

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,**  
**METALÚRGICA E DE MATERIAIS – PPGE3M**

Modelo de Estimativa de Custos Operacionais e de Capital em Projetos de Mineração em  
Fase Conceitual Baseado no Modelo de O'Hara

Rafael Freitas D'Arrigo

Porto Alegre, Setembro de 2012.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,**  
**METALÚRGICA E DE MATERIAIS – PPGE3M**

Modelo de Estimativa de Custos Operacionais e de Capital em Projetos de Mineração em  
Fase Conceitual Baseado no Modelo de O'Hara

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Rafael Freitas D'Arrigo

Orientador: Prof. Dr. Carlos Otávio Petter

Porto Alegre, Setembro de 2012

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Carlos Otávio Petter, pela orientação, ajuda e confiança.

Ao PROEX (Programa de Excelência Acadêmica) pela bolsa de Mestrado.

Aos colegas e professores do Departamento de Engenharia de Minas da UFRGS.

## RESUMO

Existem muitos métodos para estimar custos, e por causa dessa ausência de um método padronizado os avaliadores são obrigados a fazer o que podem para alcançar um resultado satisfatório. Um desses métodos é o Método Paramétrico, onde os custos são derivados de algoritmos gerais (ou curvas) de parametrização. Utilizando esse método, T. Alan O'Hara desenvolveu modelos matemáticos para estimativa de custos em mineração em 1980. O modelo de O'Hara, assim como outros modelos existentes, é baseado em economias estrangeiras. Não existe nenhum modelo de custos conhecido levando-se em conta somente dados brasileiros, por isso desenvolveu-se métodos para criar um fator de ajuste ao se considerar o conjunto de dificuldades estruturais, burocráticas e econômicas que encarecem o investimento no Brasil como a carga tributária alta e os altos custos trabalhistas. Este trabalho baseou-se nos modelos matemáticos de O'Hara para recompilar um modelo de estimativa de custos em projetos de mineração em forma de um software denominado MAFMINE voltado para o mercado brasileiro e chegou-se a resultados interessantes para projetos em fase de estudo conceitual.

## **ABSTRACT**

There are many methods for estimating costs, and because of this absence of a standard method, evaluators are required to do what they can to achieve a satisfactory result. One of these methods is the Parametric Method, where costs are derived from general algorithms (or curves). Using this method, T. Alan O'Hara developed mathematical models to estimate costs in mining in 1980. The O'Hara Model, as well as other existing models, is based on foreign economies. There is no cost model using or based in Brazilian data, so because of this was developed methods to create an adjustment factor when considering all the structural, bureaucratic and economic difficulties that makes investments in Brazil more expensive. Thus, this work was based on O'Hara's mathematical models to develop a model to estimate costs in mining projects in Brazil. The result was a cost estimating software called MAFMINE, which came up with interesting results for projects in conceptual phase.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	ESTIMATIVA DE CUSTOS .....	9
1.2	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS .....	11
1.2.1	METODOLOGIA DE ANÁLISE .....	12
1.3	INCERTEZAS ECONÔMICAS .....	14
1.4	FASES DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO .....	17
2.	OBJETIVO .....	20
3.	FATORES DE ESTUDO EM UMA ANÁLISE ECONÔMICA.....	21
3.1	INFORMAÇÃO SOBRE O DEPÓSITO.....	21
3.2	INFORMAÇÃO SOBRE ECONOMIA GERAL DO PROJETO .....	22
3.3	SELEÇÃO DO MÉTODO DE LAVRA .....	24
3.4	MÉTODOS DE PROCESSAMENTO.....	24
3.5	ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE CAPITAL E OPERAÇÃO .....	25
3.5.1	CUSTOS DE CAPITAL.....	25
3.5.2	CUSTOS OPERACIONAIS .....	26
3.6	ANÁLISE ECONÔMICA .....	26
4.	CUSTOS OPERACIONAIS E DE CAPITAL.....	28
4.1	CUSTOS DE CAPITAL.....	28
4.1.1	COMO JULGAR OS RESULTADOS.....	28
4.2	CUSTOS OPERACIONAIS.....	29
4.2.1	CUSTOS DIRETOS.....	30
4.2.2	CUSTOS INDIRETOS .....	31
4.2.3	CUSTOS GERAIS.....	31

5.	O MODELO DE O'HARA.....	32
5.1	ANÁLISE DO MODELO .....	32
5.1.1	CUSTOS DE CAPITAL.....	32
5.1.2	ESTIMATIVA DO EFETIVO .....	48
5.1.3	ESTIMATIVA DE CUSTOS OPERACIONAIS.....	51
6.	CUSTOS AMBIENTAIS.....	57
7.	INDEXAÇÃO DE PREÇOS.....	60
7.1	INDEXADOR $F\alpha$ : PPI (PRODUCER PRICE INDEX).....	60
7.2	PPA (PARIDADE DO PODER AQUISITIVO).....	63
7.3	INDEXADOR $F\beta$ : BIG MAC INDEX .....	64
8.	ANÁLISE DE RISCO .....	67
8.1	CARACTERÍSTICAS DO RISCO.....	68
8.2	AVALIANDO E QUANTIFICANDO O RISCO.....	69
8.3	DESCREVENDO O RISCO ATRAVÉS DE UMA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE.....	69
9.	ADAPTAÇÃO DO MODELO EM UM SOFTWARE DE COMPUTADOR .....	71
9.1	ARQUITETURA DE SOFTWARE .....	71
9.1.1	ESPECIFICAÇÕES DO SERVIDOR .....	71
9.2	COMPUTAÇÃO EM NUVEM (CLOUD COMPUTING).....	74
9.2.1	VANTAGENS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM .....	76
9.2.2	SOFTWARE COMO SERVIÇO (SaaS).....	77
9.3	FUNÇÕES.....	78
10.	VALIDAÇÃO .....	79
11.	CONCLUSÃO.....	85
12.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Hustrulid e Kuchta (1995), uma das mais importantes definições estudadas nos cursos de mineração é a do que é minério. Em 1967, segundo a *U.S. Bureau of Mines* (USBM), a definição de minério era:

Minério: Um mineral metálico, ou um agregado de materiais metálicos, mais ou menos misturados com uma ganga que do ponto de vista do minerador pode ser minerado com lucro e do ponto de vista do metalurgista pode ser tratado com lucro.

Ao passar dos anos, o uso da palavra minério foi se expandindo, e começou a ser usado também em minerais não-metálicos. Segundo Banfield (1972) apud Hustrulid e Kuchta (1995), a definição de minério seria:

Minério: Uma agregação natural de minerais sólidos, onde um ou mais minerais podem ser minerados ou resultar em produto mineral gerando lucro.

Hoje em dia, resumimos a definição de minério para um conceito chave que é: extração gerando lucro. Para engenheiros, o lucro pode ser expresso numa simples equação:

$$\textit{Lucro} = \textit{Receita} - \textit{Custo}$$

A porção da receita na equação pode ser escrita como:

$$\textit{Receita} = \textit{Quantidade de Material Vendido} \times \textit{Preço Unitário}$$

Já, a porção do Custo pode ser escrita dessa forma:

$$\textit{Custo} = \textit{Quantidade de Material Vendido} \times \textit{Custo Unitário}$$

Portanto, combinando as equações temos:

$$\textit{Lucro} = \textit{Quantidade de Material Vendido} \times (\textit{Preço Unitário} - \textit{Custo Unitário})$$

Mas não foi somente a definição de minério que mudou ao longo do tempo. O mercado vem mudando, as demandas também. Os minerais usados pela população



moderna se originam em depósitos cada vez mais escassos no globo e o preço dos produtos flutuam seguindo oferta e demanda de nível global. Portanto, segundo Hustrulid e Kuchta (1995), a componente Preço Unitário da fórmula é cada vez mais ajustada pelos outros, sobrando para os engenheiros tentar minimizar a componente Custo Unitário. Redução de custos, eficiência, segurança e o uso responsável do meio-ambiente são itens cada vez mais importantes. A indústria já aceitou o fato que cada vez mais a grande maioria do minério do mundo vem de depósitos de baixo teor, enormes, com alta tonelagem e operações ultramecanizadas. Esse caminho, segundo Darling (2011) já é visível com gigantes operações de longwall para carvão, gigantescos depósitos a céu aberto para cobre (e às vezes ouro) e a mineração de jazidas hoje, que há 50 anos eram consideradas interessantes, porém economicamente inviáveis do ponto de vista da extração.

Segundo (Ibid.), as pequenas operações sempre terão seu espaço, mas a tendência mundial é de cavas massivas com alta tonelagem e automação mecânica cada vez mais tecnológica.

## **1.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS**

Segundo Stebbins (2009), estimativa de custos na mineração é muitas vezes referida como uma arte e infelizmente essa definição acaba afugentando alguns aspirantes a avaliadores por causa da sua compreensível concepção errada.

Estimativa de custos, assim como qualquer processo de previsão, requer que o avaliador vislumbre e quantifique eventos futuros – em outras palavras requer que o avaliador seja criativo. Felizmente, na mineração, grande parte das estimativas que devem ser feitas no projeto são de valores mensuráveis, como a configuração do depósito.

Segundo (Ibid.), atualmente a estimativa de custos na mineração é um processo de harmonização de valores obtidos a partir de cálculos simples de engenharia com dados

de custos. Processo bem facilitado nos últimos anos pelos bancos de dados computacionais e pela forma de ler os dados cada vez mais dinâmicos.

Existem muitos métodos de estimar custos. Por causa da ausência de um método padronizado, os avaliadores são obrigados a fazer o que podem, com isso todos usam um método um pouco diferente do outro. Um método padrão que engloba qualquer situação é muito difícil de desenvolver, haja vista que cada mina é única e as condições podem ser muito particulares e variáveis. Um desses métodos é o Método Paramétrico, onde os custos são derivados de algoritmos gerais (ou curvas), em sua maioria, na forma seguinte:

$$Custo = x(algo)^y$$

O parâmetro *algo* nesses algoritmos pode ser quase tudo, mas em sua maioria é a taxa de produção. O  $x$  e o  $y$  são valores derivados de avaliações estatísticas de dados de custos conhecidos ou estimados. O *U.S. Bureau of Mines Cost Estimating System*, também conhecido como CES (USBM, 1987), o Modelo de O'Hara (1980) e o Modelo de Mular (1982) podem ser considerados métodos paramétricos.

Outro exemplo de método generalizado é o chamado, em inglês, *factored approach*. Normalmente com essa técnica, um custo primário (como o custo de compra de equipamentos) é submetido a uma série de fatores para estimar outros custos pertencentes ao projeto, segundo Vilbrandt e Dryden (1959). Segundo Stebbins (2009), esse tipo de método caiu em desuso porque é considerado muito genérico.

Avaliadores de estimativa de custos também contam com uma abordagem de comparação. Usando este método, segundo Schumacher e Stebbins (1995), as estimativas são baseadas em outros projetos similares e são feitos ajustes também usando um sistema de fatores, para alcançar as diferenças do projeto.

Para auxiliar na fase inicial de projeto - também chamada de fase conceitual ou fase indicativa - existem diversos trabalhos publicados baseados em fórmulas empíricas, com base em estatísticas de operações reais, em sua maioria na forma de tabelas, gráficos ou fórmulas para a tarefa de estabelecer valores de compra e custos operacionais para equipamentos, instalações e serviços, dimensionamento de equipamentos e

instalações, bem como a estimativa de seus custos. Normalmente elas definem custos de aquisição e operacionais de acordo com o tipo e tamanho dos equipamentos ou instalações previamente determinados de forma rápida. São definidas na literatura técnica como *quick evaluations*. Alguns exemplos: Mine and Mill Equipment Costs – An Estimator’s Guide, Western Mine Engineering Inc. (1995); Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Costs Estimations, The Canadian Institute of Mine and Metallurgy (1972); Cost Estimation Handbook for Australian Mining Industry, The Australian Institute of Mine and Metallurgy (1993); Handbook on the Estimation of Metallurgical Process Costs (1996).

Além desses, segundo Carriconde (2010), alguns softwares foram desenvolvidos com a mesma finalidade de auxiliar nas tarefas de dimensionamento de equipamentos e instalações, determinação das necessidades de mão de obra, energia e suprimentos, estimativa de custos e análise financeira. Exemplos:

MAFMO - Modele d’Analyse Financière sur Micro-Ordinateur, baseado no modelamento desenvolvido por O’Hara (1980) efetua o cálculo probabilístico da rentabilidade de um projeto e fornece uma distribuição de valores prováveis para os indicadores de rentabilidade.

SHERPA - Sherpa for Surface Mines ajuda a estimar os custos de uma mina a céu aberto. O Sherpa combina procedimentos de estimativa baseados na engenharia com dados de custo da Western Mine Engineering, Inc. para determinar o custo de investimento e operação associados ao desenvolvimento da mina e da operação.

APEX - Determina parâmetros para análise econômica de projetos mineiros: Valor Presente Líquido (VPL), Período de Payback, Taxa Interna de Retorno (TIR), Ponto de Equilíbrio, Análises de Risco e Sensibilidade.

## **1.2 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS**

Os diferentes métodos utilizados para as fases de um projeto de mineração se adaptam à necessidade crescente de precisão, desde uma ocorrência ou mineralização (anomalia) até a jazida lavrável. Os dados necessários tornam-se cada vez mais numerosos e devem ser mais e mais precisos à medida que a decisão de colocar o projeto em execução se aproxima.

Mineração é um negócio de risco, ou melhor, de alto risco. Para exemplificar, em pesquisa realizada no Canadá, nos últimos 25 anos, 2.118 mineralizações ou ocorrências julgadas interessantes foram encontradas e levadas a primeira análise. Destas, 40 geraram estudos de viabilidade econômica positivos. Destas 40, somente sete tornaram-se minas ou empreendimentos lucrativos.

O investidor em mineração cerca-se cada vez mais de informações para a tomada de decisão, e não poderia ser diferente.

### **1.2.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE**

Proposta por Gentry e Hrebar (1976) e considerada internacionalmente como esqueleto de um estudo de avaliação, a metodologia de análise de um projeto contempla seis itens principais para realização do estudo proposto, sendo:

#### **Informação sobre o depósito**

Neste item é abordada a geologia, geometria e a geografia das áreas ou jazidas objetos do estudo; citando também os programas de pesquisa geológica em desenvolvimento e histórico da área em estudo.

#### **Informação sobre economia geral do projeto**

Neste item trata-se do mercado para colocação do produto, transporte, utilidades e mão-de-obra, área e direitos sobre minerais, e considerações de governo como taxação, legislação mineira, passando pela questão ambiental.

### **Seleção do método de mineração**

Neste item são abordados parâmetros físicos do minério e rocha estéril, geometria da lavra e uniformidade, seletividade, escala de produção e necessidade de capital vs. disponibilidade.

### **Métodos de processamento**

Neste item são abordadas propriedades metalúrgica, química e física do minério; processos alternativos, gerando fluxogramas e recuperação do processo, escala de produção, qualidade da produção vs. especificações.

### **Estimação dos custos de capital e operação**

Neste item são estimados todos os custos operacionais e de capital para pesquisa geológica e estudos de engenharia, lavra e processamento mineral, administrativos e serviços, além de taxas sobre vendas.

### **Análise econômica**

Neste item é feita uma abordagem do projeto através do uso de parâmetros e indicadores e do método do fluxo de caixa descontado para análise econômica do

projeto. Após é feito o estudo de sensibilidade onde são montados cenários para variáveis da mina como: preço do produto, custo de capital e operação, escala de produção, etc.

### 1.3 INCERTEZAS ECONÔMICAS

O primeiro trimestre de 2008 viu uma série de desastres econômicos globais que combinados iniciaram uma crise financeira que afetou virtualmente todos os setores da indústria de todos os países, independente do seu tamanho, importância e situação que se enquadrava. Segundo Darling (2011), à medida que a crise aumentava, existia uma crença que a mineração, por ser uma indústria essencial, iria escapar da crise sem grandes percalços. Porém, uma diminuição da produção da indústria em geral inevitavelmente reduziria a demanda por matéria-prima como metais, portanto foi inevitável que a indústria mineral também sofrera com o declínio financeiro.

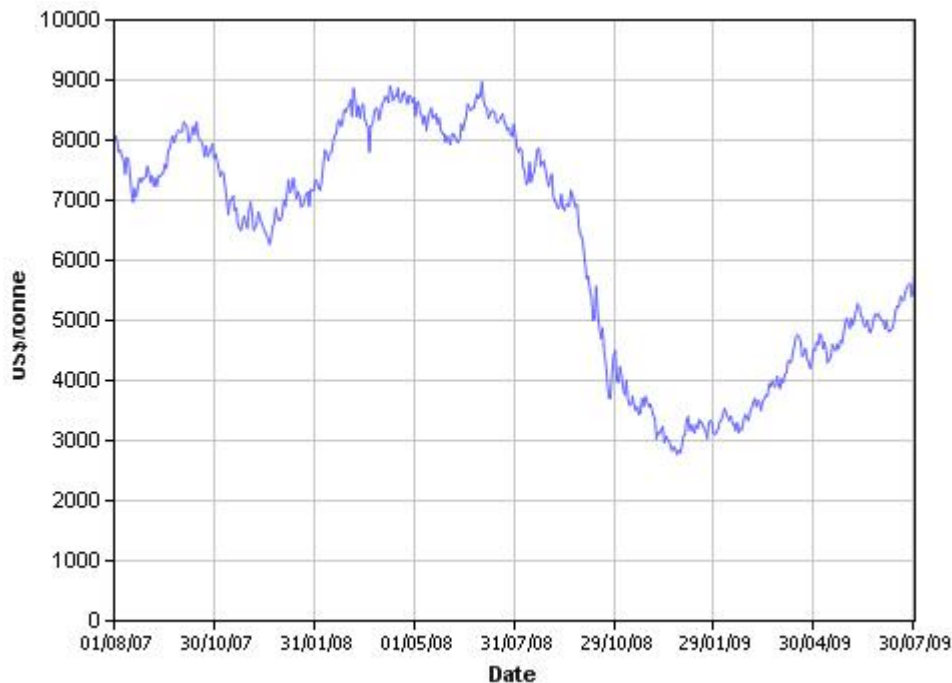


Figura 1 - Gráfico da variação do preço do Cobre durante a crise de 2008

Apesar da grande crise, a indústria mineral se comportou bem e parece estar retornando para o patamar que estava no momento pré-crise.

O caso da crise de 2008 pode ser tomado como exemplo de como pode ser difícil a vida de quem trabalha com previsões. E previsões de custo mais ainda.

Usando um caso hipotético de uma mina de cobre, nenhuma previsão poderia imaginar que o minério principal da mina, fonte primária de receita, desvalorizaria 60% em um período de seis meses.



Figura 2 - Gráfico da variação do preço do Cobre antes e depois da crise de 2008

Os preços do mercado à vista de commodities dificilmente podem ser usados na avaliação de projetos já que anos podem se passar até a produção efetiva do minério. Em tempos de preços altos muitos depósitos podem ser julgados economicamente viáveis, enquanto numa baixa, mesmo minas grandes e eficientes podem operar no negativo.

A tarefa de achar um preço sensato ou razoável, no ponto de vista de previsões futuras, é muito difícil e a chance dessa previsão estar errada no fim é muito grande.

Segundo Wellmer, Dalheimer e Wagner (2007), em termos de regra, a mais básica é olhar para o histórico de preços da commodity. O cuidado com a moeda da cotação também é essencial, pois muitas vezes o mercado de câmbio influencia nas cotações. Os preços médios históricos devem ser calculados levando-se em conta a inflação do período, para isso usam-se índices de correção. Alguns índices bastante usados são os PPI (Producer Price Index) e CPI (Consumer Price Index).

Alguns analistas fazem uso de gráficos e indicadores para se orientarem no mercado financeiro. Através destas ferramentas, é possível identificar tendências e as reversões dessas tendências.

Dentre vários tipos de indicadores, o indicador média móvel é um dos mais utilizados. O indicador utiliza uma média dos preços de um determinado ativo, metal ou commodity, em um determinado período de tempo e aplica esta informação num gráfico.

Na Figura 3 mostra-se o comportamento da média móvel (a linha centralizada) em um gráfico de preço do metal ouro de 2009 até julho de 2012. A média móvel é um indicador que suaviza a tendência de preço, elas podem tanto mostrar uma tendência e confirmá-la, como sinalizar uma possível reversão através da identificação de fortes movimentos de compra ou venda do mercado.



Figura 3 – Gráfico semanal do Ouro de 2009 a 2012



## 1.4 FASES DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO

Os primeiros estudos de viabilidade para algum projeto de mineração são iniciados após a determinação das reservas interessantes de minério. Os estudos tem a finalidade de mostrar se o investimento em detalhamento geológico, planejamento de layout da mina, estudos metalúrgicos e outras atividades podem valer a pena.

Segundo Carriconde (2010), tratando-se de estudos preliminares, algumas características certamente não estarão suficientemente detalhadas para definir com segurança o layout da mina, a rota de processo, a qualidade do produto final e outras informações para o desenvolvimento de projetos definitivos. Então, esses fatores serão respaldados pela experiência e perícia dos engenheiros que conduzem o estudo.

Alguns autores, fundamentados em dados práticos, costumam atribuir níveis de precisão a cada uma dessas fases de estudo e avaliação. Em geral, os nomes atribuídos a cada fase, indicam o nível de precisão a ser atingido, entretanto, termos iguais ou semelhantes podem corresponder, dependendo do autor, a diferentes graus de conhecimento e precisão.

Existem várias proposições de sistemas ou classificação de etapas de projeto. Os autores, em geral, propõem um nível esperado de precisão nas estimativas de custos apuradas a cada etapa.

Segundo Reynolds apud Carriconde (2010), as fases do projeto ou estudos correspondem aos seguintes níveis de desenvolvimento de engenharia e precisão nos valores de investimentos:

Tabela 1 - Nível de precisão das fases de projeto segundo proposição de Reynolds

Fase do Projeto	Engenharia Concluída (%)	Nível de Precisão (%)
Conceitual	0	± 50
Pré-viabilidade	0 – 30	25 – 30
Viabilidade	30 +	10 – 15
Detalhamento	60	± 5

Note-se que, na proposição de Reynolds, o termo conceitual corresponde a uma fase muito preliminar do projeto, onde, praticamente, não existem estudos de engenharia propriamente dita, e os custos apurados refletem, apenas, a ordem de magnitude esperada. Entenda-se como engenharia, o dimensionamento, ainda que preliminar, de instalações ou equipamentos.

O mesmo termo conceitual, conforme a classificação de Frew apud Carricone (2010) corresponde a uma fase mais adiantada de avaliação, proporcionando, por isso, valores mais acurados:

Tabela 2 - Nível de precisão das fases de projeto segundo proposição de Frew

Tipo de Estimativa	Descrição	Nível de Precisão (%)
<b>Indicativa</b>	Baseada em dados empíricos de outros projetos	30
<b>Preliminar</b>	Baseada em projetos conceituais e estimativas de preços e custos	20
<b>De controle</b>	Baseada em fluxogramas, tamanho de equipamentos e arranjos conhecidos e preços orçados para equipamentos e materiais	10
<b>Definitiva</b>	Baseada em desenhos construtivos de engenharia e preços definitivos	5

Para avaliações, na fase inicial, a maioria dos autores propõem regras empíricas, algumas vezes chamadas de “regras dos polegares” (em inglês, *rules of thumbs*). Uma das mais utilizadas, segundo Mular (1982), é a regra dos seis décimos:

$$\text{Custo 1/Custo 2} = (\text{Capacidade 1/Capacidade 2})^{0,6}$$

Esta regra simples compara um investimento que se deseja avaliar, a partir de uma capacidade de produção estipulada, com outro investimento, real, conhecido, similar no tipo de operação e no ambiente físico-político, estabelecendo que: a relação entre custos (investimentos) é proporcional à potência 0,6 da relação de capacidades.

Várias outras “regras dos polegares” tem sido propostas, algumas são aplicáveis apenas a um determinado tipo de minério (multimetálico, carvão, ouro, etc.).

O passo seguinte no desenvolvimento de um projeto requer uma avaliação com maior confiabilidade, num nível de precisão acima da simples ordem de magnitude estabelecida pelos estimadores empíricos. Então, faz-se necessário recorrer a um envolvimento maior da engenharia para a elaboração de um “esboço” de mina, definindo ou presumindo o método de lavra, o tipo de tratamento mineral e seus produtos, o mercado comprador ou o destino final do concentrado, as infraestruturas industrial e social necessária, a logística de insumos e produtos, estudos e projetos ambientais, taxas e impostos, outras providências que possam acarretar despesas ou receitas significativas.

Evidencia-se que esta etapa de avaliação requer uma quantidade muito maior de informações e conhecimento técnico para definir ou assumir os parâmetros operacionais e econômicos necessários para estabelecer a melhor forma de aproveitamento da jazida nas condições econômicas, técnicas, políticas e sociais atuais e futuras.

## 2. OBJETIVO

Neste trabalho o leitor não encontrará todos os detalhes existentes em uma estimativa de custos completa de uma mina, mas o objetivo é minimizar a barreira que muitos engenheiros e geólogos sentem quando o assunto é estimativa de custos e tentar facilitar o assunto, através de um software de estimativa de custos, para estudantes e profissionais da área de mineração.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um software para uso acadêmico – denominado de MAFMINE – que funciona baseado nas fórmulas empíricas do modelo de O'Hara e é rodado através da internet no modelo computacional de nuvem (em inglês, *cloud computing*). O software serve para estimativas dos custos de projetos em fase conceitual com níveis de precisão entre 30 e 50%.

O software está disponível na internet, de forma gratuita para a comunidade acadêmica, no endereço <http://www.mafmine.com.br>.

Os resultados obtidos no software poderão ser exportados para uma planilha Excel compatível com o software @RISK desenvolvido pela Palisade Corporation. Nesse software os resultados pontuais poderão ser transformados em distribuições de probabilidades e iterados milhares de vezes resultando em *reports* dos riscos do projeto.

### **3. FATORES DE ESTUDO EM UMA ANÁLISE ECONÔMICA**

Segundo Gentry e O'Neil (1984), os fatores considerados em estudos de viabilidade econômica de Projetos Mineiros são os seguintes:

#### **3.1 INFORMAÇÃO SOBRE O DEPÓSITO**

##### **Geologia:**

- Mineralização: tipo, teor, uniformidade;
- Estrutura geológica;
- Classes de rocha: propriedades físicas.

##### **Geometria:**

- Tamanho, forma e atitude;
- Continuidade;
- Profundidade.

##### **Geografia:**

- Localização: proximidade à cidade, entrepostos de suprimentos;
- Topografia;
- Condições climáticas;
- Condições da superfície: vegetação, córregos e riachos;
- Fronteiras políticas.

**Pesquisa geológica:**

- Histórico: distrito, propriedade;
- Programa atual;
- Reservas: tonelagem, distribuição, classificação;
- Amostragem: tipos, procedimentos;
- Programa proposto.

**3.2 INFORMAÇÃO SOBRE ECONOMIA GERAL DO PROJETO****Mercados:**

- Forma comercial do produto: concentrados, minério carregado diretamente, especificações;
- Localização dos mercados e alternativas;
- Níveis de preço esperados e tendências: oferta e demanda, níveis de custos competitivos, substituição do produto por nova fonte, tarifas.

**Transporte:**

- Acessos à área;
- Transporte do produto: métodos, distância, custos.

**Utilidades:**

- Energia elétrica: disponibilidade, localização, direito de uso (right-of-way), custos;

- Gás natural: disponibilidade, localização, custos;
- Alternativas: geração no local.

### **Área e direitos sobre minerais:**

- Proprietários: superfície, mineral, concessão, aquisição e/ou opções de arrendamento;
- Superfície necessária: local para a planta de concentração, local para bota-fora de estéril, locação da bacia de rejeitos.

### **Água:**

- Potável e processo: fontes, quantidade, qualidade, disponibilidade, custos;
- Águas da mina: quantidade, qualidade, profundidade e origem, método de drenagem, tratamento.

### **Mão-de-obra:**

- Disponibilidade e tipo: treinada, não treinada ou preparada para mineração;
- Rendimento;
- Grau de organização;
- Passado histórico do movimento trabalhista local.

### **Considerações de governo:**

- Taxação: federal, estadual, local;

- Exigências em recuperação ambiental e operação e tendências;
- Zoneamento;
- Legislação mineira proposta e pendente.

### **3.3 SELEÇÃO DO MÉTODO DE LAVRA**

#### **Parâmetros físicos:**

- Resistência mecânica: minério, estéril;
- Uniformidade: mineralização, blindagens;
- Continuidade: mineralização;
- Geologia: estruturas;
- Distúrbios na superfície: subsidência;
- Geometria.

#### **Seletividade;**

#### **Necessidades de produção:**

- Produção: variantes e fatores de interdependência;
- Desenvolvimento: métodos, quantidade, período necessário;
- Necessidade de capital vs. Disponibilidade.

### **3.4 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO**

#### **Mineralogia:**



- Propriedades do minério: metalúrgica, química, física;
- Dureza do minério.

**Processos alternativos:**

- Gerar fluxogramas, teor recuperado;
- Escala de produção.

**Qualidade da produção vs. Especificações;**

**Recuperações.**

**3.5 ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE CAPITAL E OPERAÇÃO**

**3.5.1 CUSTOS DE CAPITAL**

**Pesquisa geológica e estudos de engenharia;**

**Lavra:**

- Pré-produção ou desenvolvimento (pode também ser considerado como custo operacional);
- Preparação do local;
- Prédios da mina;
- Equipamentos de mineração.

**Planta de beneficiamento:**

- Preparação do local;
- Prédios da planta;
- Equipamentos da planta;
- Bacia de rejeitos.

**3.5.2 CUSTOS OPERACIONAIS****Lavra:**

- Mão-de-obra;
- Manutenção e suprimentos;
- Desenvolvimento.

**Planta de beneficiamento:**

- Mão-de-obra;
- Manutenção e suprimentos.

**Administrativos e de supervisão, serviços e taxas sobre vendas.**

**3.6 ANÁLISE ECONÔMICA**

**Parâmetros, componentes e indicadores para análise econômica de um projeto:**

- Investimento inicial;
- Reinvestimento;
- Depreciação;
- Taxa de atualização;
- Taxa de juros;
- Imposto de renda;
- Empréstimo;
- Período de retorno do capital investido (*payback*);
- Fatores *breakeven price* e *cash breakeven price*;
- Intensidade de capital;
- Margem;
- Taxa de retorno do projeto;
- Valor presente líquido;
- Fluxos de caixa.

**Estudo de sensibilidade:**

- Montagem de cenários para: Variáveis da Mina vs. Valor Presente Líquido;
- Análises de Risco.

## **4. CUSTOS OPERACIONAIS E DE CAPITAL**

### **4.1 CUSTOS DE CAPITAL**

Segundo Duchene (1993), pode-se estimar os investimentos de um projeto através da analogia com as instalações existentes, através de cotações (na etapa do estudo de viabilidade) e através do modelamento das principais atividades em função dos parâmetros mais adequados (na etapa de pré-viabilidade).

Alguns parâmetros essenciais para avaliação da maioria dos itens de investimento – pelo menos em ordem de grandeza – são listados a seguir:

- A produção diária de minério bruto para a mina subterrânea e para a usina.
- A produção diária de minério + estéril para a mina a céu aberto.
- A tonelagem (ou o volume) de descobertura pré-lavra para a mina a céu aberto.
- A seção e a profundidade dos poços.
- A dimensão das carregadeiras e caminhões para a mina à céu aberto.
- A dimensão dos *stopes* para os equipamentos da mina subterrânea.
- Índice de moabilidade (índice de Bond) para a britagem e moagem.
- Produtividade média para os efetivos (função direta do grau de mecanização).
- Os tipos de equipamentos objetivando o consumo de energia.

#### **4.1.1 COMO JULGAR OS RESULTADOS**

A aplicação de um modelo e/ou a utilização de dados parciais a partir de exemplos conhecidos permitem estabelecer uma estimativa coerente com a ordem de grandeza de um investimento. A estimativa pode ser em forma do investimento unitário (investimento total dividido pela capacidade diária em toneladas de minério) ou a intensidade de capital (investimento total dividido pelo faturamento bruto anual).

Diversas publicações e estudos mostram que os valores de investimento unitário, em comparação com outros projetos, são mais altos para uma mina onde a infraestrutura de acesso, do transporte de concentrados e de alojamento de pessoal tomam uma parte preponderante do capital (até 60% do total). No caso mais geral de investimento unitário realizado num contexto não isolado, isto é, lugares não remotos, o investimento unitário se torna muito mais baixo.

O volume de capital das operações de mineração é elevado. Em geral as somas a investir antes da produção nominal representam três anos de *turnover*, valor que se encontra em toda indústria dita “pesada”: siderúrgica, metalúrgica e química.

Existe uma estrutura identificável ou bem definida no investimento mineiro. As infraestruturas gerais podem representar até 60% do investimento total (exemplo da mina Carajás). Entretanto nos casos mais frequentes essa infraestrutura será na ordem de 30% do investimento, em casos muito favoráveis pode chegar a menos de 10%.

Os equipamentos de lavra não atingem 20% dentro dos grandes projetos. Eles podem, entretanto representar 30 a 40% do investimento para uma mina pequena a céu-aberto.

A usina representa uma parte muito variável segundo a complexidade do processo e do tipo de minério tratado onde 30% é um número bem razoável para um tratamento de metal básico ou para plantas muito grandes e 60% pode ser esperado para plantas de metais preciosos e de urânio explorado em minas de dimensão mediana ou pequena.

Os outros itens de investimento (serviços auxiliares, estudos e supervisão) representam frequentemente 20 a 25% do investimento total.

## **4.2 CUSTOS OPERACIONAIS**

Os custos operacionais são as despesas normalmente ligadas ao funcionamento da exploração. Podem ser classificadas em três categorias: Os custos diretos, custos indiretos e custos gerais.

Segundo Gentry e O'Neil (1984), pode-se estimar os custos de operação por analogia com outras minas, ao menos para certas operações, por modelamento de certas etapas em função de parâmetros pertinentes e aplicação desses através de coeficientes admitidos ou também através da análise detalhada do projeto.

Alguns parâmetros essenciais para a estimativa dos custos operacionais são listados a seguir:

- A produtividade do pessoal nas diferentes operações em função do equipamento utilizado, das condições da mina e da escala de produção.
- Os custos unitários de mão-de-obra (salários e encargos).
- O método de lavra para a mina.
- A rota de processo para a usina.

Esses parâmetros dão acesso aos custos diretos. Para os custos indiretos e gerais são usados percentuais dos custos diretos ou de elementos do investimento. Como:

- Manutenção e reparos: 2 a 5 % do custo de consumíveis (materiais).
- Custos indiretos: 10 a 30 % dos custos diretos
- Custos gerais: 2 % das vendas ou faturamento.

#### **4.2.1 CUSTOS DIRETOS**

Os custos diretos são ligados à quantidade produzida (ou custos variáveis).

- Mão-de-obra: pessoal de operação e manutenção, isto é, o quadro de pessoal para a produção e trabalhos associados.
- Materiais: consumíveis (energia, água, lubrificantes, explosivos, reagentes químicos para o tratamento, corpos moedores, etc.), peças de reposição.

#### **4.2.2 CUSTOS INDIRETOS**

Os custos indiretos independem da produção realizada.

- Mão-de-obra: serviços administrativos, vigilância, almoxarifado, escritórios.
- Seguros, juros, taxas, etc.
- Despesas com escritório.
- Trabalhos gerais de preparação e de pesquisa.

#### **4.2.3 CUSTOS GERAIS**

- Despesas com comercialização.
- Serviços administrativos da central.
- Serviços financeiros.
- Escritório de projetos.
- Pesquisa e desenvolvimento.

## **5. O MODELO DE O'HARA**

O modelo de O'Hara, criado por T.A. O'Hara e publicado em 1980 pelo Canadian Institute of Mining And Metalurgy Bulletin é um modelo de estimativa de custos de capital e operacionais de projetos mineiros.

Nesse modelo, o resultado da estimativa global de custos de investimento ou de custos operacionais é feita através da soma das estimativas parciais de custos. Em 1986, Antonio José Nagle revisou as fórmulas do modelo em sua tese de doutorado na L'ecole Nationale Superieure des Mines de Paris.

Segundo Carriconde (2010), para uma avaliação entre a fase conceitual e indicativa, o modelo de O'Hara mostrou boa precisão nos resultados das estimativas de custos globais.

Nas equações do modelo foi adicionado um Fator de Indexação (*Findex*) o qual será explanado no próximo capítulo.

### **5.1 ANÁLISE DO MODELO**

#### **5.1.1 CUSTOS DE CAPITAL**

As equações a seguir estão em dólares americanos de 1986.

##### **5.1.1.1 CUSTOS DE INVESTIMENTO DE MINA A CÉU ABERTO**

A estimativa de custos de minas a céu aberto é feita pela soma das estimativas parciais abaixo Nagle (1988):



**Preparação do terreno:**

Intervalo de validação: ( $Tt$ ) de  $10^3$  a  $10^5$  t/dia.

Topografia acidentada e vegetação intensa:

$$C_{11} = Findex \times 7786 \times Tt^{0,5}$$

Topografia plana e vegetação leve:

$$C_{12} = Findex \times 3114 \times Tt^{0,5}$$

Sendo  $Tt$  (t/dia) a produção de minério + estéril.

**Descobertura prévia:**

Intervalo de validação: ( $Td$ ) de  $10^4$  a  $10^7$  t.

Somente solo superficial:

$$C_{21} = Findex \times 1245 \times Td^{0,5}$$

Rocha consolidada:

$$C_{22} = Findex \times 13235 \times Td^{0,5}$$

Sendo  $Td(t)$  a quantidade de descobertura.

Análise crítica:

A estimativa do custo da descobertura prévia é feita separadamente para a descobertura por scrapers e para a descobertura com uso de explosivos. Nos dois casos as estimativas são baseadas unicamente na tonelagem de descobertura.

Segundo Nagle (1988), o custo de descobertura por scrapers pode ser estimado satisfatoriamente com um único parâmetro: a tonelagem de descobertura. Isso

porque outros fatores como extensão de estradas ou inclinação de rotas não se justifica neste nível de detalhamento do estudo.

### **Equipamentos de mineração:**

Para estimar os custos de equipamentos, primeiramente deve-se calcular os parâmetros  $P$  (capacidade da shovel da escavadeira em  $m^3$ ) e  $Np$  (número de shovels utilizadas). Esses dois parâmetros são estimados da seguinte forma:

$$P(m^3) = 0,1 \times Tt^{0,4}$$

Sendo  $Tt$  a tonelagem diária de minério+estéril. O valor de  $P$  é arredondado para utilizar as capacidades dos modelos de escavadeiras disponíveis no mercado.

$$Np = 0,0055 \times \left(\frac{1}{P}\right) \times Tt^{0,8}$$

O valor de  $Np$  é arredondado para o número inteiro seguinte.

Também devemos calcular os parâmetros  $C$  (tamanho dos caminhões em t) e  $Nc$  (número de caminhões utilizados). Esses dois parâmetros são estimados da seguinte forma:

$$C(t) = 10,76 \times P^{1,1}$$

Sendo  $P(m^3)$  a capacidade da shovel.

O valor de  $C$  é arredondado para as capacidades dos modelos de caminhões disponíveis no mercado.

$$Nc = 0,22 \times \left(\frac{1}{C}\right) \times Tt^{0,8}$$

O valor de  $Nc$  é arredondado para o número inteiro seguinte.

Sabendo os parâmetros supracitados, podemos utilizar a fórmula para a estimativa de custo desta parcial:

Intervalo de validação: ( $P$ ) de 3 a 11,5m<sup>3</sup> nas shovels e ( $C$ ) 35 a 150t nos caminhões.

Equipamento de carregamento:

$$C_{31} = Findex \times 415155 \times Np \times P^{0,73}$$

Equipamento de transporte

$$C_{32} = Findex \times 13347 \times Nc \times C^{0,85}$$

Equipamento de perfuração

$$C_{33} = Findex \times 2,33 \times C_{31} \times Tt^{-0,2}$$

Sendo  $P$ (m<sup>3</sup>) a capacidade das shovels,  $C$ (t) a capacidade dos caminhões,  $Np$  o número de escavadeiras (pás) e  $Nc$  o número de caminhões.

### **Instalações para manutenção de equipamentos:**

Intervalo de validação: ( $Tt$ ) 10<sup>3</sup> a 10<sup>5</sup> t/dia.

$$C_4 = Findex \times 229060 \times Tt^{0,3}$$

### **Energia elétrica, linhas de transmissão, água:**

Custo  $C_5$  estimado com a usina de tratamento.

### **Estudos de viabilidade:**

$$C_6 = Findex \times [4 \text{ a } 6\% \text{ de } (C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22}) + 6 \text{ a } 8\% \text{ de } (C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_4)]$$

**Supervisão do projeto, construções provisórias:**

$$C_7 = Findex \times [8 \text{ a } 10\% \text{ de } (C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22} + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_4)]$$

**Enquadramento de pré-produção:**

$$C_8 = Findex \times [4 \text{ a } 7\% \text{ de } (C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22} + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_4)]$$

**Capital de giro:**

Custo  $C_9$  estimado com a usina de tratamento.

**5.1.1.2 CUSTOS DE INVESTIMENTO DE MINA SUBTERRÂNEA**

A estimativa de custos de investimento de minas subterrâneas é feita pela soma das estimativas parciais abaixo Nagle (1988):

**Perfuração do Poço:**

Nesta parcial, a área  $A$  em  $m^2$  da secção transversal de um poço retangular calcula-se pela fórmula:

$$A(m^2) = 1,63 \times Te^{0,33}$$

Sendo  $Te$  a tonelagem extraída por dia.

E para um poço circular, o diâmetro  $Dp$  em m calcula-se pela fórmula:

$$Dp(m) = 1,60 \times Te^{0,15}$$

Com isso, usa-se para se calcular esta parcial uma das fórmulas abaixo:

Poço Retangular (Área de 12 a 30m<sup>2</sup>):

$$C_{11} = Findex \times 161175 \times A^{0,25} + 1205 \times F \times A^{0,45}$$

Sendo  $A$  (m<sup>2</sup>) a área da secção transversal.

Poço Circular (diâmetro de 4 a 6m):

$$C_{12} = Findex \times 214900 \times Dp^{0,5} + 2550 \times F \times Dp^{0,7}$$

Sendo  $Dp$  (m) o diâmetro.

Sendo  $F$  (m) a profundidade do poço.

### **Desenvolvimento:**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia

$$C_2 = Findex \times 25281 \times T \times W^{-0,8}$$

Sendo  $T$ (t/dia) a produção de minério e  $W$ (m) a largura média do *stope*.

### **Torre de Extração:**

O diâmetro  $D$  do poço de extração em mm é estimado na forma:

$$D(mm) = 25,4 \times (44 \times Te + 192 \times h^{0,5} \times Te^{0,6} + 1,61 \times h^{0,3} \times Te^{1,2})^{0,357}$$

Sendo  $h$  a profundidade de ascensão.

A potência do motor  $H$  da torre em W é estimada assim:

$$H(W) = 0,52 \times S \times (D/100)^{2,4}$$

Sendo  $S$  a velocidade de extração em m/min que é estimada pela fórmula:

$$S(m/min) = 0,92 \times h^{0,5} \times Te^{0,4}$$

A altura do torre pode ser estimada pela fórmula:

$$L(m) = 3,00 \times (D/1000) + 0,10 \times (D/1000)^3 + 1,98 \times Te^{0,33}$$

Finalmente, para o cálculo do custo desta parcial o intervalo de validação tem diâmetros  $D$  entre 1830 a 4270mm, nas fórmulas:

Equipamentos da torre:

$$C_{31} = Findex \times 1,45 \times D^{1,4} \times H^{0,2}$$

Instalação dos equipamentos:

$$C_{32} = Findex \times 11,1 \times (D/10)^{1,8}$$

Edifício:

$$C_{33} = Findex \times 11,2 \times (D/100)^{3,2}$$

Estrutura da Torre:

$$C_{34} = Findex \times 1,32 \times L^{1,8} \times (D/10)^{1,2}$$

### **Instalações de ar comprimido:**

O consumo de ar  $Q$  em m<sup>3</sup>/min é estimado na seguinte equação:

$$Q(m^3/min) = 5,92 \times Tt^{0,46}$$

Sendo  $Tt$  a tonelagem de minério + estéril movimentada por dia.

Intervalo de validação: ( $Q$ ) 56 a 340m<sup>3</sup>/min.

Compressores:

$$C_{41} = Findex \times 9500 \times Q^{0,8}$$

Instalação:

$$C_{42} = Findex \times 3146 \times Q^{0,7}$$

### **Equipamentos de mineração básicos:**

Intervalo de validação: ( $Tt$ ) 500 a 7000 t/dia.

Para  $3 < W < 15$ m:

$$C_5 = Findex \times 19805 \times W^{-0,3} \times Tt^{0,8}$$

Para  $W > 15$ m:

$$C_5 = Findex \times 45040 \times Tt^{0,6}$$

Sendo  $W$  a largura média em m do *stope*.

### **Instalações de manutenção básica:**

Intervalo de validação: ( $Tt$ ) 500 a 7000 t/dia.

$$C_6 = Findex \times 21800 \times Tt^{0,5}$$

### **Energia elétrica, linhas de transmissão, água:**

Custo  $C_7$  estimado com a usina de tratamento.

**Estudos de viabilidade:**

$$C_8 = Findex \times [4 \text{ a } 6\% \text{ de } (C_{11} + C_{12} + C_2) + 6 \text{ a } 8\% \text{ de } (C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} + C_{41} + C_{42} + C_5 + C_6)]$$

**Supervisão do projeto e construções provisórias:**

$$C_9 = Findex \times [8 \text{ a } 10\% \text{ de } (C_{11} + C_{12} + C_2 + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} + C_{41} + C_{42} + C_5 + C_6)]$$

**Enquadramento de pré-produção:**

$$C_{10} = Findex \times [4 \text{ a } 7\% \text{ de } (C_{11} + C_{12} + C_2 + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} + C_{41} + C_{42} + C_5 + C_6)]$$

**Capital de giro:**

Custo  $C_{11}$  estimado com a usina de tratamento.

### **5.1.1.3 CUSTOS DE INVESTIMENTO DA USINA DE BENEFICIAMENTO E INSTALAÇÕES DE SUPERFÍCIE**

A utilização das fórmulas desta parte requerem ajustes com certos fatores. Os valores dos fatores, em função das especificidades do projeto, são descritos abaixo Nagle (1988):



Fs = Condições do terreno

Valor	Características do projeto
1,0	Terreno plano com menos de 3m de descobertura
1,5	Terreno ligeiramente inclinado com pouco uso de explosivos
2,5	Terreno inclinado ( $\approx 15^\circ$ ) e muito uso de explosivos

Fc = Apoio das fundações

Valor	Características do projeto
1,0	Rocha sólida
1,8	Areia / Cascalho
3,5	Solo úmido

Fw = Condições climáticas

Valor	Características do projeto
1,0	Clima ameno
1,8	Clima frio com neve moderada
2,5	Clima severo com neve intensa

Fg = Condições de moagem

Valor	Características do projeto
1,0	Mineral pouco duro ( $W_i < 12$ ) e 55% -200#
1,5	Mineral moderadamente duro ( $W_i \approx 15$ ) e 70% -200#
1,8	Mineral duro ( $W_i > 17$ ) e 80% -200#

Fp = Condições de concentração

Valor	Características do projeto
1,0	Cianetação de ouro
1,2	Flotação de cobre de baixo teor

1,6	Flotação de cobre com alto teor, com recuperação de Zn
2,0	Flotação seletiva de minerais complexos (Pb/Zn/Ag ou Cu/Pb/Zn)
3,0	Ouro complexo: flotação, peneiramento, cianetação
5,0	Concentração gravimétrica

Ft = Condições de filtragem

Valor	Características do projeto
1,0	Cobre de baixo teor
1,6	Cobre com alto teor, com recuperação de Zn
2,0	Minerais complexos (Pb/Zn/Ag ou Cu/Pb/Zn)
3,0	Ouro cianetado

A estimativa de custos de investimento da usina de beneficiamento é feita pela soma das estimativas parciais abaixo Nagle (1988):

### Preparação do Terreno

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_1 = Findex \times 61083 \times T^{0,3} \times F_s$$

Sendo  $T$  a capacidade da usina em t/dia e  $F_s$  o fator de condição do terreno.

### Fundações

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_2 = Findex \times 31143 \times T^{0,5} \times F_c$$

Sendo  $F_c$  o fator de apoio das fundações.

### **Instalações de britagem, estocagem e transferência (correias transportadoras)**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_3 = F_{index} \times 70073 \times T^{0,5}$$

### **Edificações**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_4 = F_{index} \times 46715 \times T^{0,5} \times F_w$$

Sendo  $F_w$  o fator de condições climáticas.

### **Equipamentos de moagem e estocagem de finos**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_5 = F_{index} \times 12703 \times T^{0,7} \times F_g$$

Sendo  $F_g$  o fator de condições de moagem.

### **Unidade de concentração**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_6 = F_{index} \times 3970 \times T^{0,7} \times F_p$$

Sendo  $Fp$  o fator de condições de concentração.

### **Unidade de espessamento e filtragem**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

$$C_7 = Findex \times 7786 \times T^{0,5} \times Ft$$

Sendo  $Ft$  o fator de condições de filtragem.

### **Unidade de armazenamento do concentrado**

Intervalo de validação: ( $Tc$ ) 20 a 500t/dia.

$$C_8 = Findex \times 6414 \times Tc^{0,8}$$

Sendo  $Tc$  a produção de concentrado em t/dia.

### **Produção e distribuição de energia elétrica (mina/usina)**

Nesta parte, o consumo de pico de energia  $P$  em KW pode ser estimado:

Mina subterrânea + usina:

$$P(KW) = 28,9 \times T^{0,7}$$

Mina a céu aberto + usina:

$$P(KW) = 142,8 \times T^{0,5}$$

Sendo  $T$  a capacidade da usina em T/dia.

Intervalo de validação: ( $P$ ) 2000 a 30000KW

Gerador a carvão:

$$C_{91} = Findex \times 68218 \times P^{0,6}$$

Gerador a diesel:

$$C_{92} = Findex \times 6674 \times P^{0,8}$$

Subestação:

$$C_{93} = Findex \times (519 \times P^{0,8} + 55000 \times M)$$

Sistema de distribuição:

$$C_{94} = Findex \times 890 \times P^{0,8}$$

Sendo  $M$  a extensão das linhas de transmissão em m e  $P$  o consumo máximo.

### **Bacias de decantação**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

Barragem em topografia favorável:

$$C_{10} = Findex \times 12457 \times T^{0,5}$$

### **Armazenamento de água (mina/usina)**

A necessidade de água  $Q$  em  $m^3/\text{min}$  pode ser estimada:

Água limpa com fontes abundantes e facilmente acessíveis:

$$Q(m^3/\text{min}) = 0,916 \times (T/100)^{0,6}$$

Água limpa com fontes raras:

$$Q(m^3/min) = 0,191 \times (T/100)^{0,6}$$

Água reciclada quando as fontes de água são raras

$$Q(m^3/min) = 0,034 \times (T/100)^{1,1}$$

Com isso, o custo desta parcial pode ser calculado abaixo:

Intervalo de validação: ( $Q$ ) 2 a 30m<sup>3</sup>/min.

Linhas de captação de água:

$$C_{111} = Findex \times 41392 \times L \times Q^{0,9}$$

Bombeamento de água limpa:

$$C_{112} = Findex \times 86783 \times Q^{0,6}$$

Bombeamento de água suja:

$$C_{113} = Findex \times 113195 \times Q^{0,6}$$

Sendo  $L$  a extensão da linha em km e  $Q$  a necessidade de água em m<sup>3</sup>/min.

### **Serviços auxiliares**

$$C_{12} = Findex \times 11864 \times E^{0,8}$$

Sendo  $E$  o efetivo total. Para a estimativa de  $E$  consultar a parte 2.1.1.4.

### **Rotas de acesso**

Estradas:

$$C_{131} = Findex \times 185000 \times R$$

Pontes:

$$C_{132} = Findex \times 1145 \times b^{1,5}$$

Sendo  $R$  a extensão das estradas em km e  $b$  a extensão das pontes em m.

### **Cidade mineira**

Acampamento:

$$C_{141} = Findex \times 30000 \times E$$

Cidade mineira:

$$C_{142} = Findex \times 82000 \times E$$

Sendo  $E$  o efetivo total. Para a estimativa de  $E$  consultar a parte 2.1.1.4.

### **Estudos de viabilidade**

$$C_{15} = Findex \times [4 \text{ a } 6\% \text{ de } (C_1 + C_2 + C_{13}) + 6 \text{ a } 8\% \text{ de } (C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{12} + C_{14})]$$

### **Supervisão do projeto e construções provisórias**

$$C_{16} = Findex \times [8 \text{ a } 10\% \text{ da soma das partes } C_1 \text{ a } C_{14}]$$

### **Enquadramento de pré-produção**

$$C_{17} = Findex \times [4 \text{ a } 7\% \text{ da soma das partes } C_1 \text{ a } C_{14}]$$

## Capital de giro

4 meses de custos operacionais à capacidade nominal.

### 5.1.2 ESTIMATIVA DO EFETIVO

O efetivo é dividido entre mina, usina de tratamento, manutenção e serviços. O número do efetivo total é calculado somando-se os efetivos parciais seguintes Nagle (1988):

#### Mina a céu aberto

Intervalo de validação: ( $Tt$ ) 5000 a 100000t/dia.

$$E_1 = 0,504 \times Tt^{0,5} + 0,032 \times Tt^{0,7}$$

Sendo  $Tt$  a produção de minério+estéril em t/dia.

#### Mina subterrânea

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7000t/dia.

Subníveis:

$$E_{21} = 12,87 \times (T/W)^{0,5}$$

Corte e enchimento:

$$E_{22} = 3,31 \times T^{0,7}/W^{0,5}$$

Shrinkage:



$$E_{23} = 2,66 \times T^{0,7} / W^{0,5}$$

Câmaras e Pilares:

$$E_{24} = 1,30 \times T^{0,7} / Wc^{0,5}$$

Sendo  $W$  a largura média do *stope* em m,  $Wc$  a altura da câmara em m e  $T$  a produção de minério em t/dia.

### **Usina de tratamento**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7500t/dia

Tratamento de ouro:

$$E_{31} = 1,39 \times T^{0,5}$$

Metais básicos / Minerais simples com até dois subprodutos minerais recuperáveis. Ex: Cu-Mo, Cu-Ag, Cu-Zn, Pb-Ag:

$$E_{32} = 0,89 \times T^{0,5}$$

Metais básicos / Minerais complexos com mais de dois subprodutos minerais recuperáveis ou mais de um processo de separação da concentração:

$$E_{33} = 1,66 \times T^{0,5}$$

Tratamento de urânio:

$$E_{34} = 1,91 \times T^{0,5}$$

Sendo  $T$  a capacidade da usina em t/dia.

### **Manutenção eletro mecânica (mina+usina)**

Céu aberto:

$$E_{41} = 0,27 \times N$$

Subníveis com perfuração de furos longos:

$$E_{42} = 0,37 \times N$$

Corte e enchimento

$$E_{43} = 0,32 \times N$$

Câmaras não muito mecanizada

$$E_{44} = 0,26 \times N$$

Câmaras e Pilares não muito mecanizada

$$E_{45} = 0,29 \times N$$

Sendo  $N = E_1 + E_2 + E_3$ .

### **Serviços gerais**

Mina situada em região mineira

$$E_{51} = 0,055 \times M$$

Mina situada em região sem infraestrutura

$$E_{52} = 0,10 \times M$$

Sendo  $M = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$ .

### **Serviços administrativos**

$$E_6 = 0,08 \times M$$

Sendo  $M = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$ .

### 5.1.3 ESTIMATIVA DE CUSTOS OPERACIONAIS

A estimativa de custos operacionais é dividida em duas partes:

- Custos de mão-de-obra
- Custos de material de consumo

As equações de estimativa de custos de mão-de-obra tem origem na multiplicação da estimativa do efetivo com o salário diário. Portanto, a estimativa do custo de mão-de-obra dependerá do efetivo, do salário diário e da produção diária. O salário diário corresponde ao salário médio ponderado da atividade em questão. Abaixo, apresenta-se a tabela de decomposição do efetivo, tanto em mina a céu aberto, quanto em mina subterrânea. Essa decomposição serve para o cálculo do salário ponderado.

#### Decomposição do efetivo em mina a céu aberto (%)

Trabalhadores	Administrativo
82	18

#### Decomposição do efetivo em mina subterrânea (%)

	Desenvolvimento	Execução	Serviços Gerais	Manutenção	Administrativo
Subníveis	17	23	22	23	15
Corte e Enchimento	12	31	20	23	14

Shrinkage	9	31	29	18	13
Câmaras e Pilares	14	45	12	13	16

O custo de material de consumo é estimado em função da produção diária. Para as minas subterrâneas, o custo de material de consumo também leva em conta a largura do *stope*.

A seguir, apresentam-se as equações de estimativa de custos operacionais:

### **Mina a céu aberto**

Intervalo de validação: ( $Tt$ )  $10^3$  a  $10^5$  t/dia.

Estimativa de custos de mão-de-obra:

$$MO_1 = Findex \times E_1 \times Rco \times Tt^{-1}$$

Estimativa de custos de material de consumo:

$$F_1 = Findex \times 13,9 \times Tt^{-0,3}$$

Sendo  $E_1$  o efetivo da mina a céu aberto,  $Rco$  o salário médio diário em U\$/dia e  $Tt$  a produção de minério+estéril em t/dia.

### **Mina subterrânea**

Estimativa de custos de mão-de-obra:

$$MO_2 = Findex \times E_2 \times Rs \times T^{-1}$$

Estimativa de custos de material de consumo:

Subníveis:

$$F_{21} = \text{Findex} \times 45,9 \times (T \times W)^{-0,3}$$

Desmonte vertical:

$$F_{22} = \text{Findex} \times 51,3 \times (T \times W)^{-0,3}$$

Corte e enchimento:

$$F_{23} = \text{Findex} \times 31,1 \times T^{-0,2} \times W^{-0,3}$$

Shrinkage:

$$F_{24} = \text{Findex} \times 19,6 \times T^{-0,2} \times W^{-0,3}$$

Câmaras e pilares:

$$F_{25} = \text{Findex} \times 25,6 \times T^{-0,2} \times W^{-0,3}$$

Sendo  $E_2$  o efetivo da mina subterrânea,  $Rs$  o salário médio diário em U\$/dia,  $Tt$  a produção de minério+estéril em t/dia e  $W$  a largura do *stope* em m.

### **Usina de tratamento**

Intervalo de validação: ( $T$ ) 500 a 7500 t/dia.

Estimativa de custos de mão-de-obra:

$$MO_3 = \text{Findex} \times E_3 \times Ru \times T^{-1}$$

Estimativa de custos de material de consumo:

Tratamento de ouro:

$$F_{31} = \text{Findex} \times 32,1 \times T^{-0,3}$$

Metais básicos / Minerais simples:

$$F_{32} = \text{Findex} \times 27,4 \times T^{-0,3}$$

Metais básicos / Minerais complexos:

$$F_{33} = Findex \times 30,2 \times T^{-0,3}$$

Sendo  $E_3$  o efetivo da usina de tratamento,  $Ru$  o salário médio diário em U\$/dia,  $Tt$  a capacidade da usina em t/dia.

### **Manutenção**

Estimativa de custos de mão-de-obra:

$$MO_4 = Findex \times E_4 \times Re \times T^{-1}$$

Sendo  $Re$  o salário médio diário em U\$/dia.

Estimativa de custos de material de consumo:

$$F_4 = Findex \times 12,6 \times E_4$$

### **Serviços gerais**

Estimativa de custos de mão-de-obra:

$$MO_5 = Findex \times E_5 \times Rg \times T^{-1}$$

Estimativa de custos de material de consumo:

Projeto desenvolvido em região mineira:

$$F_{51} = Findex \times 17,6 \times E_5$$

Projeto desenvolvido em região sem infraestrutura:

$$F_{52} = Findex \times 29,5 \times E_5$$

Sendo  $E_5$  o efetivo de serviços gerais e  $Rg$  o salário médio diário em U\$/dia.

### Serviços administrativos

Estimativa de custos de mão-de-obra:

$$MO_6 = Findex \times E_6 \times Ra \times T^{-1}$$

Estimativa de custos de material de consumo:

$$F_6 = Findex \times 31,5 \times E_6$$

Sendo  $E_6$  o efetivo de serviços administrativos e  $Ra$  o salário médio diário em U\$/dia.

Portanto, o custo operacional total se dá por:

$$\sum (MO_i + F_i) + \text{Custos de energia elétrica}$$

### Custos de energia elétrica

A estimativa de custos de energia elétrica da mina+usina depende do modo de produção da energia:

Gerador a diesel em mina a céu aberto:

$$Ce = Findex \times 128,6 \times T^{-0,5}$$

Gerador a diesel em mina subterrânea:

$$Ce = Findex \times 26,2 \times T^{-0,3}$$

Gerador a carvão em mina a céu aberto:

$$Ce = Findex \times 90,5 \times T^{-0,5}$$

A partir das linhas de transmissão públicas em mina a céu aberto:

$$Ce = Findex \times 1780 \times T^{-0,5} \times KWH$$

A partir das linhas de transmissão públicas em mina subterrânea:

$$Ce = Findex \times 655 \times T^{-0,3} \times KWH$$

Sendo  $T$  a capacidade da usina de tratamento em t/dia e  $KWH$  o custo do KW/h na rede pública.

No caso da transmissão pública, as equações do modelo foram modificadas para que, multiplicadas pelo custo do KWH, forneçam o custo de energia por tonelada tratada.



## 6. CUSTOS AMBIENTAIS

O modelo de O'Hara foi elaborado na década de 1980. Naquela época, custos ambientais eram vistos como gasto adicional. Segundo Taveira (1997), as ações ambientais eram negligenciadas e o meio ambiente danificado. Lentamente, as questões ambientais ganharam vulto dentro das discussões da sociedade, chegando a um ponto onde os responsáveis pelas ações danificadoras do meio ambiente devem arcar com as consequências.

Para Brüseke (1995), na Rio 92, realizada em junho de 1992, na cidade do Rio de Janeiro, onde se reuniram mais de 35 mil pessoas, entre elas 106 chefes de governo, foi documentado o crescimento da consciência sobre os efeitos negativos do modelo então atual de desenvolvimento econômico, entrando no discurso de vários governos a interligação entre o desenvolvimento socioeconômico e as transformações no meio ambiente. Em decorrência desse e de outros fatos, na década de 90 algumas empresas começaram a recuperar o tempo perdido, abandonando de forma gradual as atitudes negativas com relação as questões ambientais.

Ao condicionar o poluidor a pagar pelo dano causado, ele próprio buscará meios de diminuir a poluição causada. Sendo assim, atualmente, desconsiderar a preservação do meio ambiente e conseqüentemente os custos ambientais poderá significar prejuízo ou até mesmo a falência da empresa.

Os custos ambientais, por sua vez, definidos por Ribeiro (1998), de uma maneira geral são o somatório dos gastos despendidos pela empresa relacionados direta ou indiretamente com o controle, preservação e recuperação do meio ambiente.

O custo ambiental particularizado para ao setor mineral é definido como *“a antecipação, medida em termos monetários, incorrida, ou potencialmente a incorrer, para atingir os objetivos de avaliar, reabilitar e recuperar uma área degradada por um empreendimento mineral, ou mantê-la em condições ambientais aceitáveis, através das ações de proteção, monitoramento e prevenção”*. Taveira (1997)

Como bem sabido, a mineração está entre as atividades econômicas que fazem uso intensivo dos bens naturais disponíveis na Terra. Portanto, a mineração é uma atividade que provoca grandes impactos ambientais, já que a retirada de um bem mineral da natureza implica numa série de atividades que degradam a área em questão, influenciando a qualidade do ar, da água, do solo, tanto a nível regional como local, o que, muitas vezes, pode implicar em represália por parte da sociedade.

Entretanto, apesar dos impactos causados ao meio ambiente, a mineração é uma atividade econômica importante para a humanidade e a solução não é fechar minas em nome da preservação ambiental, mas sim buscar formas de conciliar mineração e meio ambiente, utilizando entre outros meios, a economia.

Segundo OLIVEIRA NETO e PETER (2005), o setor mineral está na base da pirâmide produtiva, sendo produtor de bens, gerador de empregos diretos e indiretos. Além disto, gera divisas aos países e uma boa parcela de arrecadação de impostos a estados e municípios.

Tabela 3 – Comparação Custo Operacional x Custo Ambiental por porte de empresa

**OLIVEIRA NETO e PETER (2005)**

<b>Tipo de Mineração (Porte)</b>	<b>Custo Operacional Mensal Médio (US\$)</b>	<b>Custo Ambiental Mensal Médio (US\$)</b>	<b>Produção Mensal Média (t)</b>	<b>Custo Operacional (US\$/t)</b>	<b>Custo Ambiental (US\$/t)</b>	<b>(%) Custo Ambiental / Custo Operacional</b>
<b>Areia (Pequeno)</b>	2.270,00	800,00	2.000	1,14	0,40	35,1
<b>Pedreira (Médio)</b>	23.300,00	2.700,00	8.800	2,65	0,31	11,7
<b>Carvão (Grande)</b>	663.600,00	30.500,00	300.000	2,21	0,10	4,5

O peso das medidas ambientais (custo ambiental / custo operacional) para as diferentes empresas é mostrado na última coluna da Tabela 3. Observa-se uma

disparidade nesses percentuais, onde pequenas empresas (areia) estão com 35,1%, médias empresas estão com 11,7% e grandes empresas (carvão) estão com 4,5%. A explicação para isso está no fato de que o custo ambiental não muda na mesma proporção que a produção.

Segundo OLIVEIRA NETO e PETER (2005), o peso do custo das medidas ambientais sobre o custo operacional mínimo das empresas de mineração tem oscilado em torno dos 4%.

Baseado nos custos dessas empresas foi traçada uma curva dos custos ambientais em função da produção mensal da mina e chegou-se na equação abaixo:

$$Camb = Findex \times 0,95 \times Tt^{-0,285}$$

Sendo  $Tt$  a produção de minério+estéril em t/dia.

## 7. INDEXAÇÃO DE PREÇOS

Os modelos de estimativa de custos na mineração existentes são baseados em economias estrangeiras e não é diferente com o modelo de O'Hara. Não existe nenhum modelo de custos levando-se em conta somente dados brasileiros. Com isso, sempre que usamos os modelos estrangeiros temos que ter em mente o conjunto de dificuldades estruturais, burocráticas e econômicas que encarecem o investimento no Brasil como a carga tributária alta e os altos custos trabalhistas.

É preciso entrar em alguns detalhes sobre o mercado global para conseguir utilizar um indexador que consiga criar uma paridade entre os resultados das estimativas de custo utilizadas nesse projeto já que o modelo de O'Hara foi criado em uma base americana/canadense do início dos anos 80.

Para isso criou-se um Fator de Indexação *Findex* que foi adicionado às equações do modelo e é composto de duas grandezas. A primeira deve ser um indexador para trazer à atualidade o valor do dólar de 1986. A segunda grandeza deve estabelecer relação de paridade econômica entre países diferentes.

Portanto tem-se:

$$Findex = F\alpha \times F\beta$$

### 7.1 INDEXADOR $F\alpha$ : PPI (PRODUCER PRICE INDEX)

O indexador mais adequado neste caso é o PPI (*Producer Price Index*, em português Indexador de Preço do Produtor de commodities americanas). O PPI é feito pelo *U.S. Dept. of Labor, Bureau of Labor Statistics* e traz a média de preços recebidas pelo produtores de commodities nos Estados Unidos ao longo do tempo. Com ele tem-se uma boa relação com o dólar constante de 1986 e o dólar constante atual.

A Figura 4 mostra, em verde, o gráfico da média anual do PPI e a Tabela 4 mostra a atualização do indexador de dólar constante usando como base o ano de 1986, portanto o próprio valor da grandeza  $F\alpha$  da equação.

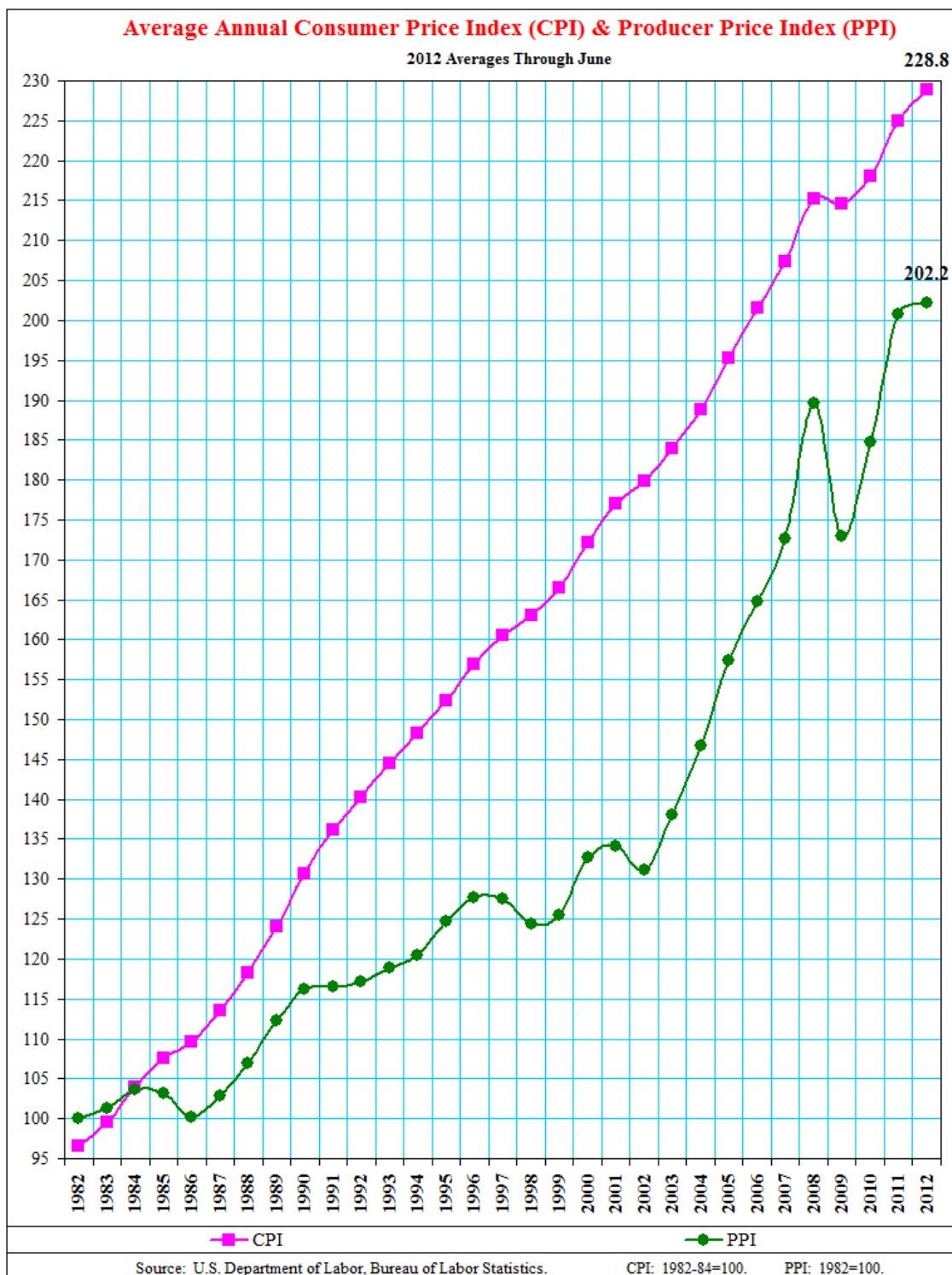


Figura 4 - Gráfico da média anual do CPI (Consumer Price Index) e do PPI (Producer Price Index)

Tabela 4 - Indexador em dólar constante de 1986 a junho de 2012

Ano Base	Índice de Correção ( $F\alpha$ )
1986	1,000
1987	1,026
1988	1,067
1989	1,120
1990	1,161
1991	1,163
1992	1,170
1993	1,187
1994	1,203
1995	1,246
1996	1,274
1997	1,273
1998	1,242
1999	1,252
2000	1,324
2001	1,339
2002	1,308
2003	1,378
2004	1,464
2005	1,571
2006	1,645
2007	1,724
2008	1,893
2009	1,727
2010	1,843
2011	2,004
2012	2,018

## 7.2 PPA (PARIDADE DO PODER AQUISITIVO)

A Paridade do Poder Aquisitivo (PPA) é um método alternativo à taxa de câmbio para se calcular o poder de compra de dois países. A PPA mede quanto é que uma determinada moeda pode comprar em termos internacionais (normalmente dólar), já que bens e serviços têm diferentes preços de um país para outro, ou seja, relaciona o poder aquisitivo de tal pessoa com o custo de vida do local, se ele consegue comprar tudo que necessita com seu salário.

A PPA é necessária porque a comparação do Produto Interno Bruto (PIB) em uma moeda comum não descreve com precisão as diferenças em prosperidade material. A PPA leva em conta tanto as diferenças de rendimentos como também as diferenças no custo de vida. Isto é complicado de mensurar porque os preços não flutuam num nível uniforme. Na verdade, a diferença nos preços dos alimentos pode ser maior que a diferença dos preços do minério. Além disso, os padrões de compra e até mesmo os bens disponíveis para compra são diferentes de país para país, portanto uma cesta constante de bens não pode ser utilizada para comparar preços em diferentes países.

Na Tabela 5, mostra-se o ranking de países ordenado pelo PIB pareado pelo poder aquisitivo, no ano de 2011.

Tabela 5 - Lista de países por PIB (Paridade do Poder Aquisitivo) em 2011 Fonte: FMI

Ranking	País	PIB (PPA) MU\$
1	 Estados Unidos	15.094.025
2	 China	11.299.967
3	 Índia	4.457.784
4	 Japão	4.440.376
5	 Alemanha	3.099.080
6	 Rússia	2.383.402
7	 Brasil	2.294.243
8	 Reino Unido	2.260.803
9	 França	2.217.900
10	 Itália	1.846.950

### 7.3 INDEXADOR $F\beta$ : BIG MAC INDEX









O *Big Max Index*, em português Indexador Big Mac foi criado por Pam Woodall da revista *The Economist* em 1986 como um guia para medir moedas no seu nível “correto”. Começou como uma ilustração semi-humorada e passou a ser publicado anualmente pela revista. O índice também foi responsável por criar o termo *burgernomics*. O Indexador Big Mac é baseado no conceito PPA (Paridade do Poder Aquisitivo) ou em inglês PPP (*Purchasing Power Parity*) que se explanou anteriormente e que traz a noção de quanto um dólar pode comprar em cada país.

O que o Indexador Big Mac faz é transformar a cesta de bens em apenas um item: um sanduíche Big Mac da cadeia de *fast-food* McDonald’s.

O Big Mac é produzido em mais de 100 países, e o princípio é que os procedimentos operacionais da cadeia são os mesmos em todos os países em operação, inclusive a margem de contribuição por produto. A Figura 5 mostra a disparidade acima ou abaixo do poder de compra do dólar americano nos países da cadeia McDonald’s.

O Indexador Big Mac, mostrado para alguns países na Tabela 6 se encaixa muito bem para ser a segunda grandeza  $F\beta$  da equação porque alguns estudos mostraram que ele é, muitas vezes, um melhor indicador de tendência dos movimentos de moedas do que alguns modelos teóricos mais rigorosos.

Tabela 6 - Indexador Big Mac (Julho de 2012)

País	Indexador Big Mac ( $F\beta$ )
 Estados Unidos	1,000
 China	0,5660
 Índia	0,3661
 Japão	0,9453
 Rússia	0,5289
 Brasil	1,1406
 Reino Unido	0,9618
 União Europeia	1,0039



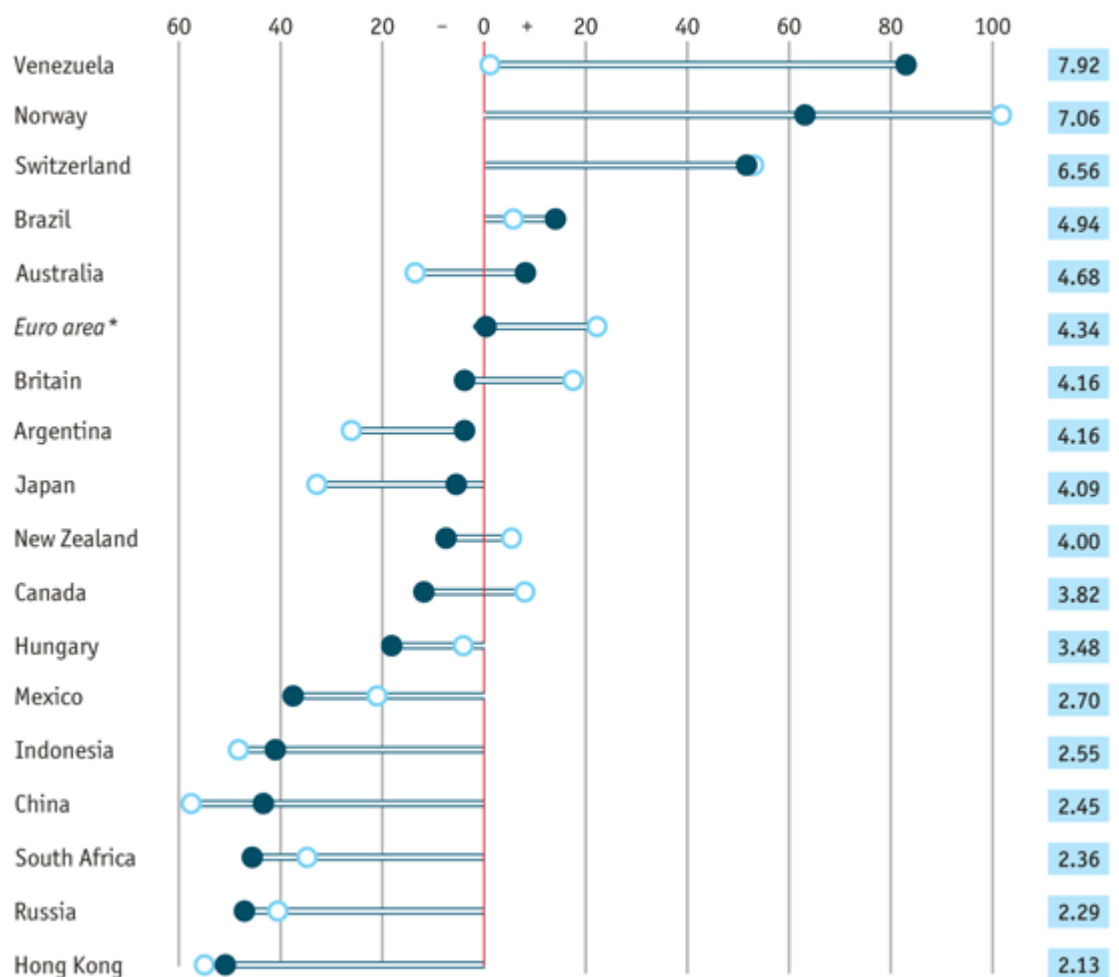
## Big Mac index

Local currency under (-)/over (+) valuation against the dollar, %

○ July 2007

● July 2012

July 2012 price, \$



Sources: McDonald's; *The Economist*

\*Weighted average of member countries

Figura 5 - Evolução do Indexador Big Mac de julho de 2007 a julho de 2012

Fontes: McDonald's e The Economist

A Figura 5 mostra que houve algumas mudanças desde antes da crise de 2008. O bolívar venezuelano saiu de 1% para 83% de sobrevalorização graças a uma inflação alta e uma estática paridade cambial com o dólar, o que está gerando um desequilíbrio na balança comercial com os Estados Unidos. O dólar australiano saiu de 14% de subvalorização para 8% de sobrevalorização. No início da crise, os bancos bem capitalizados da Austrália revelaram-se extremamente resistentes e mais recentemente, a

moeda se beneficiou de um aumento nos preços das commodities e de fortes exportações para a China. Em contrapartida, o Pound britânico está agora subvalorizado. Seu mercado financeiro está no coração do recente turbilhão europeu e seu maior mercado de exportação, a zona do euro, está em uma grande crise.

O Indexador Big Mac traz um fator de ajuste para julho de 2012 no valor de 1,1406 para o Brasil. Isso significa que o custo de produção brasileiro tem 14,06% de sobrevalorização sobre o americano. Essa sobrevalorização, dentre outras coisas, reflete o Custo Brasil. O que esse índice diz é que produzir a mesma coisa no Brasil seria 14,06% mais caro que nos Estados Unidos.

O Custo Brasil é um termo genérico, usado para descrever o conjunto de dificuldades estruturais, burocráticas e econômicas que encarecem o investimento no Brasil, dificultando o desenvolvimento nacional, aumentando o desemprego, o trabalho informal, a sonegação de impostos e a evasão de divisas. Por isso, é apontado como um conjunto de fatores que comprometem a competitividade e a eficiência da indústria nacional.

## 8. ANÁLISE DE RISCO

O risco afeta o jogador que vai jogar um dado, o explorador que irá perfurar um poço pioneiro, ou o malabarista que vai dar o primeiro passo na corda suspensa na altura. Segundo Palisade Corporation (2010), o conceito de risco vem devido ao reconhecimento da incerteza futura – nossa inabilidade de saber o que o futuro irá trazer em resposta de uma ação de hoje. O risco implica que uma dada ação possui mais que um possível resultado.

Neste sentido simples, cada ação é arriscada, desde cruzar a rua a construir uma mina. O termo é usualmente reservado, entretanto, para situações em que a faixa de resultados possíveis de uma determinada ação são de alguma forma significantes. Ações comuns como cruzar a rua não são, em geral, tão arriscadas, enquanto construir uma mina pode envolver riscos consideráveis. Em algum momento entre uma situação e outra, as ações passam de não arriscadas a arriscadas. Essa distinção, embora vaga, é importante – se uma situação é julgada arriscada, o risco se torna um critério para decidir que curso de ação se deve seguir. Nesse ponto, alguma forma de Análise de Risco se torna viável.

Os resultados das estimativas utilizando o modelo de O'Hara nos traz resultados pontuais. Ocorre, que na realidade, tais grandezas estão sujeitas a variações, devido aos riscos e incertezas nas estimativas.

O objetivo da análise de risco é enriquecer os resultados da estimativa de custos, através da distribuição de probabilidades dos retornos possíveis. Se não houvessem riscos de estimação, os resultados da estimativa de custos seriam exatos e a análise de risco não faria sentido, pois a probabilidade de ocorrer o retorno estimado seria de 100%.

Risco e incerteza são termos usados para refletir variabilidade do retorno esperado de um projeto. A diferença entre risco e incerteza está no conhecimento das probabilidades de ocorrência dos valores assumidos na análise de risco. Existe risco quando a distribuição de probabilidade é conhecida, caso contrário tem-se incerteza Souza (1994).

## 8.1 CARACTERÍSTICAS DO RISCO

O Risco deriva de nossa inabilidade de ver o futuro, e indica um grau de incerteza que é suficientemente significativa para fazer com que o percebamos. Esta vaga definição toma mais corpo entendendo algumas importantes características do risco.

Primeiramente, segundo Palisade Corporation (2010), o risco pode ser objetivo ou subjetivo. Jogar uma moeda é um risco objetivo porque as chances são bem conhecidas. Embora o resultado seja incerto, o risco objetivo pode ser descrito precisamente baseado na teoria, experimento ou senso comum. Todos os envolvidos concordam com a descrição de um risco objetivo. Já descrever as chances de chuva na próxima quinta representa um risco subjetivo. Dada a mesma informação, teoria, computadores e etc., um meteorologista A pode considerar que as chances de chuva são de 30% enquanto o meteorologista B pode pensar que as chances de chuva são de 65%. E nenhum estará errado. Descrever um risco subjetivo é aberto no sentido que você pode refinar sua avaliação com novas informações, mais estudo ou concedendo pesos às opiniões dos outros. A maioria dos riscos são subjetivos e isto possui implicações importantes para qualquer um analisando risco ou tomando decisões baseado em uma Análise de Riscos.

Em segundo lugar, decidir que algo é arriscado requer julgamento pessoal, até para riscos objetivos. Por exemplo, jogar uma moeda apostando R\$1,00. A faixa entre R\$1,00 e -R\$1,00 não será significativa para a maioria das pessoas. Mas se os valores forem R\$100.000,00 e -R\$100.000,00 a maioria das pessoas consideraria a situação bastante arriscada. Para poucos abastados, entretanto, a faixa de resultados pode não ser significativa.

Em terceiro lugar, ações arriscadas podem ser evitadas. Os indivíduos diferem na quantidade de risco que estão propensos a aceitar. Por exemplo, dois indivíduos de riqueza igual podem reagir de forma diferente, pois a preferência pessoal pelo risco é diferente.

## **8.2 AVALIANDO E QUANTIFICANDO O RISCO**

O primeiro passo na Análise e Modelagem de Risco é reconhecer a necessidade para tal. Quantificar risco significa determinar todos os possíveis valores que uma variável possa assumir e as possibilidades relativas de cada valor.

Na maior parte das situações de quantificação de risco reais deve-se estimar o risco usando a melhor informação disponível, e na maior parte das vezes envolve um julgamento subjetivo.

## **8.3 DESCREVENDO O RISCO ATRAVÉS DE UMA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE**

Após quantificar o risco pode-se resumir essa informação utilizando uma distribuição de probabilidade. Uma distribuição de probabilidade é uma forma de apresentar o risco quantificado de uma variável.

Segundo Souza (1994), a mais comum distribuição de probabilidade é a distribuição normal – a tradicional “curva do sino” como mostrada na Figura 6. A distribuição normal é uma das mais importantes distribuições da estatística, conhecida também como Distribuição de Gauss ou Gaussiana. Além de descrever uma série de fenômenos físicos e financeiros, possui grande uso na estatística inferencial.

É inteiramente descrita por seus parâmetros de média e desvio padrão, ou seja, conhecendo-se estes se consegue determinar qualquer probabilidade em uma distribuição normal.

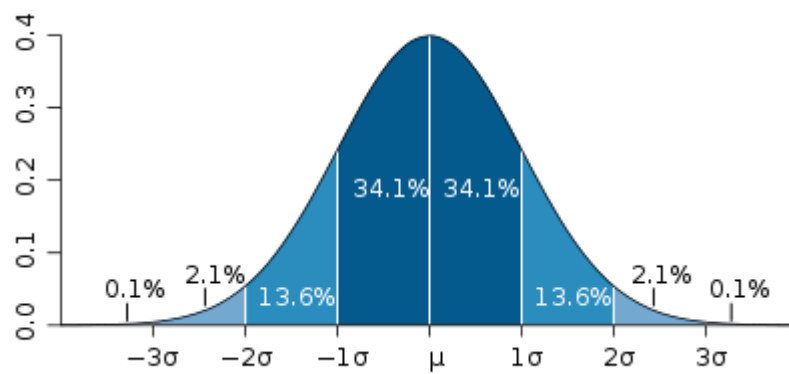


Figura 6 - Distribuição normal

Há uma larga variedade de tipos de distribuição, desde a uniforme e triangular chegando a formas complexas como a Gama e a Weibull. Todos os tipos de distribuição usam um conjunto de argumentos para especificar uma faixa de valores e uma distribuição de probabilidades.

## **9. ADAPTAÇÃO DO MODELO EM UM SOFTWARE DE COMPUTADOR**

### **9.1 ARQUITETURA DE SOFTWARE**

Para desenvolvimento do software MAFMINE se utilizará um modelo computacional chamado cliente-servidor. Segundo Clements (2003), cliente-servidor é um modelo computacional que separa clientes e servidores, sendo interligados entre si geralmente utilizando-se uma rede de computadores. Cada instância de um cliente pode enviar requisições de dado para o servidor conectado e esperar pela resposta. Por sua vez, o servidor pode aceitar tais requisições, processá-las e retornar o resultado para o cliente.

No caso do software MAFMINE a máquina servidor estará executando um ou mais programas de servidor que partilham os seus recursos com os clientes.

O cliente não compartilha de seus recursos, mas solicita o conteúdo de um servidor ou função de serviço. Os clientes, portanto, iniciam sessões de comunicação com o servidor que espera as solicitações de entrada.

Todos os dados são armazenados no servidor, que geralmente possui controles de segurança muito maior do que a maioria dos clientes. Servidores podem controlar melhor o acesso e recursos, para garantir que apenas os clientes com as permissões adequadas possam acessar e alterar dados.

#### **9.1.1 ESPECIFICAÇÕES DO SERVIDOR**

##### **Servidor Apache**

Por questões de custo, optou-se por soluções de baixo custo, sempre se utilizando a prerrogativa do software livre.

Software Livre, software de código aberto ou software aberto, segundo SABINO e KON (2009) é qualquer programa de computador cujo código-fonte deve ser disponibilizado para permitir o uso, a cópia, o estudo e a redistribuição.

Para o projeto foi escolhido o servidor Apache, que é um exemplo de software livre notável, pois é o servidor HTTP é o mais popular do mundo segundo Netcraft (2012) e, desta forma, responsável pelo processamento da maior parte das páginas disponibilizadas atualmente na Internet.

### **9.1.1.1 SISTEMA OPERACIONAL**

#### **Linux CentOS 6**

CentOS é uma distribuição Linux de classe Enterprise derivada de códigos fonte gratuitamente distribuídos pela Red Hat Enterprise Linux e mantida pelo CentOS Project.

O CentOS proporciona um grande acesso aos softwares padrão da indústria, incluindo total compatibilidade com os pacotes de softwares preparados especificamente para os sistemas da Red Hat Enterprise Linux. Isso lhe dá o mesmo nível de segurança e suporte, através de atualizações, que outras soluções Linux Enterprise, porém sem custo.

O CentOS possui uma comunidade ativa e crescente, um rápido desenvolvimento e teste de pacotes, uma extensa rede para downloads, desenvolvedores acessíveis e múltiplos canais de suporte, vantagens que justificam a escolha para este projeto.

### **9.1.1.2 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO**

#### **PHP**



CGI é um acrônimo para a expressão inglesa *Common Gateway Interface*. Consiste numa importante tecnologia que permite gerar páginas dinâmicas, permitindo a um navegador passar parâmetros para um programa alojado num servidor. Assim, designam-se por scripts CGI os pequenos programas que interpretam esses parâmetros e geram a página depois de processá-los.

O PHP é focado para ser uma linguagem de script do lado do servidor, portanto, se encaixa muito bem no projeto. Além de ser uma linguagem de programação robusta e poderosa, com PHP pode-se fazer qualquer coisa que outro programa CGI possa fazer, como coletar dados de formulários, gerar páginas com conteúdo dinâmico ou enviar e receber cookies.

Segundo PHP Documentation Group (1997-2012), é possível instalar o PHP na maioria dos sistemas operacionais, gratuitamente. Concorrente direto da tecnologia ASP pertencente à Microsoft, o PHP é utilizado em aplicações consagradas como o MediaWiki, o Facebook, o Drupal, o Joomla, o WordPress e o Magento.

O PHP possui compatibilidade com as bases de dados mais comuns, como MySQL, mSQL, Oracle, Informix, e ODBC, por exemplo. Inclui funções para o envio de correio eletrônico, upload de arquivos e uma lista interminável de utilidades adicionais.

### **9.1.1.3 BANCO DE DADOS**

#### **MySQL**

O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados que utiliza a Linguagem de Consulta Estruturada (SQL, do inglês *Structured Query Language*) como interface. É atualmente um dos bancos de dados mais populares, com mais de 10 milhões de instalações pelo mundo. MySQL (2012).

O sucesso do MySQL deve-se em grande medida à fácil integração com o PHP. O MySQL é incluído, quase que obrigatoriamente, nos pacotes de hospedagem de sites da Internet oferecidos atualmente.

Entre outras características, o MySQL prima por ter portabilidade (suporta praticamente qualquer plataforma atual), compatibilidade, excelente desempenho e estabilidade, facilidade de uso e pouca exigência de hardware e é um software livre.

## **9.2 COMPUTAÇÃO EM NUVEM (*CLOUD COMPUTING*)**

Para entender o conceito de computação em nuvem, primeiro deve-se entender o que é a computação em grid, em inglês *grid computing*. *Grid computing* é um modelo computacional capaz de alcançar uma alta taxa de processamento dividindo as tarefas entre diversas máquinas, podendo ser em rede local ou rede de longa distância, que formam uma máquina virtual. Esses processos podem ser executados no momento em que as máquinas não estão sendo utilizadas pelo usuário, assim evitando o desperdício de processamento da máquina utilizada.

O conceito de computação em nuvem (em inglês, *cloud computing*) como mostrado na Figura 7, refere-se à utilização da memória e das capacidades de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet, seguindo o princípio da computação em grid.

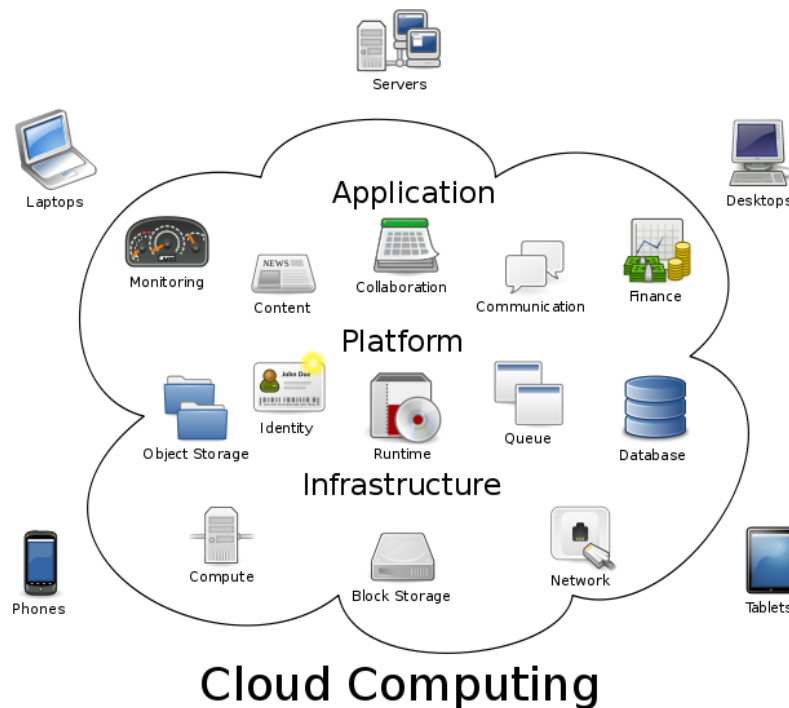


Figura 7 - Conceito de computação em nuvem

Estamos habituados a utilizar aplicações instaladas em nossos próprios computadores, assim como a armazenar arquivos e dados dos mais variados tipos neles, porém com o modelo de computação em nuvem o armazenamento de dados é feito em servidores que poderão ser acessados de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora, não havendo necessidade de instalação de programas ou de armazenar dados no computador do usuário. O acesso a programas, serviços e arquivos é remoto, através da Internet - daí a alusão à nuvem.

Num sistema operacional disponível na Internet, a partir de qualquer computador e em qualquer lugar, pode-se ter acesso a informações, arquivos e programas num sistema único, independente de plataforma. O requisito mínimo é um computador compatível com os recursos disponíveis na Internet.

A evolução constante da tecnologia computacional e das telecomunicações está fazendo com que o acesso à internet se torne cada vez mais amplo e cada vez mais rápido. Em países mais desenvolvidos, como Japão, Alemanha e Estados Unidos, é

possível ter acesso rápido à internet pagando-se muito pouco. Esta tendência cria a condição perfeita para a popularização da *cloud computing*, fazendo com que o conceito se torne conhecido no mundo todo, inclusive no Brasil.

Com a *cloud computing*, muitos aplicativos, assim como arquivos e outros dados relacionados, não precisam mais estar instalados ou armazenados no computador do usuário ou em um servidor próximo. Este conteúdo passa a ficar disponível nas nuvens, isto é, na internet. Ao fornecedor da aplicação cabe todas as tarefas de desenvolvimento, armazenamento, manutenção, atualização, backup, escalonamento, etc. O usuário não precisa se preocupar com nenhum destes aspectos, apenas com acessar e utilizar.

Um exemplo prático desta nova realidade é o Google Docs, serviço onde os usuários podem editar textos, fazer planilhas, elaborar apresentações de slides, armazenar arquivos, entre outros, tudo pela internet, sem necessidade de ter programas como Microsoft Office ou OpenOffice.org instalados em suas máquinas. O que o usuário precisa fazer é apenas abrir o navegador de internet e acessar o endereço do Google Docs para começar a trabalhar, não importando qual o sistema operacional ou o computador utilizado para este fim. Neste caso, o único cuidado que o usuário deve ter é o de utilizar um navegador de internet compatível, o que é o caso da maioria dos navegadores da atualidade.

### **9.2.1 VANTAGENS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM**

A maior vantagem da computação em nuvem é a possibilidade de utilizar softwares sem que estes estejam instalados no computador. Além disso outras vantagens são consideráveis:

Na maioria das vezes o usuário não precisa se preocupar com o sistema operacional e hardware que está usando em seu computador pessoal, podendo acessar seus dados na nuvem computacional independentemente disso;

As atualizações dos softwares são feitas de forma automática, sem necessidade de intervenção do usuário;

O trabalho corporativo e o compartilhamento de arquivos se tornam mais fáceis, uma vez que todas as informações se encontram no mesmo lugar, ou seja, na nuvem computacional;

Os softwares e os dados podem ser acessados em qualquer lugar, bastando que haja acesso à Internet, não estando mais restritos ao ambiente local de computação, nem dependendo da sincronização de mídias removíveis.

### **9.2.2 SOFTWARE COMO SERVIÇO (SaaS)**

Intimamente ligado à *cloud computing* está o conceito de Software as a Service (SaaS) ou, em português, Software como Serviço. Em sua essência, segundo Alecrim trata-se de uma forma de trabalho onde o software é oferecido como serviço, assim, o usuário não precisa adquirir licenças de uso para instalação ou mesmo comprar computadores ou servidores para executá-lo. Nesta modalidade, no máximo, paga-se um valor periódico - como se fosse uma assinatura - somente pelos recursos utilizados e/ou pelo tempo de uso.

O software de estimativa de custos MAFMINE poderá ser usado em regime SaaS. Desta forma, a empresa interessada paga um valor baixo pelo uso da aplicação. Além disso, hardware, instalação, atualização, manutenção e inclusive controle de acesso aos usuários fica por conta do fornecedor. A customização do modelo de estimativa de custos para uma empresa em específico torna-se viável neste regime. Também é importante levar em conta que o intervalo entre a contratação do serviço e o início de sua utilização é extremamente baixo, o que não aconteceria se o software tivesse que ser instalado nos computadores do cliente. Este só precisa se preocupar com o acesso ao serviço (no caso, uma conexão à internet) ou, se necessário, com a simples instalação de algum recurso mínimo, como um plug-in no navegador de internet de suas máquinas.

### 9.3 FUNÇÕES

Algumas funções presentes no software MAFMINE:

- Estimativa de Custos de Investimento
- Estimativa de Custos Operacionais
- Exportação dos Dados para Análise de Risco
- Salvar as campanhas do projeto
- Trocar o ano-base e o país das estimativas
- Imprimir relatório dos dados
- Personalização do modelo para diferentes usuários

As telas da interface do usuário para a campanha dos custos de investimento estão no ANEXO A e para a campanha dos custos operacionais no ANEXO B.

## 10. VALIDAÇÃO

Para a validação do software MAFMINE utilizou-se dois métodos de comparação.

O primeiro método rodou-se campanhas idênticas de um projeto no programa MAFMO, que usa o Modelo de O'Hara, e também no MAFMINE. No MAFMINE utilizou-se o Fator de Indexação  $Findex=1$  para que os resultados apresentados fossem representativos do dólar de 1986, como no MAFMO. O resultado com campanhas idênticas resultaram em resultados também idênticos. Com isso foi possível checar se as fórmulas estavam corretas na linguagem de programação PHP.

Na segunda comparação utilizou-se dados reais de um projeto conceitual (Tabela 7) de uma mina de Sulfeto de Cobre. Dados esses, obtidos em Carriconde (2010). Neste caso, utilizou-se no MAFMINE o ano-base 2008 do projeto, pois os dados do projeto conceitual são desse ano.

Tabela 7 - Investimentos conforme estudo conceitual segundo Carriconde (2010)

ÍTEM	CARACTERÍSTICAS	VALOR (USD)
Mina	Equipamentos	59.185.860
Decapeamento inicial	4.575.000 m <sup>3</sup>	10.982.000
Britagem		18.093.636
Moagem		19.467.865
Flotação		6.391.176
Espessamento e Filtragem		6.452.010
Subestação	15000 KVA	3.000.000
Linha A.T.	50 km	2.750.000
Captação de Água	10.000 m <sup>3</sup> / dia a 20 km	10.000.000
Reservatório de Água	50.000 m <sup>3</sup>	700.000
Reciclagem de Água	600 m <sup>3</sup> /h	2.676.000
Barragem de Rejeitos	(núcleo inicial)	1.500.000
Aquisição de Terras	120 hectares	600.000
Laboratório		600.000

Prédios Auxiliares		1.800.000
Máquinas e Ferramentas (oficinas)		900.000
Expedição	(balança, carregadores, etc)	1.200.000
EIA / RIMA		350.000
Projeto (execução e implantação)		17.483.826
Contingenciamento	10 %	16.413.237
<b>TOTAL DE INVESTIMENTOS</b>		<b>180.545.610</b>

Tabela 8 – Custos Operacionais segundo estudo conceitual

	USD/t ROM	USD/t Cu
Lavra	4,77	654,83
Britagem	2,13	292,41
Moagem	3,29	451,65
Flotação	2,34	321,24
Espessamento	0,13	17,85
Filtragem	0,77	105,71
Outros (administração e serviços de apoio.)	1,34	184,37

Para a aplicação do programa MAFMINE, os dados de entrada seguiram as seguintes premissas:

- Produção de minério diária: 12.000 t
- Produção de estéril diária: 48.000 t
- Descobertura inicial: 12.126 Mt, sendo 80% s/ uso de explosivos e 20% c/ uso de explosivos



- Condições do terreno da usina de beneficiamento: plano com menos de 3 m de descobertura.
- Apoio das fundações dos prédios: solo resistente com baixa umidade
- Características climáticas: clima tropical
- Capacidade da usina de beneficiamento: 10.224 t/dia
- Work Index - Wi = 16
- Energia elétrica de alta tensão fornecida por sistema existente localizado a 50 km de distância.
- Disponibilidade de água: considerou-se que as fontes de abastecimento de água são raras. A captação de água nova (não reciclada) estará localizada a 20 km da usina.

Na Figura 8 são mostrados os resultados da estimativa de Custos de Capital do MAFMINE. Os resultados gerais obtidos pelo aplicativo são muito semelhantes àqueles obtidos pelo estudo conceitual. O valor total de investimentos apresentado pelo MAFMINE excede em 10,85% ao do estudo conceitual.

Tabela 9 – Comparativo entre os Custos de Capital

	MAFMINE	Projeto Conceitual
<b>Mina a céu aberto</b>	94,30	84,55
<b>Usina de Beneficiamento</b>	100,68 <sup>1</sup>	93,89
<b>Infraestrutura</b>	5,15 <sup>1</sup>	2,10
<b>Total</b>	<b>200,13</b>	<b>180,54</b>

<sup>1</sup> Os valores da estimativa de Energia Elétrica e Captação de Água foram adicionados ao custo da Usina de Beneficiamento para melhor comparação, já que no Projeto Conceitual esses valores estão contidos na parte da usina.

O resultado foi interessante no ponto de vista do MAFMINE ter gerado resultados abaixo do nível de precisão de 30% admitido para uma fase conceitual.

Alguns valores individualizados sofrem um pouco mais de divergência, como a descobertura prévia e os equipamentos de lavra. São itens que devem ser aprofundados

no modelo. Pelo modelo ser antigo, itens como energia elétrica e captação de água também podem ser calibrados para uma maior precisão nos resultados.

<b>Relatório</b>		
<b>Custos de Investimento</b>		
<b>Mina a Céu Aberto</b>		
Preparação do Terreno	1.54	M U\$ (2008)
Descobertura Prévia	24.85	M U\$ (2008)
Equipamentos	40.2303	M U\$ (2008)
Instalações de Manutenção	11.7637	M U\$ (2008)
Estudos de Viabilidade	4.9587	M U\$ (2008)
Supervisão do Projeto e Construções Provisórias	7.0539	M U\$ (2008)
Enquadramento de Pré-Produção	3.9188	M U\$ (2008)
<b>Total</b>	<b>94.308</b>	<b>M U\$ (2008)</b>
<b>Usina de Beneficiamento</b>		
Preparação do Terreno	1.8448	M U\$ (2008)
Fundações	10.7299	M U\$ (2008)
Instalações de Britagem, Estocagem e Transferência	13.4126	M U\$ (2008)
Edificações	8.9416	M U\$ (2008)
Equipamentos de Moagem e Estocagem de Finos	24.6554	M U\$ (2008)
Unidade de Concentração	5.7791	M U\$ (2008)
Unidade de Espessamento e Filtragem	1.4903	M U\$ (2008)
Unidade de Armazenamento do Concentrado	0.9738	M U\$ (2008)
Bacias de Decantação	2.3844	M U\$ (2008)
Estudos de Viabilidade	5.8049	M U\$ (2008)
Supervisão do Projeto	7.8165	M U\$ (2008)
Enquadramento de Pré-Produção	4.3425	M U\$ (2008)
<b>Total</b>	<b>88.176</b>	<b>M U\$ (2008)</b>
<b>Infraestrutura</b>		
Energia Elétrica	7.2948	M U\$ (2008)
Aprisionamento de Água	5.2168	M U\$ (2008)
Serviços Auxiliares	2.7698	M U\$ (2008)
Rotas de Acesso	2.1913	M U\$ (2008)
Alojamento de Pessoal	0.2	M U\$ (2008)
<b>Total</b>	<b>17.673</b>	<b>M U\$ (2008)</b>
<b>Total</b>		
<b>Investimento Total</b>	<b>200.157</b>	<b>M U\$ (2008)</b>

Figura 8 - Relatório de Custos de Capital gerado pelo MAFMINE

Para a estimativa de Custos Operacionais, os dados de entrada de média salarial foram os mostrados na Tabela 10:

Tabela 10 – Salário diário do efetivo

	Salário (U\$ 2008/dia)
<b>Operador da Mina</b>	84,55
<b>Operador do Beneficiamento</b>	84,55
<b>Manutenção</b>	84,55
<b>Serviços Gerais</b>	56,37
<b>Administração</b>	93,95

O resultado de Custos Operacionais para o projeto no MAFMINE é mostrado a seguir na Figura 9:

Custos Operacionais		
Mina a Céu Aberto	1.2447	U\$ (2008)/t mexida
Mina Subterrânea	0	U\$ (2008)/t min
Usina de Beneficiamento	3.9953	U\$ (2008)/t tratada
Energia Elétrica (Mina+Usina)	6.6648	U\$ (2008)/t tratada
Manutenção Eletro-Mecânica	8346.93	U\$ (2008)/dia
Serviços Gerais	4151.8995	U\$ (2008)/dia
Serviços Administrativos	5453.8055	U\$ (2008)/dia

Figura 9 – Relatório de Custos Operacionais gerado pelo MAFMINE

Apresenta-se, a seguir, na Tabela 11 uma proposição de re-estruturação dos custos operacionais originados pelo MAFMINE de forma a permitir uma melhor comparação com aqueles calculados no Projeto Conceitual.

Tabela 11 – Re-estruturação dos dados para melhor comparação

	Insumos e M.O.	Energia Elétrica	Manutenção	Totais
<b>Mina</b>	1,244	+7,5% = 0,49	+60% = 0,41	2,16
<b>Usina</b>	3,99	+85% = 5,66	+35% = 0,24	9,89
<b>Outros</b>	0,83	+7,5% = 0,49	+5% = 0,03	1,37
<b>Totais</b>	6,06			13,42

Tabela 12 – Comparativo de Custos Operacionais

	VALORES (U\$ 2008)	
	Projeto Conceitual	MAFMINE
<b>1. MINA</b>	4,77	2,16
<b>2. USINA</b>	8,66	9,89
<b>3. OUTROS (Serv. Gerais, Admin.)</b>	1,34	1,37
<b>Total</b>	<b>14,77</b>	<b>13,42</b>

Os valores totais divergem em 10%. Apesar dos valores de estimativa de Custos Operacionais obtidos através dos dois procedimentos de avaliação serem próximos, o custo de lavra no MAFMINE aparenta estar abaixo dos valores reais obtidos no Brasil.

## 11. CONCLUSÃO

Modelos são baseados em parâmetros teóricos de engenharia e não representam nenhuma mina específica. Engenheiros e investidores não devem confiar plenamente em modelos para tomar decisões econômicas significantes. Um modelo de custo, por mais minucioso que seja sua preparação, é apenas uma representação de parâmetros de recursos hipotéticos que não conseguem atingir um grau de confiabilidade necessário para um investimento financeiro.

Entretanto, para Stebbins e Leinart (2011), modelos podem ser muito úteis como ferramentas de comparação e avaliação. Muitas vezes, quem está fazendo a avaliação depende dos modelos para estabelecer o teor de corte para as estimativas de reservas preliminares.

Segundo O'Hara e Suboleski (1992), para uma fase conceitual, onde a margem de acerto aceitável pode rondar entre 30-50%, modelos de estimativa de custos podem ser bem empregados, já numa fase de estudos de viabilidade, a consequência de uma estimativa imprecisa de custos de capital e operacional pode acarretar em dinheiro gasto em projetos que não serão lucrativos no futuro ou então a rejeição de projetos que podem vir a ser lucrativos. Estimativa de custos precisos é possível somente após uma quantidade substancial de atividade técnica completa.

Portanto, a precisão alcançada pelo software entre 30-50% atende a estimativas de custos em fase conceitual.

Segundo (Ibid.) as equações de custo podem servir de guia para a ordem de magnitude dos custos operacionais e de capital, mas uma estimativa de custos precisa depende de números precisos vindos do planejamento da mina, e custos unitários cotados com fornecedores ou pelo menos custos unitários de projetos similares recentes. Em geral, a estimativa precisa de custos de projeto é feita por empresas de consultoria em engenharia e empresas de gerenciamento de projeto com experiência em vários projetos similares.

O modelo computacional de nuvem proporciona uma função especial ao software MAFMINE: pode-se customizar as curvas de parametrização de forma exclusiva para empresas, ou seja, pode-se customizar o software de acordo com o banco de dados de custos da própria empresa, aumentando a acuracidade das respostas que a empresa busca. Esse foi um dos motivos para a escolha desta arquitetura de software.

O software MAFMINE tornou-se muito interessante no ponto de vista de performance. Pode ser acessível de qualquer computador com navegador padrão de internet e, utilizando-se de mais uma característica do modelo computacional de nuvem, o software pode ser automaticamente atualizado sem os usuários precisarem de instalações ou baixarem pacotes novos.

A aplicação do software nos cursos acadêmicos de mineração pode ser muito útil, pois preenche uma lacuna no que rege estimativa de custos para mineração no Brasil. Além disso, para uma empresa de médio ou grande porte que deseja priorizar algum projeto dentro de um leque de opções em fase ainda de estudo preliminar e para as empresas pequenas, as chamadas *junior companies*, que dispõem de menos recursos para fases de prospecção, é bastante interessante a sistematização, rapidez e simplicidade de um software de modelagem de custos na hora de estabelecer análise financeira a partir de estimativas das características da jazida e do minério.

É interessante frisar que o projeto continua para um posterior doutorado no mesmo tema. O projeto tem bastante potencial para evoluir de forma a desenvolver-se curvas paramétricas com custos locais para setores de mineração diferenciados (metálicos, carvão, minerais industriais), ajustar o modelo atual para condições particulares do Brasil e implementar um módulo de análise de risco com simulação de Monte Carlo e fluxo de caixa integrado ao software.

## 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALECRIM, E. O que é cloud computing. Disponível em: <<http://www.infowester.com/cloudcomputing.php>>. Acesso em: Agosto 2012.

BRÜSEKE, F. J. Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável. In: CAVALCANTI, C. **O problema do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: [s.n.], 1995. p. 29-37.

CARRICONDE, M. C. **Verificação Da Aplicabilidade Do Programa Mafmo Como Ferramenta Auxiliar Na Estimativa De Custos Para Desenvolvimento De Estudos De Viabilidade Econômica Em Projetos Conceituais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: [s.n.], 2010. Dissertação de Mestrado.

CLEMENTS, P. **Documenting Software Architectures: Views and Beyond**. Boston: [s.n.], 2003. 13-15 p.

D'ARRIGO, R. F. et al. **ESTIMATIVA PRELIMINAR DE CUSTOS DE CAPITAL E OPERACIONAL DE UMA MINA DE CARVÃO A CÉU ABERTO ATRAVÉS DO MODELO DE O'HARA**. III Congresso Brasileiro de Carvão Mineral. Gramado: [s.n.]. 2011.

DARLING, P. Mining: Ancient, Modern and Beyond. In: DARLING, P. **SME Mining Engineering Handbook**. [S.l.]: [s.n.], 2011. p. 3-10.

DUCHENE. 1993, Notas de aula.

GENTRY, D. W. **Mine valuation: technical overview**. Aime: [s.n.], 1979.

GENTRY, D. W.; HREBAR, M. J. **Procedure for Determining Economics of Small Underground Mines**. 1. ed. [S.l.]: Mineral Industries Bulletin, v. 19, 1976.

GENTRY, D. W.; O'NEIL, T. J. **Mine Investment Analysis**. [S.l.]: Society of Mining Engineers, 1984.

HUSTRULID, W.; KUCHTA, M. **Open Pit Mine Planning & Design**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1995.

INFOMINE USA. **Mine and Mill Equipment Costs: An Estimator's Guide**. Spokane: [s.n.], 2009.

MULAR, A. L. **Mining and Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimates**. Ottawa: Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1982.

MYSQL. Why MySQL? **MySQL: The world's most popular open source database**, 2012. Disponível em: <<http://www.mysql.com/why-mysql/>>. Acesso em: Agosto 2012.

NAGLE, A. J. **Aide a l'Estimation des Paramètres Economiques d'un Projet Minier dans les Etudes de Prefaisabilité**. [S.l.]: [s.n.], 1988.

NETCRAFT. Netcraft. **August 2012 Web Server Survey**, 2012. Disponível em: <<http://news.netcraft.com/archives/2012/08/02/august-2012-web-server-survey.html>>. Acesso em: Agosto 2012.

NEVES, C. V. S. D. C. **Fatores Determinantes do Risco Brasil**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2003.

O'HARA, T. A. **Quick guides to the evaluation of ore bodies**. [S.l.]: [s.n.], 1980.

O'HARA, T. A.; SUBOLESKI, S. C. Costs and cost estimation. In: HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2nd. ed. [S.l.]: [s.n.], v. 1, 1992. Cap. 6.3, p. 405-424.

OLIVEIRA NETO, R.; PETTER, C. O. A abordagem da economia ambiental no contexto da mineração. **Revista Escola de Minas**, 58, 2005. 71-75.

PALISADE CORPORATION. **Manual do Usuário @RISK**. Ithaca, NY: Palisade Corporation, 2010.

PHP DOCUMENTATION GROUP. Manual do PHP, 1997-2012. Disponível em: <[http://php.net/manual/pt\\_BR/](http://php.net/manual/pt_BR/)>. Acesso em: 2012.

RIBEIRO, M. S. **Custeio das atividades de natureza ambiental**. São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 1998.



SABINO, V.; KON, F. **Licenças de Software Livre, História e Características**. Centro de Competência em Software Livre da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

SCHUMACHER, O.; STEBBINS, S. **Other Cost Estimating Methods**. [S.l.]: [s.n.], 1995.

SOUZA, P. Á. D. **Métodos de Avaliação Econômica em Projetos de Exploração Mineral**. Campinas: [s.n.], 1994.

STEBBINS, S. A. **Sherpa Cost Estimating Software for Surface Mines**. Spokane: Aventurine Mine Cost Engineering, 2009.

STEBBINS, S. A.; LEINART, J. B. Cost Estimating for Surface Mines. In: DARLING, P. **SME Mining Engineering Handbook**. [S.l.]: [s.n.], 2011. p. 281-298.

TAVEIRA, A. L. S. **Análise quantitativa da distribuição de custos ambientais. Estudo de caso da SAMARCO Mineração S.A.** Campinas: [s.n.], 1997.

VILBRANDT, F. C.; DRYDEN, C. E. **Factored capital cost estimate guide**. [S.l.]: [s.n.], 1959.

WELLMER, F.-W.; DALHEIMER, M.; WAGNER, M. **Economic Evaluations in Exploration**. 2nd. ed. [S.l.]: Springer, 2007.

## 13. ANEXOS

### 13.1 ANEXO A

Interface do software: campanha para estimativa de custos de investimento:

#### Dados do Projeto

**Mina à céu aberto** Sim

Produção de Minério+Estéril	<input type="text"/>	t/d
Produção de Minério	<input type="text"/>	t/d
Fator de Condições do Terreno	<input type="text"/>	?
Descobertura Prévia	<input type="text"/>	Mt
Fator de Descobertura Prévia	<input type="text"/>	?

**Mina subterrânea** Sim

Produção de Minério+Estéril	<input type="text"/>	t/d
Produção de Minério	<input type="text"/>	t/d
Largura média do <i>stope</i>	<input type="text"/>	m
Tipo de Poço	Circular <input type="checkbox"/>	
Profundidade do Poço	<input type="text"/>	m
Capacidade de Extração	<input type="text"/>	t/d
Método de Lavra	Selecione... <input type="checkbox"/>	

**Usina de Beneficiamento** Sim

Capacidade de Beneficiamento	<input type="text"/>	tmin/dia
Produção de Concentrado	<input type="text"/>	tconc/dia

Salvar
Próximo

---

#### Mina a Céu Aberto

**Preparação do Terreno**

Custo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
-------------	----------------------	-------------	------------

**Descobertura Prévia**

Custo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
-------------	----------------------	-------------	------------

**Equipamentos de Mineração**

Capacidade da Shovel	<input type="text"/>	Sugerido: 0	m <sup>3</sup>
Número de Shovels	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Capacidade de Caminhões	<input type="text"/>	Sugerido: 0	t
Número de Caminhões	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: NAN	MUS (2012)

Voltar
Salvar
Próximo

**Capital de Giro**

Estimado em 15% dos Custos de Investimento (Mina+Usina+Infraestrutura)

<b>Capital de Giro</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
------------------------	----------------------	-------------	------------

[Voltar](#)[Salvar](#)**Infraestrutura**

Efetivo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0
---------------	----------------------	-------------

Localização do Projeto	<input type="text" value="Selecione..."/>
------------------------	---

Extensão de estradas	<input type="text"/>	km
----------------------	----------------------	----

Extensão de pontes	<input type="text"/>	m
--------------------	----------------------	---

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

**Alojamento**

Tipo	<input type="text" value="Selecione..."/>
------	---

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

**Serviços Auxiliares**

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

[Voltar](#)[Salvar](#)[Próximo](#)**Usina de Beneficiamento****Estudos de Viabilidade**

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

**Supervisão de Projeto**

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

**Enquadramento de Pré-Produção**

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

[Voltar](#)[Salvar](#)[Próximo](#)**Usina de Beneficiamento****Bacia de Decantação**

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

**Energia Elétrica**

Tipo	<input type="text" value="Selecione..."/>
------	---

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

**Captação e Armazenamento de Água**

Fontes de água	<input type="text" value="Selecione..."/>
----------------	---

Extensão das Linhas de Captação	<input type="text"/>	km
---------------------------------	----------------------	----

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

[Voltar](#)[Salvar](#)[Próximo](#)

## Usina de Beneficiamento

### Moagem e Estocagem dos Finos

Fator de Condições de Moagem	<input type="text"/>		
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)

### Unidade de Concentração

Fator de Condições de Concentração	<input type="text"/>		
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)

### Espessamento e Filtragem

Fator de Condições de Filtragem	<input type="text"/>		
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)

### Estocagem de Concentrado

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------




## Usina de Beneficiamento

### Preparação do Terreno

Fator de Condições do Terreno	<input type="text"/>		
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)

### Fundações

Fator de Condições do Terreno	<input type="text"/>		
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)

### Instalações de britagem

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
--------------------	----------------------	-------------	------------

### Edificações

Fator de Condições Climáticas	<input type="text"/>		
<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)




## Usina de Beneficiamento

### Tipo de Tratamento

Minério	<input type="text" value="Selecione..."/>
<input type="button" value="Voltar"/>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="background-color: #007bff; color: white; padding: 2px;">Selecione...</div> <div style="padding: 2px;">Ouro</div> <div style="padding: 2px;">Metais básicos / Minerais simples com até dois subprodutos minerais recuperáveis. Ex: Cu-Mo, Cu-Ag, Cu-Zn, Pb-Ag</div> <div style="padding: 2px;">Metais básicos / Minerais complexos com mais de dois subprodutos minerais recuperáveis ou mais de um processo de separação da concentração</div> <div style="padding: 2px;">Tratamento de urânio</div> </div>

## Mina Subterrânea

### Equipamentos básicos de mineração

Custo Total  Sugerido: NAN MUS (2012)

### Intalação de manutenção básica

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

### Estudos de viabilidade

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

### Supervisão do Projeto e Construções Provisórias

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

### Enquadramento de Pré-Produção

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

[Voltar](#)

[Salvar](#)

[Próximo](#)

## Mina Subterrânea

### Perfuração do Poço

Diâmetro do poço  Sugerido: 0 m

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

### Desenvolvimento

Custo Total  Sugerido: NAN MUS (2012)

### Torre de Extração

Diâmetro do poço de extração  Sugerido: 0 mm

Potência do Motor  Sugerido: 0 KW

Altura da Torre  Sugerido: 0 m

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

### Intalação de Ar Comprimido

Consumo de Ar  Sugerido: 0 m<sup>3</sup>/min

Custo Total  Sugerido: 0 MUS (2012)

[Voltar](#)

[Salvar](#)

[Próximo](#)

**Mina a Céu Aberto**

**Instalações de Manutenção**

Custo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
-------------	----------------------	-------------	------------

**Estudos de Viabilidade**

Custo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
-------------	----------------------	-------------	------------

**Supervisão do Projeto e Construções Provisórias**

Custo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
-------------	----------------------	-------------	------------

**Enquadramento de Pré-Produção**

Custo Total	<input type="text"/>	Sugerido: 0	MUS (2012)
-------------	----------------------	-------------	------------

## 13.2 ANEXO B

Interface do software: campanha para estimativa de custos operacionais:

**Dados do Projeto****Mina a céu aberto**  Sim

Produção de Minério+Estéril	<input type="text"/>	t/d	
Salário Médio Diário	<input type="text"/>	US\$(2012)/dia/pessoa	

**Mina subterrânea**  Sim

Produção de Minério	<input type="text"/>	t/d	
Largura média do <i>stope</i>	<input type="text"/>	m	
Salário Médio Diário	<input type="text"/>	US\$(2012)/dia/pessoa	

**Usina de Beneficiamento**  Sim

Capacidade de Tratamento	<input type="text"/>	t/d	
Salário Médio Diário	<input type="text"/>	US\$(2012)/dia/pessoa	

**Manutenção Eletro-Mecânica**

Salário Médio Diário	<input type="text"/>	US\$(2012)/dia/pessoa	
----------------------	----------------------	-----------------------	--

**Serviços Gerais**

Salário Médio Diário	<input type="text"/>	US\$(2012)/dia/pessoa	
----------------------	----------------------	-----------------------	--

**Serviços Administrativos**

Salário Médio Diário	<input type="text"/>	US\$(2012)/dia/pessoa	
----------------------	----------------------	-----------------------	--

**Serviços Administrativos**

Efetivo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Custo de Mão-de-Obra	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t dia
Custo de Material de Consumo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t dia

**Custos Ambientais**

<b>Custo Total</b>	<input type="text"/>	Sugerido: INF	US\$(2012)/t movimentada
--------------------	----------------------	---------------	--------------------------

**Serviços Gerais**

Localização do Projeto	<input type="text" value="Selecione..."/>		
Efetivo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Custo de Mão-de-Obra	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t dia
Custo de Material de Consumo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t dia

**Manutenção Eletro-Mecânica**

Efetivo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Custo de Mão-de-Obra	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t dia
Custo de Material de Consumo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t dia

**Energia Elétrica**

Tipo	<input type="text" value="Selecione..."/>		
Custo de Operação	<input type="text"/>	Sugerido: 0	US\$(2012)/t tratada

- Selecione...
- Selecione...
- Gerador a Carvão
- Gerador a Diesel
- Subestação
- Sistema de Distribuição Existente

**Usina de Beneficiamento**

Minério	Selecione...		
Efetivo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Custo de Mão-de-Obra	<input type="text"/>	Sugerido: NAN	U\$(2012)/t tratada
Custo de Material de Consumo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	U\$(2012)/t tratada

**Mina subterrânea**

Método de Lavra	Selecione...		
Efetivo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Custo de Mão-de-Obra	<input type="text"/>	Sugerido: 0	U\$(2012)/t minério
Custo de Material de Consumo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	U\$(2012)/t minério

**Mina a céu aberto**

Efetivo	<input type="text"/>	Sugerido: 0	
Custo de Mão-de-Obra	<input type="text"/>	Sugerido: 0	U\$(2012)/t movimentada
Custo de Material de Consumo	<input type="text"/>	Sugerido: INF	U\$(2012)/t movimentada