiança relacionados aos indicadores de decisão. Outro parâmetro importante de análise é referente ao prazo de retorno do investimento (*payback period*). Tendo em vista o investimento realizado no início do período, verifica-se a partir do somatório das receitas do Fluxo de Caixa descontado o tempo para pagamento do investimento.

Assim, de posse da avaliação econômica com os resultados dos fluxos de caixa e os indicadores de decisão, além das análises de sensibilidade, é possível determinar a aprovação do projeto e o aprofundamento do mesmo, ou ainda a readequação de determinados parâmetros. A avaliação do projeto é um método iterativo, por isso inúmeras retomadas podem se fazer necessárias a fim de ajustar determinados itens e obter melhores resultados ou uma melhor qualidade na avaliação.

Após o desenvolvimento da metodologia, torna-se possível partir para o estudo de caso onde este método foi aplicado. No próximo capítulo podem-se visualizar os dados obtidos a partir da aplicação dos fluxogramas apresentados e do desenvolvimento explanado ao longo deste capítulo.

## **4. ESTUDO DE CASO DE UNIDADES DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO SUL E VERA CRUZ**

Nesse capítulo, são apresentados os casos de estudo desenvolvidos ao longo do trabalho utilizando a metodologia descrita anteriormente. Foram utilizadas três pedreiras de rochas basálticas localizadas no vale do Rio Pardo, mais especificamente nas cidades de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz. Destas unidades, duas estão localizadas em Santa Cruz do Sul e uma terceira na cidade de Vera Cruz. A coleta de dados e a estruturação da metodologia envolveu uma primeira etapa a fim de avaliar a geologia, reservas e vida útil das áreas alvo da pesquisa. Os estudos de campo foram constituídos de levantamentos topográficos, sondagens e análises conforme descrições nos próximos subitens.

### **4.1. LEVANTAMENTOS DE CAMPO**

O levantamento de campo é composto das principais atividades necessárias para a pesquisa da jazida, como a topografia, sondagens, análises de amostras, pesquisa geológica, geomorfológica, hidrográfica e hidrológica, avaliação das reservas e vida útil das cavas.

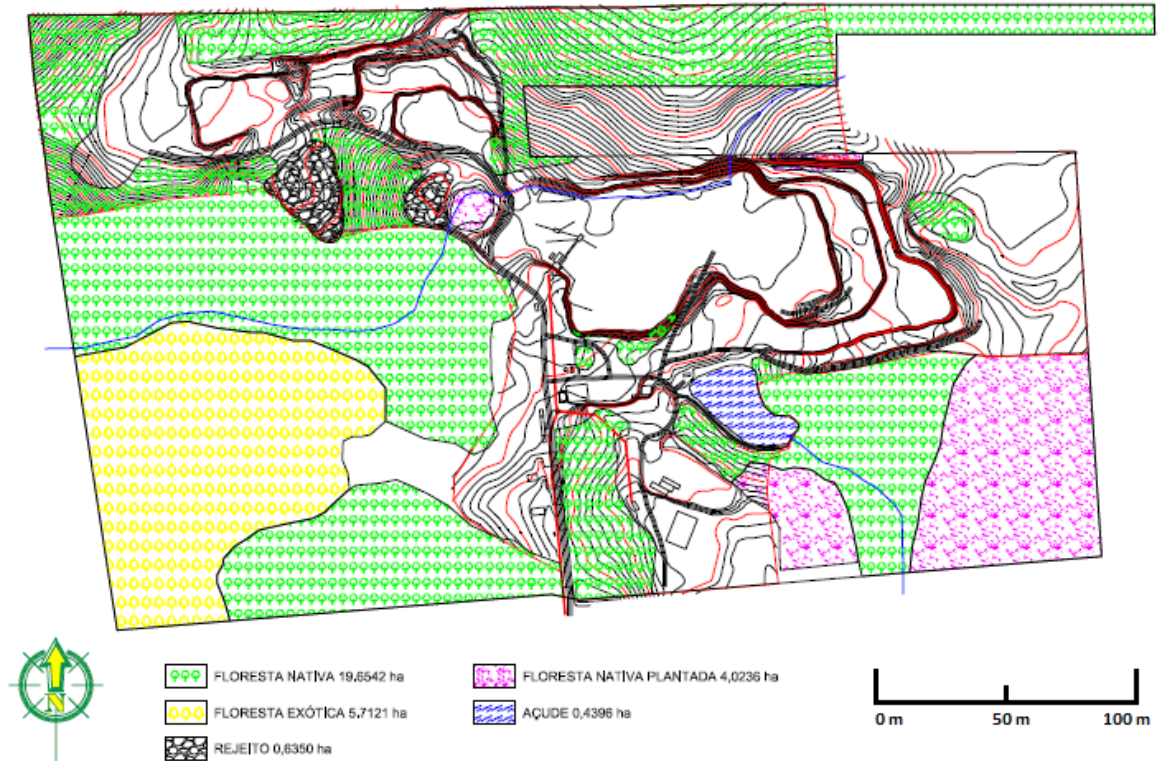
#### **4.1.1. Levantamento topográfico**

Os levantamentos topográficos das três áreas foram desenvolvidos ao longo dos anos de 2011 e 2012 da seguinte forma:

- a) Transporte de coordenadas (base) feita com receptor do tipo Sistema de Posicionamento Global ou Global Positioning System (GPS) L1L2 (Pós-processado) apoiados nas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas (RBMC) de POA e Santa Maria.
- b) Implantação de pontos de apoio com receptor GPS L1 (Pós-processado) apoiados na base transportada.
- c) Transformação das distâncias do sistema de coordenadas geográficas Universal Transversa de Mercator (UTM), um sistema de coordenadas cartesianas bidimensional, para Plano Topográfico Local (PTL).
- d) Levantamento planialtimétrico trigonométrico de visadas curtas apoiados nos pontos de apoio. (item b) \*Altitudes Geométricas (Cotas); *Datum* WGS-84.

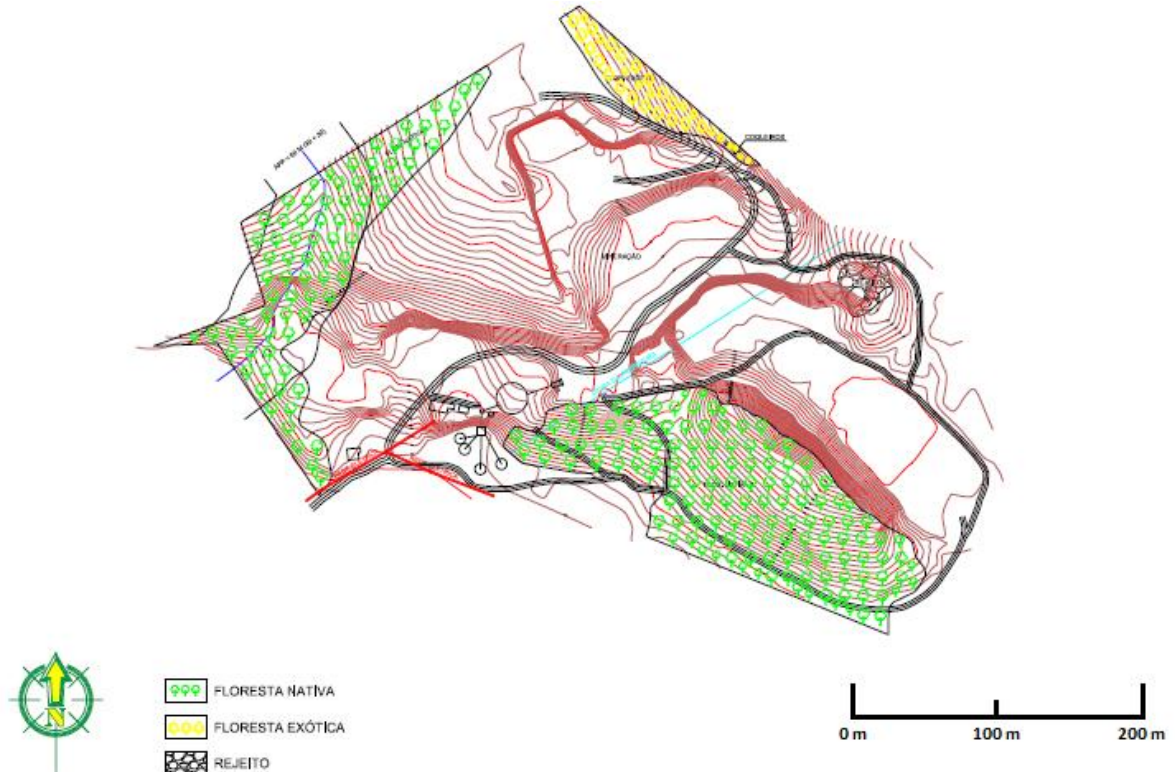
Assim, geraram-se topografias das três áreas estudadas conforme Figura 13, 14 e 15:

Figura 13 – Levantamento Topográfico Unidade Santa Cruz do Sul A



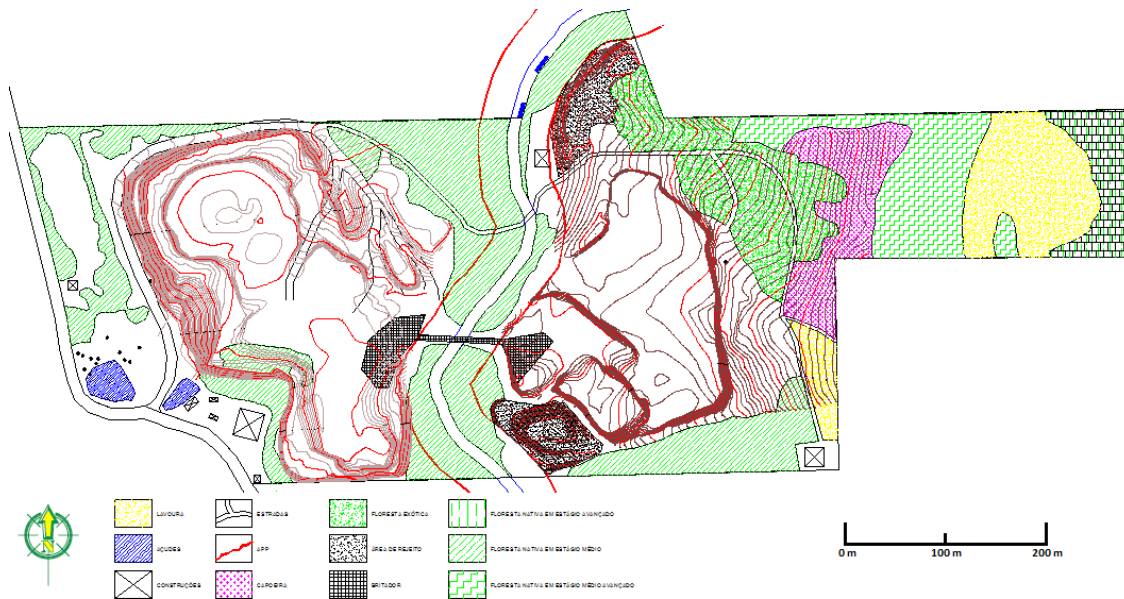
Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software* AUTOCAD.

Figura 14 – Levantamento Topográfico Unidade Santa Cruz do Sul B



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software* AUTOCAD.

Figura 15 – Levantamento Topográfico Unidade Vera Cruz



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software* AUTOCAD.

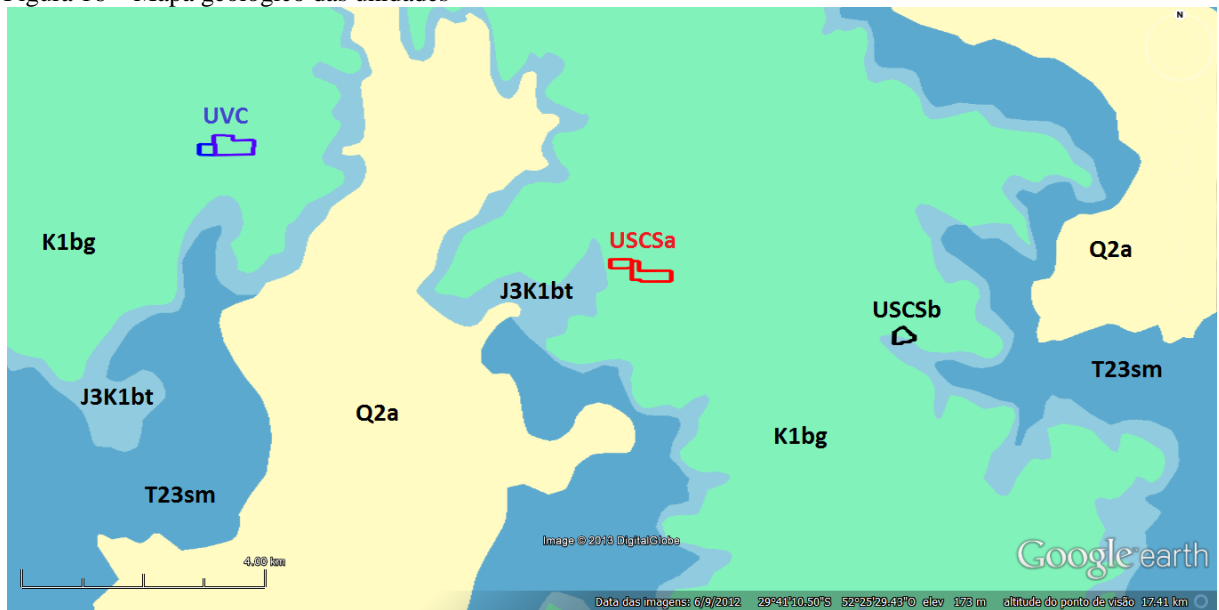
#### 4.1.2. Geologia

No contexto geológico regional os terrenos pesquisados fazem parte do trato Mesozóico da Bacia do Paraná (MILANI et al., 1998). A bacia do Paraná, de natureza intracratônica, é uma extensa entidade geotectônica que abrange 1.400.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelo S, SE e Centro-W do Brasil por cerca de 1.100.000 km<sup>2</sup> e o restante pela Argentina, Uruguai e Paraguai (MILANI et al., 1998). Teve sua evolução ligada fundamentalmente a fatores climáticos e tectônicos, em função da dinâmica de placas que conduziu a evolução do supercontinente Gondwana.

A região na qual os empreendimentos estão inseridos encontra-se na Formação Serra Geral, mais especificamente dentro da Fácies Gramado, conforme Figura 16, segundo mapa geológico da CPRM e imagem gerada pelo programa Google Earth, com a localização das unidades georreferenciadas.

A designação de Formação Serra Geral (White, 1988), refere-se à província magmática relacionada aos derrames e intrusivas que recobrem 1,2 x 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> da Bacia do Paraná, (Melfi et al., 1988), abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina. Esta unidade está constituída predominantemente por basaltos e basalto-andesitos de filiação toleítica.

Figura 16 – Mapa geológico das unidades



	UVC - Unidade Vera Cruz		<b>Fácies Gramado</b> - derrames basálticos, granulares finos a médios, melanocráticos, contendo níveis de vesículas bem desenvolvidas no topo e incipientes na base dos derrames, normalmente preenchidas por zeólitas (carbonatos e saponita). 132 Ma Ar-Ar
	USCSa - Unidade Santa Cruz do Sul A		<b>Depósitos aluviais</b> - areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rios e planícies de inundação.
	USCSb - Unidade Santa Cruz do Sul B		<b>Formação Botucatu</b> - arenito fino a grosso, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, dispostos em sets e/ou cosets de estratificações cruzadas de grande porte. Ambiente continental desértico, depósitos de dunas eólicas.
			<b>Formação Santa Maria</b> - arenito e arenito conglomerático e pelito subordinado, contendo elementos da flora de Dicroidium; e siltito argiloso maciço, contendo fauna de tetrápodos fósseis; ambiente continental correspondendo a depósitos de canais fluviais de moderada sinuosidade, de planícies de inundação e lacustres.

Fonte: CPRM (2003); Google Earth (2012).

As variações composicionais, os dados geocronológicos, as características texturais e o arranjo entre derrames e intrusivas da bacia, possibilitaram a divisão deste magmatismo Serra Geral em oito fácies distintas, cinco relacionadas ao magmatismo máfico (fácies Gramado, Paranapanema, Pitanga, Esmeralda, Campo Erê e Lomba Grande) e quatro ao magmatismo intermediário a félsico (fácies Palmas, Chapecó, Várzea do Cedro e Alegrete). Deste conjunto, abordaremos a fácies Gramado.

Esta fácies tem sua área tipo ao longo da escarpa sul da Serra Geral, e refere-se a um conjunto de derrames com espessura máxima em torno de 300 metros que representam as primeiras manifestações vulcânicas sobre os sedimentos arenosos do então deserto Botucatu. Estes primeiros eventos eruptivos possuem pequena expressão lateral, por estarem confinados a paleovales e a espaços interdúnicos existentes. Após o encerramento do aporte de areias do Botucatu, inicia-se um período francamente vulcânico, onde o relevo está condicionado ao arranjo formado pela coalescência entre derrames, que encerraram o preenchimento da bacia.

As rochas que compõem esta fácies são derrames de basaltos maciços com espessuras entre 15 a 35 metros, frequentes texturas de fluxo, zonas vesiculares bem desenvolvidas no

topo e incipientes na base, e uma porção central formada por rocha granular homogênea, com disjunção colunar bem desenvolvida, textura microfanerítica, compacta e de coloração cinza-escuro a cinza-esverdeado. São comuns as zonas vesiculares pouco desenvolvidas na base e espessas de topo, preenchidas especialmente por zeólitas, carbonatos e apofilitas. Na Figura 17 pode-se visualizar a seção Geológica Esquemática Regional.

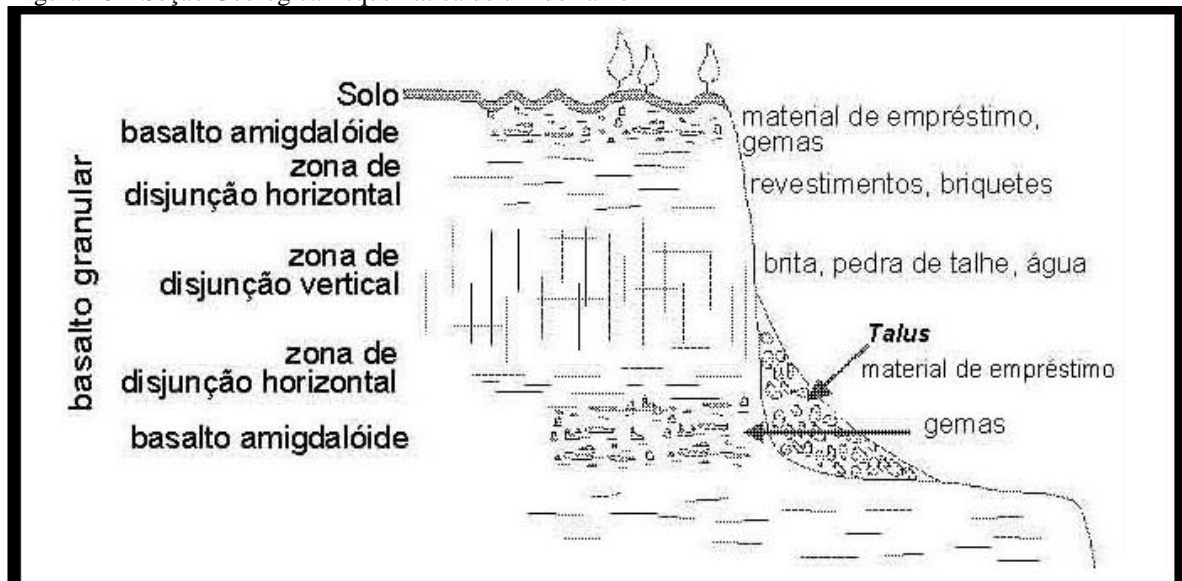
Figura 17 – Seção Geológica Esquemática Regional



Fonte: CPRM (2004)

Na Figura 18 demonstra-se a seção geológica esquemática de um derrame.

Figura 18 – Seção Geológica Esquemática de um derrame



Fonte: CPRM (2004)



As pedreiras Santa Cruz do Sul A e B apresentam um derrame único, com espessura variável entre 20 e 60 metros, onde o fluxo da lava parece ser oriundo do norte, e onde o derrame ocupou um campo de paleodunas, o que caracteriza a variação de sua espessura, ou seja, nas partes baixas das dunas o derrame apresenta sua maior espessura, e a espessura mínima na parte alta da duna, observando dois afloramentos de paleodunas presentes, um localizado na entrada da área de lavra, e o outro no pé da bancada inferior atualmente lavrada, o cume das duas paleodunas verificadas apresenta sentido norte, com distâncias entre elas de aproximadamente 60 metros.

A pedreira Vera Cruz é uma jazida de rocha magmática na forma de um *sill*, incrustado em meio a rochas da Formação Rosário do Sul, ao sul, e ao norte ocorrem rochas também sedimentares, mas associada ao Grupo São Bento, Formação Botucatu. *Sill*, em geologia, é uma massa de rocha ígnea de forma tabular, muitas vezes horizontal e que intruiu lateralmente por entre camadas mais antigas de rocha sedimentar, lava ou tufos vulcânicos ou até mesmo segundo a direção de foliação em rochas metamórficas.

#### **4.1.3. Geomorfologia**

Todas as pedreiras encontram-se dentro do domínio Morfoestrutural das bacias e Coberturas sedimentares, na região Geomorfológica do Planalto das Araucárias. Almeida (1981) sugeriu o nome que engloba uma grande extensão de área, nos estados do Rio grande do Sul, Santa Catarina, e Paraná, com uma extensão aproximada de 201.092 Km<sup>2</sup>. Ao leste o planalto é limitado por litologias do Grupo São Bento, a oeste avança até o Paraguai e Argentina, para o norte até o limite do estado de São Paulo, e ao sul com a Planície do Ibicuí Jacuí. O termo Planalto das Araucárias esta associado à espécie arbórea Araucária Angustifolia, o que não significa dizer que em toda sua extensão não ocorre áreas sem a presença desta espécie vegetal.

Geologicamente o planalto está assentado sobre rochas efusivas da Formação Serra Geral, caracterizando a Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral. A Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral ocupa uma superfície de 3.576 km<sup>2</sup>, que representa 6,3% da região Geomorfológica Planalto das Araucárias, 2,4% do Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, e 1,4% do total da Área mapeada.

Na borda sul, a Área da Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral está diretamente ligada à Área Serrana, desenvolvendo-se como essa com orientação geral E-O.

Tem seu início a oeste do lago das Malvas e evolui predominantemente sobre rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral e raramente sobre rochas areníticas da Formação Botucatu. Esta em contato para sul com a Unidade Geomorfológica Depressão Rio Jacuí, por meio de ressaltos topográficos. Ao leste, as formas de relevo apresentam marcante controle estrutural, evidenciado por sulcos estruturais e vales fluviais a eles adaptados, cujos aprofundamentos variam de 192 a 260 m. O relevo está representado por formas alongadas, subparalelas, por vezes com ocorrência de cristas simétricas como as associadas à drenagem do rio dos Sinos. Este rio descreve seu curso com direcionamento geral E-O percorrendo a Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral, deixando para sul de seu canal principal um grande bloco alongado e isolado denominado regionalmente de serra do Paredão. Nas bordas, onde a dissecação é mais intensa, predomina o afloramento de rochas areníticas da Formação Botucatu. Nas partes centrais, altimetricamente mais elevadas, estão os relevos mais conservados, associados a rochas efusivas básicas, em especial. Esses relevos mais conservados entram em contato com os demais a partir das escarpas.

Nas áreas correspondentes as bacias dos rios Caí e Taquari, a atividade agrícola vem sendo empregada crescentemente, substituindo a cobertura vegetal original que se refere à Floresta Estacional Decidual. A área interfluvial Taquari e Pardo, afluentes do rio Jacuí, representa o limite ocidental da Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral.

#### **4.1.4. Hidrologia e hidrografia.**

A região que abrange as unidades está contida na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul. A mesma aflui no Rio Jacuí, sendo integrante da Região Hidrográfica do Guaíba, correspondendo a Bacia G90, classificação oficial do Estado. A área de drenagem da Bacia do Pardo é de 3.636,79 Km<sup>2</sup>, sua extensão é de 115 Km e a largura de 35 Km, representa 1,3% da área do Estado e 4,3% da Região Hidrográfica do Guaíba, abrangendo 13 municípios, com um total de 212.531 habitantes (em 2003). Destes municípios somente Venâncio Aires tem sua sede fora dos limites da Bacia. Em linhas gerais a Bacia compreende a montante (parte alta) áreas associadas ao planalto Meridional, com altitudes superiores a 500m, predominando campos, atividades de pecuária e pequenas lavouras de subsistência, onde estão localizadas as sedes dos municípios de Barros Cassal, Boqueirão do Leão, Gramado Xavier e Lagoão. A porção intermediária da bacia responde a aproximadamente 40% de sua área total, localizada na



encosta do Planalto Meridional com altitudes que variam de 200 m a 500 m, predominando propriedades coloniais, havendo áreas de remanescentes florestais em diversos estágios de regeneração, também se encontram nesta porção da Bacia significativos elementos da fauna do Estado, onde estão situadas as sedes municipais de Herveiras, Passa Sete, Sinimbu e Vale do Sol. A jusante (parte baixa) da Bacia, respondendo também por cerca de 40%, encontram-se áreas planas de relevo pouco ondulado, geomorfologicamente compondo a Depressão Central, associadas às áreas de meandros dos principais cursos d'água, sendo as várzeas utilizadas para o cultivo de arroz irrigado, enquanto as zonas mais elevadas para pecuária extensiva e cultivos agrícolas, principalmente de fumo, milho, soja e feijão. Nesta porção localizam-se as sedes municipais de Candelária, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul e Vera Cruz, onde se concentram os maiores contingentes populacionais e de atividade industrial na Bacia. (BHRP, 2012)

#### 4.1.5. Sondagem

Após o levantamento topográfico, foram realizadas sondagens a fim de confirmar a extensão dos depósitos presentes e suas continuidades. Foram executados furos com uma sondagem roto-percussiva realizados por uma perfuratriz de operação. Entendeu-se como necessária uma malha contendo entre 6 e 10 furos para as áreas pesquisadas. Na Figura 19 pode-se visualizar o trabalho de sondagem executado nas áreas levantadas.

Figura 19 – Trabalho de sondagem com perfuratriz roto-percussiva



Fonte: Fotografado pelo autor.

Para a interpretação dos resultados produzidos pelo método de sondagem por perfuratriz roto-percussiva utiliza-se a análise do pó produzido na perfuração, além da

velocidade de avanço. Em materiais como arenito e solo, a perfuratriz apresenta um avanço mais rápido, enquanto que na perfuração do basalto encontra uma maior resistência e diminuição da velocidade de penetração. Para realização de tal levantamento são necessários operadores experientes que conheçam as diferenças de perfuração nas diferentes rochas a fim de realizar um levantamento correto. Na Figura 20 pode-se visualizar o pó gerado correspondendo ao material considerado de interesse, rocha sã para produção de agregado.

Figura 20 – Pó de rocha basáltica gerada pela perfuratriz roto-percussiva



Fonte: Fotografado pelo autor.

A partir das sondagens, foram identificadas as cotas mínimas das cavas finais sendo que para a Unidade Santa Cruz do Sul A a cota foi 149 m, para a Unidade Santa Cruz do Sul B foi 152 m, e a pedreira Vera Cruz atingiu uma cota de 60 m.

#### **4.1.6. Análise de amostras**

Todas as unidades possuíam ensaios já realizados nas unidades a fim de verificar o tipo de rocha existente e sua característica. Como os ensaios já possuíam as informações necessárias foram utilizados para caracterizar a rocha. Estes ensaios foram realizados junto à CIENTEC – Fundação de ciência e Tecnologia. Os ensaios realizados foram os seguintes:

- a) Apreciação macroscópica segundo ABNT NBR 7389/1992;
- b) Análise petrográfica segundo NBR 7389/1992;
- c) Classificação petrográfica segundo STRECKEISEN;

- d) Absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade aparente segundo ABNT NBR 9937/1988 e densidade aparente segundo DNER ME 081/1994;

Os resultados encontrados foram individualizados para as diferentes unidades.

#### 4.1.6.1. Ensaio realizado na Unidade Santa Cruz do Sul A

A primeira análise foi a apreciação macroscópica que tem seus resultados explicitados na Tabela 11.

Tabela 11 – Apreciação macroscópica na Unidade Santa Cruz do Sul A

Análise	Resultado
Cor amostra seca.....	cinza clara com pontuações cinza escura
Cor amostra úmida.....	marrom clara
Estrutura/fraturamento .....	maciça
Textura.....	Afanítica
Alteração.....	Rocha Sã
Classificação provável.....	Basalto
Propriedades físico-mecânicas..	rocha muito coerente
Forma dos fragmentos.....	lamelar

Fonte: CIENTEC (2003)

Após, foi executada a análise petrográfica. Conforme os resultados a rocha macroscopicamente é melanocrática de cor cinza, com manchas avermelhadas devido a possível oxidação dos constituintes minerais ferromagnesianos. A textura é afanítica fina, com diâmetro dos grãos inferior a 1 mm. A rocha é coerente e livre de fraturas e mostrou resultado para carbonato negativo no teste com HCl 10%, a frio. Microscopicamente a rocha apresenta textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio e subordinadamente de clinopiroxênio, de grão médio (diâmetro entre 2,0 mm e 1,0 mm) prismáticos, isolados ou glomeroporfiríticos, mergulhados em matriz intergranular constituída de plagioclásio prismático e clinopiroxênio globular, de grão fino (diâmetro dos cristais inferior a 0,5 mm).

A composição mineral da amostra, assim como a absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade, foram avaliadas conforme Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Composição mineral amostra Pedreira Santa Cruz do Sul A

Minerais	Avaliação visual (%)
Plagioclásio (labradorita) .....	83
Clinopiroxênio.....	15
Olivina.....	2
Minerais Opacos.....	<1

Fonte: CIENTEC (2003)

Tabela 13 – Resultados dos testes para absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade da amostra da Pedreira Santa Cruz do Sul A.

Absorção de água (%)	Massa específica aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade aparente (%)
2,1	2,67	5,7

Fonte: CIENTEC (2003)

#### 4.1.6.2. Ensaio realizados na Unidade Santa Cruz do Sul B

A primeira análise foi a apreciação macroscópica que tem seus resultados explicitados na Tabela 14.

Tabela 14 – Apreciação macroscópica na Unidade Santa Cruz do Sul B

Análises	Resultados
Cor amostra seca.....	castanha clara com pontuações esbranquiçadas milimétricas
Cor amostra úmida.....	castanha clara com pontuações esbranquiçadas milimétricas
Estrutura/fraturamento.....	maciça
Textura.....	Afanítica (comumente denominada Carijó)
Alteração.....	Rocha Sã
Classificação provável.....	Dacito
Propriedades físico-mecânicas....	rocha muito coerente
Forma dos fragmentos.....	equidimensional

Fonte: CIENTEC (2006)

Conforme os resultados da análise petrográfica a rocha macroscopicamente é melanocrática de cor cinza, com manchas avermelhadas devido a possível oxidação dos constituintes minerais ferromagnesianos. A textura é afanítica fina, com diâmetro dos grãos inferior a 1 mm. Microscopicamente apresenta textura porfírica fina (1 a 3 mm), com 2 a 3% de fenocristais de plagioclásio (subordinadamente olivina e minerais opacos, com formas prismáticas alongadas), imersos em uma matriz muito fina (0.2 a 0.4 mm), caracterizada por uma textura intergranular hipidiomórfica, dominada por cristais ripiformes de plagioclásio com espaços intersticiais ocupados por cristais equidimensionais de clinopiroxênio e minerais opacos. Subordinadamente ocorre textura glomeroporfírica, caracterizada pela concentração de fenocristais de plagioclásio e olivina.

A composição mineral da amostra foi avaliada conforme Tabela 15. Em Tabela 16, os resultados para absorção de água, densidade aparente e massa específica aparente seca.

Tabela 15 – Composição mineral amostra Pedreira Santa Cruz do Sul B

Minerais	Avaliação visual (%)
Plagioclásio.....	60 – 65
Augita.....	25 – 30
Olivina.....	2 – 3
Minerais Opacos.....	3 – 5

Fonte: CIENTEC (2006)

Tabela 16 – Resultados dos testes para absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade da amostra da Pedreira Santa Cruz do Sul B.

Absorção de água (%)	Densidade Aparente	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
1,9	2,67	2,81

Fonte: CIENTEC (2006)

#### 4.1.6.3. Ensaio realizados na Unidade Vera Cruz

A primeira análise foi a apreciação macroscópica que tem seus resultados explicitados na Tabela 17.

Tabela 17 – Apreciação macroscópica na Unidade Vera Cruz

Análise	Resultado
Cor amostra seca.....	cinza claro
Cor amostra úmida.....	cinza escuro
Estrutura/fraturamento.....	maciça
Textura.....	afanítica
Alteração.....	rocha sã
Classificação provável.....	basalto
Propriedades físico-mecânicas...	rocha muito coerente
Forma dos fragmentos.....	equidimensional

Fonte: CIENTEC (2009)

Conforme os resultados a rocha macroscopicamente é melanocrática de cor cinza médio na fratura fresca. Na fratura natural desenvolve-se uma película preta, pulverulenta, devido à alteração. A textura é equigranular fina a média (grãos com tamanho inferior a 2 mm). O carbonato está ausente, pois o resultado do teste com HCl 10%, a frio, foi negativo. Apresenta um fraco magnetismo indicando a presença de magnetita. Microscopicamente apresenta textura intergranular média a fina, constituída de cristais prismáticos de plagioclásio, cujos espaços intersticiais estão preenchidos por cristais de piroxênio e subordinadamente por resíduos de cristalização, caracterizando a textura intersertal. Em menor proporção ocorrem cristais maiores de piroxênio com textura ofítica e subofítica.

A composição mineral da amostra foi avaliada conforme Tabela 18. Em Tabela 19, os resultados para absorção de água, densidade aparente e massa específica aparente seca.

Tabela 18 – Composição mineral amostra da Pedreira Vera Cruz

Minaerais	Avaliação visual (%)
Plagioclásio (andesina-labradorita)...	83
Clinopiroxênio.....	30
Apatita.....	<1
Minaerais Opacos.....	1

Fonte: CIENTEC (2009)

Tabela 19 – Resultados dos testes para absorção de água, massa específica aparente seca e porosidade da amostra da Pedreira Vera Cruz.

Absorção de água (%)	Massa específica aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade aparente (%)
1,5	2,82	3,6

Fonte: CIENTEC (2009)

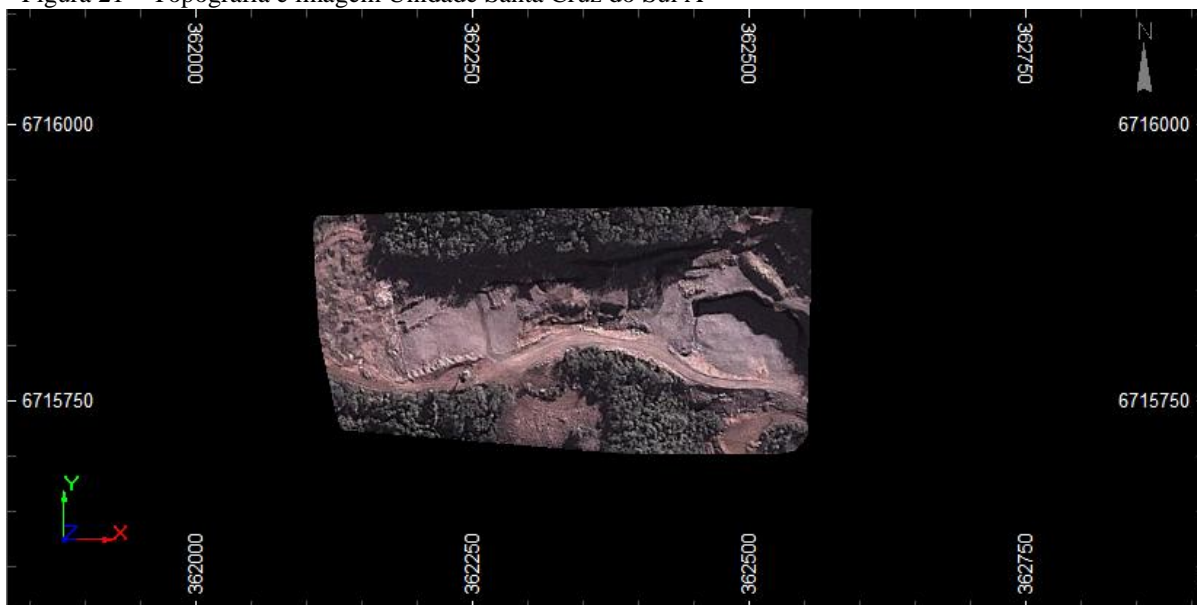
#### 4.1.7. Determinação das reservas e vida útil das unidades

##### 4.1.7.1. Reserva e vida útil Unidade Santa Cruz do Sul A (SCSA)

No levantamento das reservas, foram consideradas a rocha presente, os limites físicos e limites junto ao DNPM. Para a unidade Santa Cruz do Sul A, foi dimensionada uma reserva de 847.355 m<sup>3</sup>, ou a partir de uma densidade de 2,67 t/m<sup>3</sup>, 2.262.437 toneladas.

Na Figura 21 visualiza-se a topografia e a imagem de satélite da área gerada a partir do Google Earth. Como a imagem e o levantamento topográfico são relativamente bem confidentes, pode-se efetuar o pareamento de ambas. A metodologia para definição da cava final deu-se da seguinte maneira: Primeiramente efetuou-se a importação das curvas de nível e da imagem do local avaliado; após, fez-se o pareamento de ambos para melhor visualização e definição da cava final; Finalmente, após a definição da cota mínima, gerou-se a cava final.

Figura 21 – Topografia e imagem Unidade Santa Cruz do Sul A



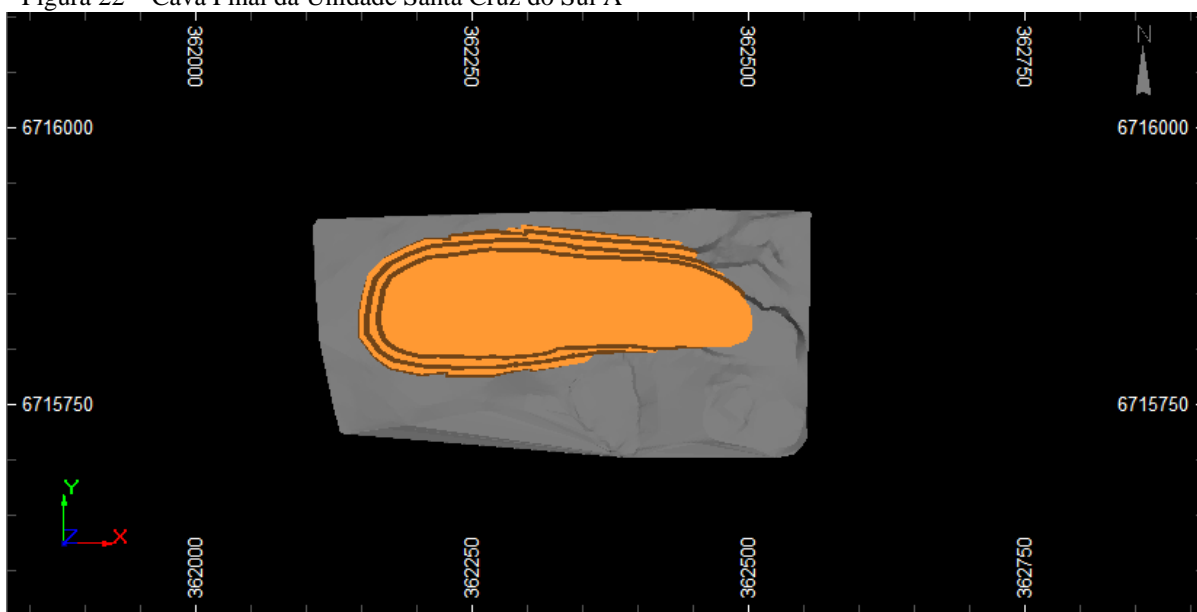
Fonte: Elaborado pelo autor com o *Software* Studio 3 e imagem do Google Earth (2012).

Para o projeto de cava final, foram dimensionadas três bancadas de 12 metros de altura, com uma produção diária de 745 toneladas/dia, ao longo de 264 dias/ano. Assim, a



vida útil esperada é de 11,5 anos de produção. Na Figura 22 apresenta-se a cava final esperada ao final da vida útil com a extração de toda reserva dentro dos limites físicos impostos. A cota mínima utilizada foi de 149 metros, sendo esta a bancada mínima atual na frente mais ao leste da unidade atualmente lavrada. Tal cota foi selecionada pelo fato de sondagens apontarem como o limite do corpo basáltico. Abaixo da cota 149 foi encontrada a presença de arenito. A área não possui cobertura de estéril ou solo.

Figura 22 – Cava Final da Unidade Santa Cruz do Sul A



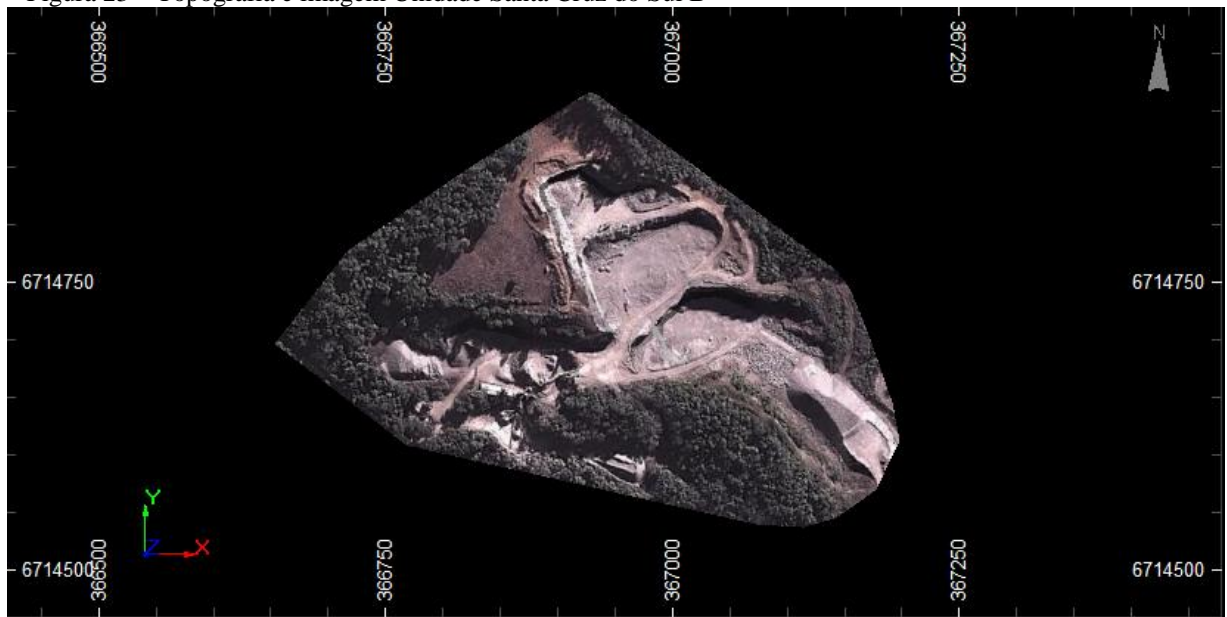
Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software* Studio 3.

#### 4.1.7.2. Reserva e vida útil Unidade Santa Cruz do Sul B

Da mesma forma que o levantamento anterior, para cálculo das reservas, foram consideradas a rocha presente, os limites físicos e limites junto ao DNPM. Para a unidade Santa Cruz do Sul B foi dimensionada uma reserva de 704.233 m<sup>3</sup>, ou, levando-se em conta a densidade *in situ* obtida por ensaios de amostras, 2,67 t/m<sup>3</sup>, um reserva em toneladas de 1.880.302.

Na Figura 23 visualiza-se a topografia e a imagem de satélite da área gerada a partir do Google Earth (2012). Como a imagem e o levantamento topográfico são relativamente bem confidentes, pode-se efetuar o pareamento de ambas, gerando assim a imagem com a topografia sobreposta. O procedimento realizado para esta unidade foi similar ao anterior no que se refere ao programa utilizado, *Studio 3*.

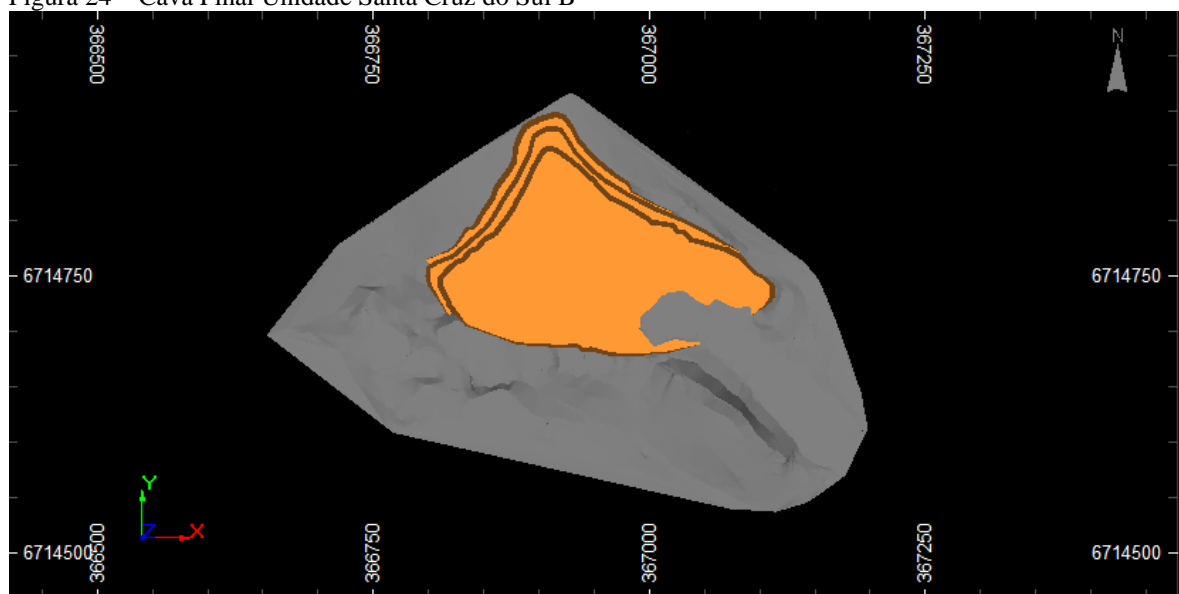
Figura 23 – Topografia e imagem Unidade Santa Cruz do Sul B



Fonte: Elaborado pelo autor com o *Software* Studio 3 e imagem do Google Earth (2012).

Para o projeto de cava final, foram dimensionadas três bancadas de 12 metros, com uma produção diária de 356 toneladas/dia, ao longo de 264 dias/ano. Assim, a vida útil esperada é de 20 anos de produção. Na Figura 24 visualiza-se a cava final esperada ao final da vida útil. O volume de cobertura foi de 13.020 m<sup>3</sup> que será reutilizado para recuperação.

Figura 24 – Cava Final Unidade Santa Cruz do Sul B



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software* Studio 3.

#### 4.1.7.3. Reserva e vida útil Unidade Vera Cruz

Para a unidade foi dimensionada uma reserva de 2.017.847 m<sup>3</sup>, ou a partir de uma densidade de 2,82 t/m<sup>3</sup>, 5.690.330 toneladas. Na Figura 25 visualiza-se a topografia e a



imagem de satélite da área gerada a partir do Google Earth. Como a imagem e o levantamento topográfico são relativamente bem confidentes, pode-se efetuar o pareamento de ambas.

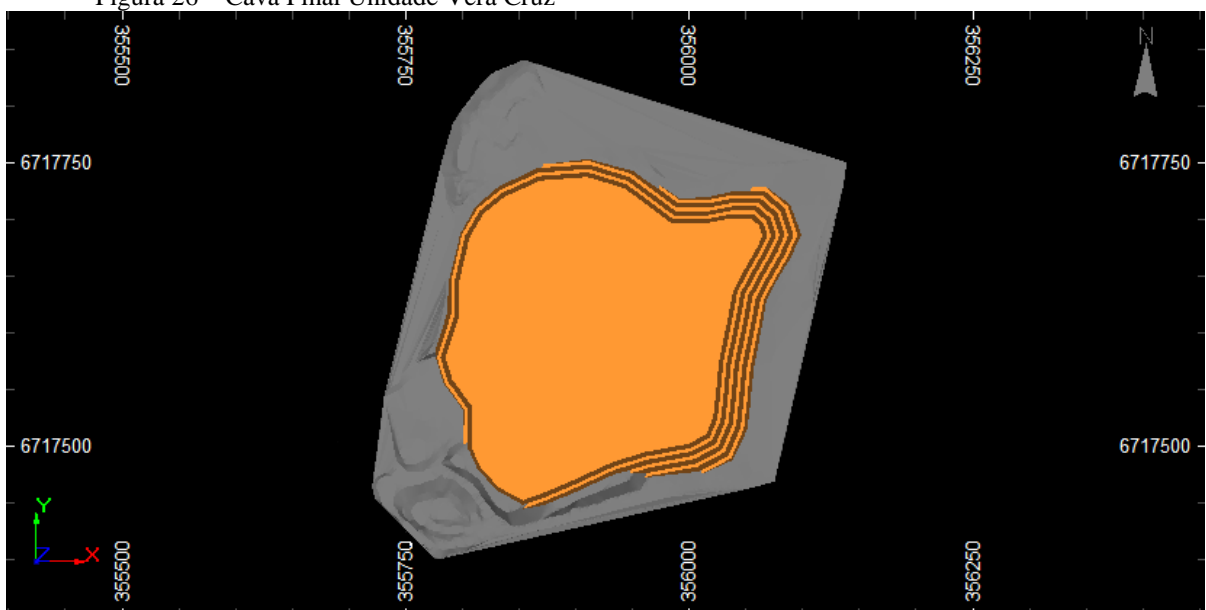
Figura 25 – Topografia e imagem Unidade Vera Cruz



Fonte: Elaborado pelo autor com o *Software* Studio 3 e imagem do Google Earth (2012).

Para o projeto de cava final, foram dimensionadas quatro bancadas de 12 metros de altura, com uma produção diária de 1.574 toneladas/dia, ao longo de 264 dias/ano. Assim, a vida útil esperada é de 13,7 anos de produção. Pode-se visualizar a cava final planejada na Figura 26. O volume de cobertura foi de 27.604 m<sup>3</sup> que será reutilizado para recuperação.

Figura 26 – Cava Final Unidade Vera Cruz



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do *software* Studio 3.

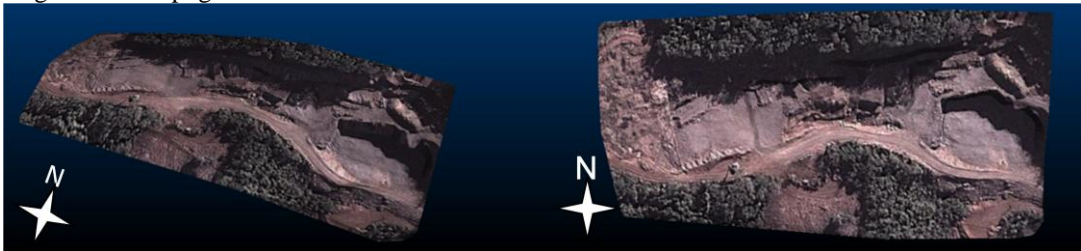
## 4.2. PLANEJAMENTO

A partir do estabelecimento da reserva total, da vida útil, determinou-se a produção anual necessária e efetuou-se um planejamento anual com o avanço de lavra para cada uma das unidades. Esse planejamento definiu as cavas operacionais, com as bancadas lavradas em cada ano até a cota mínima definida pela pesquisa geológica, e os limites horizontais.

### 4.2.1. Planejamento anual Unidade Santa Cruz do Sul A

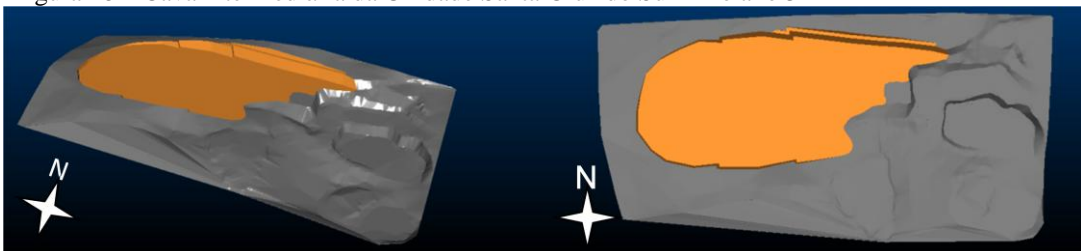
Para o planejamento do avanço de lavra, com as bancadas desenvolvidas ao longo do ano, manteve-se a produção anual de 73.600 m<sup>3</sup>/ano. Assim, com o auxílio do *software Studio 3*, construiu-se o planejamento das cavas intermediárias ao longo da vida útil da Unidade. Em Figura 27 visualiza-se a topografia no ano 0, em Figura 28 o ano 3 e em Figura 29 o ano 8.

Figura 27 – Topografia da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 0



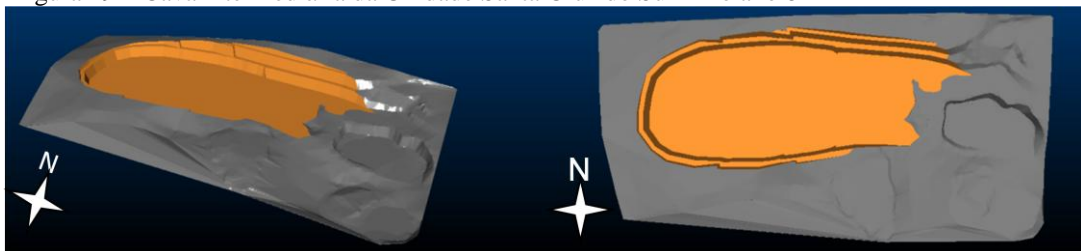
Fonte: Elaborado pelo autor com o *Software Studio 3* e imagem do Google Earth (2012).

Figura 28 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 3



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software Studio 3*.

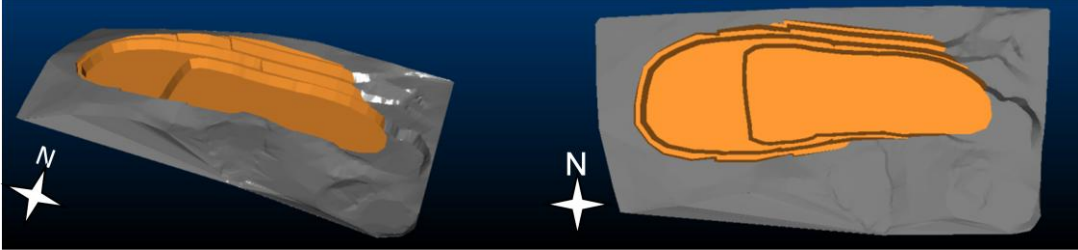
Figura 29 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 8



Fonte: Elaborado pelo autor com o uso do *software Studio 3*.

A terceira cava intermediária que se apresenta é referente ao ano 11, quase ao fim da vida útil da lavra, em Figura 30.

Figura 30 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 11

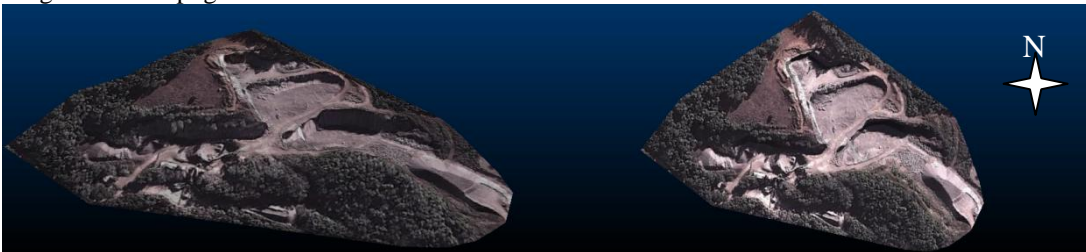


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

#### 4.2.2. Planejamento anual Unidade Santa Cruz do Sul B

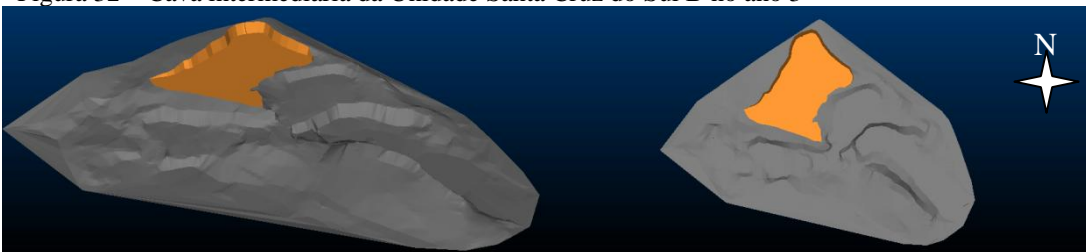
Para o planejamento do avanço de lavra, com as bancadas desenvolvidas ao longo do ano, também se manteve a produção anual de 35.200 m<sup>3</sup>/ano. Assim, com o auxílio do *software* Studio 3, construiu-se o planejamento e as cavas intermediárias ao longo da vida útil da Unidade. Em Figura 31 visualiza-se a topografia no ano 0, em Figura 32 o ano 3.

Figura 31 – Topografia da Unidade Santa Cruz do Sul B no ano 0



Fonte: Elaborado pelo autor com o *Software* Studio 3 e imagem do Google Earth (2012).

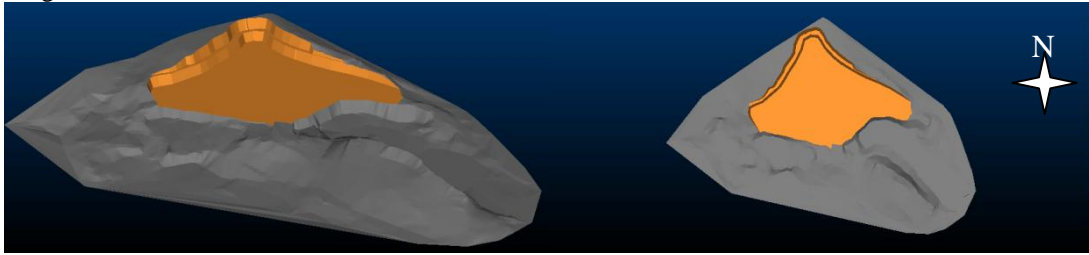
Figura 32 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul B no ano 3



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

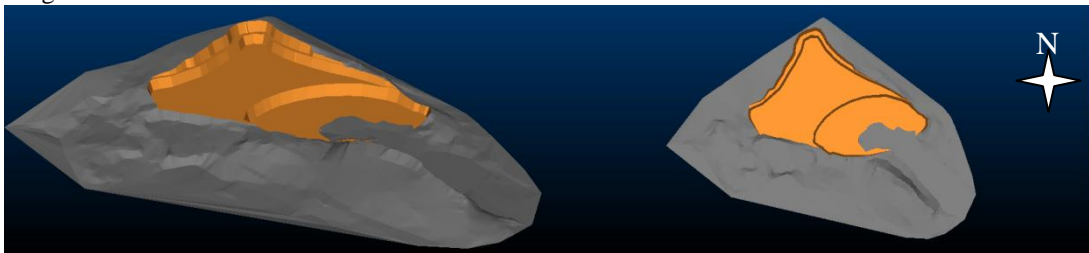
A segunda cava intermediária que se observa atingida no ano 10 encontra-se na Figura 33. A terceira cava intermediária visualizada em Figura 34 é referente ao ano 14.

Figura 33 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul B no ano 10



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

Figura 34 – Cava intermediária da Unidade Santa Cruz do Sul A no ano 14



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

#### 4.2.3. Planejamento anual Unidade Vera Cruz

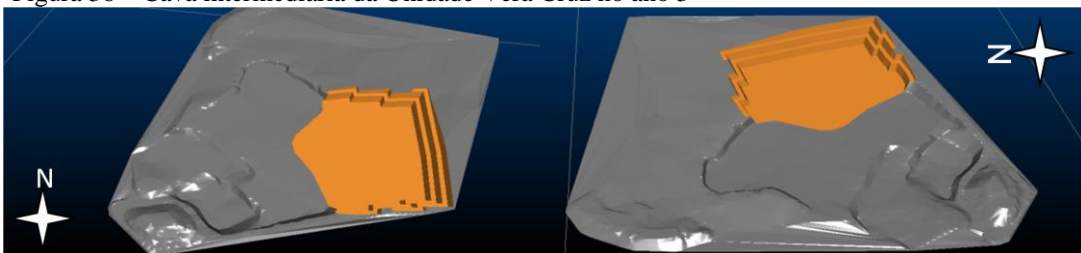
Para o planejamento do avanço de lavra, com as bancadas desenvolvidas ao longo do ano, manteve-se a produção anual de 147.400 m<sup>3</sup>/ano. Assim, com o auxílio do *software* Studio 3, construiu-se o planejamento e as cavas intermediárias ao longo da vida útil da Unidade. Na Figura 35 visualiza-se a topografia atual da área e em Figura 36 o ano 3.

Figura 35 – Topografia da Unidade Vera Cruz atual da área



Fonte: Elaborado pelo autor com o *Software* Studio 3 e imagem do Google Earth (2012).

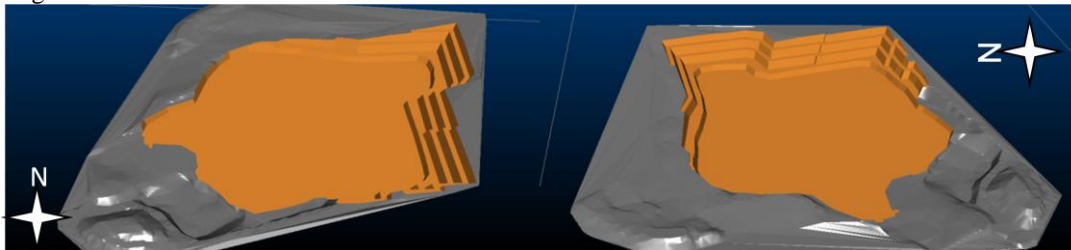
Figura 36 – Cava intermediária da Unidade Vera Cruz no ano 3



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

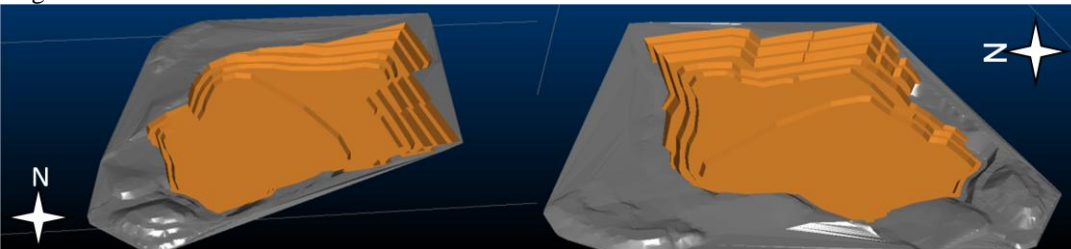
A segunda cava intermediária atingida no ano 8 encontra-se na Figura 37 e a terceira cava intermediária, referente ao ano 13, em Figura 38.

Figura 37 – Cava intermediária da Unidade Vera Cruz no ano 8



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

Figura 38 – Cava intermediária da Unidade Vera Cruz no ano 13



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Studio 3.

#### 4.3. ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS, INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS

Em um primeiro momento foram levantados todos os equipamentos de lavra existentes nas unidades em virtude dos métodos utilizados pelas operações unitárias já estarem definidos. Então, partiu-se para a busca das informações como tipos de equipamento utilizados, modelos, marcas, anos dos modelos, capacidades, valores e ano de aquisição. Após, foram coletados dados de produção, e consumo dos principais insumos, estabelecendo itens de controle. Outro item observado foi referente à vida útil dos equipamentos.

##### 4.3.1. Equipamentos de lavra

Primeiramente foram levantados todos os equipamentos presentes nas três unidades referentes às operações de carregamento e transporte de material, sendo na Tabela 20 os referentes à unidade Santa Cruz do Sul A, na Tabela 21 os referentes à unidade Santa Cruz do Sul B e na Tabela 22 os referentes à Unidade Vera Cruz. Nas tabelas constam as características dos equipamentos.

Tabela 20 – Equipamentos de lavra Unidade Santa Cruz do Sul A

Tipo	Marca	Modelo	Ano	Capacidade	Valor (R\$)	Ano aquisição
Carregadeira.....	Hyundai	HL730-7	2011	1,7 m <sup>3</sup>	198000	2011
Escavadeira .....	Hyundai	R250 LC-7	2008	1,5 m <sup>3</sup>	335000	2008
Caminhão fora de estrada.....	Randon	RK 425		10 m <sup>3</sup>	120000	2002
Caminhão fora de estrada.....	Randon	RK 425		10 m <sup>3</sup>	80000	2002
Caminhonete.....	Toyota	Hillux CD 4x4	2013		113000	2012

Tabela 21 – Equipamentos de lavra Unidade Santa Cruz do Sul B

Tipo	Marca	Modelo	Ano	Capacidade	Valor (R\$)	Ano aquisição
Carregadeira.....	Fiatallis	FR 18 Formac		2,1 m <sup>3</sup>	198000	
Escavadeira.....	Hyundai	R250 LC-7	2011	1,5 m <sup>3</sup>	350000	2011
Caminhão basculante...	VW	Worker 31-260 E	2009	14 m <sup>3</sup>	290000	2009
Caminhonete.....	Toyota	Hillux CD 4x 4	2013		113000	2012

Tabela 22 – Equipamentos de lavra Unidade Vera Cruz

Tipo	Marca	Modelo	Ano	Capacidade	Valor (R\$)	Ano aquisição
Carregadeira .....	Hyundai	HL 760-7	2011	3 m <sup>3</sup>	300000	2011
Escavadeira.....	Hyundai	320 LC - 7	2010	2,1 m <sup>3</sup>	400000	2010
Caminhonete.....	Toyota	Hillux CD 4X4	2013		113000	2012
Caminhão fora de estrada 1	Randon	RK 430 B	2004	12 m <sup>3</sup>	320000	2010
Caminhão fora de estrada 2	Randon	RK 430 B	2004	12 m <sup>3</sup>	320000	2010
Caminhão fora de estrada 3	Randon	RK 425	1998	10 m <sup>3</sup>	125000	2002
Caminhão fora de estrada 4	Randon	RK 425	1998	10 m <sup>3</sup>	125000	2002
Caminhão Basculante 1.....	VW	Constellation	2011/2012	16 m <sup>3</sup>	290000	2012
Caminhão Basculante 2.....	VW	Constellation	2011/2012	16 m <sup>3</sup>	290000	2012
Caminhão Pipa.....	GM	14000 Turbo	1995	9000 l	60000	1995

Os equipamentos de perfuração não ficam alocados em apenas uma unidade, sendo que se deslocam entre elas conforme a necessidade de trabalho, por isso foi considerada separadamente conforme Tabela 23. Em Tabela 24 a vida útil dos equipamentos.

Tabela 23 – Equipamentos de Perfuração de rocha

Tipo	Marca	Modelo	Ano	Capacidade	Valor (R\$)	Motor	Ano aquisição
Compressor 1...	Atlas Copco	XAS 420	2009		170000		2009
Compressor 2...	Atlas Copco	XAS 420	2011		170000		2011
Perfuratriz 1.....	PW	PWHPR-5000	2009	3"	89000	4,5 HP	2009
Perfuratriz 2.....	PW	PWHPR-5000	2011	3"	92000	4,5 HP	2011

Tabela 24 – Vida útil dos equipamentos de lavra

Tipo	Vida útil em horas
Carregadeira .....	12.000
Escavadeira.....	15.000
Caminhão fora de estrada...	20.000
Caminhão Basculante.....	10.000
Perfuratriz.....	15.000



### 4.3.2. Perfuração

O primeiro controle realizado nos equipamentos de perfuração foi o de manutenção dos equipamentos. Este ocorreu na forma do levantamento de dias em que os equipamentos necessitaram parar para realização de manutenções preventivas ou corretivas, conforme Tabela 25. Cabe ressaltar que o número de dias trabalhados por mês é de 22, sendo 8 horas por dia de trabalho.

Tabela 25 – Número de dias de manutenção dos equipamentos de Perfuração de rocha

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
XAS 420 1..	1	1	1	3	3	3	0	2	4	0	2	3
XAS 420 2..	0	0	4	3	0	2	10	0	2	0	2	0

Após o levantamento dos equipamentos existentes foi verificado itens referentes à produtividade em função de parâmetros de controle estabelecidos para cada atividade. A produtividade de cada equipamento foi medida conforme Tabelas 26, 27, 28, 29 e 30.

Tabela 26 – Perfuração Equipamento Perfuratriz 1 na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº Furos.....	175	104	51	113	62	78	12	48	0	67	72	52
m perfurados..	1634	1194	324	1048	425	529	136	477	0	665	6321	351

Tabela 27 – Perfuração Equipamento Perfuratriz 1 na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº Furos.....	17	18	64	29	58	78	20	66	0	33	30	13
m perfurados..	222	282	814	340	886	922	253	935	0	390	411	158

Tabela 28 – Perfuração Equipamento Perfuratriz 1 na Unidade Vera Cruz

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº Furos.....	0	80	55	0	0	2	0	0	0	0	0	0
m perfurados..	0	624	616	0	0	30	0	0	0	0	0	0

Tabela 29 – Produtividade Equipamento Perfuratriz 1 nas 3 Unidades

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº Furos.....	192	202	170	142	120	158	32	114	0	100	102	65
m perfurados..	1856	2100	1754	1388	1311	1481	389	1412	0	1055	6732	509
m perf./hora	11,05	12,50	10,44	9,13	8,63	9,74	2,21	8,83	0	5,99	42,08	3,35

Tabela 30 – Perfuração e Produtividade Equipamento Perfuratriz 2 na Unidade Vera Cruz

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº Furos.....	269	170	321	246	163	214	84	31	219	178	70	50
m perfurados..	1698	1879	2060	1694	1311	1411	933	453	512	501	882	847
m perf./hora	9,65	10,68	14,31	11,14	7,45	8,82	9,72	2,57	3,20	2,85	5,51	4,81

O item de controle referente aos insumos consumidos foram o consumo de combustível, em Tabela 31 e o consumo de acessórios e itens de produção, Tabela 32.

Tabela 31 – Consumo de combustível (l) dos equipamentos de perfuração

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Perfuratriz 1.(l)	3340	3370	3040	2420	3355	2600	1240	2315	1005	1985	1400	1840
Perfuratriz 2 (l)	4555	4516	3900	3150	3220	2125	2420	3050	1600	1565	1997	1885

Tabela 32 – Consumo de acessórios e itens de produção dos equipamentos de perfuração

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Bit.....	6	2	0	4	6	4	0	3	4	0	0	0
Haste.....	8	10	0	0	18	0	0	0	6	0	0	4
Graxa Grafitada...	13	0	1	4	4	1	4	1	0	3	0	3
Punho.....	6	10	0	3	3	4	0	0	6	0	0	0
Luva.....	8	8	0	0	8	0	0	14	6	0	0	4

### 4.3.3. Desmonte de rocha

Outro item levantado nas unidades foi o consumo de explosivos e acessórios. O tipo de explosivo normalmente utilizado entre as três unidades é padronizado, variando apenas entre Emulsão ou ANFO, os quais podem ser utilizados juntos em diferentes proporções.

#### 4.3.3.1. Desmonte de rocha na Unidade Santa Cruz do Sul A

Na Tabela 33 consta o consumo dos diferentes tipos de explosivos utilizados pela Unidade, como a quantidade de emulsão e a quantidade de ANFO.

Tabela 33 – Consumo de Explosivos na Unidade Santa Cruz do Sul A

Mês	Emulsão (kg)	ANFO (kg)	Total (kg)
Janeiro.....	2564,29	2250,00	4814,29
Fevereiro.....	2275,00	125,00	2400,00
Março.....	950,00	1250,00	2200,00
Abril.....	1228,58	900,00	2128,58
Mai.....	28,58	0	28,58
Junho.....	0	0	0
Julho.....	925,00	750,00	1675,00
Agosto.....	0	0	0
Setembro.....	300,00	1075,00	1375,00
Outubro.....	800,00	1500,00	2300,00
Novembro.....	650,00	1600,00	2250,00
Dezembro.....	725,00	1275,00	2000,00
Total.....	10446,45	10725,00	21171,45



Os consumos de acessórios necessários para o desmonte de rocha constam da Tabela 34, como a quantidade de metros de cordel detonante empregado, a quantidade de espoletas utilizadas na iniciação dos desmontes, a quantidade de detonadores não elétricos, abrangendo os mais diferentes tempos de retardo entre os furos das frentes de lavra e o número de retardos, acessório utilizado especificamente em conjunto com os Cordéis Detonantes.

Tabela 34 – Consumo de Acessórios na Unidade Santa Cruz do Sul A

<b>Mês</b>	<b>Cordel (m)</b>	<b>Espoleta (Uni)</b>	<b>Não elétrico (Uni)</b>	<b>Retardo (Uni)</b>
Janeiro.....	2340,00	6,00	0	71,00
Fevereiro.....	1000,00	2,00	0	22,00
Março.....	930,00	2,00	0	22,00
Abril.....	1015,00	2,00	0	25,00
Maió.....	105,00	2,00	24,00	12,00
Junho.....	0	0	0	0
Julho.....	1000,00	2,00	0	22,00
Agosto.....	0	0	0	0
Setembro.....	161,00	2,00	58,00	0
Outubro.....	0	2,00	153,00	0
Novembro.....	0	2,00	143,00	0
Dezembro.....	0	2,00	138,00	0
Total.....	6551,00	24,00	516,00	174,00

#### 4.3.3.2. Desmonte de rocha na Unidade Santa Cruz do Sul B

Na Tabela 35 consta o consumo dos diferentes tipos de explosivos utilizados pela Unidade Santa Cruz do Sul B, como a quantidade de emulsão e a quantidade de ANFO..

Tabela 35 – Consumo de Explosivos na Unidade Santa Cruz do Sul B

<b>Mês</b>	<b>Emulsão (kg)</b>	<b>ANFO (kg)</b>	<b>Total (kg)</b>
Janeiro.....	505,37	550,00	1055,37
Fevereiro.....	1000,00	650,00	1650,00
Março.....	1589,30	1300,00	2889,30
Abril.....	350,00	100,00	450,00
Maió.....	500,00	1025,00	1525,00
Junho.....	1100,00	150,00	1250,00
Julho.....	725,00	2575,00	3300,00
Agosto.....	780,36	1600,00	2380,36
Setembro.....	0	0	0
Outubro.....	0	0	0
Novembro.....	851,79	450,00	1301,79
Dezembro.....	691,00	1425,00	2116,00
Total.....	8092,82	9825,00	17917,82

O consumo de acessórios necessários para o desmonte de rocha consta da Tabela 36, como o cordel utilizado, a quantidade de espoletas utilizadas, a quantidade de detonadores não elétricos.

Tabela 36 – Consumo de Acessórios na Unidade Santa Cruz do Sul B

<b>Mês</b>	<b>Cordel(m)</b>	<b>Espoleta(Uni)</b>	<b>Nãoelétrico(Uni)</b>
Janeiro.....	30,00	2,00	70,00
Fevereiro.....	0	2,00	91,00
Março.....	0	6,00	182,00
Abril.....	0	4,00	48,00
Mai.....	0	2,00	118,00
Junho.....	0	2,00	62,00
Julho.....	0	4,00	213,00
Agosto.....	0	4,00	169,00
Setembro.....	0	0	0
Outubro.....	0	0	0
Novembro....	0	0	99,00
Dezembro....	0	2,00	136,00
Total.....	30,00	28,00	1188,00

#### 4.3.3.3. Desmonte de rocha na Unidade Vera Cruz

Na Tabela 37 consta o consumo dos diferentes tipos de explosivos utilizados pela Unidade Vera Cruz, como a quantidade de emulsão e a quantidade de ANFO.

Tabela 37 – Consumo de Explosivos na Unidade Vera Cruz

<b>Mês</b>	<b>Emulsão (kg)</b>	<b>ANFO (kg)</b>	<b>Total (kg)</b>
Janeiro.....	4717,86	2225,00	6942,86
Fevereiro.....	7097,30	0	7097,30
Março.....	8045,00	0	8045,00
Abril.....	1150,00	675,00	1825,00
Mai.....	5670,00	400,00	6070,00
Junho.....	4575,00	0	4575,00
Julho.....	4845,00	50,00	4895,00
Agosto.....	5080,00	750,00	5830,00
Setembro.....	350,00	4260,00	4610,00
Outubro.....	5120,00	0	5120,00
Novembro....	0	0	0
Dezembro....	5025,00	0	5025,00
Total.....	51675,16	8360,00	60035,16

O consumo de acessórios necessários para o desmonte de rocha consta da Tabela 38. Nesta unidade monitorou-se o consumo de cordel, as espoletas utilizadas, o número de *boosters*, de eletrônicos, de detonadores não elétricos e de retardos.

Tabela 38 – Consumo de Acessórios na Unidade Vera Cruz

<b>Mês</b>	<b>Cordel (m)</b>	<b>Espoleta (Uni)</b>	<b>Booster (Uni)</b>	<b>Eletrônico (Uni)</b>	<b>Nãoelétrico (Uni)</b>	<b>Retardo (Uni)</b>
Janeiro.....	755,00	10,00	0	0	486,00	35,00
Fevereiro.....	510,00	8,00	0	0	383,00	48,00
Março.....	830,00	8,00	106,00	0	357,00	46,00
Abril.....	520,00	4,00	0	0	160,00	47,00
Maió.....	1236,00	6,00	79,00	0	273,00	63,00
Junho.....	30,00	2,00	78,00	0	167,00	0
Julho.....	450,00	4,00	68,00	0	289,00	17,00
Agosto.....	360,00	2,00	34,00	36,00	132,00	32,00
Setembro.....	594,00	4,00	32,00	32,00	167,00	29,00
Outubro.....	912,00	4,00	96,00	0	275,00	28,00
Novembro....	0	0	0	0	0	0
Dezembro....	195,00	2,00	104,00	0	157,00	0
Total.....	6392,00	54,00	597,00	68,00	2846,00	345,00

#### 4.3.4. Carregamento

Na atividade de carregamento temos dois equipamentos envolvidos na operação, a escavadeiras e a carregadeira. Os equipamentos utilizados diretamente no carregamento dos caminhões das unidades são as escavadeiras hidráulicas. As carregadeiras são utilizadas principalmente para trabalhos auxiliares das operações. A fim de estimar a produtividade das escavadeiras controlou-se o número de caminhões carregados por cada escavadeira ao longo do período avaliado, com as quantidades visualizadas nas Tabelas 39, 40 e 41.

Tabela 39 – Número de carregamentos efetuados na Unidade Santa Cruz do Sul A

	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
Escavadeira.	1140	1121	990	264	0	190	492	767	780	1138	620	1140

Tabela 40 – Número de carregamentos efetuados na Unidade Santa Cruz do Sul B

	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
Escavadeira.	248	328	300	409	353	255	271	289	394	443	364	504

Tabela 41 – Número de carregamentos efetuados na Unidade Vera Cruz

	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
Escavadeira.	2081	1834	1520	1410	1442	1444	1320	1377	1105	1230	986	885

Um fator de controle estabelecido para os equipamentos de carregamento foi o consumo de combustível, levando em conta as escavadeiras utilizadas diretamente no carregamento dos caminhões além das carregadeiras utilizadas como equipamentos auxiliares. As Tabelas 42, 43 e 44 apresentam a quantidade de diesel consumido pelos equipamentos.

Tabela 42 – Diesel consumido na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Escavadeira.....	2170	1990	2200	1750	1120	900	890	960	1355	1820	1940	1385
Carregadeira ....	1332	1173	1712	1383	724	826	1035	1293	666	1110	1104	695

Tabela 43 – Diesel consumido na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Escavadeira....	911	1205	1099	1502	968	917	984	1414	1447	1626	1337	1849
Carregadeira..	886	1171	1069	1460	1034	997	1134	998	1406	1581	1300	1798

Tabela 44 – Diesel consumido na Unidade Vera Cruz

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Escavadeira.....	2189	2305	3312	2999	3698	2418	2527	2434	2134	1997	1798	1000
Carregadeira 1..	2827	2848	2633	1718	2399	1721	2089	2094	1714	2059	2031	1588

### 4.3.5. Transporte

Para controle dos equipamentos de transporte, foram mensuradas as distâncias percorridas, o número de viagens realizadas, o consumo de combustível e de pneus.

#### 4.3.5.1. Transporte na Unidade Santa Cruz do Sul A

A distância média entre a frente de lavra e o britador é de 450 m, ou 900 m contando a viagem de ida e volta. Os caminhões possuem capacidade de 10 m<sup>3</sup>. O número de viagens realizadas por mês pelos equipamentos encontra-se na Tabela 45.

Tabela 45 – Número de viagens realizadas pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fora de Estrada 1	651	543	525	488	0	264	190	492	553	393	601	282
Fora de Estrada 2	658	597	596	502	0	0	0	0	214	387	537	338

Cabe destacar que ao longo dos meses de Maio até o mês de Agosto a unidade de britagem encontrava-se em reforma, por isso houve uma queda nos valores. A distância percorrida ao longo do ano por cada equipamento de transporte foi levantada com base no número de viagens e na distância média entre a frente de lavra e o britador, em Tabela 46.

Tabela 46 – Distância percorrida (km) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fora de Estrada 1..	58,59	48,87	47,25	43,92	0	23,76	17,10	44,28	49,77	35,37	54,09	25,38
Fora de Estrada 2..	59,22	53,73	53,64	45,18	0	0	0	0	19,26	34,83	48,33	30,42

O total de volume transportado pelos caminhões encontra-se na Tabela 47 e o consumo de diesel em Tabela 48.

Tabela 47 – Volume total transportado (m<sup>3</sup>) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Fora de Estrada 1.	6510	5430	5250	4880	0	2640	1900	4920	5530	3930	6010	2820	49820
Fora de Estrada 2.	6580	5970	5960	5020	0	0	0	0	2140	3870	5370	3380	38290
Total.....	13090	11400	11210	9900	0	2640	1900	4920	7670	7800	11380	6200	88110

Tabela 48 – Diesel consumido (l) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fora de Estrada 1	904	737	696	431	115	188	280	999	523	635	640	381
Fora de Estrada 2	798	730	820	886	155	222	0	0	424	433	967	580

Os caminhões fora de estrada utilizam um jogo de 6 pneus ao ano. Sendo assim uma troca a cada 2000 horas, o que totaliza em média 12 meses de operação.

#### 4.3.5.2. Transporte na Unidade Santa Cruz do Sul B

A distância média entre a frente de lavra e o britador é de 150 m, ou 300 m contando a viagem de ida e volta. O caminhão possui capacidade de 14 m<sup>3</sup>. O número de viagens realizado encontra-se na Tabela 49.

Tabela 49 – Número de viagens realizadas pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Basculante.....	248	328	300	409	353	255	271	289	394	443	364	504

A distância percorrida ao longo do ano por cada equipamento de transporte foi levantada com base no número de viagens e na distância média entre a frente de lavra e o britador e aparece na Tabela 50.

Tabela 50 – Distância percorrida (km) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Basculante..	7,45	9,84	8,98	12,28	10,57	7,66	8,11	8,65	11,82	13,29	10,92	15,12

O total de volume transportado pelos caminhões encontra-se estabelecido na Tabela 51 e o consumo de diesel encontra-se na Tabela 52.

Tabela 51 – Volume total transportado (m<sup>3</sup>) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Basculante	3477	4596	4195	5731	4936	3575	3787	4040	5520	6204	5100	7056	58217

Tabela 52 – Diesel consumido (l) pelo caminhão na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Basculante..	293	387	353	482	415	387	172	400	464	522	429	593

O caminhão basculante utiliza um jogo de 10 pneus. Normalmente a troca é realizada pelos equipamentos a cada 1400 horas, o que totaliza em média 8 meses de operação.

#### 4.3.5.3. Transporte na Unidade Vera Cruz

A unidade Vera Cruz possui duas instalações de britagem primária separadas, portanto cada uma das instalações possui uma distância média entre a frente de lavra e os britadores. A britagem B1 possui uma distância de 225 m, ou 450 m contando a viagem de ida e volta. A britagem B2 possui uma distância de 1200 m, ou 2400 m contando a viagem de ida e volta. Os caminhões também possuem diferentes capacidades, sendo os basculantes 1 e 2 de 16 m<sup>3</sup> de capacidade, os fora de estrada 1 e 2 de 12 m<sup>3</sup> de capacidade e os fora de estrada 3 e 4 com 10 m<sup>3</sup> de capacidade de caçamba. O número de viagens realizado entre a frente de lavra e os dois britadores encontram-se na Tabela 53 referente ao ano de 2012.

Tabela 53 – Número de viagens realizadas pelos caminhões na Vera Cruz no ano de 2012

	Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
Basculante 1.....	0	0	0	0	0	0	39	164	20	327	5	248
Basculante 2.....	0	0	0	0	0	0	51	145	14	332	11	218
Fora de estrada 1.	0	237	9	340	31	320	138	71	342	0	129	59
Fora de estrada 2.	0	486	7	436	39	279	240	85	259	0	249	63
Fora de estrada 3.	700	18	548	1	352	6	250	0	0	0	0	0
Fora de estrada 4.	630	10	474	19	487	6	217	10	148	0	452	10
	Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
Basculante 1.....	8	330	22	315	7	253	22	275	1	243	4	237
Basculante 2.....	29	291	9	309	7	270	18	269	0	249	11	226
Fora de estrada 1.	4	0	269	0	80	10	145	0	0	0	266	0
Fora de estrada 2.	367	13	302	8	329	11	138	15	399	40	15	0
Fora de estrada 3.	0	0	0	0	0	0	299	7	27	27	126	0
Fora de estrada 4.	278	0	123	20	138	0	42	0	0	0	0	0

A distância percorrida ao longo do ano por cada equipamento de transporte foi levantada com base no número de viagens e na distância média entre a frente de lavra e o

britado e aparece na Tabela 54, o volume transportado total encontra-se na Tabela 55 e o consumo de diesel, em Tabela 56.

Tabela 54 – Distância percorrida (km) pelos caminhões na Unidade Vera Cruz

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Basculante 1.....	0	0	0	41,33	79,49	59,79	79,83	76,59	61,99	67,69	61,59	58,50
Basculante 2.....	0	0	0	37,09	80,69	52,95	71,92	74,80	65,80	67,11	62,52	55,79
Fora de estrada 1.....	56,88	82,35	78,25	23,50	15,93	19,99	00,18	12,21	6,33	6,52	0	11,98
Fora de estrada 2.....	116,8	105,3	68,81	31,40	12,18	26,69	19,74	15,86	17,90	9,81	27,76	0,67
Fora de estrada 3.....	36,28	25,07	17,58	11,25	0	0	0	0	0	15,40	7,69	5,67
Fora de estrada 4.....	31,13	26,05	23,62	12,38	6,86	23,34	12,63	10,41	6,30	1,89	0	0

Tabela 55 – Volume total transportado (m<sup>3</sup>) pelos caminhões na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Basculante 1.....	0	0	0	3472	5664	4096	5680	5392	5120	5456	7136	5296	47312
Basculante 2.....	0	0	0	3136	5920	3808	5904	5328	5120	6336	6752	4848	47152
Fora de estrada 1.....	2844	4452	4260	2700	4512	2280	48	3312	1332	1740	0	3204	30684
Fora de estrada 2.....	5964	5640	3888	4056	3504	4020	4644	3984	4428	1836	5424	180	47568
Fora de estrada 3.....	7470	5600	3770	2500	0	0	0	0	0	3230	540	1260	24370
Fora de estrada 4.....	6640	5030	5100	2410	1610	5000	2860	1480	1440	420	0	0	31990
Total.....	22918	20722	17018	18274	21210	19204	19136	19496	17440	19018	19852	14788	229076

Tabela 56 – Diesel consumido (l) pelos caminhões na Unidade Vera Cruz

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Basculante 1.....	0	0	0	444	1126	678	680	825	883	656	879	909
Basculante 2.....	0	0	0	436	1204	770	924	974	720	1259	952	745
Fora de estrada 1.	662	1090	1703	381	569	438		541	333	0	200	420
Fora de estrada 2.	1741	1799	1146	555	360	600	350	467	465	159	850	0
Fora de estrada 3.	680	587	481	0	0	0	0	0	0	408	0	180
Fora de estrada 4.	594	681	455	305	338	472	466	160	140	165	0	0

Com relação ao controle dos pneus, os caminhões basculantes utilizam um jogo de 10 pneus, enquanto os caminhões fora de estrada utilizam jogos de 6 pneus. A partir dos controles da empresa observou-se que os caminhões basculantes em média efetuam a troca do jogo a cada 1400 horas ou 8 meses de operação, enquanto que os caminhões fora de estrada efetuam a troca a cada 2000 horas ou 12 meses.

#### 4.3.6. Investimentos

Para apuração dos investimentos necessários, primeiramente partiu-se dos valores dos equipamentos levantados nas unidades visualizados em Tabelas 57, 58 e 59.

Tabela 57 – Investimento na Lavra Unidade Santa Cruz do Sul A

	Nº	Capacidade	Custo Real	Nº
Escavadeira.....	1	1,5 m <sup>3</sup>	335.000,00	1
Caminhão.....	2	25 ton.	200.000,00	1
Perfuratriz.....	1	3”	259.000,00	1
Carregadeira.....	2		298.000,00	1
Motoniveladora.....	0		0,00	1
Caminhão Pipa.....	0		0,00	1
Caminhonete de serviço.....	1		113.000,00	2
Total.....			1.205.000,00	

Tabela 58 – Investimento na Lavra Unidade Santa Cruz do Sul B

	Nº	Capacidade	Custo Real	Nº
Escavadeira.....	1	1,5 m <sup>3</sup>	350.000,00	1
Caminhão.....	1	32 ton.	350.000,00	1
Carregadeira.....	1		198.000,00	1
Motoniveladora.....	0		0,00	1
Caminhão Pipa.....	0		0,00	1
Caminhonete de serviço.....	1		113.000,00	1
Total.....			1.011.000,00	

Tabela 59 – Investimento na Lavra Unidade Vera Cruz

	Nº	Capacidade	Custo Real	Nº
Escavadeira.....	1	2,1 m <sup>3</sup>	400.000,00	1
Caminhão.....	4	32 ton.	1.470.000,00	2
Perfuratriz.....	1	3”	262.000,00	1
Carregadeira.....	2		585.000,00	2
Motoniveladora.....	0		0,00	1
Caminhão Pipa.....	1		60.000,00	1
Caminhonete de serviço.....	1		113.000,00	2
Total.....			2.890.000,00	

Um ponto importante e que deve ser considerado é referente ao custo de capital para instalação da unidade de Britagem. Como não se dispõe dos investimentos realizados nas unidades de britagem atuais, tendo em vista as mesmas serem muito antigas e/ou terem sido trocadas por outros equipamentos ao longo da vida útil, efetuou-se um comparativo com base numa cotação para uma unidade com produção de 500 toneladas/hora junto à METSO. Uma técnica que pode ser utilizada quando não existir informação mais precisa é utilizar um



investimento, de outra unidade, mas de capacidade de produção diferente. Neste caso pode-se utilizar a regra dos seis décimos (Chaves, 2012), segundo a qual:

$$\left(\frac{\text{investimento da usina 1}}{\text{investimento da usina 2}}\right) = \left(\frac{\text{capacidade da usina 1}}{\text{capacidade da usina 2}}\right)^{0.6} \quad (1)$$

Assim, com a produção horária da unidade conhecida, 500 toneladas por hora, e com o investimento na ordem de R\$ 2.250.000,00 aplicou-se tal regra para obter os custos de capital.

A produção horária nominal da unidade SCS A é de 200 toneladas/hora, unidade SCS B é de 100 toneladas/hora, enquanto que a produção da Unidade VC é de 400 toneladas/hora. Assim os investimentos para as unidades de britagem são visualizados na Tabela 60.

Tabela 60 – Custo de capital para instalação de Britagem para as diferentes unidades

	R\$
Unidade Santa Cruz do Sul A....	1.298.430
Unidade Santa Cruz do Sul B....	856.644
Unidade Vera Cruz.....	1.968.052

Com relação ao investimento necessário para implantação das unidades utilizou-se o *software* Mafmine a fim de estimar os valores necessários. Assim, para cada uma das unidades encontrou-se os seguintes valores conforme Tabela 61.

Tabela 61 – Custo de capital para implantação dos empreendimentos para as diferentes unidades

	R\$
Unidade Santa Cruz do Sul A....	2.924.400
Unidade Santa Cruz do Sul B....	2.283.800
Unidade Vera Cruz.....	3.751.800

Assim os investimentos de lavra e beneficiamento são apresentados na Tabela 62.

Tabela 62 – Investimentos de lavra, britagem e investimento total nas unidades.

	Investimento Lavra (R\$)	Investimento Britagem (R\$)	Investimento Instalação (R\$)	Investimento Total (R\$)
Unidade Santa Cruz do Sul A.	1.205.000	1.298.430	2.924.400	5.427.830
Unidade Santa Cruz do Sul B.	1.011.000	856.644	2.283.800	4.151.444
Unidade Vera Cruz.....	2.890.000	1.968.052	3.751.800	8.609.852

#### 4.3.7. Levantamento dos custos operacionais nas unidades.

No levantamento dos custos, utilizou-se o custeio por absorção total. Neste princípio de custeio, a totalidade dos custos é distribuída aos produtos. Portanto primeiramente

levantaram-se os custos presentes em cada uma das atividades. Assim podem-se visualizar os totais levantados em cada unidade e por cada atividade executada. Individualizaram-se os custos para cada uma das operações unitárias: Perfuração, Desmonte, Carregamento e Transporte. Pode-se visualizar o levantamento dos custos para Perfuração na Tabela 63, para Desmonte na Tabela 64, para Carregamento na Tabela 65 e para Transporte na Tabela 66.

Tabela 63 – Custos Operacionais da atividade de Perfuração (R\$)

Unidade	Insumos (R\$)	Combustível (R\$)	Manut. (R\$)	Mão de obra (R\$)	Total (R\$)	Custo R\$/tonelada
Santa Cruz do Sul A.	36.818,80	43.927,30	8.275,51	46.917,28	135.938,89	0,95
Santa Cruz do Sul B..	16.471,57	19.651,68	3.702,20	20.989,27	60.814,72	0,63
Vera Cruz.....	43.601,21	52.019,17	9.799,95	55.559,83	160.980,16	0,45

Tabela 64 – Custos Operacionais da atividade de Desmonte (R\$)

Unidade	Explosivos (R\$)	Acessórios (R\$)	Outros (R\$)	Blaster (R\$)	Total (R\$)	Custo R\$/tonelada
Santa Cruz do Sul A.	117.589,61	18.954,84	9.568,18	29.386,24	175.498,87	1,23
Santa Cruz do Sul B..	97.038,79	17.136,52	15.015,09	13.146,47	142.336,87	1,46
Vera Cruz.....	302.097,53	67.068,31	17.038,45	34.799,49	421.003,78	1,17

Tabela 65 – Custos Operacionais da atividade de Carregamento (R\$)

Unidade	Combustível (R\$)	Manutenção (R\$)	Mão de obra (R\$)	Total (R\$)	Custo R\$/tonelada
Santa Cruz do Sul A..	86.556,51	48.254,69	29.768,65	164.579,85	1,15
Santa Cruz do Sul B..	44.731,09	31.951,18	45.688,49	122.370,76	1,26
Vera Cruz.....	135.833,55	42.219,46	28.618,39	206.671,40	0,58

Tabela 66 – Custos Operacionais da atividade de Transporte (R\$)

Unidade	Combustível (R\$)	Manutenção (R\$)	Mão de obra (R\$)	Total (R\$)	Custo R\$/tonelada
Santa Cruz do Sul A.	23.394,56	96509,38	50680,94	170584,88	1,19
Santa Cruz do Sul B..	9.132,90	25560,94	25340,47	60034,31	0,62
Vera Cruz.....	67.149,32	168877,84	101361,87	337389,03	0,94

Outro item importante que é necessário para as análises posteriores são as despesas que devemos considerar antes da análise financeira. Conforme Tabela 67 visualizam-se as Despesas Tributárias, Outras Despesas Administrativas e a Depreciação. Estes itens não constam dos custos operacionais fornecidos pelo *software Sherpa*, por isso são considerados separadamente.

Tabela 67 – Despesas (R\$)

	Desp. Tributária (R\$)	Outras Desp. Adm. (R\$)	Depreciação (R\$)	Total (R\$)	Custo R\$/tonelada
Unidade Santa Cruz do Sul A.	84.504,83	113.184,25	320.283,53	517.522,61	3,63
Unidade Santa Cruz do Sul B.	63.378,62	84.888,19	162.496,56	310.763,37	3,20
Unidade Vera Cruz.....	119.833,18	152.452,39	473.717,09	710.002,66	2,08

Outro item não abordado é o custo operacional relativo às unidades de britagem, portanto após o levantamento junto às unidades pode-se visualizá-los na Tabela 68.

Tabela 68 – Custos Operacionais da atividade de Britagem (R\$)

	<b>Eletricidade (R\$)</b>	<b>MO (R\$)</b>	<b>Manutenção (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>	<b>Custo R\$/tonelada</b>
Unidade Santa Cruz do Sul A.	158.344,87	76.021,40	320.636,89	555.003,16	3,89
Unidade Santa Cruz do Sul B.	87.532,44	50.680,94	44.327,04	182.540,42	1,88
Unidade Vera Cruz.....	467.387,63	101.361,87	908.345,91	1.477.095,41	4,12

Existem as despesas relativas à administração geral. Esta é centralizada e gerencia as unidades. Na Tabela 69 podem-se visualizar as despesas referentes ao custo administrativo.

Tabela 69 – Despesas da Administração Geral (R\$)

	<b>Mão de obra (R\$)</b>	<b>Outros (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Administração Geral.....	337.067,76	64.296,81	401.364,57

Utilizando um sistema de alocação de acordo com a produção realizada durante o ano de 2012, distribuíram-se os custos da Administração Geral para as unidades em Tabela 70.

Tabela 70 – Custos da Administração Geral para as Unidades produtivas

	<b>Custo R\$/tonelada</b>
Unidade Santa Cruz do Sul A.....	0,16
Unidade Santa Cruz do Sul B.....	0,11
Unidade Vera Cruz.....	0,40

Outro custo a ser considerado é o custo ambiental. Segundo Oliveira Neto e Petter (2005) o custo ambiental mensal para uma pedreira de porte médio com uma produção mensal de 8.800 toneladas é de aproximadamente R\$ 6.345,00 ou R\$ 0,72 por tonelada. Assim, os custos totais por unidade foram consolidados conforme Tabela 71.

Tabela 71 – Custos Operacionais Totais

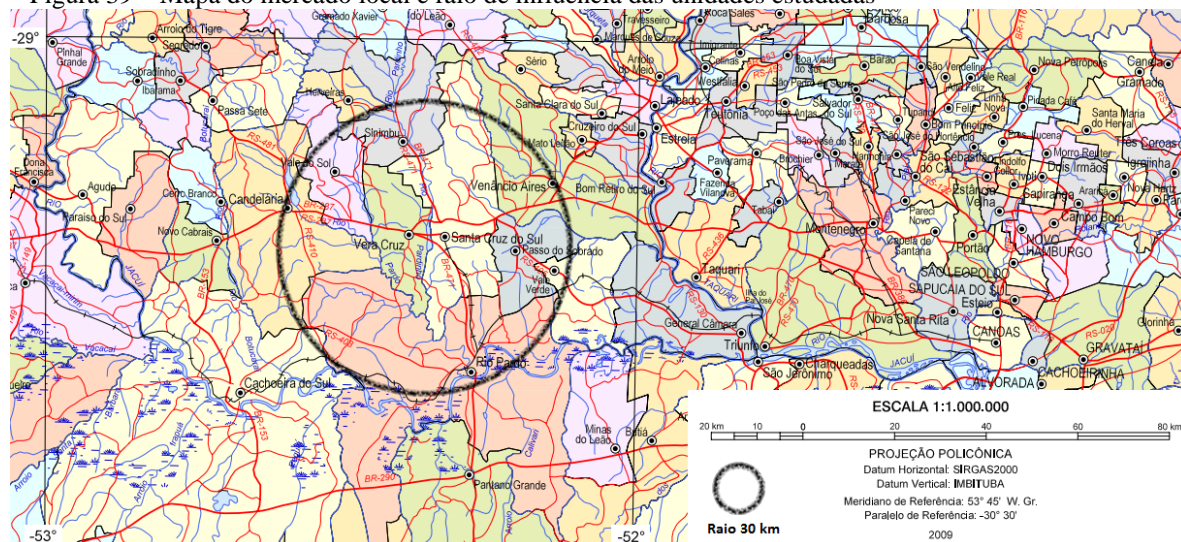
<b>R\$/tonelada</b>	<b>Perf</b>	<b>Desm</b>	<b>Carreg.</b>	<b>Transp.</b>	<b>Britag.</b>	<b>Desp.</b>	<b>Adm. Geral</b>	<b>Amb.</b>	<b>Total</b>
Unidade Santa Cruz do Sul A.	0,95	1,23	1,15	1,19	3,89	3,63	0,16	0,72	12,92
Unidade Santa Cruz do Sul B.	0,63	1,46	1,26	0,62	1,88	3,20	0,11	0,72	9,88
Unidade Vera Cruz.....	0,45	1,17	0,58	0,94	4,12	2,08	0,40	0,72	10,45

#### 4.4. ANÁLISE DE MERCADO

Para a análise do mercado local, primeiramente buscou-se na literatura quais as regiões de influência normalmente atingidas pelas unidades de agregados. O que se visualizou

foi um limite de aproximadamente 50 km. Entretanto, observando os clientes das unidades estudadas e as características do mercado local, observou-se raio de 30 km. Assim, gerou-se um mapa de influência na região, tomando por base o limite de 30 km conforme Figura 39.

Figura 39 – Mapa do mercado local e raio de influência das unidades estudadas



Fonte: IBGE (2009).

Portanto, as cidades que compõem o mercado local são as duas cidades sede das unidades, Santa Cruz do Sul e Vera Cruz, além dos municípios de Candelária, Passo do Sobrado, Rio Pardo, Sinimbu, Vale do Sol, Vale Verde e Venâncio Aires. A partir da definição das cidades componentes do mercado, buscaram-se dados junto à Fundação de Economia e Estatística para analisar e entender o comportamento local.

O primeiro dado a ser buscado foi relacionado ao PIB local, conforme Tabela 72.

Tabela 72 – Série histórica do PIB do mercado local e RS

Municípios	PIB-2008 (R\$ mil)	% RS	% ev.	PIB-2009 (R\$ mil)	% RS	% ev.	PIB-2010 (R\$ mil)	% RS	% ev.
Candelária.....	337023,39	0,17%	21,46%	409361,73	0,19%	-3,95%	393201,00	0,16%	61,10%
Passo do Sobrado.....	73444,32	0,04%	8,12%	79409,71	0,04%	21,12%	96184,00	0,04%	57,13%
Rio Pardo.....	428794,20	0,21%	9,43%	469216,04	0,22%	12,86%	529547,00	0,21%	85,24%
Santa Cruz do Sul.....	3363017,16	1,69%	30,21%	4378957,19	2,03%	9,86%	4810913,00	1,91%	68,82%
Sinimbu.....	110291,12	0,06%	9,85%	121152,41	0,06%	0,66%	121952,00	0,05%	29,95%
Vale do Sol.....	143856,70	0,07%	16,38%	167418,70	0,08%	2,14%	171007,00	0,07%	48,59%
Vale Verde.....	42964,39	0,02%	18,25%	50805,16	0,02%	-6,49%	47507,00	0,02%	62,68%
Venâncio Aires.....	1282129,84	0,64%	28,15%	1643010,06	0,76%	11,10%	1825461,00	0,72%	87,90%
Vera Cruz.....	361014,24	0,18%	15,99%	418724,70	0,19%	5,50%	441773,00	0,17%	25,77%
<b>Total.....</b>	<b>6142535,36</b>	<b>3,08%</b>	<b>25,97%</b>	<b>7738055,69</b>	<b>3,58%</b>	<b>9,04%</b>	<b>8437545,00</b>	<b>3,34%</b>	<b>68,69%</b>
Rio Grande do Sul.....	199494245,98		8,21%	215863879,43		16,96%	252482597,00		75,07%

Analisando o crescimento do PIB, verifica-se que a região teve um crescimento maior do que o registrado pelo estado. Outro dado que se pode extrair é que a região apresenta cidades com crescimento maior que Santa Cruz do Sul, o que caracteriza uma descentralização. Ainda assim, Santa Cruz do Sul representa em torno de 56% do PIB total.

Outro fator levantado foi referente à população, conforme visualizamos na Tabela 73.

Tabela 73 – Série histórica da população local e do estado

Municípios	Total- 2008	% var.	Total- 2009	% var.	Total- 2010	% var.	Total- 2011	% var.
Candelária.....	30188	-0,05	30172	0,00	30171	0,18	30225	0,65
Passo do Sobrado.....	5919	0,74	5963	0,80	6011	0,40	6035	4,05
Rio Pardo.....	37811	-0,34	37682	-0,24	37591	0,07	37619	0,78
Santa Cruz do Sul....	116390	0,82	117349	0,87	118374	0,58	119057	5,06
Sinimbu.....	10130	-0,32	10098	-0,30	10068	-0,03	10065	-1,07
Vale do Sol.....	11028	0,20	11050	0,24	11077	0,28	11108	1,72
Vale Verde.....	3231	0,40	3244	0,28	3253	0,25	3261	2,81
Venâncio Aires.....	65183	0,52	65523	0,65	65946	0,43	66230	3,64
Vera Cruz.....	23531	0,90	23742	1,02	23983	0,60	24128	6,16
Total.....	303411	0,47	304823	0,54	306474	0,41	307728	3,28
Rio Grande do Sul....	10613565	0,37	10652327	0,39	10693929	0,39	10735890	2,44

A partir dos dados da população, também se verifica que a população da região apresentou um crescimento maior do que o do estado como um todo. Neste quesito a contribuição de Santa Cruz do Sul é menor do que na análise do PIB, correspondendo a 38% da população da região. Ainda assim, as duas cidades que apresentaram o maior crescimento foram justamente as onde estão localizadas as unidades, no entanto agora sendo Vera Cruz com maior crescimento e Santa Cruz do Sul a de segundo maior crescimento populacional.

Outro item fundamental na análise é a produção de agregados no estado do Rio Grande do Sul e no Brasil, a fim de entender a evolução do setor e transpor para o mercado local. Na Tabela 74 pode-se observar a série histórica de produção de agregados entre os anos de 2005 e 2010, conforme dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Tabela 74 – Série histórica da produção de agregados no Brasil e RS durante os anos de 2008 e 2010

2008	Produção ton.	% RS	% ev
Brasil	230.554.688		2,83
RS	13.273.187	5,76	-2,88
2009	Produção ton.	% RS	% ev
Brasil	237.079.976		7,47
RS	12.890.876	5,44	-1,17
2010	Produção ton.	% RS	% ev
Brasil	254.800.000		10,52
RS	12.740.000	5,00	-4,02

A partir dos dados pode-se verificar que houve um crescimento de aproximadamente 10% na produção de agregados no Brasil durante os três anos avaliados. No mesmo período, o no estado do Rio Grande do Sul houve um decréscimo de aproximadamente 4%. Algumas questões devem ser consideradas como o aumento nas fiscalizações por parte do DNPM, o que diminuiu a sonegação de informações e fez com que houvesse um salto na produção do país. Outro fator foi o aumento nas obras de infraestrutura no início do governo Lula em virtude dos programas de aceleração do crescimento. Portanto tal crescimento não pode e não deve ser esperado para períodos futuros. Já no RS, o que pode explicar tal fato é a aparente estagnação das obras de infraestrutura, apesar da copa do mundo.

Com base no Plano Nacional de Mineração 2030 (SCLiar, 2010), a projeção de crescimento dos agregados apresenta uma taxa de 5,6% ao ano até 2022, considerando o crescimento esperado em infraestrutura, habitação e saneamento, e uma taxa de 4,6 % ao ano para o período 2023-2030. Considerando esses percentuais e estas estimativas, a produção de brita vai aumentar de 217 milhões de toneladas em 2008 para 318 milhões toneladas em 2015 (Coelho, 2012). Assim, a Tabela 75 apresenta o prognóstico para a produção de agregados no Brasil até o ano de 2030, conforme o Plano Nacional de Mineração.

Tabela 75 – Prognóstico de produção de agregados no Brasil– 2015/2022/2030

<b>Agregados</b>	<b>Un.</b>	<b>2008</b>		<b>2015</b>		<b>2022</b>		<b>2030</b>
Brita.....	Mt	217	5,6%	318	5,6%	465	4,6%	667

Fonte: Coelho (2012)

No polo produtor da região os principais produtores são Santa Cruz do Sul e Vera Cruz, que são responsáveis por mais de 90% da produção regional, como mostra a Tabela 76.

Tabela 76 – Produção histórica de agregados de basalto na região (t)

<b>Cidade</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>2007</b>
Santa Cruz do Sul....	193.265,75	296.758,19	137.006,80	143.978,42	47.379,48	47.988,04
Candelária.....	0	3.968,73	3.600,80	1.980,97	253,64	11.418,64
Passo do Sobrado/Rio Pardo/Sinimbu/Vale Verde.....	0	0	0	0	0	0
Vale do Sol.....	0	0	0	0	700,31	195,28
Venâncio Aires.....	4.106,01	4.284,85	3581,84	8.045,06	6.102,95	0
Vera Cruz.....	111.230,15	148.508,08	75626,62	69.275,11	56.761,28	32.112,75
<b>Total.....</b>	<b>308.601,90</b>	<b>453.519,90</b>	<b>219.816,10</b>	<b>223.279,60</b>	<b>111.197,70</b>	<b>91.714,73</b>

Fonte: DNPM 2 (2013)

A partir da estimativa inicial de aumento de 5,6% ao ano, e considerando o valor atual de produção para o ano de 2012, estimou-se a produção para o período compreendido pelo Plano Nacional de Mineração 2030.

A Tabela 77 apresenta uma previsão de produção com base nos índices sugeridos pelo plano estratégico de longo prazo desenvolvido pelo DNPM. Com base nessa estimativa, a previsão alcança uma produção de 363 mil toneladas no ano de 2015, 532 mil toneladas em 2022 e 762 mil toneladas em 2030.

Tabela 77 – Prognóstico na produção de agregados na região (t)

<b>Agregados</b>	<b>Ano</b>	<b>2012</b>	<b>Crescimento</b>
	2012	308.000 t	5,6%
	2015	363.000 t	5,6%
	2022	532.000 t	4,6%
	2030	762.000 t	

#### 4.5. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica, e tendo em vista as unidades estabelecidas e em operação, definiu-se o fluxo de caixa para cada uma das unidades, tendo em vista a vida útil, suas reservas, os preços de venda e custos operacionais. Os fluxos de caixa foram estimados primeiramente sem considerar os investimentos e variações na produção atual, levando-se em conta apenas o fluxo atual de venda e os custos operacionais. Posteriormente, em uma segunda análise, foram considerados todos os investimentos e a substituição de equipamentos, além do aumento na demanda a fim de verificar a variação na vida útil dos empreendimentos.

Assim, estabeleceram-se os principais parâmetros econômicos do projeto como os preços, custos, Imposto de Renda e Taxa mínima de atratividade. Partindo-se de um preço de venda médio de R\$ 21,42, em todos os fluxos de caixa foi considerado:

- a) Imposto de Renda de 30%,
- b) Taxa Mínima de Atratividade de 15%,

Considerou-se o custo de cada unidade, conforme levantamentos anteriores. Sendo assim um custo de R\$ 12,92/tonelada para a Unidade SCSA na Tabela 78; custo de R\$ 9,88/tonelada para a Unidade SCSB na Tabela 79 e um custo de R\$ 10,45/tonelada para a Unidade VC na Tabela 80.

Tabela 78 – Fluxo de Caixa Unidade Santa Cruz do Sul A sem investimento e sem variação na produção

	<b>Produção</b>	<b>REC.</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>FLUXO</b>	<b>I.R.</b>	<b>FLUXO</b>
<b>ANO</b>	<b>T</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>AIR</b>	<b>R\$</b>	<b>DIR</b>
<b>2012</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2013</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2014</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2015</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2016</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2017</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2018</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2019</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2020</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2021</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2022</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2023</b>	196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2024</b>	98.957,00	2.119.658,94	1.278.524,44	841.134,50	252.340,35	588.794,15
			VPL	8.906.828,85	VPL	6.234.780,19

Tabela 79 – Fluxo de Caixa Unidade Santa Cruz do Sul B sem investimento e sem variação na produção

	<b>Produção</b>	<b>REC.</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>FLUXO</b>	<b>I.R.</b>	<b>FLUXO</b>
<b>ANO</b>	<b>t</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>AIR</b>	<b>R\$</b>	<b>DIR</b>
<b>2012</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2013</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2014</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2015</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2016</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2017</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2018</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2019</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2020</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2021</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2022</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2023</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2024</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2025</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2026</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2027</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2028</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2029</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2030</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2031</b>	93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2032</b>	94.606,00	2.026.460,52	934.707,28	1.091.753,24	327.525,97	764.227,27
			VPL	6.789.155,26	VPL	4.752.408,68



Tabela 80 – Fluxo de Caixa Unidade Vera Cruz sem investimento e sem variação na produção

	<b>Produção</b>	<b>REC.</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>FLUXO</b>	<b>I.R.</b>	<b>FLUXO</b>
<b>ANO</b>	<b>t</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>AIR</b>	<b>R\$</b>	<b>DIR</b>
<b>2012</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2013</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2014</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2015</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2016</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2017</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2018</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2019</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2020</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2021</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2022</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2023</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2024</b>	448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
<b>2025</b>	304.730,00	6.527.316,60	3.184.428,50	3.342.888,10	1.002.866,43	2.340.021,67
			VPL	27.230.841,43	VPL	19.061.589,00

Em outra opção de análise considerou-se unidades novas com investimentos na aquisição dos equipamentos, investimento na implantação do empreendimento, reinvestimentos e aumento na demanda a fim de atender o crescimento do mercado. Nesta análise pode-se avaliar além do VPL, a TIR e o Retorno de Investimento.

Tabela 81 – Fluxo de caixa com variação da produção e reinvestimento na Unidade Santa Cruz do Sul A

	<b>Investimento</b>	<b>Produção</b>	<b>REC.</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>FLUXO</b>	<b>I.R.</b>	<b>FLUXO</b>
<b>ANO</b>	<b>R\$</b>	<b>t</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>AIR</b>	<b>R\$</b>	<b>DIR</b>
<b>2012</b>	-5.427.830,00	0	0	0	-5.427.830,00	0	-5.427.830,00
<b>2013</b>		196.680,00	4.212.885,60	2.541.105,60	1.671.780,00	501.534,00	1.170.246,00
<b>2014</b>		207.694,08	4.448.807,19	2.683.407,51	1.765.399,68	529.619,90	1.235.779,78
<b>2015</b>		219.324,95	4.697.940,40	2.833.678,33	1.864.262,06	559.278,62	1.304.983,44
<b>2016</b>	-335.000,00	231.607,15	4.961.025,06	2.992.364,32	1.633.660,74	490.098,22	1.143.562,52
<b>2017</b>	-602.000,00	244.577,15	5.238.842,46	3.159.936,72	1.476.905,74	443.071,72	1.033.834,02
<b>2018</b>	-580.000,00	258.273,47	5.532.217,64	3.336.893,18	1.615.324,46	484.597,34	1.130.727,12
<b>2019</b>		272.736,78	5.842.021,83	3.523.759,20	2.318.262,63	695.478,79	1.622.783,84
<b>2020</b>		288.010,04	6.169.175,05	3.721.089,71	2.448.085,34	734.425,60	1.713.659,74
<b>2021</b>		304.138,60	6.514.648,85	3.929.470,74	2.585.178,12	775.553,43	1.809.624,68
<b>2022</b>		39.394,79	843.836,46	508.980,72	334.855,74	100.456,72	234.399,02
<b>2023</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2024</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				VPL	3.442.697,85	VPL	781.539,50

Referente à Unidade Santa Cruz do Sul A foi constatada a necessidade da compra de uma nova perfuratriz e de um caminhão basculante no ano de 2017 a fim de atender ao aumento na produção esperada. Também se constatou a necessidade de substituição de uma escavadeira no ano de 2016 e de dois caminhões basculantes no ano de 2018, em vista da vida útil dos equipamentos. A vida útil da unidade diminui para dez anos conforme se pode visualizar na Tabela 81.

Tabela 82 – Fluxo de caixa com variação da produção e reinvestimento na Unidade Santa Cruz do Sul B

	<b>Investimento</b>	<b>Produção</b>	<b>REC</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>FLUXO</b>	<b>IR</b>	<b>FLUXO</b>
<b>ANO</b>	<b>R\$</b>	<b>t</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>AIR</b>	<b>R\$</b>	<b>DIR</b>
<b>2012</b>	-4.151.444,00	0	0	0	-4.151.444,00	0	-4.151.444,00
<b>2013</b>		93.984,00	2.013.137,28	928.561,92	1.084.575,36	325.372,61	759.202,75
<b>2014</b>		99.247,10	2.125.872,97	980.561,39	1.145.311,58	343.593,47	801.718,11
<b>2015</b>		104.804,94	2.244.921,85	1.035.472,83	1.209.449,03	362.834,71	846.614,32
<b>2016</b>		110.674,02	2.370.637,48	1.093.459,30	1.277.178,17	383.153,45	894.024,72
<b>2017</b>	-902.000,00	116.871,76	2.503.393,18	1.154.693,02	446.700,15	134.010,05	312.690,11
<b>2018</b>		123.416,58	2.643.583,19	1.219.355,83	1.424.227,36	427.268,21	996.959,15
<b>2019</b>		130.327,91	2.791.623,85	1.287.639,76	1.503.984,09	451.195,23	1.052.788,86
<b>2020</b>		137.626,27	2.947.954,79	1.359.747,59	1.588.207,20	476.462,16	1.111.745,04
<b>2021</b>		145.333,35	3.113.040,26	1.435.893,45	1.677.146,81	503.144,04	1.174.002,76
<b>2022</b>	-262.000,00	153.472,01	3.287.370,51	1.516.303,49	1.509.067,03	452.720,11	1.056.346,92
<b>2023</b>		160.531,73	3.438.589,56	1.586.053,45	1.852.536,11	555.760,83	1.296.775,28
<b>2024</b>		167.916,18	3.596.764,67	1.659.011,90	1.937.752,77	581.325,83	1.356.426,94
<b>2025</b>		175.640,33	3.762.215,85	1.735.326,45	2.026.889,40	608.066,82	1.418.822,58
<b>2026</b>		160.455,81	3.436.963,40	1.585.303,38	1.851.660,02	555.498,01	1.296.162,01
<b>2027</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2028</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2029</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2030</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2031</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2032</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				VPL	3.306.817,87	VPL	1.069.339,31

Nesta análise foi constatada a necessidade da compra de uma nova perfuratriz e de um caminhão no ano de 2017 a fim de atender ao aumento na produção. No ano de 2017 também foi necessária a substituição do caminhão basculante. No ano de 2022 foi necessária a substituição de uma perfuratriz. A vida útil da unidade diminui para quatorze anos conforme se pode visualizar na Tabela 82.

Tabela 83 – Fluxo de caixa com variação da produção e reinvestimento na Unidade Vera Cruz

	Invest.	Produção	REC	CUSTOS	FLUXO	IR	FLUXO
ANO	R\$	t	R\$	R\$	AIR	R\$	DIR
2012	-8.609.852,00	0	0	-	-8.609.852,00	0	-8.609.852,00
2013		448.800,00	9.613.296,00	4.689.960,00	4.923.336,00	1.477.000,80	3.446.335,20
2014		473.932,80	10.151.640,58	4.952.597,76	5.199.042,82	1.559.712,84	3.639.329,97
2015	-262.000,00	500.473,04	10.720.132,45	5.229.943,23	5.228.189,21	1.568.456,76	3.659.732,45
2016	-1.040.000,00	528.499,53	11.320.459,87	5.522.820,06	4.757.639,81	1.427.291,94	3.330.347,87
2017		558.095,50	11.954.405,62	5.832.097,98	6.122.307,64	1.836.692,29	4.285.615,35
2018		589.348,85	12.623.852,33	6.158.695,47	6.465.156,87	1.939.547,06	4.525.609,81
2019	-700.000,00	622.352,38	13.330.788,06	6.503.582,41	6.127.205,65	1.838.161,70	4.289.043,96
2020	-262.000,00	657.204,12	14.077.312,19	6.867.783,03	6.947.529,17	2.084.258,75	4.863.270,42
2021		694.007,55	14.865.641,68	7.252.378,88	7.613.262,80	2.283.978,84	5.329.283,96
2022		617.616,24	13.229.339,83	6.454.089,69	6.775.250,13	2.032.575,04	4.742.675,09
2023		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2024		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2025		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				VPL	20.012.788,79	VPL	11.425.996,55

Quanto à Unidade Vera Cruz foi constatada a necessidade da compra de uma nova perfuratriz no ano de 2015, de uma escavadeira e de um caminhão no ano de 2016, de um novo caminhão no ano de 2019 e uma perfuratriz no ano de 2020 a fim de atender ao aumento na produção. Além destas adições, se torna necessária a substituição de um caminhão no ano de 2016 e outro no ano de 2019, além da substituição da perfuratriz no ano de 2020. A vida útil da unidade diminui para dez anos conforme se pode visualizar na Tabela 83.

#### 4.6. Estimativa de custos com auxílio do software *Sherpa for Surface Mines*

A estimativa dos custos de capital e operacional de um empreendimento mineiro é geralmente necessária após a determinação das reservas de bem mineral, mas antes que grandes investimentos sejam comprometidos na exploração detalhada do bem mineral. As estimativas de custos são baseadas principalmente nos custos médios calculados de projetos e operações existentes, com subsídios adequados para as condições gerais do empreendimento (O'HARA e SUBOLESKI, 1992).

De acordo com Whittle (2011), todos os custos precisam ser processados em uma estrutura adequada para a modelagem de um ou mais sistemas de otimização de fluxo de caixa. Como salientado por Nelson (2011), o preenchimento correto de uma estimativa de

custos exige coerência, atenção aos detalhes, e boas fontes de informação de custo. Muitos fornecedores de equipamentos têm *softwares* para estimar os custos de capital e operacional, que podem frequentemente ser utilizados sem custo por potenciais clientes. Neste sentido, um dos *softwares* que surgiu com a intenção de ajudar na estimativa de custos para projetos de mineração foi o *Sherpa for Surface Mines* (SHERPA, 2010). O *Sherpa* utiliza procedimentos padrões na engenharia para calcular todos os parâmetros de custos e em um nível de detalhe apropriado para estudos de pré-viabilidade. O *software* apresenta uma série de procedimentos, a fim de desenvolver o projeto da mina e do custo de capital e operacional, orientando o desenvolvimento da estimativa.

Depois de estudar os custos reais da operação foi feita uma estimativa utilizando os mesmos parâmetros da mina estudada com o uso de um *software* de estimativa, a fim de verificar a aplicabilidade do programa em minas em operação ou projetos futuros (SHERPA, 2010).

#### **4.6.1. Utilização das estimativas com o auxílio do *software Sherpa***

Utilizaram-se duas situações para avaliação das estimativas. Em uma foram utilizados todos os valores de acordo com a realidade das pedreiras e outro com as estimativas os equipamentos existentes nas pedreiras com o uso do *software*.

A primeira alternativa parte-se das informações básicas disponíveis selecionando-se os equipamentos atualmente disponíveis nas minerações, encontrando-se assim os custos estimados. A segunda alternativa utiliza-se da programação dos dados disponíveis na mina, inserindo todos os dados básicos, como os relacionados às características da mina, aos equipamentos, assim como aos preços e custos conhecidos, observando-se assim as planilhas geradas pelo programa para comparação com os custos obtidos junto às pedreiras por mensuração. É importante informar ao programa os valores atualizados dos insumos e salários, tendo em vista o banco de dados de o programa apresentar valores utilizados no mercado norte-americano.

#### **4.6.2. Aplicação do *software Sherpa for Surface Mines* para os custos de capital e avaliação**

A avaliação da utilização do *software Sherpa for Surface Mines* para os investimentos nas unidades de lavra foi realizada em duas etapas. Primeiramente efetuou-se o levantamento

dos equipamentos existentes em cada unidade e seus reais investimentos, este item corresponde ao Custo Real. Na segunda etapa, utilizaram-se valores básicos da unidade, como produção, dias trabalhados, etc., para inserir no programa e utilizar a função *Optimize*. Esta efetua os cálculos de forma automatizada, com base no banco de dados do programa, para trazer a configuração ideal de lavra a fim de atender os parâmetros fornecidos. Desta forma, o programa fornece o investimento necessário para aquisição da frota de equipamentos. Os resultados encontrados nos levantamentos e os obtidos no *software* podem ser visualizados nas Tabelas 84, 85 e 86 para cada uma das unidades. Os custos de capital referente aos equipamentos de perfuração foram adicionados às duas maiores unidades que respondem pelas maiores produções, Santa Cruz do Sul A e Vera Cruz, a fim de facilitar o comparativo e utilização do programa. Nas tabelas, a coluna Custo Real corresponde aos dados levantados junto à empresa e a coluna *Sherpa* apresenta os dados obtidos pelo *software*. Cabe destacar que a opção de otimização, é baseada em equipamentos e valores pertinentes ao mercado norte-americano.

Tabela 84 – Comparativo de custos de capital entre o custo real e o *software Sherpa* na Unidade Santa Cruz do Sul A

Custos de Capital (R\$)						
	Nº	Capacidade	Custo Real	Nº	Capacidade	Sherpa
Escavadeira.....	1	1,5 m <sup>3</sup>	335.000,00	1	2,3 m <sup>3</sup>	1.130.000,00
Caminhão.....	2	25 ton.	200.000,00	1	32 ton.	622.000,00
Perfuratriz.....	1	3”	259.000,00	1	3”	320.000,00
Carregadeira.....	2		298.000,00	1		425.000,00
Motoniveladora.....	0		0,00	1		440.000,00
Caminhão Pipa.....	0		0,00	1		240.000,00
Caminhonete de serviço.....	1		113.000,00	2		75.000,00
Total.....			1.205.000,00			3.252.000,00

Tabela 85 – Comparativo de custos de capital entre o custo real e o *software Sherpa* na Unidade Santa Cruz do Sul B

Custos de Capital (R\$)						
	Nº	Capacidade	Custo Real	Nº	Capacidade	Sherpa
Escavadeira.....	1	1,5 m <sup>3</sup>	350.000,00	1	2,3 m <sup>3</sup>	1.130.000,00
Caminhão.....	1	32 ton.	350.000,00	1	32 ton.	622.000,00
Carregadeira.....	1		198.000,00	1		425.000,00
Motoniveladora.....	0		0,00	1		440.000,00
Caminhão Pipa.....	0		0,00	1		240.000,00
Caminhonete de serviço.....	1		113.000,00	1		37.500,00
Total.....			1.011.000,00			2.894.500,00

Tabela 86 – Comparativo de custos de capital entre o custo real e o *software Sherpa* na Unidade Vera Cruz

	Custos de Capital (R\$)					
	Nº	Capacidade	Custo Real	Nº	Capacidade	Sherpa
Escavadeira.....	1	2,1 m <sup>3</sup>	400.000,00	1	2,3 m <sup>3</sup>	1.130.000,00
Caminhão.....	4	32 ton.	1.470.000,00	2	32 ton.	1.250.000,00
Perfuratriz.....	1	3”	262.000,00	1	3”	320.000,00
Carregadeira.....	2		585.000,00	2		425.000,00
Motoniveladora.....	0		0,00	1		440.000,00
Caminhão Pipa.....	1		60.000,00	1		240.000,00
Caminhonete de serviço.....	1		113.000,00	2		75.000,00
Total.....			2.890.000,00			3.880.000,00

No que diz respeito aos custos de capital o comparativo do *software* e dos valores reais investidos apresentou uma variação da ordem de 30% entre o realmente investido nas unidades, SCSA, SCSB e a VC, e o estimado pelo software. Isto se deve ao programa ter sido desenvolvido para unidades de mineração com uma produção diária de mais de 2.000 toneladas. Outro fator que deve ser levado em consideração são as dimensões dos equipamentos. O programa utiliza equipamentos com maior capacidade do que os utilizados nas unidades estudadas. Ele também estima a necessidade de diferentes equipamentos dos utilizados, como motoniveladoras e caminhões pipa, devido às estradas usuais de minerações apresentarem piores condições e necessitarem de maior manutenção dos que as estradas de unidades de agregados, normalmente construídas sobre a própria rocha.

#### 4.6.3. Levantamento dos custos operacionais nas unidades com o auxílio do software *Sherpa*.

Neste item efetuou-se a aplicação do *software Sherpa* na estimativa dos custos operacionais. Primeiramente se utilizou o programa para geração dos resultados. Foram informados os parâmetros básicos das lavras, como reserva, produção, regime de trabalho, equipamentos, preço dos insumos, salários, etc. A partir destes dados o programa calcula os custos divididos em quatro categorias diferentes: Custos operacionais dos insumos (explosivos, acessórios e itens para perfuração), Custos operacionais do trabalho horário (salário horário dos operadores e pessoal de manutenção), Custos Operacionais dos assalariados (salário dos colaboradores envolvidos na gerência e administração da unidade), Custos operacionais dos equipamentos (consumo dos principais insumos necessários aos equipamentos). Assim, visualizam-se em Tabela 87 os custos gerados pelo programa para as três unidades.

Tabela 87 – Custos operacionais gerados pelo *software Sherpa*

<b>Custos Operacionais (por tonelada)</b>			
	<b>Unidade Santa Cruz do Sul A</b>	<b>Unidade Santa Cruz do Sul B</b>	<b>Unidade Vera Cruz</b>
Insumos.....	R\$ 2,02	R\$ 1,90	R\$ 1,89
Trabalho horário.....	R\$ 1,37	R\$ 1,36	R\$ 0,83
Trabalho assalariado.....	R\$ 0,75	R\$ 0,56	R\$ 0,43
Operação de equipamentos..	R\$ 2,59	R\$ 1,61	R\$ 1,43
Total.....	R\$ 6,73	R\$ 5,42	R\$ 4,58

Para comparação dos dados gerados pelo programa, no que se refere aos custos operacionais, tornou-se necessário adequar os dados levantados em campo aos itens obtidos pelo *Sherpa*. Assim, apresentam-se na Tabela 88 os custos modificados.

Tabela 88 – Adequação dos custos operacionais mensurados aos parâmetros do *software Sherpa*

<b>Custos Operacionais (por tonelada)</b>			
	<b>Unidade Santa Cruz do Sul A</b>	<b>Unidade Santa Cruz do Sul B</b>	<b>Unidade Vera Cruz</b>
Insumos.....	R\$ 1,28	R\$ 1,67	R\$ 0,93
Trabalho horário.....	R\$ 0,89	R\$ 0,94	R\$ 0,51
Trabalho assalariado.....	R\$ 0,75	R\$ 0,56	R\$ 0,43
Operação de equipamentos..	R\$ 2,14	R\$ 1,38	R\$ 1,32
Total.....	R\$ 5,06	R\$ 4,55	R\$ 3,19

Realizando-se o comparativo entre os custos mensurados aos gerados pelo *software* de estimativa, obtiveram-se os resultados que são apresentados nas Tabelas 89, 90 e 91 para cada uma das Unidades. Comparou-se cada um dos itens gerados pelo programa individualmente e o valor total.

Tabela 89 – Comparativo de custos operacionais para Unidade Santa Cruz do Sul A

<b>Custos Operacionais (por tonelada)</b>	<b>Sherpa</b>	<b>Medido</b>
Insumos.....	R\$ 2,02	R\$ 1,28
Trabalho horário.....	R\$ 1,37	R\$ 0,89
Trabalho assalariado.....	R\$ 0,75	R\$ 0,75
Operação de equipamentos.....	R\$ 2,59	R\$ 2,14
Total.....	R\$ 6,73	R\$ 5,06

Tabela 90 – Comparativo de custos operacionais para Unidade Santa Cruz do Sul B

<b>Custos Operacionais (por tonelada)</b>	<b>Sherpa</b>	<b>Medido</b>
Insumos.....	R\$ 1,90	R\$ 1,67
Trabalho horário.....	R\$ 1,36	R\$ 0,94
Trabalho assalariado.....	R\$ 0,56	R\$ 0,56
Operação de equipamentos.....	R\$ 1,61	R\$ 1,38
Total.....	R\$ 5,42	R\$ 4,55

Tabela 91 – Comparativo de custos operacionais para Unidade Vera Cruz

<b>Custos Operacionais (por tonelada)</b>	<b>Sherpa</b>	<b>Medido</b>
Insumos.....	R\$ 1,89	R\$ 0,93
Trabalho horário.....	R\$ 0,83	R\$ 0,51
Trabalho assalariado.....	R\$ 0,43	R\$ 0,43
Operação de equipamentos.....	R\$ 1,43	R\$ 1,32
Total.....	R\$ 4,58	R\$ 3,19

Analisando os resultados pode-se verificar que comparando as três unidades de produção, Santa Cruz do Sul A, Santa Cruz do Sul B e Vera Cruz, o *software* apresenta um resultado satisfatório, com uma variação de 25%, 16% e 30%, respectivamente. O que se pode constatar é que o programa superdimensiona os custos, atribuindo maiores valores do que os verificados na realidade. Acredita-se que tal diferença ocorre em virtude do programa de estimativas ser baseado em minerações com produções diárias da ordem de mais de 2000 toneladas por dia. Os dois itens que apresentaram maior diferença entre o real e o estimado foram os insumos e a operação de equipamentos. Tal fato pode ser explicado pelo tipo de desmonte e os consumos dos equipamentos estimados pelo programa. Ainda assim, verifica-se que o mesmo é uma boa base de informações e orientações para projetos de agregados quando não existem maiores indicadores que norteiem as estimativas, principalmente se estiverem sendo considerados projetos em níveis de pré-viabilidade onde diferenças nas estimativas da ordem de +/- 30% são aceitáveis.



## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. FLUXOS DE CAIXA SEM INVESTIMENTO

Após a verificação dos fluxos de caixa do cenário considerado de referência, foi realizada a análise da sensibilidade destes cenários considerando os fluxos de caixa sem investimento, efetuando a análise para os preços e custos das unidades.

Para a Unidade SCSA foi realizada a análise do preço de venda conforme Tabela 92, a Unidade SCSB em Tabela 93 e em Tabela 94 a Unidade VC. O cenário 100% representa o preço atual, os percentuais menores simulam redução no preço de venda ao passo que os percentuais maiores simulam aumentos. Em Figura 40 a sensibilidade dos fluxos.

Tabela 92 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Fluxo Caixa Descontado (MR\$)						
% do Preço Atual...	35%	50%	75%	100%	105%	120%	130%
Preço (R\$/t).....	7,50	10,71	16,07	21,42	22,49	25,70	27,85
VPL (MR\$).....	-3,97	-1,62	2,31	6,23	7,01	9,37	10,95

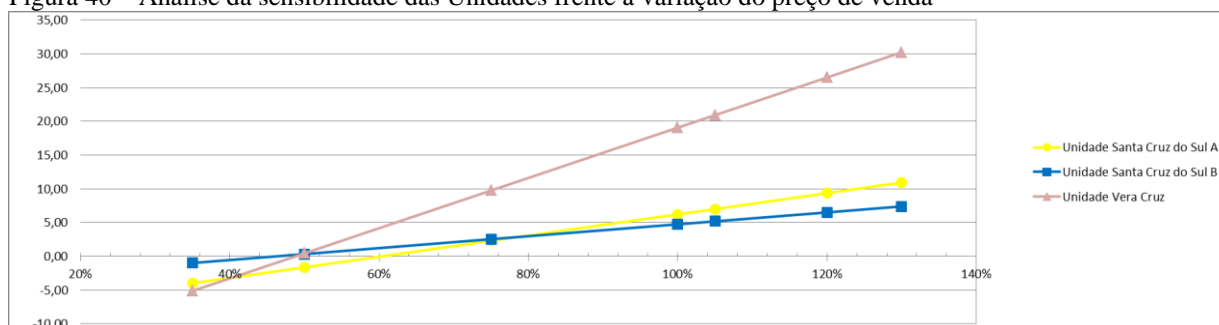
Tabela 93 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Preço Atual...	35%	50%	75%	100%	105%	120%	130%
Preço (R\$/t).....	7,50	10,71	16,07	21,42	22,49	25,70	27,85
VPL (MR\$).....	-0,98	0,34	2,55	4,75	5,19	6,51	7,40

Tabela 94 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Vera Cruz

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Preço Atual....	35%	50%	75%	100%	105%	120%	130%
Preço (R\$/t).....	7,50	10,71	16,07	21,42	22,49	25,70	27,85
VPL (MR\$).....	-5,12	0,45	9,76	19,06	20,92	26,49	30,23

Figura 40 – Análise da sensibilidade das Unidades frente à variação do preço de venda



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software Microsoft Excel 2010.

De forma similar, para cada uma das unidades foi realizada a análise da variação dos custos operacionais para verificar a sensibilidade das operações. A Tabela 95 apresenta a variação de custos para a Unidade SCSA, a Tabela 96 a Unidade SCSB e a Tabela 97 a Unidade VC. O cenário 100% representa o custo atual da unidade, percentuais menores do que 100% representam reduções nos custos, ao passo que percentuais maiores significam aumento nos custos de operação.

Tabela 95 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Custo Atual...	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
Custo (R\$/t).....	4,52	6,46	9,69	12,92	15,50	19,38	23,26
VPL (MR\$).....	12,39	10,97	8,60	6,23	4,34	1,50	-1,35

Tabela 96 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Santa Cruz do Sul B

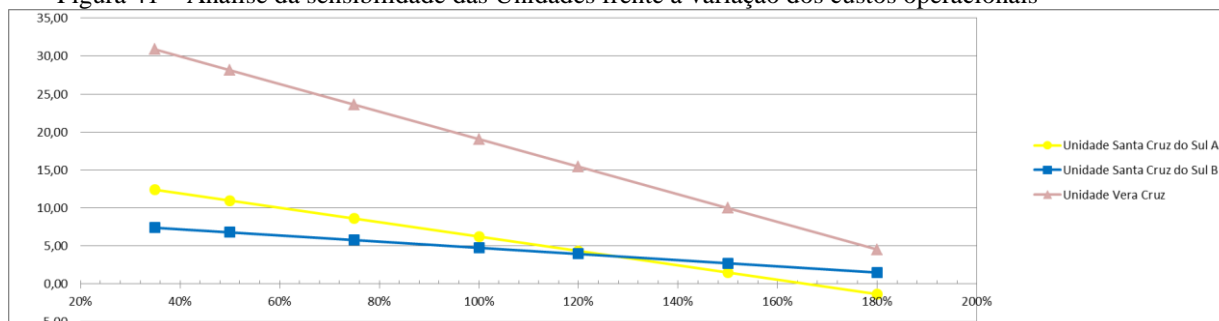
	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Custo Atual...	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
Custo (R\$/t).....	3,46	4,94	7,41	9,88	11,86	14,82	17,78
VPL (MR\$).....	7,39	6,78	5,77	4,75	3,94	2,72	1,50

Tabela 97 – Análise da Variação do Custo Operacional na Unidade Vera Cruz

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Custo Atual...	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
Custo (R\$/t).....	3,66	5,23	7,84	10,45	12,54	15,68	18,81
VPL (MR\$).....	30,86	28,13	23,59	19,06	15,43	9,97	4,53

Na Figura 41 pode-se ver a sensibilidade dos fluxos de caixa para as três unidades conforme a variação dos custos operacionais.

Figura 41 – Análise da sensibilidade das Unidades frente à variação dos custos operacionais



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Microsoft Excel 2010.

Após a análise da sensibilidade, constatou-se que os empreendimentos são muito mais sensíveis às variações de preço do produto do que dos custos operacionais. Tal fato deve-se

aos baixos custos registrados nas unidades o que torna as mesmas mais dependentes de variações dos preços propostos pelo mercado do que eventuais quedas de produtividade e de eficiência operacional destas. Isso leva a crer que os empreendimentos são de certa maneira mais sensíveis a variações externas, tendo em vista flutuações do preço do mercado, do que de fenômenos internos, salvo aumentos nos insumos e nos salários, o que podem acarretar no aumento significativo dos preços.

## 5.2. FLUXOS DE CAIXA COM INVESTIMENTO

As mesmas análises foram realizadas para os fluxos de caixa com o investimento inicial. Para a Unidade SCSA foi realizada a análise do preço de venda conforme Tabela 98, a Tabela 99 para a Unidade SCSB e a Unidade VC em Unidade 100. Na Figura 42 apresenta-se a sensibilidade para os fluxos de caixa.

Tabela 98 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul A

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Preço Atual...	35%	50%	75%	100%	105%	120%	130%
Preço (R\$/t).....	7,50	10,71	16,07	21,42	22,49	25,70	27,85
VPL (MR\$).....	-10,24	-7,69	-3,45	0,78	1,63	4,17	5,87

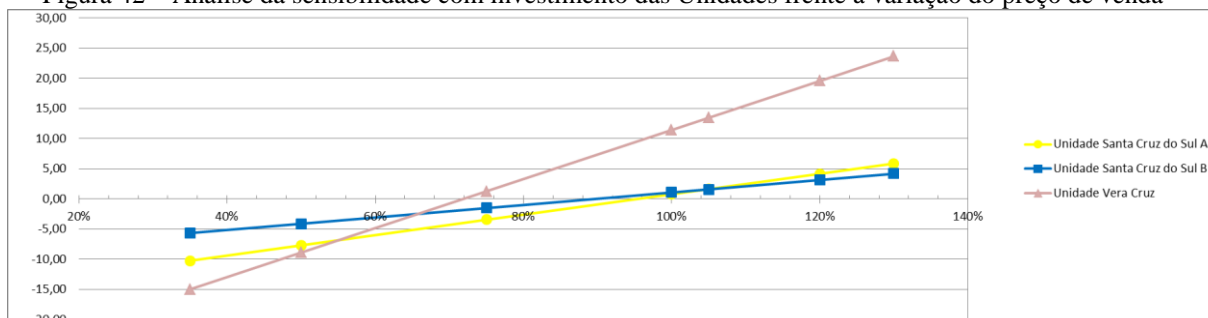
Tabela 99 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Santa Cruz do Sul B

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Preço Atual....	35%	50%	75%	100%	105%	120%	130%
Preço (R\$/t).....	7,50	10,71	16,07	21,42	22,49	25,70	27,85
VPL (MR\$).....	-5,66	-4,11	-1,52	1,07	1,59	3,14	4,18

Tabela 100 – Análise da Variação do Preço de venda na Unidade Vera Cruz

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
% do Preço Atual...	35%	50%	75%	100%	105%	120%	130%
Preço (R\$/t).....	7,50	10,71	16,07	21,42	22,49	25,70	27,85
VPL (MR\$).....	-14,98	-8,89	1,27	11,42	13,45	19,55	23,63

Figura 42 – Análise da sensibilidade com investimento das Unidades frente à variação do preço de venda



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Microsoft Excel 2010.

Para a Unidade Santa Cruz do Sul A foi realizada a análise da variação dos custos operacionais conforme Tabela 101.

	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
% do Custo Atual.....	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
Custo (R\$/t).....	4,52	6,46	9,69	12,92	15,50	19,38	23,26
VPL (MR\$).....	7,43	5,89	3,34	0,78	-1,26	-4,33	-7,40

Para a Unidade Santa Cruz do Sul B foi realizada a análise da variação dos custos operacionais conforme Tabela 102.

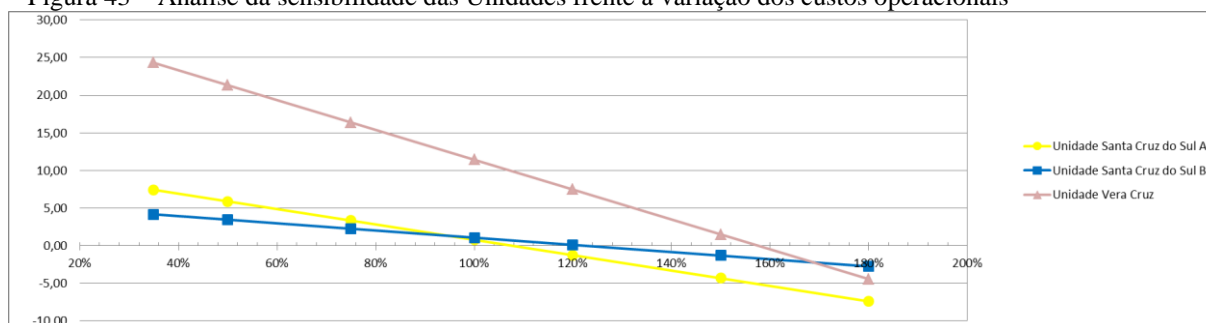
	Fluxo Caixa Atualizado (MR\$)						
	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
% do Custo Atual....	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
Custo (R\$/t).....	3,46	4,94	7,41	9,88	11,86	14,82	17,78
VPL (MR\$).....	4,17	3,46	2,26	1,07	0,11	-1,32	-2,75

Para a Unidade Vera Cruz foi realizada a análise da variação dos custos operacionais conforme Tabela 103.

	Fluxo Caixa Atualizado (M\$)						
	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
% do Custo Atual.....	35%	50%	75%	100%	120%	150%	180%
Custo (R\$/t).....	3,66	5,23	7,84	10,45	12,54	15,68	18,81
VPL (MR\$).....	24,31	21,33	16,38	11,42	7,46	1,50	-4,44

Na Figura 43 pode-se ver a sensibilidade dos fluxos de caixa para as três unidades conforme a variação dos custos operacionais.

Figura 43 – Análise da sensibilidade das Unidades frente à variação dos custos operacionais

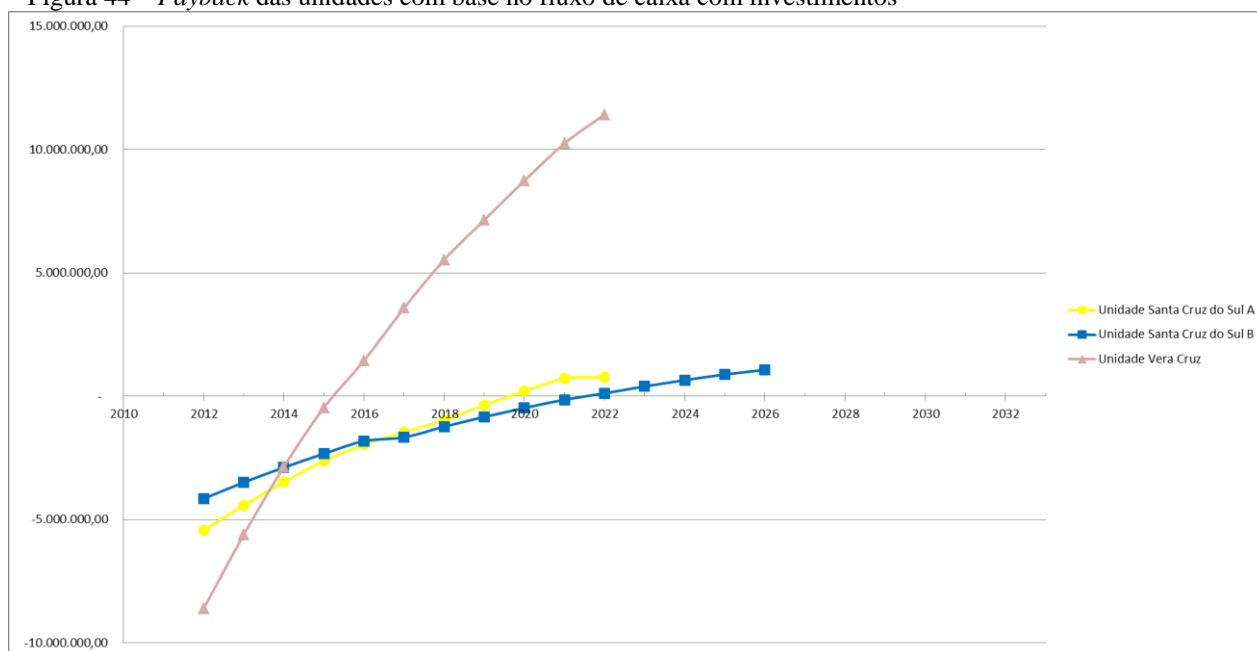


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Microsoft Excel 2010.

Levando-se em conta os investimentos necessários para instalações com portes similares aos das unidades estudadas, verifica-se um aumento da sensibilidade dos fluxos de caixa com relação ao preço e ao custo operacional, em especial o preço que continua sendo mais sensível e uma variável mais determinante nos fluxos de caixa.

Analisando os fluxos de caixa com investimento com relação ao *Payback* das unidades Santa Cruz do Sul A, Santa Cruz do Sul B e Vera Cruz, pode-se visualizar na Figura 44 o tempo de retorno dos investimentos.

Figura 44 – *Payback* das unidades com base no fluxo de caixa com investimentos



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do *software* Microsoft Excel 2010.

Assim a Unidade Santa Cruz do Sul A, teria um tempo de retorno ao investimento de 7,8 anos. A Unidade Santa Cruz do Sul B teria 9,6 anos. Enquanto isso a Unidade Vera Cruz apresenta um tempo de retorno de 3,3 anos.

## 6. CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES FUTURAS

Como pôde ser observado ao longo do estudo, a aplicação da metodologia fornece dados essenciais para a sobrevivência e desenvolvimento sustentável das minerações de agregados. A partir destes princípios, efetuou-se o levantamento das unidades Santa Cruz do Sul A, Santa Cruz do Sul B e Vera Cruz, dando-se ênfase primeiramente aos estudos da geologia e do corpo de rocha, até a determinação das cavas finais, com a estimativa de reservas disponíveis e vida útil para as minas. Esta série de estudos proporciona uma vantagem competitiva para as empresas, tendo em vista a possibilidade de um melhor planejamento e o desenvolvimento de novas estratégias.

Com relação ao estudo de caso e a aplicação da metodologia, citam-se alguns pontos a serem observados em futuras aplicações. Quanto à obtenção dos dados e das informações pertinentes para o desenvolvimento da pesquisa, pode-se dizer que correspondeu a uma das etapas mais difíceis e que consumiu uma parte significativa do tempo do trabalho. As unidades possuíam dados desencontrados e desatualizados, sendo que foi necessário estabelecer parâmetros e métodos para coleta dos dados e monitoramento da lavra. Para implantação do método é importante e orienta-se para a criação de planilhas de controle da produção de cada equipamento e de seu consumo; também é importante a consecução de levantamentos topográficos e sondagens atualizadas, a fim de obter uma maior precisão das informações.

Na etapa de planejamento e desenvolvimento futuro das lavras, além do estabelecimento da vida útil de cada cava, o principal problema encontrado foi com relação aos dados de campo disponíveis, o que foi sanado com os novos estudos realizados. Outra adversidade observada com relação aos planos foi o cumprimento dos mesmos nas unidades, sendo que essa se deu por dois motivos: primeiramente, como a produção se dá em função da demanda solicitada e das obras de infraestrutura na região, por vezes as unidades apresentam uma produção diferente do planejado, o que pode ser sanado por readequações do plano de lavra de curto prazo. O segundo motivo relaciona-se com o atendimento dos planos por parte do pessoal de operação: como a maioria dos operadores e funcionários envolvidos na lavra é de pessoas sem qualificação técnica, torna-se difícil instruí-los e orientá-los quanto ao atendimento do planejamento operacional. Algo fundamental e que é um passo importante na etapa de planejamento, consiste na organização de reuniões de planejamento. O planejamento

de lavra é uma etapa iterativa que deve ser sempre atualizada e reorganizada conforme as mudanças operacionais e de mercado.

Com relação às operações de lavra, foi possível estabelecer algumas atividades com suas características e suas peculiaridades de forma bem consistente, a fim de instruir o desenvolvimento do trabalho. Entretanto, encontram-se diferentes níveis de dificuldade entre as operações unitárias e também entre os empreendimentos. O estabelecimento dos métodos e da forma de execução destes é fundamental para orientar o restante do trabalho de avaliação.

No estabelecimento de controles, é importante identificar os itens necessários no monitoramento da produção e criar planilhas ou ajustá-las para fornecer as informações necessárias à avaliação. Cita-se o controle de consumo de combustível, o controle de produção dos britadores e equipamentos de lavra, o número de viagens dos caminhões, como exemplos de controles importantes a serem implantados. A partir do início destes, oportuniza-se a criação de um banco de dados, que, embora possa não ser preciso, fornece dados fundamentais para o desenvolvimento do estudo e para o posterior controle dos custos de lavra. Essas planilhas devem ser ajustadas e melhoradas continuamente.

Com relação à análise dos custos de capital e dos custos operacionais, esta exige coerência, atenção aos detalhes e boas fontes de informação sobre os custos. Os custos de capital, bem como os custos operacionais, fornecem uma ferramenta extremamente importante para a análise econômica das empresas e de seus projetos. As análises dos custos são chaves para um investimento, uma vez que permitem verificar se ele será lucrativo e vantajoso. Inexplicavelmente, muitas empresas do setor ainda estão ignorando esses conceitos, e investindo apenas com base no conhecimento prático dos seus gestores. Cabe destacar que a empresa examinada possuía apenas um controle contábil, que nunca havia sido utilizado como forma de controle gerencial. Assim, após a criação de um banco de dados básico, tornou-se possível gerar controles de produção e dos custos das unidades. Ao longo de todo o trabalho, tomou-se o cuidado de comparar os valores de custos contábeis com os dos custos operacionais gerados, a partir das planilhas de produção, para manter a veracidade dos valores e aumentar a precisão.

De posse dos dados de custo, efetuou-se a aplicação do programa *Sherpa*. O programa *Sherpa*, além de ter sido desenvolvido para minerações de grande porte, apresenta informações de custos do mercado Norte Americano. Por isso, tornou-se necessário efetuar correções nos valores dos insumos e no valor dos equipamentos, além de convertê-los para a moeda brasileira. No que diz respeito ao levantamento dos custos e ao uso da ferramenta de

estimativas, as diferenças encontradas quando da seleção de equipamentos e adequação dos preços deram-se principalmente nos insumos e no custo operacional dos equipamentos apresentados pelo *software*. Apesar disso, o *software* demonstra ter aplicabilidade para as lavras estudadas, sendo necessário um melhor controle dos dados e uma melhoria em alguns parâmetros imputados para a obtenção de um melhor resultado.

Na análise de mercado, foi possível verificar o nível de crescimento regional, pela utilização das projeções de crescimento da demanda com base no Plano Nacional de Mineração 2030, transportando-as para o mercado regional. Atingiu-se este objetivo de forma bem superficial, sendo que maiores trabalhos e estudos podem vir a ser desenvolvidos, a fim de ajustar essas tendências às produções futuras em nível local. Uma análise mais detalhada, inclusive com a pesquisa e o acompanhamento de projetos futuros de construções de obras de infraestrutura auxiliaria no desenvolvimento de novos trabalhos.

No que diz respeito ao tema da análise econômica foi possível extrair algumas observações relevantes para o trabalho. Esta análise, por meio dos fluxos de caixa, dos investimentos e reinvestimentos, proporciona uma vantagem competitiva para a empresa, que possui, a partir de então, parâmetros para verificar as melhores opções econômicas à sua atividade. As projeções de demanda futura, por sua vez, oportunizam à empresa prever futuros aumentos na sua frota, a fim de atender ao aumento de produção, assim como permitem à mesma buscar novas áreas de mineração. Deste modo, a empresa pode efetuar planejamentos estratégicos com o intuito de expandir seus negócios. A avaliação do empreendimento, com a determinação do valor econômico do depósito mineral, é de grande significado, já que oferece um referencial de suporte a diferentes decisões e negociações.

Algumas conquistas obtidas e que puderam ser observadas foram com relação a ganhos de produtividade e diminuição dos custos nas empresas onde foi aplicado o método. Após a implantação de controles das operações de perfuração e desmonte, oportunizou-se o desenvolvimento de melhorias, como a substituição de insumos e as mudanças nos parâmetros operacionais, que trouxeram ganhos com relação à diminuição do número de furações necessárias e do consumo de explosivos, gerando um ganho operacional considerável. Também estão sendo desenvolvidos estudos no que diz respeito à substituição de equipamentos de carregamento e transporte, a fim de aumentar a produtividade da operação e diminuir os custos, utilizando-se equipamentos com um porte mais adequado às necessidades das empresas.



Iniciou-se um processo de mudança de mentalidade nas unidades, que já vinha sendo implantado, em nível gerencial, nas empresas do grupo, mas que até então não tinha atingido o nível operacional, ou de “chão de fábrica”. Conquistaram-se avanços nos controles de custos e na implantação de melhorias e modernizações. Tais melhorias vêm expandindo-se da parte de lavra para a de beneficiamento das unidades, que também estão sendo objeto de levantamento, implantação de controles, com o uso de *softwares* de empresas da área de britagem para readequação dos projetos.

Hoje, pode-se afirmar que a empresa descobriu a necessidade e as oportunidades geradas pela contratação de pessoal qualificado e treinado, sendo que novos postos estão sendo criados, e pessoal especializado está sendo contratado. Diante do aumento significativo devido à crescente demanda, bem como do desenvolvimento de grandes conglomerados especializados neste segmento de mineração, a qualificação da gestão e do pessoal administrativo será essencial às empresas, para acompanhar o crescimento do setor. A única maneira de se manter no negócio é entender a estratégia necessária para suprir as necessidades do mercado, mantendo o controle de custos e gerenciamento. Caso contrário, as pequenas e médias unidades irão desaparecer, ou podem vir a ser adquiridas por empresas de maior porte.

O cenário atual da indústria de agregados tem exigido maior profissionalismo. É necessária uma análise mais aprofundada, especialmente de natureza econômica e operacional, estudos de diferentes cenários, avaliação de incertezas. Estes procedimentos devem ser rotineiros neste setor, a fim de tornar as empresas competitivas e aumentar os seus lucros.

O desenvolvimento de um trabalho para planejamento e levantamento dos custos de pedreiras, além de uma análise de mercado da indústria de agregados, contribuirá para um melhor desenvolvimento das unidades presentes no estado e para uma maior especialização das mesmas. Por meio deste estudo, procura-se demonstrar a importância que um trabalho desse nível pode agregar às empresas, trazendo avanços consideráveis ao setor, fornecendo ferramentas indispensáveis para o crescimento e melhoria destas.

Recomenda-se o desenvolvimento de novos trabalhos, aprofundando-se no que diz respeito às análises de custos, principalmente com aplicação de outros princípios e métodos de custeio. Também se torna importante à realização de novas análises econômicas com a aplicação de outros itens, como o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), ou a análise do ponto de equilíbrio do empreendimento (PDE), além de simulações para substituição de equipamentos e estudo da vida útil dos mesmos.

## REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, A. B.; HENNIES, W. T. Logística para agregados (brita e areia) em grandes centros urbanos. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 63(4), p. 639-643, out-dez. 2010.
- ALMEIDA, F. F. M. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. **Atas do...** São Paulo, 1981. p.1-20.
- ALMEIDA, M. R.; LIMA, H. M. Garantia financeira para fins de fechamento de mina e o seu impacto na viabilidade de uma mina. Estudo de caso de uma mina de grande porte. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 61(2), p. 203-209, abr-jun. 2008.
- ANEPAC. **Agregados**. 2010. Disponível em <<http://anepac.org.br/wp/agregados/>>. Acesso em: 06 de novembro de 2012.
- ARAÚJO, F. C. R.; SOUZA, M. J. F. Uma heurística para o planejamento operacional de lavra com alocação dinâmica de caminhões. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 64(1), p. 69-76, jan-mar. 2011.
- ARCHIBALD, R. D. Extraction Principles. In: BARKSDALE, R. D. (edited). **The Aggregate Handbook**. Arlington, Va: National Stone, Sand and Gravel Association. 2001. cap. 7, p. 7.1-7-37.
- BERTOLINO, L. C.; PALERMO, N.; BERTOLINO, A. V. F. A. Geologia. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 4, p. 67-79.
- BHRP. **Bacia hidrográfica do Rio Pardo**. Disponível em <[http://www.comitepardo.com.br/bacia\\_riopardo.htm](http://www.comitepardo.com.br/bacia_riopardo.htm)>. Acessado em 05 de janeiro de 2012.
- BROWN, I. Quarrying. In: DARLING, P. (edited). **SME Mining Engineering Handbook**. 3rd Ed. [S. l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2011. cap. 10.11, p. 1031-1046.
- CALAES, G. D.; NETTO, B. P. C. Metodologia de Avaliação Econômica. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 18, p. 319-340.
- CALAES, G. D.; NETTO, B. P. C.; TAVARES, L. M. Análise Econômica da Produção de Agregados. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 19, p. 341-374.
- CALAES, G. D.; AMARAL, J. A. G. Imagem Pública do setor de agregados. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 20, p. 375-410.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITCKE, B. H. **Análise de Investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial. 11ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010. 411 p.

CHAVES, A. P. Projeto de Instalações de Britagem In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 8, p. 147-164.

CIENTEC-Fundação de Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Relatório de Ensaio nº 5705/17423 de 07/02/2003**. Porto Alegre, 2003.

CIENTEC-Fundação de Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Relatórios de Ensaio nº 18495/59975 e 18495/61629 de 08/05/2006**. Porto Alegre, 2006.

CIENTEC-Fundação de Ciência e Tecnologia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Relatório de Ensaio nº 28415/107205 de 15/12/2009**. Porto Alegre, 2009.

COELHO, J. M. Comercialização. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 12, p. 221-234

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Porto Alegre, 2003. 1 mapa – Folha SH.22. Escala 1:1.000.000.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Excursão virtual aos aparados da serra - RS/SC**. 2004. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/Aparados/index.htm>>. Acessado em: 03 de setembro de 2013.

DNPM 1– Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Edições 2000 a 2011. Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>>. Acesso em: 20 de agosto de 2012.

DNPM 2– Departamento Nacional de Produção Mineral. **Relatório de arrecadação da CFEM**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=555>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2013.

DUNN, J. R. Geology and Exploration. In: BARKSDALE, R. D. (edited). **The Aggregate Handbook**. Arlington, Va: National Stone, Sand and Gravel Association. 2001. cap. 4, p. 4.1-4.46.

FERREIRA, G. E.; JUNIOR, C. A. F. F. Mercado de Agregados no Brasil. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 2, p. 07-34.

GENTRY, D. W.; O'NEIL, T. J. Mine Feasibility Studies. In: HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2nd. ed. [S.l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992. v. 1, chapter. 6.2, p. 393-404.

GOOGLE EARTH. **Imagens de Satélite da região de Santa Cruz do Sul**. 2012. Disponível em: <[www.google.com.br/earth/media/licensing.html](http://www.google.com.br/earth/media/licensing.html)>. Acesso em: 20 de maio de 2012.

GOOGLE MAPS. **Mapa Santa Cruz do Sul e Rio Grande do Sul**. 2011. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em: 5 de novembro de 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Político do Estado do Rio Grande do Sul**. [S.l.], 2009. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. Operação de Lavra em pedreiras. In: LUZ, A. B; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 7, p. 125-146.

KULAIIF, Y. **Análise dos mercados de matérias minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo**. 2001. 144 f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, São Paulo, 2001.

LUZ, A. B. Introdução. In: LUZ, A. B; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. RJ: CETEM/MCTI, 2012. cap. 1, p. 01-06.

LUZ, A. B; ALMEIDA, S. L. M. Normas Técnicas e Caracterização Tecnológica dos Agregados. In: LUZ, A. B; ALMEIDA, S. L. M. (editores). **Manual de Agregados para a construção civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. cap. 5, p. 81-100.

MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. Geological and magmatic aspects of the Parana Basin: an introduction. In: PICCIRILLO E. M. & MELFI, A. J. (Eds.). **The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects**. São Paulo: USP, 1988. p. 1-14.

MELLO, E. F.; CALAES, G. D. **A indústria de brita na região metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IMOS, 2006. 193 p.

MERTENS, F.H. Cost control in open pit x simulations for optimizing production costs. In: SME ANNUAL MEETING, 1990, Salt Lake City/Utah. **Trabalhos...** Littleton/Colorado, 1990. 13p.

MEYER, D. A.; ZELNAK JR, S. P. Z. Structure and Economics. In: BARKSDALE, R. D. (edited). **The Aggregate Handbook**. Arlington, Va: National Stone, Sand and Gravel Association, 2001. cap 2, p. 2.1-2.18.

MILANI, E. J. ; FACCINI, U. F. ; SCHERER, C. M. ; ARAÚJO L. M. ; CUPERTINO, J. A. **Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil**. [São Paulo]: USP, 1998. v.29, p.125-173. Boletim IG USP, Série Científica.

NELSON, M. G. Mine Economics, Management, and Law. In: DARLING, P. (edited). **SME Mining Engineering Handbook**. 3rd Ed. [S. l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2011. cap. 5.1, p. 297-307.

NOER, R.. **Mina uma questão de economia**. Porto Alegre: Ed. Universidade – UFRGS, 1984. 61p.

OLIVEIRA NETO, R.; PETTER, C. O. A abordagem da economia ambiental no contexto da mineração. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 58(1), p. 71-75. jan-mar. 2005

O'HARA, T. A.; SUBOLESKI, S. C. Costs and cost estimation. In: HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2nd. ed. [S.l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992. v. 1, chapter. 6.3, p. 405-424.

PENNA, P. C. V. **A produção brasileira de agregados para a construção civil**. Folha de São Paulo. 2010. Disponível em <[www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1509201018.htm](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1509201018.htm)> Acessado em: 20 dezembro de 2011.

PORTER, S. **DATAMINE: Manual Introdutório para Planejamento – Studio 3**; Somerset/England: Datamine Corporate Limited, 2005. 95 p.

PRENTICE, J. E. **Geology of Construction Materials: Topics in the Earth Sciences**. [S. l.]: Chapman and Hall ed., 1990. n° 4, 202 p.

SCLIAR, C. (Coord.) **Plano Nacional de Mineração 2030**. Brasília: MME - Ministério de Minas e Energia., 2010. 170 f.

SHERPA. **Manual. Sherpa Cost Estimating Mines – Version 3.10**. Spokane/Washington. Aventurine Mine Cost Engineering, 2010. 80 p.

SMITH, L.J. Marketplace. In: BARKSDALE, R. D. (edited). **The Aggregate Handbook**. Arlington, Va: National Stone, Sand and Gravel Association, 2001. cap. 9, p. 9.1-9.40.

SMITH, M. R.; COLLIS, L. **Aggregates: Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes**. 3rd edition. London: The Geological Society publ., 2001. 339 p.

STEBBINS, S. A.; LEINART, J. B. Cost Estimating for Surface Mines. In: DARLING, P. (edited). **SME Mining Engineering Handbook**. 3rd Ed. [S. l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2011. cap. 4.9, p. 281-293.

TILTON, J. E. Economics of the Mineral Industries. In: HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2nd. ed. [S.l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992. v. 1, chapter. 2.1, p. 47-62.

UEPG - European Aggregates Association. **Statistics**. Disponível em: <<http://www.uepg.eu>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2013.

USGS - United States Geological Survey. **Mineral Resources Program**. Disponível em: <<http://www.usgs.gov>>. Acesso em 20/03/2013.

VALVERDE, F.M.; TSUCHIYA, O. Y. **Importância estratégica dos agregados para a construção civil**. Brasília: 2008. Disponível em: <<http://artisanalmining.org/casm/sites/artisanalmining.org/files/publication/Fernando%20ValverdeSimexmin.pdf>> Acesso em: 08 de setembro de 2012.

WHITE, I.C. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM, 1988. Parte I; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar)

WHITTLE, D. Open-Pit Planning and Design. In: DARLING, P. (edited). **SME Mining Engineering Handbook**. 3rd Ed. [S. l.]: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2011. cap. 10.2, p. 877-901.