

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

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

Dissertação de Mestrado

Aplicação de Metodologias de Desenvolvimento de Projetos para Aumento da Produção
de Concentrados de Minério

Autor: Wagner Fidelis Brum

Orientador: Afonso Henriques Martins

Co-Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres

Novembro 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

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

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS
PARA AUMENTO DA PRODUÇÃO DE CONCENTRADOS DE MINÉRIO

Wagner Fidelis Brum

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Metalúrgica, Materiais e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais

Área de Concentração: Tecnologia Mineral

Orientador: Prof. Afonso Henriques Martins

Co-Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

DEDICATÓRIA

À minha esposa Neiva, e aos meus filhos Ana Luisa e Gustavo.

Aos meus pais Augusto e Edna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho e, em especial:

À Diretoria de Projetos e à Gerência Geral de Engenharia e Projetos da Samarco Mineração S.A., por incentivarem o estudo e o desenvolvimento pessoal e profissional de seus empregados.

Aos professores Afonso Henriques Martins e Antônio Eduardo Clark Peres, pela consistente orientação, pelas preciosas dicas e pela amizade compartilhada desde o início deste trabalho.

Ao professor Herman Sander Mansur, coordenador do PPGEM e ao CAPES/PROEX, pelo incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento brasileiro.

Aos colegas Paulo Mapa e Marcos Gomes pelos inspiradores ensinamentos e pela confiança de que eu teria condição de trilhar um tão enriquecedor caminho.

À colega Leticia Sugumati pela valiosa e significativa contribuição em prol da disseminação da metodologia de gerenciamento de projetos.

Aos engenheiros representantes das empresas METSO, SANDVIK, THYSSENKRUPP e MMD pelas informações fornecidas, as quais enriqueceram as discussões técnicas aqui dispostas, ressaltando-se desde já que tais empresas não tiveram qualquer relação de causa às falhas em projetos descritas nesse trabalho.

Aos representantes das empresas IPA e PMI pelas informações fornecidas, as quais estruturaram as explanações metodológicas e os fundamentos de gerenciamento de projeto percorridos.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	OBJETIVO.....	24
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1	DOMÍNIO DO CONHECIMENTO DE TECNOLOGIA MINERAL.....	25
3.2	ÁREAS DE CONHECIMENTO DO PMBOK®	28
3.2.1	GERENCIAMENTO DE INTEGRAÇÃO DO PROJETO	30
3.2.2	GERENCIAMENTO DO ESCOPO DO PROJETO	30
3.2.3	GERENCIAMENTO DO TEMPO DO PROJETO	30
3.2.4	GERENCIAMENTO DO CUSTO DO PROJETO.....	30
3.2.5	GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DO PROJETO	31
3.2.6	GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HUMANOS DO PROJETO.....	31
3.2.7	GERENCIAMENTO DAS COMUNICAÇÕES DO PROJETO.....	31
3.2.8	GERENCIAMENTO DOS RISCOS DO PROJETO.....	31
3.2.9	GERENCIAMENTO DAS AQUISIÇÕES DO PROJETO	32
3.3	AVALIAÇÃO DE MATURIDADE SUGERIDA PELO PMI	32
3.4	ÁREAS DE COMPETÊNCIA DO NBC.....	32
3.5	NORMA DE GERENCIAMENTO DE PROJETO DA ISO	35
3.6	METODOLOGIA FEL	36
3.7	FASES DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO SEGUNDO METODOLOGIA FEL.....	50
3.7.1	ETAPA DE FEL 1 – ANÁLISE DO NEGÓCIO.....	52
3.7.2	ETAPA DE FEL 2 – ESTUDO DE ALTERNATIVAS	55
3.7.3	ETAPA DE FEL 3 – DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA	63
3.7.4	ETAPA DE EXECUÇÃO – DETALHAMENTO DA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO.....	66
3.8	CASOS PRÁTICOS.....	69
4.	METODOLOGIA E PESQUISA	72
4.1.	METODOLOGIA.....	72
4.2.	PESQUISA	72
4.2.1.	FALHA NA CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA.....	73
4.2.2.	FALHA NA ROTA DE PROCESSO ESCOLHIDA.....	85
4.2.3.	ATRASSO NA OBTENÇÃO DE LICENÇAS AMBIENTAIS	90
4.2.4.	ATRASSO NA OBTENÇÃO DE LICENÇAS SOCIAIS	102
4.2.5.	ALTERAÇÕES NOS REQUISITOS DO PROJETO.....	105
4.2.6.	SUCESSO NA COLETA DE REQUISITOS DO PROJETO	111
4.2.7.	SUCESSO NA CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E NO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA DO PROJETO	115

5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
5.1.	CLASSIFICAÇÃO DOS INVESTIMENTOS DE CAPITAL	119
5.2.	PAPEL E RESPONSABILIDADE NA GESTÃO E GOVERNANÇA DE PROJETOS DE CAPITAL	121
5.3.	AVALIAÇÃO DE MATURIDADE DE PROJETOS	121
5.4.	CHECK LIST DAS ENTREGAS DE FEL	123
5.4.1.	ENTREGAS DE FEL 1	123
5.4.2.	ENTREGAS DE FEL 2	124
5.4.3.	ENTREGAS DE FEL 3	125
5.5.	MATURIDADE DAS ENTREGAS DE ENGENHARIA.....	127
5.5.1.	ENGENHARIA DE FEL 1	127
5.5.2.	ENGENHARIA DE FEL 2	130
5.5.3.	ENGENHARIA DE FEL 3	132
5.5.4.	ENGENHARIA DE DETALHAMENTO	134
5.6.	RESULTADOS DO DESEMPENHO DA SAMARCO (2013) EM PROJETOS DE CAPITAL	136
5.6.1.	ONDAS DE EVOLUÇÃO DA MATURIDADE NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	136
5.6.2.	AÇÕES TOMADAS PARA MELHORIA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	137
5.6.3.	RESULTADOS EFETIVOS NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS	138
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
7.	CONCLUSÕES	145
8.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	146
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153

Lista de figuras

CAPÍTULO 1

Figura 1.1: Comportamento do preço médio anual do minério de ferro – spot CFR China em US\$ (IBRAM, 2012).....	19
Figura 1.2: Importações chinesas de minério de ferro (IBRAM, 2012).....	20
Figura 1.3: Excesso de capacidade de produção de aço bruto no mundo (MEG, 2012).	21

CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Certificação universal IPMA 4-L-C, em 4 níveis - NBC (IPMA, 2012).....	28
Figura 3.2: O olho da competência pelo NBC (IPMA, 2012).....	33
Figura 3.3: Três áreas de competências do NBC (IPMA, 2012).....	35
Figura 3.4: O ciclo típico de um projeto de capital (IPA, 2011).....	36
Figura 3.5: Abordagem do Projeto pela metodologia FEL (IPA, 2011).....	38
Figura 3.6: Relação entre momento de mudança do projeto x custo (PMI, 2008).....	39
Figura 3.7: Fluxograma para inserir novo moinho secundário (SAMARCO, 2012).....	41
Figura 3.8: Circuito Proposto para aplicação de SAG (SAMARCO, 2012).....	42
Figura 3.9: Instalação em 3D para facilitar visualização (SAMARCO, 2012).....	46
Figura 3.10: Classificação Principais Riscos em Projetos de Capital (CIM, 2010).....	48
Figura 3.11: Metodologia FEL (IPA, 2011) para avaliação do nível do projeto.....	54
Figura 3.12 - Composição de partes auditáveis pelo IPA (2011) no FEL da Mina.....	54
Figura 3.13: Composição de partes auditáveis pelo IPA (2011) FEL das Instalações.....	55
Figura 3.14: Portão de Aprovação de FEL 1 e 2 (IPA, 2011) – Primeiro Go/No-Go.....	55
Figura 3.15: Componentes do Índice FEL da Mina (MFEL) IPA (2011) – Jazida.....	56

Figura 3.16: Tríplice Restrição segundo o PMBOK (PMI, 2008).....	58
Figura 3.17 – Sêxtupla Restrição segundo o PMBOK (PMI, 2008).....	59
Figura 3.18: Tríplice Restrição na mineração (SAMARCO, 2012).....	60
Figura 3.19: Processo Integrado para controle total do projeto (IPA, 2011).....	60
Figura 3.20: Práticas para Controle Integrado de Projeto (IPA, 2011).....	61
Figura 3.21: EAP para controle e distribuição dos custos (SAMARCO, 2012).....	62

CAPÍTULO 4

Figura 4.1: Circuito aberto (a) de Britagem (WILLS e NAPIER-MUNN, 2006).....	75
Figura 4.2: Mecanismos de Fragmentação, conforme VALADÃO (2011a).....	75
Figura 4.3: Configuração dos Dentes do Britador Tipo Sizer (MMD, 2011).....	76
Figura 4.4: Britador Tipo Sizer – Fabricação MMD (2011).....	77
Figura 4.5: Construção Modular (Moega-Britador-TC) – Fabricação TKF (2011).....	77
Figura 4.6: Fórmula de cálculo abrasividade – Método Cerchar (METROSP, 2012)....	78
Figura 4.7: Ensaio de abrasividade e de britagem – Método Al - TKF (2011).....	79
Figura 4.8: Material com baixo (17) e alto (52) percentual de ferro - TKF (2011).....	80
Figura 4.9: Britador de Mandíbulas – Fabricação TKF (2011).....	82
Figura 4.10: Liberação de Partículas Mistas - BRANDÃO et al (2007).....	85
Figura 4.11: Relação entre superfície específica de acordo com o tamanho da partícula, conforme BRANDÃO et al (2007).....	87
Figura 4.12: Moinho SAG típico - VALADÃO (2011a).....	87
Figura 4.13: Moinho de Bolas após SAG - VALADÃO (2011a).....	88
Figura 4.14: Projeção das cavidades e raios de influência (SAMARCO, 2012).....	93
Figura 4.15: Espessador tipo ponte - VALADÃO (2011b).....	95

Figura 4.16: Espessador tipo coluna - VALADÃO (2011b).....	95
Figura 4.17: Elementos constituintes de uma barragem de disposição de rejeitos (ALMEIDA, 2012).....	101
Figura 4.18: Estação semimóvel britagem TKF (2011) subdividida em três partes.....	107
Figura 4.19: Moega de recebimento, alimentador de sapatas e subestrutura de uma estação semimóvel de britagem da TKF (2011).....	107
Figura 4.20: Grelha Vibratória, britador, coluna do rompedor de maticos e subestrutura de uma estação semimóvel de britagem da TKF (2011).....	107
Figura 4.21: Correia de recebimento do britador e subestação elétrica de uma estação semimóvel de britagem da TKF (2011).....	108
Figura 4.22: Diferença entre a abertura de alimentação de um britador giratório com um britador giratório de mandíbula da TKF (2011).....	108
Figura 4.23: Britador Giratório de Mandíbula da TKF (2011).....	109
Figura 4.24: TCLD com estruturas do tipo ponte (treliças) – SAMARCO (2012).....	113
Figura 4.25: TCLD com estruturas do tipo galeria – SAMARCO (2012).....	113
Figura 4.26: TCLD de Alegria para Usina 2 – SAMARCO (2012).....	114
Figura 4.27: Beneficiamento Pentóxido de Vanádio (NUNES e MENCHEN, 2013)..	116

CAPÍTULO 5

Figura 5.1: Macrofluxo para investimentos de capital (PMI, 2008).....	119
Figura 5.2: Principais entregas da fase identificação – FEL 1 (SAMARCO, 2012).....	124
Figura 5.3: Principais entregas da fase de seleção – FEL 2 (SAMARCO, 2012).....	125
Figura 5.4: Principais entregas da fase de definição – FEL 3. (SAMARCO, 2012).....	127
Figura 5.5: Investimentos privados em exploração mineral - MEG (2012).....	129

Figura 5.6: Ondas de evolução da maturidade do PMO na SAMARCO (2013).....	137
---	-----

CAPÍTULO 6

Figura 6.1: Pesquisa quanto à economia brasileira (CAMPOS, 2013).....	142
---	-----

CAPÍTULO 8

Figura 8.1: Dados Comparativos de Produtividade (BONELLI e FONTES, 2013).....	149
---	-----

Figura 8.2: Produção em MTPA de minério de ferro em minas chinesas (MEG, 2012).....	151
---	-----

Lista de tabelas

CAPÍTULO 3

Tabela III.1: Quarenta e seis elementos pelo NBC (IPMA, 2012).....	34
--	----

CAPÍTULO 4

Tabela IV.1: Características dos Britadores Primários por BRANDÃO et al (2007).....	76
Tabela IV.2: Ensaio de abrasividade – Método Cerchar - MMD (2011).....	78
Tabela IV.3: Análise química de amostra analisada pela TKF (2011).....	80
Tabela IV.4: Teste de resistência à compressão - TKF (2011).....	81
Tabela IV.5: Ensaio sugeridos pelo LTR – EEUFMG (2012).....	84
Tabela IV.6: Valores médios de W_i , conforme SILVA (1973).....	86

CAPÍTULO 5

Tabela V.1: Investimentos em pesquisa mineral no mundo – MEG (2012).....	129
Tabela V.2: Gráficos com resultados da Gestão de Projetos na SAMARCO (2013)...	138
Tabela V.3: Gráficos com resultados da Gestão de Projetos na SAMARCO (2013)...	139

CAPÍTULO 8

Tabela VIII.1: Tabela de Produtividade na Mineração de Ferro (LINS, 2013).....	148
--	-----

Lista de notações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Humanos
ACP®	Agile Certified Practitioner
ADA	Área diretamente afetada
ADME	Área de Deposição de Material Excedente (“bota-fora”)
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Análise Preliminar de Perigos
APP’s	Áreas de preservação permanente
ATO	Apoio Técnico de Obra
BHP	Broken Hill Proprietary Company (hoje BHPBilliton)
Bt	Bilhão de tonelada
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Grupo de países emergentes)
CAI	Cerchar Abrasivity Index
CAPEX	Capital Expenditure
CAPM®	Certified Associate in Project Management
CBPM	Companhia Baiana de Pesquisa Mineral
CEPED	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
CC	Conta de Controle
CCM	Centro de Comando de Motores
CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
CIM	Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum
CIMM	Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (grupo SGS)
CIP	Carvão em polpa
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce (hoje VALE)
DF	Documento do Fornecedor
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DRX	Difratometria de raios X
DWT	Drop Weight Test
FURNAS	Central Elétrica de Furnas – Eletrobrás
GPR	Ground Positioning Radar
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EEUFMG	Escola de Engenharia da UFMG
EOS®	Energy Optimized System
EPC	Engineering Procurement Construction
EPCM	Engineering Procurement Construction Management
ERP	Enterprise Resource Planning
EUA	Estados Unidos da América (<i>USA</i> , em ingles)
FEL	Front-End Loading
HAZAN	Hazards Analysis
HAZID	Hazards Identification
HAZOP	Hazard and Operability
IBAMA	Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
ICB	IPMA Competence Baseline

IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPA	Independent Project Analysis, Inc.
IPMA	International Project Management Association
IPR	Independent Project Review
ISO	International Standard Organization
ISRM	International Society of Rock Mechanics
ITV	Instituto Tecnológico VALE
JKMRC	Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre
JORC	Joint Ore Reserves Committee
Km	Quilômetro
LD	Linz-Donawitz (Tipo de conversor usado na fabricação de aço)
LI	Licença de Instalação
LKAB	Luossavaara-Kiirunavaara AB
LO	Licença de Operação
LOP	Licença de Pesquisa
LP	Licença Provisória
LTR	Laboratório de Tecnologia de Rochas do Departamento de Engenharia de Minas das EEUFMG
MBR	Minerações Brasileiras Reunidas (hoje VALE)
MES	Management and Economics Society (formerly Mineral Economics Society)
m/s	Metro por segundo
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MMD	MMD Mineral Sizing (South America) Ltda
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego da República Federativa do Brasil
Mpa	Mega Pascal
Mt	Milhões de toneladas
Mtpa	Milhões de toneladas por ano
E	Módulo de Elasticidade
NAP	Nota de alteração de projeto
NBR	Normas Brasileiras da ABNT
NCB	National Competence Baseline
NR	Norma Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPM3®	Organizational Project Management Maturity Model®
OPEX	Operational Expenditure
PEP	Plano de Execução do Projeto
P&ID	Process and Instrumentation Diagram
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK®	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute, Inc.
PMO	Project Management Office
PgMP®	Program Management Professional
PIR	Post Investment Report
PMP®	Project Management Professional
PPC	Perda por calcinação
PSD	Pacote de suporte à decisão

ν	Razão de Poisson
$\bar{\sigma}_c$	Resistência à compressão simples
I_s	Resistência pontual
I_{s50}	Resistência pontual corrigida
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMP®	Risk Management Professional
RVP	Reuniões de Verificação de Progresso
SAG	Semi-autogenous Grinding
SP®	Scheduling Professional
SUPRAM	Superintendências Regionais de Regularização Ambiental
SUS	Sistema Único de Saúde
t	Tonelada
TAP	Termo de Abertura de Projeto
TCLD	Transportador de Correia de Longa Distância
TCU	Tribunal de Contas da União
TI	Tecnologia da Informação (Informática)
TKF	ThyssenKrupp Fördertechnik
t/h	Tonelada por hora
UC	Universidade Corporativa
UE	União Européia
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VIP	Value Improving Practices
VMSA	Vanádio de Maracás S.A.
V_2O_5	Pentóxido de vanádio
VSB	Vallourec Sumitomo do Brasil
WBS	Work Breakdown Structure
Wi	Work Index

RESUMO

Este estudo visou produzir um documento de fácil leitura, mas ao mesmo tempo abrangente, a fim de ser utilizado como uma das referências para profissionais que estão participando pela primeira vez, ou que estejam se preparando para participar de projetos de aumento da capacidade produtiva em plantas de mineração de ferro, ou similares.

Durante a primeira etapa foram mostradas as diferentes formas de desenvolvimento e estruturação de projetos e a metodologia de execução de investimentos de capital a partir da descrição dos fundamentos do gerenciamento de projeto conforme melhores práticas do Guia PMBOK® (PMI, 2008) e do Referencial NCB (IPMA, 2012). Em seguida foi mostrada a metodologia FEL (*Front-end Loading*) em projetos de mineração (IPA, 2011), a qual divide os projetos em fases, sendo as primeiras de planejamento (desenvolvimento), seguidas da execução (construção) e de encerramento.

Na sequência foi mostrada a importância do conhecimento da tecnologia mineral para desenvolvimento de projetos de mineração como um ponto chave para se obter sucesso nos mesmos, visto que não há como dissociar o conhecimento da gestão de projetos da mineração, sejam esses com abrangência na lavra, no beneficiamento do minério, no transporte do produto final, na disposição dos rejeitos, na deposição dos estéréis ou em qualquer atividade inter-relacionada. Nessa etapa foram citados casos práticos, alguns bem sucedidos e outros não, e ao final de cada caso é feita uma análise dos motivos que levaram a um ou outro resultado.

Finalmente chega-se à parte final deste trabalho, quando é sugerida uma forma de desenvolvimento e execução de projetos de investimento de capital no segmento de mineração para que se atinja a devida maturidade em cada fase do projeto e, conseqüentemente, um desempenho satisfatório do mesmo, com especial destaque à engenharia requerida ao longo de cada etapa, desde que se utilize alguma metodologia de gerenciamento de projetos. Além disso, alguns resultados positivos são mostrados a partir da implantação dessa metodologia, a fim de mostrar a aplicabilidade da mesma para que as melhores práticas sejam realmente efetivas aos mesmos.

ABSTRACT

This work aimed at producing an easy reading document, however at the same time, a wide one, so that it might be applied as one of the references to professionals, who are participating for the first time in projects of iron ore production capacity increasing, or of similar areas.

During the first part of this work some different forms of developing and some processes of projects structuring were showed, as well as a methodology of execution for capital investments based on the fundamentals of project management according to the best practices of PMBOK Guide® (PMI, 2008) and the NCB Referential (IPMA, 2012). Then, the FEL (Front-end Loading) methodology (IPA, 2011) for mining projects was described, which splits the project in phases, the first ones addressing planning (development), followed by the execution (construction) and closing phases.

In the sequence, the importance of the knowledge on mineral technology for the mining projects development as a key point towards success was showed, considering that there is no way of dissociating the project management knowledge from the mining (mining, concentrating, product handling, tailing or waste handling and disposal, or in any other interconnected activity). During this part of the work some case studies were mentioned, some being well succeeded, and others not. At the end of each case study a brief analysis was performed in order to explain the reasons that brought to one or another result.

Finally, this work came to its end, when a form of developing and execution of capital investment in mining projects was suggested, so that a satisfactory performance might be reached due to achieving a proper maturity in all phases of the project, with special emphasis on the required engineering in each phase, in case a project management methodology is applied. Besides, some positive results, originated from implemented projects based on this methodology, were presented to show the applicability of it, so that the best practices were really effective for them.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de mineração de ferro está sempre em busca do aumento de sua participação de mercado a fim de gerar ganhos de escala e aproveitar as oportunidades geradas pelo comércio transoceânico de finos ou de pelotas, hoje fortemente focado na China. Outra região consumidora de pelotas para redução direta é o oriente médio, tendo em vista o baixo custo de gás natural na região. Estes mercados consumidores motivaram um crescente aumento produção desses insumos, o qual ocorreu de várias formas, tendo sido através de compra de empresas menores que já atuam nesse segmento, ou através de parcerias com empresas do mesmo ramo, ou através de expansões por meio de projetos *green field* (quando parte-se do zero) ou ainda através de projetos *brown field* (quando é feita uma expansão nas instalações existentes), também chamados de projetos *sustaining* (sustentação do negócio). Essa última forma de aumento de produção terá um maior enfoque ao longo dos casos práticos em função de terem sido essas as situações mais recorrentes durante a pesquisa realizada para esta dissertação.

Em geral, o desenvolvimento dos projetos de expansão de produção de concentrado de minério de ferro está nas mãos de equipes internas das empresas operadoras, as quais planejam e implantam seus próprios investimentos, nem sempre livre de vários tipos de percalços e mudanças de rumo. Entre diversas outras causas, mas sendo essa uma realmente significativa, pode-se afirmar que o sucesso de um projeto está intimamente relacionado ao nível de maturidade com que o mesmo foi avançando desde o seu surgimento, quando ainda era uma insipiente ideia na cabeça de um empreendedor interno, tendo então se transformado em uma oportunidade de negócio e passado por todas as fases de planejamento, até que o mesmo seja definitivamente entregue à operação. Aqui cabe uma ressalva, pois a área de administração de empresas e de economia do meio acadêmico considera que projetos em si não podem ser considerados maduros ou imaturos, mas sim as empresas que os desenvolvem. Todavia, seguiremos neste trabalho a linha de raciocínio do IPA e do PMI, que não só consideram projetos como maduros ou imaturos, mas ainda sugerem formas de avaliar esse nível de maturidade ao longo de cada fase dos mesmos.

Também se deve deixar um registro relativo aos projetos de implantação rápida (“*fast track*”, em inglês), muito comuns dentro de empresas de menor porte ou que lidam com um metal de alto valor agregado, os quais justificam o incremento do risco a partir da aplicação de técnicas de planejamento de paralelismo a fim de se comprimir o prazo de implantação do projeto e obter o benefício do mesmo. Nesse caso, mesmo sabendo-se do risco ao se pular etapas intermediárias de planejamento, assume-se o desafio de acelerar o ritmo de implantação, para que se atinja a produção o mais rápido possível e se consiga oferecer o produto ao mercado. Para eventuais imprevistos durante as fases de construção, de comissionamento ou até de operação, calcula-se que será possível corrigir essas falhas em um curto prazo e com um dispêndio relativamente baixo de recursos em comparação com o que se ganhará.

Outro movimento que se observa é inverso ao ocorrido há alguns anos atrás, quando os grupos siderúrgicos venderam suas minas de minério de ferro e horizontalizaram seu negócio. Destaca-se nesse processo a consolidação da privatização, em 1997, da VALE (na época ainda chamada de CVRD), que iniciou um ambicioso e bem sucedido programa de aquisições de algumas das grandes empresas e suas concorrentes no Brasil (HEIDER, 2013), seguindo tendências das maiores empresas mundiais de minério de ferro (Rio Tinto com a compra da North na Austrália e BHP, que viria a se unir com a Billiton e Anglo American, que compraria ativos do empresário brasileiro Eike Batista).

Devido à falta de atratividade do setor produtor de minério na época (em função dos baixos preços do minério de ferro que perduraram por um longo tempo em função do excesso de oferta e do sistema anual de estabelecimento de preços imposto pelas siderúrgicas europeias e japonesas), além da necessidade de concentração de investimentos em seu “*core business*”, as empresas siderúrgicas europeias, detentoras de minas no Brasil (SAMITRI/SAMARCO da Arbed, FERTECO da ThyssenKrupp) realizaram a venda dos ativos minerários.

Neste contexto, a MBR com problemas de sucessão familiar aliada à necessidade de realizar vultosos investimentos para substituição das suas minas em processo de exaustão, tornou-se alvo neste processo de aquisições. Vencedora do leilão promovido

para a venda da MBR, a BHP não finalizou a operação pelo direito de preferência da acionista MITSUI que, depois de um acordo, repassou a empresa para o portfólio da então CVRD. Estava assim, consolidada a criação de um gigante mundial na mineração.

Também neste processo, empresas como a SOCOIMEX e a RIO VERDE, que haviam sido adquiridas pela MBR, passaram ao controle da CVRD. Esta etapa do processo de aquisições se finaliza em 2003 com a VALE, a qual, para espanto do mercado, investiu cerca de 2,1 bilhões de dólares, uma cifra até então nunca atingida, e marcou assim, o que pode-se classificar de 1ª onda de aquisições na mineração de ferro do Brasil.

Ressalta-se que, todo este período de baixas cotações do minério de ferro também inibiu investimentos na pesquisa mineral e novos projetos ou expansões até 2002, quando se observou o início da escalada das cotações do minério de ferro com o forte crescimento da economia mundial e da demanda chinesa, que em 1986 havia importado apenas cerca de 5,8 Mt e em 2009, já atingia 628 Mt, correspondendo à expressiva marca de 67% do comércio transoceânico de minério de ferro daquele ano. A partir de então houve uma escalada de aumento no preço desse insumo, conforme pode ser visto na figura 1.1, proporcionada pelo substancial aumento das importações mostrado na figura 1.2.

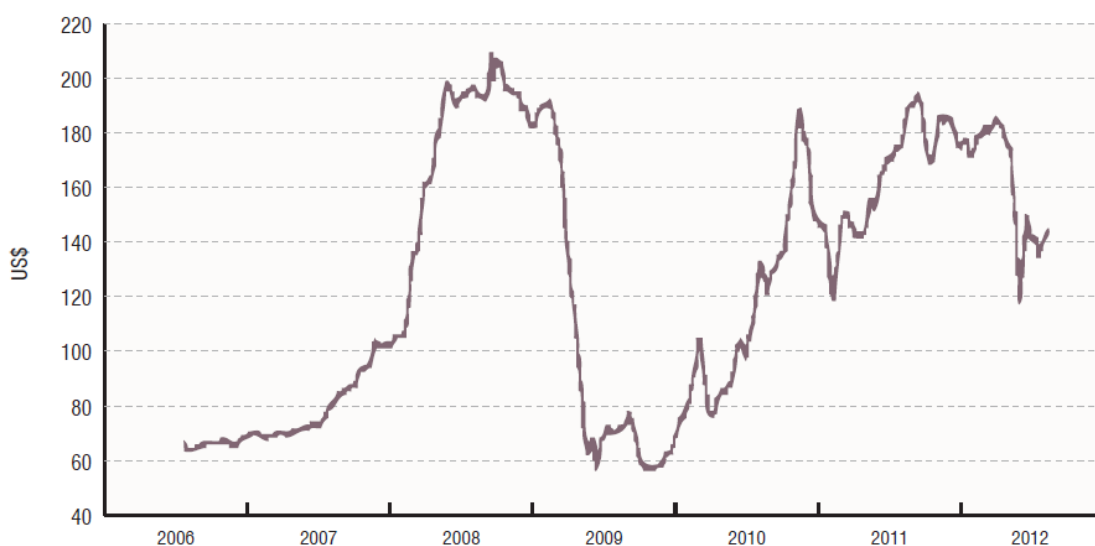


Figura 1.1: Comportamento do preço médio anual do minério de ferro – spot CFR China em US\$ (IBRAM, 2012).

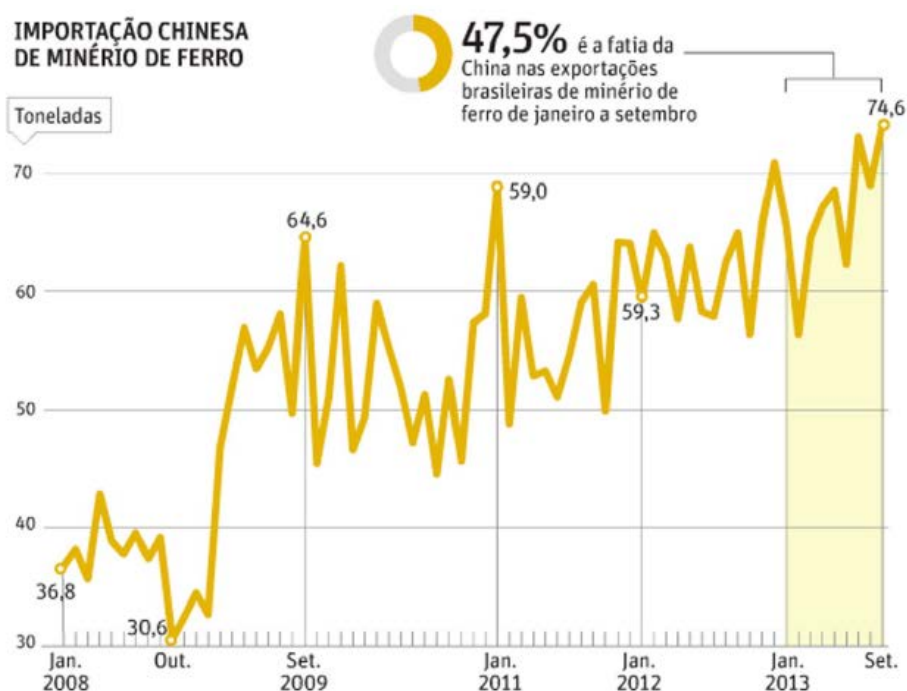


Figura 1.2: Importações chinesas de minério de ferro (IBRAM, 2012).

Em função dessa reviravolta no mercado de minério de ferro e pelotas, começa a ocorrer um caminho inverso ao aqui citado, que é de verticalização da produção das empresas siderúrgicas (HEIDER, 2010). A primeira a se movimentar no Brasil é a ArcelorMittal, adquirindo os ativos minerários da London Mining na Serra Azul (antiga Minas Itatiaiuçu) por cerca de US\$ 800 milhões, além de receber de volta a Mina do Andrade (antes arrendada à VALE pela então Belgo Mineira, hoje ArcelorMittal). Com o processo de integração vertical, a ArcelorMittal pode ser tida como a 5ª maior mineradora de ferro mundial, com um ambicioso programa mundial de aquisições e participações. Além disso, a mesma iniciou programas de expansões da capacidade produtiva a fim de comercializar o excedente do minério extraído de suas minas a fim de aproveitar a demanda internacional e melhorar as margens do seu negócio, afetadas pelo momento restritivo do mercado siderúrgico.

Vallourec&Mannesmann (hoje, Vallourec Tubes) também considerou a implementação de uma usina de pelletização para atender sua nova fábrica de tubos em Jeceaba (MG), a VSB, em parceria com a Sumitomo, com minério de ferro extraído de sua mina de Pau Branco e passou a explorar novas tecnologias de beneficiamento.

Usiminas adquiriu os ativos da J Mendes (4 minas) e anunciou um plano para expandir as operações a um nível de 29 Mtpa, contemplando minérios friável e compacto, além de avaliar um projeto de pelletização. Outras siderúrgicas também fizeram um movimento similar, tal como o grupo Gerdau com suas minas em Miguel Burnier, na Serra Azul e próximo de Belo Horizonte, tendo ainda unidades em Várzea do Lopes, Gongo Soco e Dom Bosco. Após nova campanha de investigação seus ativos foram reavaliados e o volume de suas reservas de minério de ferro foram certificados em 2,9 Bt. Similar ao plano do grupo ArcelorMittal, a Gerdau também iniciou expansões em suas minas próprias para aproveitar as atrativas margens do comércio internacional de minério de ferro excedente e compensar as deterioradas margens dos produtos siderúrgicos após a crise de 2008.

Essas margens baixas na siderurgia mundial foram causadas principalmente pela queda no crescimento da economia mundial e consequente redução do consumo aparente de aço e pela entrada em operação de vários novos projetos em 2008, o que fez com que se atingisse um excesso de capacidade em torno de 545 MTPA ao final de 2012, conforme pode ser visto na figura 1.3.

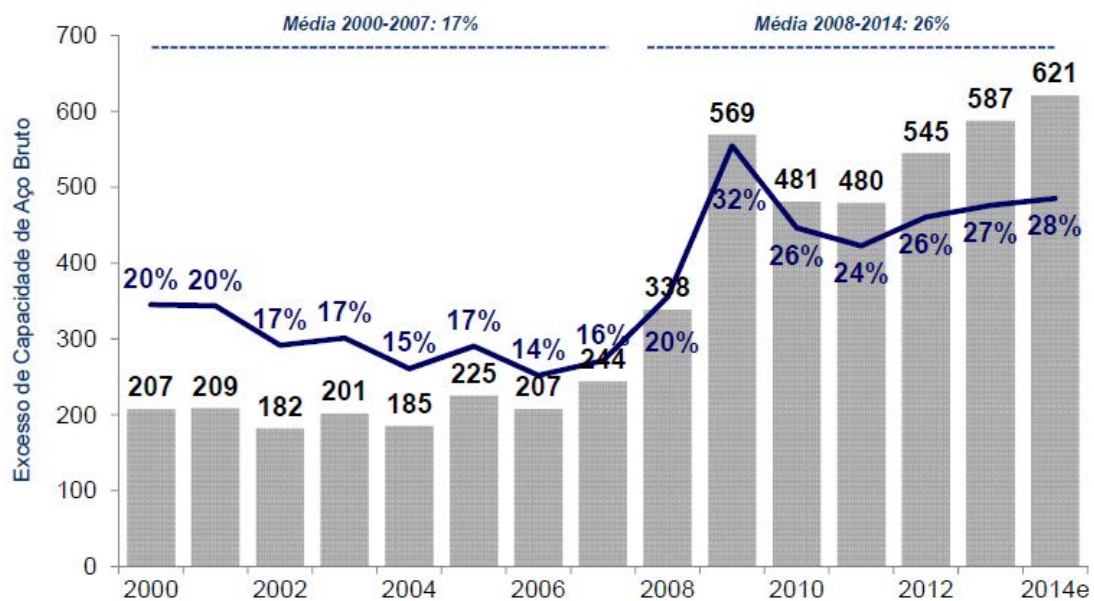


Figura 1.3: Excesso de capacidade de produção de aço bruto no mundo (MEG, 2012).

A venda do minério de ferro excedente acabou melhorando o resultado das siderúrgicas com mina própria. Nesse mercado, a China novamente entra como um *player* significativo, visto que deverá consumir até o final de 2013 cerca de 700Mt, ou seja, a metade do consumo mundial de aço. Conforme NICOLATO (2013), apenas nos últimos 13 anos foram inauguradas 156 novas usinas siderúrgicas na China, cada uma com capacidade média de 4MTPA, o que é incrível!

A implantação de projetos médios, grandes ou mesmo de megaprojetos se intensificou bastante de 2004 para cá em função, basicamente, do apetite por minério de ferro mostrado pela China. Observa-se no mercado empresas com razoável conhecimento em gerenciamento de projetos e outras ainda em fase de formação. Em qualquer caso, o usual seria utilizar métodos de planejamento antes de se iniciar a implantação, principalmente em projetos de maior magnitude e com prazo de desenvolvimento e implantação mais longos. Ao longo desse processo, o que se busca é minimizar o risco do empreendimento, prevendo boa parte das incertezas e validando os dados de entrada. Naturalmente, os motivos que levam a acertos ou fracassos (parciais ou absolutos), mesmo passando por todas as etapas de planejamento, são originados por causas distintas, o que torna o projeto um empreendimento em constante evidência.

Para quem é do ramo, sabe-se ainda que praticamente todo projeto bem sucedido teve pilares muito bem definidos, vinculados a escopo, custo, prazo, qualidade e gerenciamento (saúde, segurança, meio-ambiente, social, político, etc.). A partir dessas observações, o que se buscará apresentar, a partir de então, será as formas de se mitigar ou eliminar vários riscos inerentes a esse processo a partir de uma metodologia que busca unir três apoios:

- aplicação de conhecimento específico de tecnologia mineral contemplando capítulos do Guia PMBOK® (*Project Management Body of Knowledge*), uma publicação do *Project Management Institute, Inc.* (PMI, 2008) desde a concepção do projeto até a implantação;
- desenvolvimento do projeto a partir da metodologia *Front End Loading* (FEL), originalmente criada pelo *Independent Project Analysis, Inc.* (IPA, 2011);

- utilização de uma equipe multidisciplinar que carregue consigo uma rica experiência adquirida em projetos similares com aplicação das boas práticas de engenharia.

Finalmente é importante registrar que o guia PMBOK®, o qual será citado várias vezes ao longo desse trabalho, é uma publicação do instituto americano *Project Management Institute, Inc.* (PMI, 2008). Cabe ressaltar ainda que há outros institutos similares, entre eles destaca-se um europeu chamado *International Project Management Association* (IPMA, 2012), que publicou um guia similar ao PMBOK® intitulado NCB (*National Competence Baseline*), conhecido também como ICB (*IPMA Competence Baseline*), ou Referencial Brasileiro de Competências, em português, o qual será eventualmente citado ao longo desse trabalho.

Há outras literaturas bastante didáticas para aplicação das melhores práticas de gerenciamento de projetos, tais como os livros das autoras americanas HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009) e a ISO (2012), através da norma (ISO 21.500) que conceitua os processos do gerenciamento de projetos considerados como boas práticas tanto para programas quanto para portfólio de projetos.

2. OBJETIVO

O objetivo principal desse estudo é produzir um documento, escrito de forma inteligível, mas ao mesmo tempo estruturada e abrangente, que esteja disponível para ser eventualmente utilizado como uma das referências por profissionais que participem pela primeira vez, ou que estejam se preparando para participar, de projetos de aumento da capacidade produtiva em plantas de mineração de ferro, ou similares.

Outro objetivo complementar é vincular a bibliografia aos estudos de casos extraídos do mercado de mineração, os quais foram mencionados e analisados nesse trabalho a fim de ilustrar e sedimentar os fundamentos do gerenciamento de projetos, tendo em vista que a literatura normalmente disponível se baseia em exemplos de TI.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo traz uma revisão bibliográfica que visa embasar o desenvolvimento teórico dessa pesquisa, e facilitar o seu entendimento, a qual focará nos seguintes itens:

- Fundamentos do gerenciamento de projeto, conforme melhores práticas trazidas pelo Guia PMBOK® (PMI, 2008) e pelo Referencial NCB (IPMA, 2012);
- Aplicação da metodologia FEL em projetos de mineração (IPA, 2011).

A partir dessa base será apresentada uma pesquisa que reunirá uma amostragem de estudos de casos que resultaram em lições aprendidas de projetos já realizados e que, juntamente com suas análises, se constituirá em uma possível fonte de consulta para profissionais que estejam envolvidos em empreendimentos dessa natureza.

3.1 Domínio do conhecimento de tecnologia mineral

O conhecimento de tecnologia mineral para desenvolvimento de projetos é de fundamental importância para o sucesso dos mesmos, visto que não há como dissociar o mesmo da gestão de projetos, sejam estes com abrangência na lavra, no beneficiamento do minério, no transporte do produto final, na disposição dos rejeitos, na deposição dos estéreis ou mesmo em quaisquer outras atividades inter-relacionadas.

Esta pressuposição será mais explorada a seguir, tanto com base nas práticas citadas pelo PMI (2008) e intitulada Guia PMBOK®; tanto pelo IPMA (2012) e intitulada NCB, os quais, respectivamente, estruturaram as áreas de projeto como “de conhecimento” ou “de competência”. No fundo, essas duas práticas poderiam ser consideradas como “conjuntos de melhores práticas em gerenciamento de projetos”, visto que é para tal fim que ambas foram criadas.

Complementarmente, cabe aqui ressaltar a importância da certificação PMP®, emitida pelo PMI para os profissionais com experiência acumulada em gerenciamento de projeto e que tenham sido aprovados em uma prova específica criada por essa instituição. Essa certificação é mais popular na América do Norte, Central e do Sul. Note que não há garantia de que um gerente de projeto certificado será sempre bem

sucedido, entretanto, as chances disso ocorrer, em comparação às chances de um gerente de projeto sem o conhecimento ou aplicação das melhores práticas descritas no PMBOK® (PMI, 2008), são relativamente menores.

No sistema de certificação PMI são consideradas seis categorias de profissionais com as seguintes características:

- *Certified Associate in Project Management (CAPM)*® ou Associado de Gerenciamento de Projetos Certificado: É um nível de certificação de inserção para praticantes em projeto. Foi concebido para aqueles com pouca ou nenhuma experiência em projeto, mas que estão aptos a demonstrar seu entendimento quanto aos fundamentos, à terminologia e aos processos de um efetivo gerenciamento de projeto, a fim de adquirirem uma base para uma futura certificação mais avançada.
- *Project Management Professional (PMP)*® ou Profissional de Gerenciamento de Projeto: corresponde à mais importante e reconhecida certificação da indústria para gerentes de projeto. Essa é uma certificação reconhecida e aceita mundialmente, que demonstra que o profissional possui experiência, capacitação e competência para liderar e dirigir projetos.
- *Program Management Professional (PgMP)*® ou Profissional de Gerenciamento de Programa: reconhece uma avançada experiência e habilidade de gerentes de programa. Essa é uma certificação reconhecida e aceita mundialmente, que demonstra que o profissional possui competência para gerenciar múltiplos projetos inter-relacionados, bem como seus recursos para atingir objetivos estratégicos de negócios.
- *Agile Certified Practitioner (ACP)*® ou Profissional Certificado Ágil: reconhece o conhecimento nas práticas mais ágeis, mas não limitado apenas a esses usuários, pois capacita profissionais nos princípios, práticas, técnicas e ferramentas associadas.
- *Risk Management Professional (RMP)*® ou Profissional de Gerenciamento de Riscos: capaz de atuar em projetos com crescente complexidade e diversidade como especialista em gerenciamento de riscos.

- *Scheduling Professional (SP)*® ou Profissional de Planejamento: capaz de atuar em projetos com crescente complexidade e diversidade como especialista em planejamento.

O IPMA (2012) também possui um exame similar para projetos, sendo os termos básicos da certificação de gestão de projetos oriundos da norma ISO/IEC 17024 “Requisitos gerais para os organismos certificadores de pessoas”. Os certificados atribuídos a indivíduos são baseados na validação das suas competências em atividades típicas da gestão de projetos que ocorrem no seu dia-a-dia de trabalho. Essa certificação é mais difundida na Europa. No sistema de certificação IPMA são consideradas quatro categorias de profissionais para os quais se aplicam as mesmas normas particulares:

- *Certified Project Director* (IPMA Level A ou IPMA-A) ou Diretor de Projetos Certificado: significa que a pessoa é capaz de dirigir um importante portfólio de projeto ou um programa, com os recursos, metodologias e ferramentas correspondentes. Esta certificação é voltada para a gestão da estrutura e não a gestão de um projeto em particular. Para assumir esta responsabilidade é necessário um elevado nível de experiência e conhecimento do gestor.
- *Certified Senior Project Manager* (IPMA Level B ou IPMA-B) ou Gerente de Projetos Sênior Certificado: corresponde a um profissional capaz de gerir um projeto complexo, cujo critério está definido no capítulo 3 da norma ISO/IEC 17024. Os subprojetos são comuns, isto é, o gestor do projeto gere gestores de subprojetos e não diretamente as equipes.
- *Certified Project Manager* (IPMA Level C ou IPMA-C) ou Gerente de Projetos Certificado: capaz de liderar um projeto com complexidade limitada, o que significa que demonstrou o correspondente nível de experiência e atitude que o habilita a aplicar o conhecimento de gestão de projetos.
- *Certified Project Management Associate* (IPMA Level D ou IPMA-D) ou Gerente de Projetos Associado Certificado: a pessoa é capaz de aplicar o conhecimento de gestão de projetos enquanto participante de um projeto (assistente) em áreas em que o senso comum não é suficiente para realizar o trabalho com um nível de competência satisfatório.

Dentro da hierarquia de gestão de projetos e com base na competência e experiência, o usual é que se siga a estrutura ilustrada na figura 3.1.

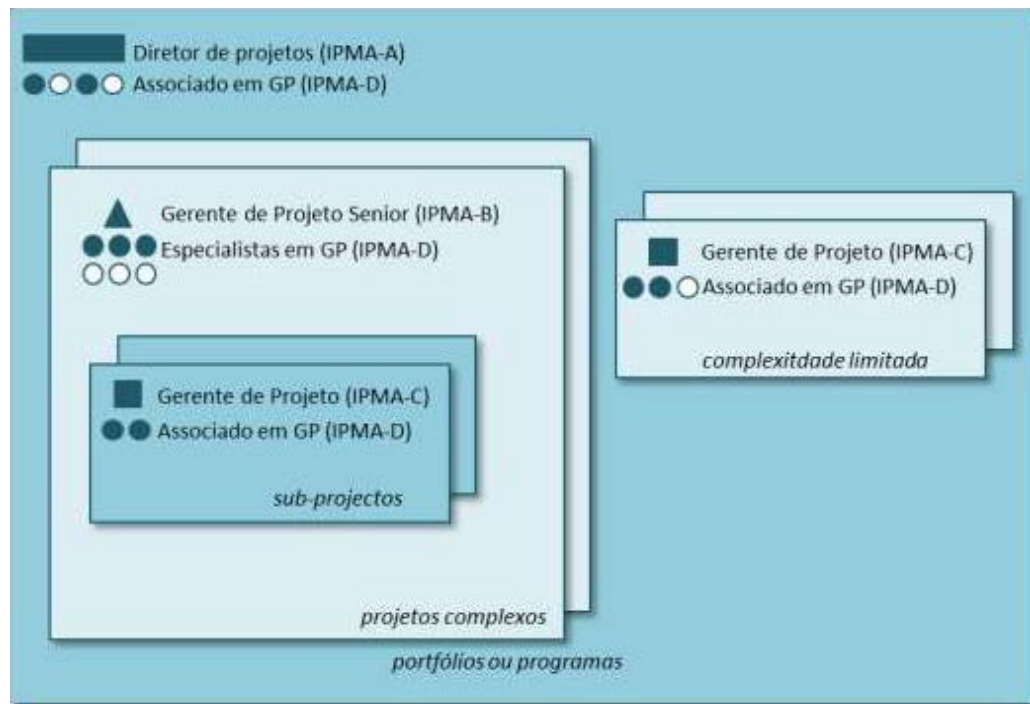


Figura 3.1: Certificação universal IPMA 4-L-C, em 4 níveis - NBC (IPMA, 2012).

Durante a explanação da metodologia FEL (IPA, 2011) também ficará evidente a importância de se ter profissionais que dominem a tecnologia mineral aplicável ao escopo em questão na equipe do projeto, bem como especialistas em processo que tenham boas noções de desenvolvimento e implantação de projeto.

3.2 Áreas de conhecimento do PMBOK®

O Guia PMBOK® (PMI, 2008) apresenta uma sequência de capítulos que disciplina a gestão de projetos com base na ampla experiência em empreendimentos já ocorridos. Basicamente, esse guia sugere ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos e engloba variáveis aplicáveis a um projeto de maior complexidade. Ele não é considerado uma metodologia, mas pode ser usado como base para se desenvolver uma.

Em um primeiro momento, para quem não tem tanta experiência com o ciclo completo de planejamento e execução de um projeto utilizando-se os capítulos do PMBOK®

(PMI, 2008), tem-se a impressão de estar sendo imposta uma metodologia excessivamente burocrática e desnecessariamente complexa. Naturalmente, nem todo projeto precisará se aprofundar em cada capítulo. O próprio guia PMBOK® cita essa recomendação, todavia percebe-se a importância de, ao menos avaliar cada um deles ao início de um novo trabalho a fim de não incorrer em omissões, que podem vir a ser fontes de desgastes futuros ou até do próprio cancelamento do projeto.

Esse tempo dispendido no início compensa em muito a economia gerada ao longo do desenvolvimento e implantação do projeto, conforme citado por HELDMAN (2009), MULCAHY (2009) e KERZNER (2006) e mostrado nos capítulos subsequentes.

Inicialmente, o guia PMBOK® (PMI, 2008) define a estrutura de gerenciamento de projeto, dando sequência com a definição das entradas, ferramentas/técnicas e saídas de cada um dos quarenta e dois (42) grupos de processo de iniciação, planejamento, execução (implantação ou implementação), monitoramento e controle, e encerramento; inseridos em nove (9) áreas de conhecimento (referência da 4ª edição do PMBOK®). Conforme citado por HELDMAN (2009), apesar de todas as fases serem essenciais, “o planejamento do projeto é o âmago dos processos de gerenciamento de projetos. Esse é o processo que informa a todos os envolvidos aonde você vai e como chegará lá”. A partir de então, o guia inicia a definição dessas áreas de conhecimento e apresenta as ferramentas e técnicas que deverão ser aplicadas em cada área do gerenciamento de projeto (PMI, 2008), sendo descritas na sequência. Na quinta edição, em julho de 2013, houve a entrada de uma nova área de conhecimento (gerenciamento das partes interessadas), e conseqüentemente, foram introduzidos cinco (5) novos processos.

Além dos padrões que estabelecem diretrizes para processos, ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos, o Código de Ética e Conduta Profissional do PMI (2008), ou *Project Management Institute Code of Ethics and Professional Conduct*, em inglês, orienta os praticantes de gerenciamento de projetos e descreve as expectativas que os praticantes têm de si mesmos e de outros. O mencionado código de ética e conduta é específico quanto à obrigação básica de responsabilidade, respeito, justiça e honestidade. Além disso, esse transmite a obrigação de respeito às leis, regulamentos e

políticas organizacionais e profissionais. Como os grandes projetos ao redor do mundo envolvem profissionais de culturas e valores distintos, esse código serve como padrão.

3.2.1 Gerenciamento de integração do projeto

Definição dos processos a partir das atividades desde a criação do termo de abertura do projeto, do plano de gerenciamento do projeto, do gerenciamento da execução do projeto propriamente dita, do monitoramento e controle do projeto, do controle integrado de mudanças de escopo e custo até o encerramento do projeto (MULCAHY, 2009 e KERZNER, 2006). Essa área é uma das mais críticas para o sucesso do projeto.

3.2.2 Gerenciamento do escopo do projeto

Esse capítulo descreve os processos de forma a garantir que o projeto contemple essencialmente as atividades necessárias para seu sucesso desde a coleta dos requisitos (premissas), a definição do escopo (declaração de escopo), a criação da estrutura analítica do projeto (EAP), que seria a hierarquia de cada atividade conforme planejamento, bem como a verificação e o controle do escopo, conforme HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009).

3.2.3 Gerenciamento do tempo do projeto

O foco dos processos descritos nesse capítulo é garantir que o projeto terminará no tempo esperado a partir da definição das atividades do projeto, da sequência que as mesmas ocorrerão e da estimativa de recursos e durações de cada atividade. A partir dessas informações é possível desenvolver o cronograma do projeto e iniciar seu monitoramento e controle. Todas as interdependências e interferências são amarradas no cronograma através de seleção de atividades predecessoras e sucessoras. Ao final é definida a contingência de atividades críticas e a folga sugerida, de acordo com HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009).

3.2.4 Gerenciamento do custo do projeto

Os processos envolvidos no planejamento, estimativa e determinação do orçamento e controle de custos são descritos com objetivo de garantir que haja um melhor nível de

acerto e de atendimento das expectativas geradas no início do projeto, conforme definido por HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009). Também ao final são agregadas as contingências vinculadas ao risco de cada atividade.

3.2.5 Gerenciamento da qualidade do projeto

Nesse momento são descritos os processos relativos à garantia da qualidade, e definidos os parâmetros para o controle dos requisitos de qualidade em consonância com o manual de qualidade do projeto e aplicando-se as ferramentas usuais caso-a-caso, conforme sugerido por HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009).

3.2.6 Gerenciamento dos recursos humanos do projeto

Esse capítulo descreve os processos referentes ao planejamento, contratação (ou mobilização), desenvolvimento e gerenciamento da equipe do projeto desde sua fase inicial até o encerramento evidenciado por HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009).

3.2.7 Gerenciamento das comunicações do projeto

Nesse item são identificados os processos relativos ao planejamento da comunicação, à geração, coleta, disseminação, armazenamento e destinação final das informações do projeto de forma objetiva e ampla, considerando todas as principais partes interessadas os (*Stakeholders*, em inglês) mapeadas e gerenciando as expectativas das mesmas. É fundamental considerar relatórios de desempenho desses processos, chamados relatórios de acompanhamento ou de progresso, junto com os principais indicadores e metas do projeto e a frequência e objetivo de cada reunião. Essas informações são resumidas em uma matriz de comunicação citada por HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009).

3.2.8 Gerenciamento dos riscos do projeto

Os processos referentes aos riscos do projeto se iniciam a partir da sua identificação, seguida da análise qualitativa e/ou quantitativa (matriz), e têm sequência a partir do planejamento (ações de monitoramento e controle) desses riscos de forma a mitigá-los ou, se possível, eliminá-los, de acordo com HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009). Um instrumento útil de gerenciamento dos riscos é a matriz formada nesta análise.

3.2.9 Gerenciamento das aquisições do projeto

O capítulo final considera os processos referentes à compra de produtos (equipamentos ou materiais) e de serviços específicos para o projeto, desde a fase de planejamento, passando pela procura (cotação e compra), pelo acompanhamento (diligenciamento), pela entrega (inspeções, testes de fábrica, embalagem, embarque, transporte, liberação de desembarque e estocagem) até o encerramento dos contratos ou dos pedidos de compra, que seriam as últimas atividades do projeto, conforme descrito por HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009). Antes de se iniciar o gerenciamento das aquisições, o gerente do projeto já deverá ter definido com a área de suprimentos a estratégia a ser aplicada em cada caso.

3.3 Avaliação de maturidade sugerida pelo PMI

A metodologia utilizada pelo PMI (2008) para avaliação de maturidade de um projeto de capital é chamada “OPM3”, uma abreviatura de *Organizational Project Management Maturity Model*, que em português seria “modelo de maturidade organizacional de gerenciamento de projeto”. O OPM3 visa apontar eventuais falhas ou inconsistências ao final de uma determinada fase a fim de possibilitar que os profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto possam vir a corrigi-las antes de se partir para a próxima fase, evitando dispêndios e gastos desnecessários com retrabalhos originados na etapa anterior, além dos temíveis atrasos no cronograma nas fases mais adiantadas, os quais oneram o projeto e adiam a captura de benefícios do mesmo, conforme alertado por HELDMAN (2009) e (KERZNER, 2005).

3.4 Áreas de competência do NBC

Como citado anteriormente, o *International Project Management Association* (IPMA, 2012) também publicou um guia similar ao PMBOK®, intitulado NCB (*National Competence Baseline*), e também conhecido como Referencial Brasileiro de Competências (IPMA, 2012), organizando as competências de gestão de projetos em três áreas: técnica, comportamental e contextual, conforme mostrado a seguir:

- **Grupo de competências técnicas:** Descreve os elementos de competência fundamentais da gestão de projetos. Este grupo cobre o conteúdo por vezes referido como os elementos sólidos. O ICB (*IPMA Competence Baseline*) contém 20 elementos de competência técnica (IPMA, 2012).
- **Grupo de competências comportamentais:** Descreve os elementos de competência pessoal do gestor de projeto. Este grupo cobre atitudes e habilidades do gestor de projetos. O ICB contém 15 elementos de competência comportamental (IPMA, 2012).
- **Grupo de competências contextuais:** Descreve os elementos de competência do gestor de projeto relacionados com o contexto do projeto. Este grupo cobre as competências do gestor de projetos no relacionamento com os gestores funcionais e a capacidade de funcionar numa organização orientada a projetos. O ICB contém 11 elementos de competência contextual (IPMA, 2012).

O “Olho da Competência” representa a integração de todos os elementos da gestão de projetos, e sintetiza a visão do gestor de projetos quando o mesmo avalia uma situação particular, conforme pode ser visto na figura 3.2 (IPMA, 2012).



Figura 3.2: O olho da competência pelo NBC (IPMA, 2012).

O NBC (Referencial Brasileiro de Competências, em português) descreve, de forma bastante objetiva, cada um dos quarenta e seis elementos (46) referentes às três (03) áreas de competências de gestão de projetos (técnica, contextual e comportamental), conforme sequência mostrada na tabela III.1 (IPMA, 2012).

Para cada elemento são descritas as possíveis etapas do processo, o padrão comportamental mais adequado e aquele que requereria algum desenvolvimento conforme o respectivo tópico abordado, as competências-chave e as principais interfaces com outros elementos.

Tabela III.1: Quarenta e seis elementos pelo NBC (IPMA, 2012)

1 Competências Técnicas	2 Competências Comportamentais	3 Competências Contextuais
1.01 Sucesso no gerenciamento do projeto	2.01 Liderança	3.01 Orientação a projetos
1.02 Partes interessadas	2.02 Comprometimento e motivação	3.02 Orientação a programas
1.03 Objetivos e requisitos do projeto	2.03 Autocontrole	3.03 Orientação a portfólio
1.04 Riscos: oportunidades e ameaças	2.04 Assertividade	3.04 Implementação de projetos, programas e portfólios (PPP)
1.05 Qualidade	2.05 Descontração	3.05 Organização permanente
1.06 Organização do Projeto	2.06 Abertura	3.06 Negócio
1.07 Trabalho em equipe	2.07 Criatividade	3.07 Sistemas, produtos e tecnologias
1.08 Resolução de problemas	2.08 Orientação para resultados	3.08 Gestão de pessoas
1.09 Estruturas do projeto	2.09 Eficiência	3.09 Saúde, meio-ambiente e segurança
1.10 Escopo e entregas	2.10 Aconselhamento	3.10 Finanças e contabilidade
1.11 Tempo e fases do projeto	2.11 Negociação	3.11 Aspectos legais
1.12 Recursos	2.12 Conflitos e crises	
1.13 Custos e finanças	2.13 Confiabilidade	
1.14 Aquisições e contratos	2.14 Valores	
1.15 Alterações	2.15 Ética	
1.16 Controle e reporte		
1.17 Informação e documentação		
1.18 Comunicação		
1.19 Iniciação		
1.20 Encerramento		

Conforme citado, as áreas de competências de gestão de projetos (técnica, contextual e comportamental) se desdobram em quarenta e seis elementos, as quais estão mostradas na figura 3.3 (IPMA, 2012).

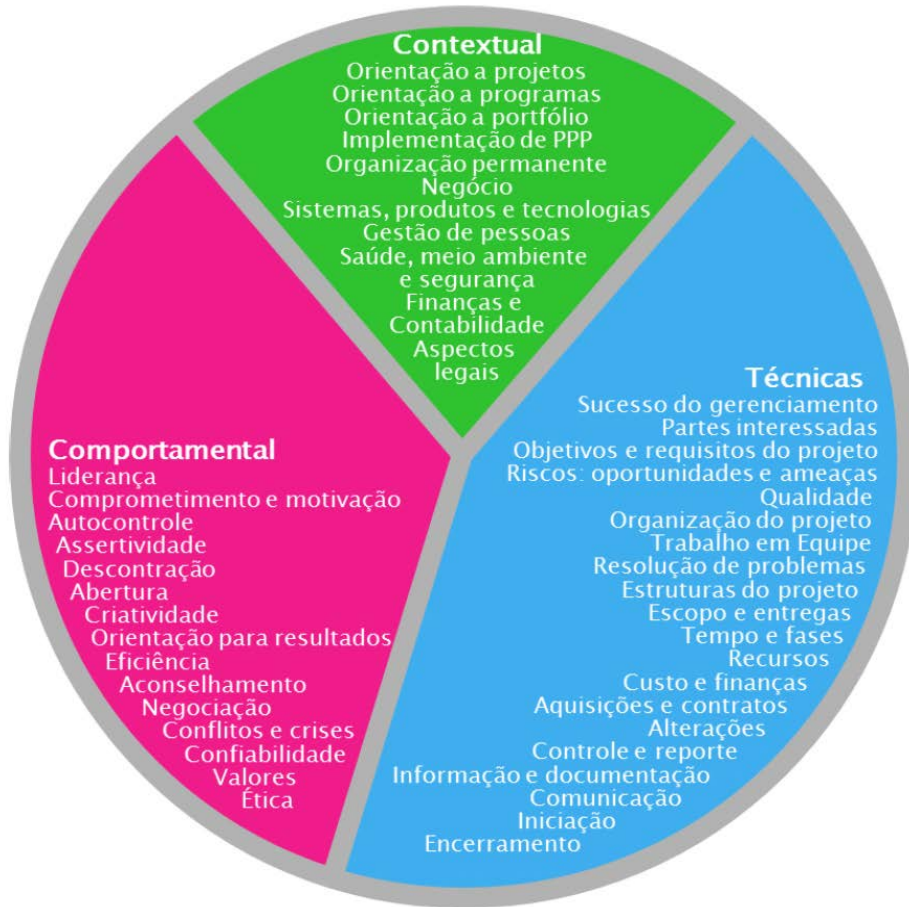


Figura 3.3: Três áreas de competências do NBC (IPMA, 2012).

3.5 Norma de Gerenciamento de Projeto da ISO

A ISO (2012) também publicou uma norma, a ISO 21.500, com o objetivo de orientar, em alto nível, sobre conceitos e processos do gerenciamento de projetos considerados boas práticas tanto para programas quanto para portfólio de projetos.

Da mesma forma que o Guia PMBOK®, a ISO não teve a intenção de criar uma metodologia de gestão de projetos, limitando-se apenas a padronizar definições, introduzir aos processos e suas entradas e saídas. Todavia, há uma grande diferença entre a forma de abordagem da norma 21.500 da ISO, a qual contém quarenta e sete páginas e o Guia PMBOK®, com aproximadamente quatrocentos e cinquenta páginas na quarta edição. Logo a uma primeira abordagem, fica claro que o Guia PMBOK® é

mais específico que a norma 21.500 da ISO. A ABNT (2012) publicou logo em seguida a norma ABNT NBR ISO 21.500, sendo essa, uma adoção idêntica em conteúdo técnico, estrutura e redação à ISO 21.500: 2012.

3.6 Metodologia FEL

Front-end Loading (FEL) é uma metodologia bastante difundida e aplicada para medir a aderência de projetos de capital aos seus objetivos para que os mesmos avancem de uma etapa para outra com a devida maturidade (KERZNER, 2005). Baseado no *Research and Metrics Measuring Capital Project* (IPA, 2004), esse método foi criado em 2004 e então revisitado pelo *Independent Project Analysis, Inc.* (IPA, 2011), que é um instituto de pesquisa e consultoria de gerenciamento de projetos com experiência acumulada através de centenas de estudos que vinculam práticas a resultados de projeto.

O IPA (2011) utiliza um banco de dados de relevantes projetos de capital, os quais necessariamente passaram pelas diferentes fases de um projeto, sendo FEL 1 a fase de nascimento do projeto e de estudo do negócio; seguido do FEL 2, que é a fase de pré-viabilidade do projeto e então pelo FEL 3, que é a etapa de viabilidade. Essas três ainda pertencentes à importante etapa de planejamento do projeto. Finalmente, vem a fase de execução e em seguida, a de *start-up*, conforme mostrado na figura 3.4 (IPA, 2011).

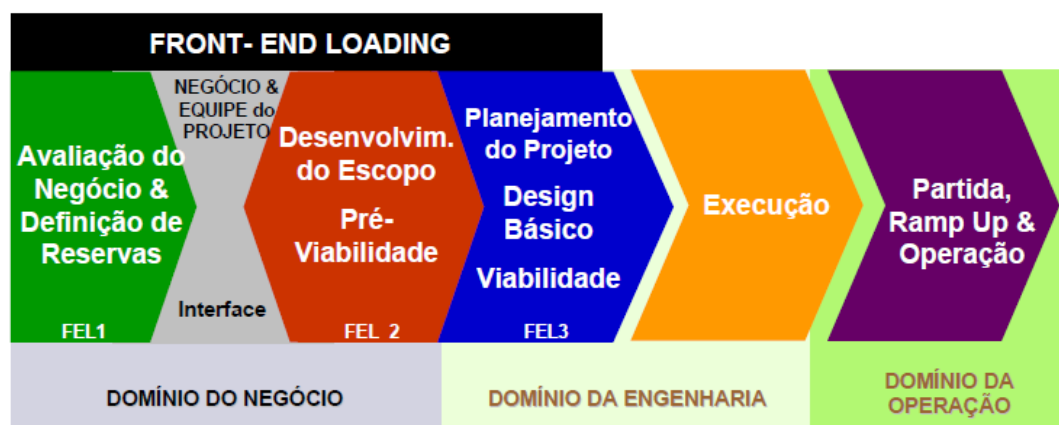


Figura 3.4: O ciclo típico de um projeto de capital (IPA, 2011).

Como se pode observar através da figura anterior, o ciclo de vida do projeto evolui em três fases principais: **domínio do negócio**, que seria do surgimento até a definição do

conceito; **domínio da engenharia**, que seria da avaliação das pré-viabilidade e viabilidade até a construção; e **domínio da operação**, que seria o comissionamento e a entrega (*hand over*) do projeto para a produção, que é quando se dá o encerramento do mesmo (IPA, 2011). Essas fases requerem profissionais distintos, sendo na primeira desejado um perfil mais empreendedor, na segunda um perfil mais de estudo e uma terceira um perfil de construção.

À medida que os requisitos do projeto são conhecidos e atinge-se uma maior maturidade da fase em que o mesmo se encontra, é feita uma análise pelos executivos e representantes de cada área da empresa para que se defina se o projeto irá para a fase seguinte (*Go* ou *No-Go*). Esse e outros momentos similares ocorridos nos momentos de avaliação são chamados de “portal” (*gate*) de aprovação de fase do projeto.

Como, em geral, projetos de capital necessitam de grandes investimentos, a metodologia FEL (IPA, 2011) é utilizada com o intuito de minimizar os riscos de se investir em projetos sem atratividade, além de contribuir para aprimorar as condições em projetos viáveis de forma a evitar surpresas desagradáveis em fases mais adiantadas de implantação. Essa metodologia facilita também o gerenciamento dos vários projetos dentro do portfólio. Caso o projeto seja aprovado para seguir em frente, diz-se que o mesmo recebeu “luz verde” (*green light*), uma metáfora proveniente do trânsito e aplicada para esse momento de avaliação.

A partir dessa base, o IPA também auxilia empresas através da realização de auditorias nas fases anteriores aos portais, além de oferecer treinamentos e consultorias. Essa metodologia acaba criando um “funil” (*pipeline*, em inglês) de seleção de projetos, onde apenas aqueles com boas: maturidade, atratividade e alinhamento com a estratégia da empresa passam para a próxima fase, conforme mostrado na figura 3.5 (IPA, 2011). Ao longo das fases FEL é comum que os projetos sejam reciclados, cancelados ou postergados. Ao longo da evolução do projeto, a única certeza é a de haverá mudanças.

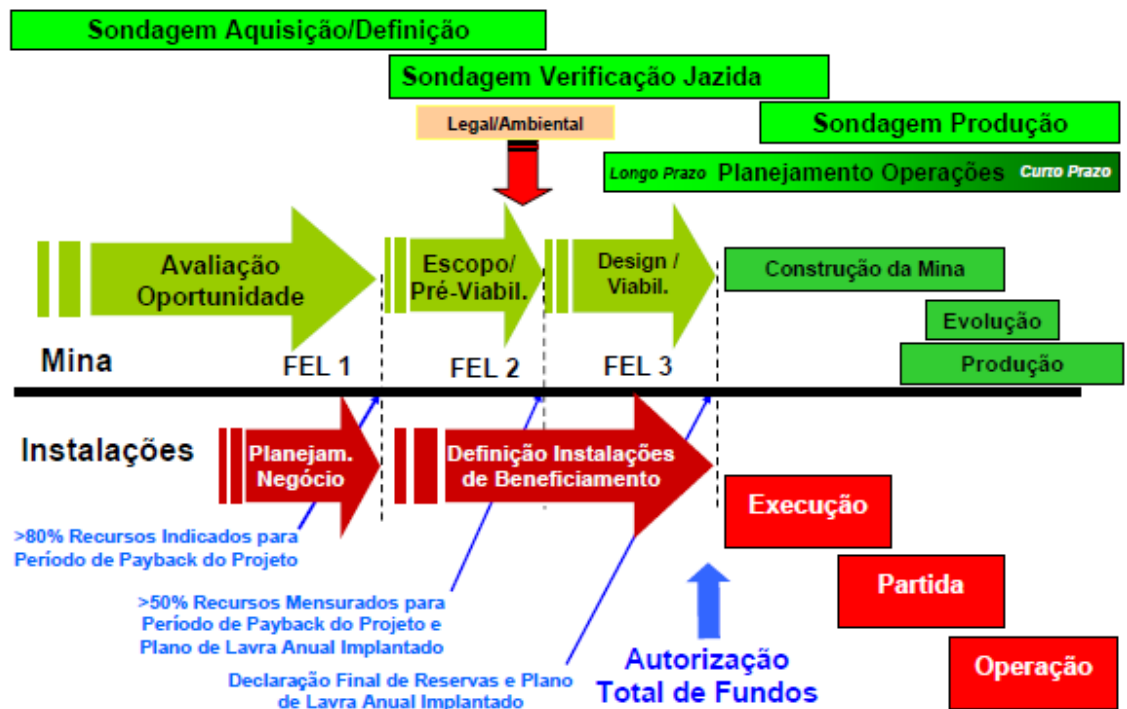


Figura 3.5: Abordagem do Projeto pela metodologia FEL (IPA, 2011).

No início de um empreendimento é possível influenciar o resultado final a um custo relativamente baixo. O trabalho efetuado no início de um projeto tem efeito direto no resultado bem sucedido do projeto, e quanto melhor o planejamento, melhores serão os resultados (IPA, 2011). As melhores práticas ajudam a reduzir os custos, garantem uma maior assertividade ao cronograma e, também, ajustam a previsibilidade do investimento, o que ao final tem como objetivo corresponder às expectativas das partes interessadas no projeto.

A Figura 3.6 mostra a curva de influência e o custo do projeto ao longo do tempo. Essa curva é um exemplo clássico de como projetos de capital se comportam em razão dessas três variáveis. De acordo com o Guia PMBOK® (PMI, 2008), “a capacidade de influenciar as características finais do produto do projeto, sem impacto significativo sobre os custos, é mais alta no início e torna-se cada vez menor conforme o projeto progride para o seu término”. O motivo disso é que os gastos em FEL normalmente são menores que durante a execução, quando são comprados equipamentos e materiais, além do próprio serviço de construção.

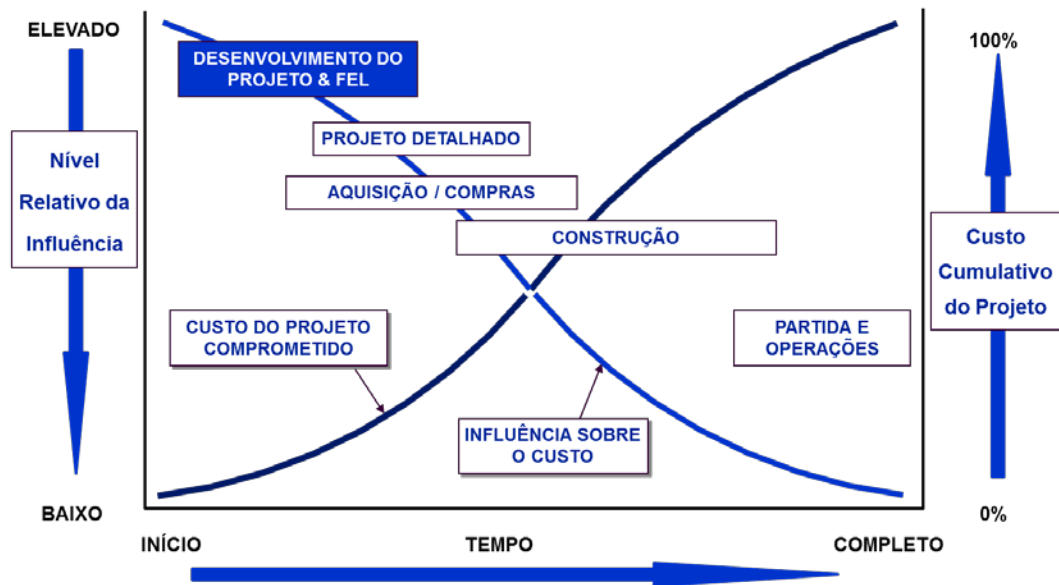


Figura 3.6 – Relação entre momento de mudança do projeto x custo projeto (PMI, 2008).

Outra prática bastante difundida e de resultados compensatórios para se aumentar a maturidade do projeto é a de realização de seminários técnicos dedicados, chamados VIP's (*Value Improving Practices*, em inglês), consolidados nos projetos desenvolvidos através da metodologia FEL pelo IPA (2011). Normalmente, o ganho para melhorar a confiabilidade, reduzir os custos e aperfeiçoar o cronograma são algumas das boas práticas nos projetos. O IPA (2011) também desenvolveu uma interdependência entre a fase do projeto e o tipo de VIP, em função do ganho que se pode ter considerando-se o nível de detalhamento do projeto naquele momento, o que acaba sendo adaptado em função do mercado e varia em função da complexidade de cada projeto.

Além dos ganhos citados no parágrafo anterior, esses seminários acabam se tornando oportunidades bastante produtivas para se forçar um encontro entre todos os envolvidos e impactados pelo projeto em questão. São convidados aqueles integrantes-chave, cuja participação costuma ser bem relevante. No dia-a-dia das empresas técnicos e engenheiros ligados à produção e manutenção (não participantes da equipe principal do projeto, mas diretamente afetados por ele) dificilmente participariam das reuniões usuais do projeto e esses seminários seriam convenientes para extrair contribuições. Em caso de projetos de expansão (*"brown field"*, em inglês), as informações que eles fornecem enriquecem as definições técnicas e corrigem eventuais falhas ou omissões.

A participação de consultores e especialistas externos também é valiosa, pois traz uma visão externa à equipe do projeto. Os VIP's mais conhecidos são (IPA, 2011):

- Seleção de Tecnologia (*Technology Selection*, em inglês);
- Engenharia de Valor (*Value Engineering*, em inglês);
- Adequar o Projeto conforme a Capacidade requerida (*Design-to-Capacity*, em inglês);
- Classes de Qualidade da Planta (*Classes of Plant Quality*, em inglês);
- Modelagem Simulação Confiabilidade (*Reliability Simulation Modeling*, em inglês);
- Otimização de Energia (*Energy Optimization*, em inglês);
- Minimização de Resíduos (*Waste Minimization*, em inglês);
- Customização padrões/especificações (*Customizing Standard/Specification* em inglês)
- Construtibilidade (*Constructability*, em inglês);
- Engenharia 3D (*3D-Engineering*, em inglês);
- Análise de Interferências (*Tie In's Management*, em inglês).

A seguir serão descritos de forma breve cada um desses VIP's.

A prática da “Seleção de Tecnologia” é realizada através de um processo sistemático para selecionar as melhores opções de tecnologia que satisfaçam os objetivos do projeto e melhorem a vantagem competitiva a partir da sua aplicação. Ela deve ser uma das primeiras atividades em FEL (IPA, 2011). Nesse estágio, decisões que são tomadas podem ter um grande impacto no sucesso financeiro do projeto. Tecnologia escolhida sem um plano bem elaborado pode causar estouro de orçamento, extensão de planejamento (especialmente no comissionamento), perda de oportunidades de mercado ou revisões no projeto a partir da descoberta tardia de uma tecnologia mais apropriada.

A figura 3.7 mostra um exemplo de rota de processo, que tipicamente seria avaliada em um VIP de “Seleção de Tecnologia” no caso de introdução de um novo equipamento no circuito. Tecnologias insipientes ou ainda não comprovadas em escala semi-industrial, ou mesmo em testes pilotos seriam descartadas durante esse tipo de reunião. Novas rotas de processo ou novos equipamentos aplicáveis ao processo em questão poderiam ser sugeridos por participantes desse encontro, por exemplo. A importância em validar

novas tecnologias a tempo para inserir na fase adequada de planejamento reforça a necessidade de se incentivar a inovação e a busca por soluções antecipadamente.

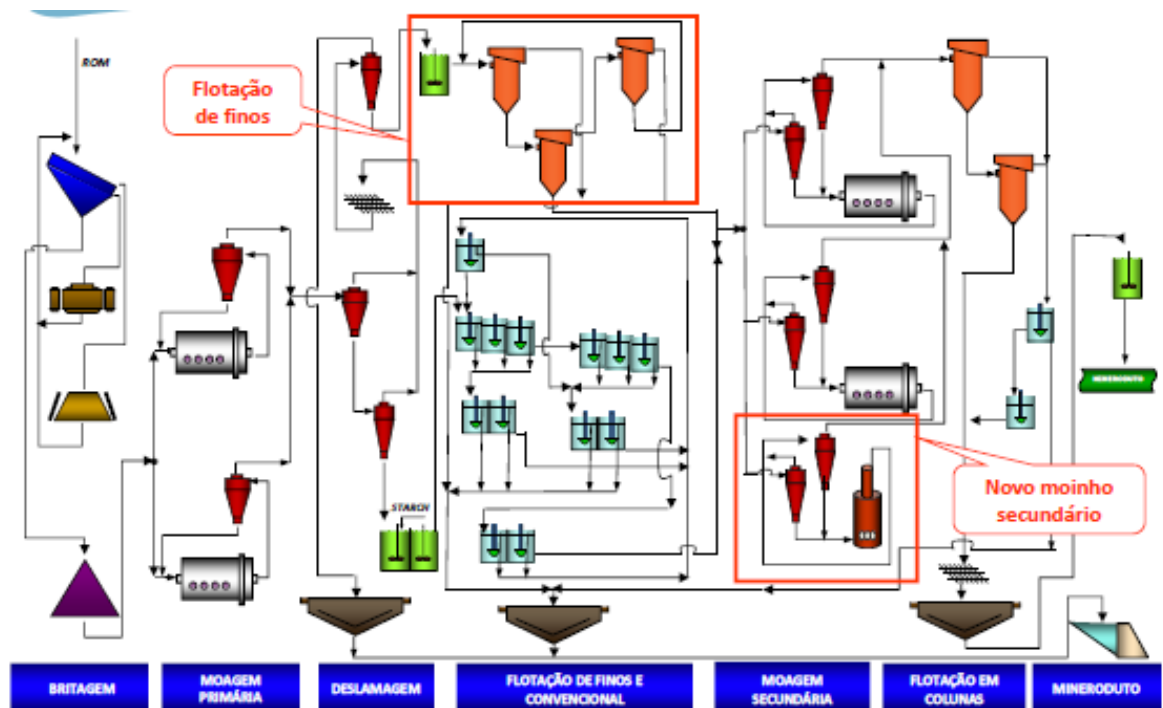


Figura 3.7 – Fluxograma para inserir novo moinho secundário (SAMARCO, 2012).

Outra prática é a de “Engenharia de Valor”, que constitui em um método organizado e criativo de redução de custo e de desempenho de uma planta. É uma abordagem também sistemática, orientada pela função, para eliminar e prevenir custos desnecessários. O objetivo é melhorar a tomada de decisões para obter o menor custo de ciclo de vida sem redução de qualidade logo no início do FEL 2 (IPA, 2011), quando já se tem definidas as alternativas a serem melhor estudadas e no início de FEL 3 (IPA, 2011), momento em que já se tem definida a alternativa a ser seguida.

A prática “*Design to Capacity*” avalia a verdadeira capacidade máxima necessária de cada equipamento ou parte do sistema com relação ao total da capacidade das instalações desejada durante a fase de FEL (IPA, 2011), isso é, do sistema completo, incluindo instalações auxiliares. Frequentemente equipamentos são projetados com um ‘fator do projeto’, por uma empresa de tecnologia que já recebeu o pré-dimensionamento com um fator de segurança e dentro de um sistema com alguma folga operacional. O resultado é a multiplicação de fatores de projeto, e o risco de se obter

equipamentos “superdimensionados”. Este conservadorismo, ou excesso de precaução, ou até desejo de conseguir uma flexibilidade operacional pode levar a uma situação na qual alguns equipamentos, ou mesmo toda a usina, tenham uma capacidade extra e desnecessária, o que pode inviabilizar o empreendimento ou afetar sua atratividade. Uma das dificuldades em se realizar essa prática é o fato de parte dos integrantes desse encontro serem os mesmos que participaram do dimensionamento, e provavelmente resistirão a chegar a sistemas mais ajustados. Outra dificuldade é a de calcular com a devida precisão a real necessidade de cada subsistema ou equipamento.

Para vencer esses obstáculos busca-se contratar especialistas e consultores bem preparados para convencer com cálculos e argumentos claros e objetivos. Essa prática pode ser feita tanto na etapa final de FEL 2 (IPA, 2011), quanto na inicial de FEL 3 (IPA, 2011). Dentro dos projetos de mineração, os principais documentos utilizados nessa análise são as memórias de cálculo, os balanços de processo (de massa, de água e térmico), além dos fluxogramas de engenharia e as simulações, conforme exemplo de um fluxograma com balanço de massa mostrado na figura 3.8.

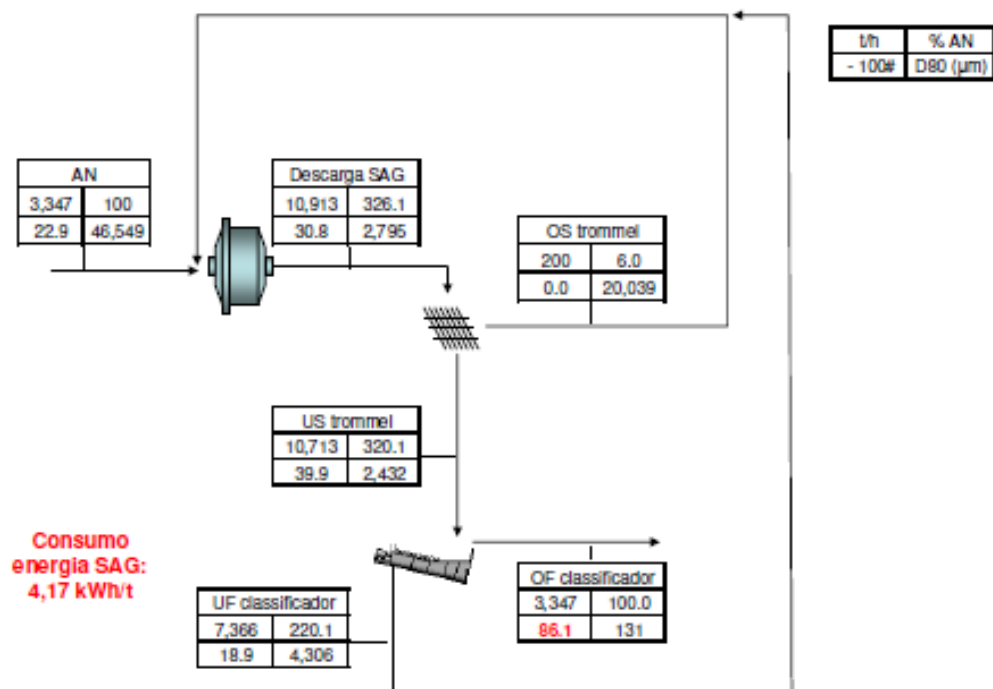


Figura 3.8 - Circuito Proposto para aplicação de SAG (SAMARCO, 2012).

A prática de “Classes de Qualidade da Planta” é basicamente um instrumento de comunicação. Ela é usada para se estabelecer, em termos bem específicos, quais tipos de instalações são necessários para se alcançar o empreendimento planejado. O conceito é inicialmente utilizado para estabelecer o custo conforme a confiabilidade, capacidade de expansão, automação, etc. melhor se encaixa às necessidades do projeto. Uma vez que isto tenha sido determinado pelas unidades de negócios, produção e técnica, o resultado será usado para comunicação do que é desejado para todos envolvidos e para auxiliar o objetivo de que as instalações prontas satisfaçam as expectativas. Ao final são definidos os requisitos do projeto e validadas as premissas, que em uma fase seguinte causariam bem mais transtornos, caso viessem a sofrer quaisquer alterações, portanto, essa prática deve ser realizada logo no início de FEL 2 (IPA, 2011).

A prática de “Modelagem de Simulação da Confiabilidade” refere-se ao uso de sofisticados aplicativos especializados em modelagem por computador para simular a confiabilidade mecânica de instalações de processamento industrial. A modelagem de confiabilidade é uma análise quantitativa de produção anual e disponibilidade da mina ou da usina com objetivo de melhorar a capacidade geral de produção. Esse é um método utilizado para avaliação do efeito de diferentes possibilidades de configurações operacionais, com o objetivo de contribuir na decisão de qual o melhor caminho a ser seguido durante o FEL 3 (IPA, 2011), quando já se terão claros todos os dados do projeto. Um exemplo seria o dimensionamento da frota de veículos fora de estrada para uma dada produção, que entre outras coisas requereria instalações auxiliares, tais como, uma oficina centralizada de equipamentos móveis e a contratação e treinamento de operadores e mantenedores, além de novo estoque de peças sobressalentes.

Outra prática usual é a de “Otimização de Energia”, que é uma metodologia de redução de custo de capital, custo operacional, e operabilidade de uma unidade de processamento, sistema de utilidade, ou local de produção. Utilizando dados termodinâmicos básicos para o(s) processo(s), objetivos de consumo e geração de energia que levam em conta o custo do equipamento podem ser determinados. A finalidade do estudo de “Otimização de Energia” é melhorar o rendimento do investimento em projetos identificando os níveis mais econômicos de recuperação de

calor e geração de energia. Essa prática deve ser realizada no início de FEL 2 (IPA, 2011) para que possa ser aplicada em pelo menos uma das alternativas estudadas. Um exemplo é o sistema EOS® (em inglês, *Energy Optimized System*) dos fornos de pelotização, os quais utilizam os gases quentes gerados na queima, direcionando-os para a etapa inicial do processo, que é a de pré-aquecimento das pelotas verdes.

Já a prática de “Minimização de Resíduos” deve ser feita através da análise fluxo-a-fluxo do processo e com objetivo de se desenvolver conceitos e propostas de redução ou, se possível, de eliminação de cada fluxo não essencial. Esta análise é realizada antes que o âmbito do projeto seja “congelado”, ou seja, durante o início de FEL 2 (IPA, 2011). Com o passar dos anos, empresas industriais têm alterado seus esforços ambientais de uma fase de controle de dejetos emitidos para uma fase de prevenção da geração de emissões e resíduos, ou seja, agindo proativamente, ao invés de reativamente. A ênfase foi alterada para um tratamento de dejetos na fonte, e/ou a reutilização dos mesmos como método de gerenciamento de resíduos mais eficientes quanto ao custo. Uma das metas seria buscar “resíduo zero” em alguns processos. Um exemplo fora da mineração, mas que deve ser citado é o da utilização da biomassa como fonte de geração de energia em usinas de produção de açúcar e álcool. Algumas unidades conseguem ter energia suficiente para sua produção e ainda vendem o excesso no mercado livre de energia. Outro exemplo seria a escória de alto forno, que é granulada logo após a corrida e vendida para empresas produtoras de cimento.

A prática “Customização de padrões e especificações” tem sua origem nos primeiros tempos da evolução da indústria, quando os padrões de planejamento e de engenharia não eram bem definidos. Com isso, muitas companhias de liderança desenvolveram seus próprios padrões baseados em conhecimentos internos e sua experiência. Com o passar dos anos, estes padrões tornaram-se rígidos e inflexíveis. Na siderurgia existiam os conhecidos padrões SIDERBRÁS, criados por um grupo de especialistas para aplicação nas siderúrgicas brasileiras, então estatais. Como um exemplo, podem ser citados os padrões de proteção superficial, os esquemas de pintura e suas tonalidades de cores, os quais eram amplamente conhecidos pelo mercado. Mais recentemente, com a privatização das empresas siderúrgicas nacionais, esses padrões internos foram

modernizados e mesclados com normas nacionais e internacionais, reconhecidas pela indústria em geral e adaptados de maneira a se evitar custos que oneravam desnecessariamente as aquisições.

Há várias considerações a serem feitas no processo de decisão sobre padrões e especificações a serem utilizados em um projeto, conforme sugerido pelo IPA (2011). Por exemplo, os padrões internos de uma empresa em relação a materiais especiais de construção para um projeto específico podem ser melhores que um padrão genérico, mais geral. Entretanto, algumas vezes o custo das instalações é aumentado pela aplicação de códigos, padrões e especificações que ultrapassam as necessidades verdadeiras das instalações sendo projetadas. Outro fator complicador é que, em projetos internacionais, esses padrões têm que ser traduzidos e analisados, em muitos casos, durante a fase de concorrência e tomada de preços. Projetos internacionais tem que ser “tropicalizados” para serem fabricados no Brasil. Um exemplo atual são os padrões chineses e indianos para estruturas metálicas, que diferem bastante dos nacionais. Quando se pede a aplicação dos padrões brasileiros, o custo dos perfis chineses e indianos é onerado. É fundamental que se defina ainda em FEL 2 quais seriam os padrões aplicáveis ao projeto para se evitar mal entendidos futuros.

A prática de “Construtibilidade” é uma das mais úteis para projetos multidisciplinares, inclusive em expansões de plantas existentes, onde há necessidade de várias intervenções que demandam interligações (“*tie in's*”, em inglês), normalmente em espaço limitado, tanto para montagem quanto para acesso. Tipicamente, a análise da viabilidade da construção envolve de um lado a projetista e a equipe de projeto, explicando o projeto e as necessidades específicas, e de outro, profissionais de construção experientes e eventualmente membros da gerenciadora para avaliar a sequência construtiva baseada em um planejamento macro, feito durante a fase anterior do projeto e atualizado durante a fase vigente. Na fase de FEL essa prática é essencial, independente da complexidade do projeto (IPA, 2011).

Dentro do VIP de construtibilidade é possível chegar a conclusões que venham a mudar itens relevantes, tais como, posição de prédios, forma de montagem, segmentação de

equipamentos, modularização de sistemas, etc. Essa prática pode ocorrer a partir do final de FEL 2 até o início da execução, mas é mais usual em FEL 3 (IPA, 2011).

O VIP de “Engenharia 3D” é um seminário de engenharia multidisciplinar, e considera que o projeto foi desenvolvido em 3D, o que traz uma grande facilidade de visualização do projeto e eliminação de eventuais interferências multidisciplinares. Em especial, essa metodologia facilita o planejamento de paradas para realização das interligações (“*tie in's*”, em inglês), o que também deve ser avaliado no seminário de construtibilidade, comentado anteriormente. Tipicamente, um seminário de engenharia 3D envolve de um lado a projetista e membros da equipe de projeto, explicando o projeto e os seus requisitos, e de outro, profissionais de outras áreas da empresa diretamente afetadas (operação, manutenção, meio-ambiente, segurança, entre outras) para avaliar a assertividade das soluções propostas (IPA, 2011). A figura 3.9 mostra o exemplo de um desenvolvimento 3D, onde se objetivava avaliar as interferências ao se instalar um filtro de pressão vertical dentro de uma estação existente de filtragem.

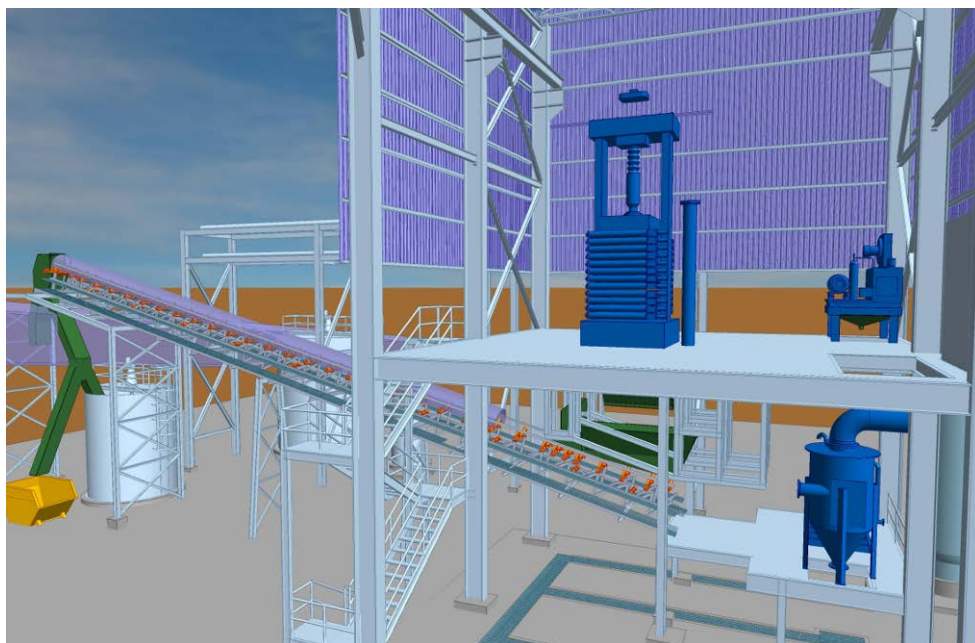


Figura 3.9 – Instalação em 3D para facilitar visualização (SAMARCO, 2012).

Por fim, e podendo ser feita inclusive em paralelo à engenharia 3D, vem a prática de “Análise de Interferências e *Tie In's*”, que é quando se consegue unir representantes

multidisciplinares da projetista, representantes da operação e manutenção das áreas onde o projeto trará algum impacto e demais integrantes da equipe do projeto ainda na fase FEL (IPA, 2011). Como a dinâmica das operações é muito grande, nesses seminários são avaliadas as condições consideradas no projeto e as soluções dadas pela projetista. A participação de representantes de diversas áreas da empresa é fundamental para se evitar surpresas em momentos inapropriados. Um ponto de atenção é a indisponibilidade de documentos atualizados, os chamados “*as built*” das instalações, pois há sempre o risco dos documentos de referência recebidos pela projetista não corresponderem à realidade. Finalmente, essa é a oportunidade de se consolidar o limite de bateria do projeto, ou seja, a fronteira física de responsabilidade entre o projeto e a instalação existente ou com um terceiro (conceito muito utilizado para estruturas metálicas, tubulações e utilidades em geral).

Como já dito, os *tie in*'s são as interligações dos projetos de expansão com a instalação existente, e um dos grandes objetivos desse seminário seria para se definir os impactos e a forma de reduzir os tempos de parada a partir da definição em consenso da estratégia de interligação (IPA, 2011). Essa VIP é bem útil na fase de engenharia básica (FEL 3) e no início da engenharia detalhada (execução), quando o projeto já tem um nível melhor de informações técnicas e ainda há tempo de se implementar melhorias na engenharia antes de se partir para a construção propriamente dita.

É bastante recomendável que, junto com as VIP's (para projetos mais simples) ou em momentos distintos (para projetos complexos), sejam feitos seminários de análise das principais entregas da engenharia a 30%, 60% e 90% do progresso físico, seja nas fases conceitual, básica ou detalhada. Novamente deve ser dito que, é nesse momento que se consegue unir representantes multidisciplinares da projetista, representantes da operação e manutenção das áreas onde o projeto trará algum impacto e revisões ainda podem ser incorporadas. Observe que “uma ótima ideia em um momento inapropriado torna-se uma péssima ideia...”.

Além das VIP's, há outros seminários fundamentais para se evitar eventuais tropeços mais à frente, que seriam as “Análises de Riscos” e o HAZOP (precedido de APP, HAZID, HAZAN), os quais serão citados na sequência.

Conforme HELDMAN (2005), as premissas assumidas como verdadeiras na fase de iniciação e planejamento do projeto precisam ser constantemente verificadas. Grande parte dos riscos associados ao projeto dizem respeito à não confirmação ou à não validação dessas premissas, portanto uma das ferramentas para eliminar ou mitigar essas situações indesejáveis é levantar e registrar no seminário de “Análise de Riscos” todos os eventuais riscos relativos às premissas do projeto, tais como estratégia, mercado, mineração, aspectos políticos; os relativos a orçamento, engenharia e suprimentos; os relativos à implantação, tais como metodologia de execução, construção e gerenciamento; os relativos a saúde e segurança do trabalho, meio-ambiente e comunidades; e finalmente os relativos às interfaces operacionais. Cria-se nesse momento uma Matriz Qualitativa de Riscos. Com base em vários projetos de capital desenvolvidos e implantados no mundo, o instituto canadense CIM (2010) fez uma análise estatística dos principais riscos e os classificou em uma escala de 0 a 10, conforme mostrado na figura 3.10.

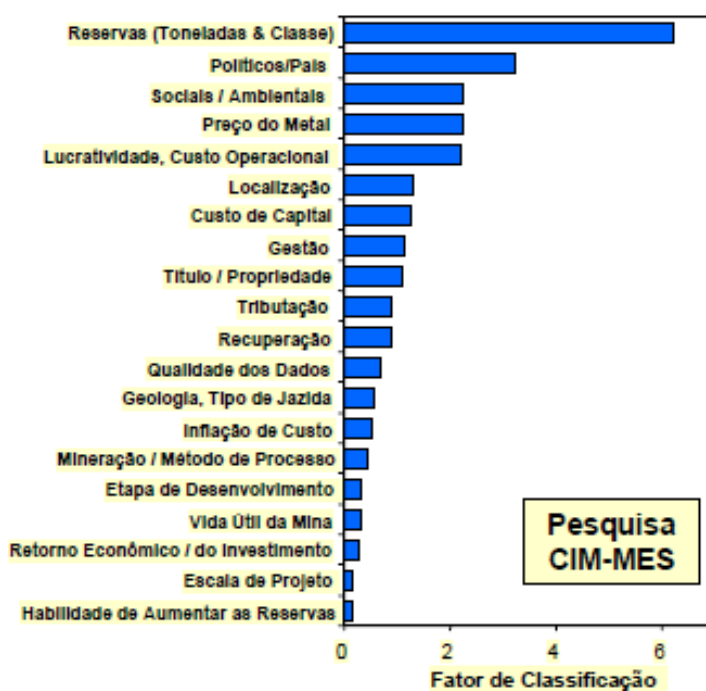


Figura 3.10 – Classificação Principais Riscos em Projetos de Capital (CIM, 2010).

Em seguida são definidas formas de se fazer uma melhor gestão dos mesmos a partir do estabelecimento das responsabilidades, das ações de bloqueio, dos controles preventivos e corretivos, dos prazos de cumprimento das ações. Nesse momento também é mensurado o risco através da definição da sua probabilidade de ocorrência e da sua severidade (potencial de impacto). A gestão dos riscos é de responsabilidade do gerente do projeto, mesmo que uma ou outra ação da matriz de gerenciamento de riscos não o cite diretamente ou que outra gerência fique com a incumbência de monitorar as ações. Será o gerente do projeto quem responderá a cada risco evidenciado. Ao final, esses responsáveis por cada risco mapeado darão condição ao gerente do projeto, para que esse consiga mitigar ou eliminar os riscos mapeados durante o seminário.

O HAZOP (IPA, 2011) é um método de análise qualitativa de linhas de processo que visa identificar perigos e prevenir problemas de operabilidade, aplicável a equipamentos do processo e sistemas. Ele é estruturado em forma de perguntas utilizando um conjunto sugerido de palavras-chave. Essas perguntas são aplicadas aos pontos definidos no sistema em estudo, chamados “nós de processo”. Sua aplicação só pode ocorrer quando o projeto já dispuser de fluxogramas de engenharia (“*P&ID's*”, em inglês). Sendo assim, o HAZOP pode ocorrer durante a engenharia básica (FEL 3), durante a engenharia detalhada (execução) ou ainda antes do comissionamento (com foco específico nos testes a frio, ou em vazio e a quente, ou com carga).

O HAZOP tem o objetivo de investigar minuciosa- e metodicamente cada segmento de um processo, focalizando os pontos específicos do projeto (os “nós”), um a um, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas e as respectivas consequências (IPA, 2011) e as vulnerabilidades. A partir dessa análise, são propostas medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para sanar os problemas de operabilidade da instalação. O HAZOP enfoca tanto os problemas de segurança, buscando identificar os perigos que possam colocar em risco os operadores e os equipamentos da instalação, como também os problemas de operabilidade, que embora não venham a ser necessariamente considerados perigosos, podem vir a causar perda de produção ou afetar a qualidade do produto ou a eficiência do processo.

Através do HAZOP busca-se elevar a segurança do projeto com relação à integridade física das pessoas (empregados e comunidades), a proteção dos ativos físicos e meio ambiente e a confiabilidade e a continuidade do processo, mitigando os riscos de perdas operacionais (IPA, 2011). Também objetiva-se verificar a efetividade da instrumentação de segurança do projeto e adequar os arranjos de equipamentos, definir distâncias seguras, estabelecer medidas de mitigação, de ergonomia e de proteção em momentos que ainda seja possível incorporar tais alterações no projeto sem maiores impactos. Complementarmente, esse é o momento de verificar restrições ou problemas de operação e manutenção com relação ao projeto atual, bem como a segurança dos procedimentos planejados para operação de um processo.

O processo HAZOP é baseado no princípio de que uma equipe multidisciplinar será capaz de identificar mais problemas do que a combinação de análises individuais feitas em separado (IPA, 2011). Sendo assim, essa equipe deverá ser formada por membros com conhecimentos diversos e *expertise* em vários campos correlatos (processo, elétrico, mecânico, instrumentação, automação, segurança, qualidade, etc.), além de profissionais com experiência em operação de equipamentos e plantas similares.

De qualquer forma, caso ainda não se tenha os documentos necessários para se fazer o HAZOP e já seja de interesse da equipe de projeto fazer uma análise preliminar desses aspectos, tem-se à mão outras metodologias, que são a “Análise Preliminar de Perigos” (APP) e o método de “Identificação e Análise de Riscos” (“HAZID” e “HAZAN”, respectivamente, em inglês), que poderiam ser feitos utilizando-se a ferramenta “Análise de Riscos”, descrita anteriormente, e a partir de metodologia próprias.

3.7 Fases de Desenvolvimento do Projeto segundo metodologia FEL

Ao conceituar FEL (IPA, 2011) é preciso resgatar alguns fundamentos. A metodologia FEL divide o projeto em fases distintas de estudo com os seguintes objetivos:

– quebrar o ciclo de vida de um projeto de capital em fases definidas através de uma sequência lógica e com um conjunto inequívoco de informações ou de documentos para

aquela determinada fase, conjunto esse conhecido também como “entregáveis” (“*deliverables*”, em inglês), ou simplesmente, “entregas”, e que venham a dar consistência para se evitar retrabalhos ou atraso na fase seguinte;

- estabelecer portões de aprovação para que a direção da empresa ou os “*stakeholders*” do projeto tenham uma oportunidade de avaliar, criticar, sugerir e revisar o escopo, o cronograma, a estimativa de custo, e outros aspectos da fase do projeto;
- assegurar que o projeto se enquadra na estratégia de negócios da organização;
- fornecer um senso de disciplina à equipe do projeto para esse momento formal de avaliação do projeto, o ocasionará em um ciclo virtuoso à organização a partir da apresentação do que foi estudado na fase vigente e que poderá ser replicado à frente através de verificações periódicas, inclusive por meio de auditorias internas e externas;
- garantir recursos para a etapa seguinte do projeto (“*sponsorship*”, em inglês).

Esse projeto necessariamente obedecerá a um ciclo evolutivo de maturidade, o qual, conforme proposto pelo IPA (2011), estratificando-o em etapas de estudo, as chamadas fases FEL, as quais já foram citadas de maneira geral no subcapítulo anterior (também representadas nas figuras 3.5 e 3.6) e descritas de forma sucinta a seguir:

- **FEL 1** – desenvolver a fundamentação (motivação) e a definição da necessidade do projeto, realizar uma avaliação do seu alinhamento com a estratégia da empresa, além de identificar alternativas tecnológicas e/ou de processo a ser estudadas na fase seguinte. Trata-se de entrega fundamental do projeto à identificação do benefício que propõe alcançar. É a fase de elaboração do *business case*;
- **FEL 2** – estudar alternativas aplicáveis ao projeto (tecnológicas, de negócio, de processo, de localização, dentre outras), selecionando e fundamentando aquela que melhor atende aos seus objetivos para seguir até a fase seguinte, além de aumentar a definição do empreendimento por meio da engenharia conceitual;
- **FEL 3** – desenvolver a alternativa recomendada em FEL 2, consolidando as premissas, os ganhos e as linhas de base do projeto (escopo, CAPEX, cronograma, indicadores de desempenho, etc.), bem como elaborar a engenharia básica e o PEP;

- **Execução** – desenvolver a engenharia detalhada e implantar o projeto conforme metas e práticas estabelecidas no PEP, as quais englobarão parte ou a totalidade das nove áreas de conhecimento e dos quarenta e dois processos previstos no Guia PMBOK® (PMI, 2008);
- **Encerramento** – avaliar os resultados da implantação do projeto (prazo, custo, segurança, meio-ambiente, etc.), realizar a sua entrega ao cliente final, encerrar os contratos e processos administrativos do projeto, assim como consolidar as lições aprendidas;
- **Captura de benefícios** – processo de coleta dos indicadores planejados de acordo com o plano de captura de benefícios estabelecidos na fase de desenvolvimento, análise de dados obtidos, validação das premissas e emissão do laudo PIR (*Post Investment Report*), que comprova o resultado do projeto e o alcance dos benefícios prometidos no *business case* emitido em FEL 1.

As principais características da metodologia FEL (PMI, 2008) são apresentadas na sequência desse capítulo.

3.7.1 Etapa de FEL 1 – Análise do Negócio

Nesse momento pode-se considerar que uma nova oportunidade foi vislumbrada, ou uma ameaça foi identificada e precisa ser mitigada, ou até eliminada. A equipe que dá esse pontapé inicial, em geral, está ligada à produção ou manutenção da mina ou da planta, e deverá estar diretamente ligada à equipe de processo. Outra possibilidade seria que essa equipe pertença a uma área de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, a qual tenha como missão prospectar inovações relacionadas à atividade da empresa, que estejam alinhadas às necessidades estratégicas de médio e longo prazo da mesma, e que trabalhe com foco no estudo de caso (“*business case*”, em inglês) específico levantado.

Ainda assim, apesar do grande enfoque empreendedor desse grupo e considerando que o mesmo terá uma visão essencialmente de negócios. A abordagem inicial da oportunidade identificada envolverá o aspecto operacional e tecnológico do processo, cujos alguns aspectos fundamentais (IPA, 2011) são mostrados a seguir:

- desempenho em segurança e considerando aspectos ambientais e sociais;
- custos de capital (*CAPEX*, em inglês) compatíveis com o retorno sobre investimento;
- custos operacionais (*OPEX*, em inglês) coerentes com os ganhos a serem gerados;
- cronograma factível e alinhado com a necessidade do que será entregue;
- tecnologia conhecida ou devidamente avaliada a partir de testes conclusivos;
- desempenho operacional confiável baseado em referências comprovadas;
- alinhamento com as expectativas dos acionistas e clientes internos;
- aderência às normas nacionais e internacionais aplicáveis (*compliance*);
- viabilidade técnica-econômica bem fundamentada e favorável (indicadores).

Alguns aspectos técnicos, que determinarão os custos operacionais, podem ser divididos em dois grandes grupos (IPA, 2011), os quais serão considerados nessa etapa inicial:

- **Fatores Incontroláveis:** características da jazida, tamanho das reservas, caracterização mineralógica e qualidade do minério ao longo da vida útil da jazida, localização do projeto e condições de mercado a curto, médio e longo prazo.
- **Fatores Controláveis:** tecnologia apropriada para beneficiamento, *design* e planejamento, estudos de risco, trabalho na definição da jazida e gestão efetiva.

Nesse momento, o objetivo é diminuir incertezas (IPA, 2011), as quais poderão estar relacionadas, considerando um projeto tipicamente *greenfield*, à qualidade da exploração e da avaliação do recurso (geologia, localização, aspecto social-ambiental, viabilidade tecnológica de processamento e construtibilidade), à viabilidade de lavra (técnica-econômica, social-ambiental, variabilidade do corpo mineral, logística de produção e escoamento do produto) e à mercadológica (retorno do capital investido, preço do produto, mercado futuro, concorrência, entre outros). Em um projeto *brownfield*, os fatores controláveis e incontroláveis são similares aos dos projetos *greenfield*, acrescentando-se aí os fatores relacionados às interferências e *tie in's* (IPA, 2011), em maior número no caso dos projetos *brownfield*.

Para se chegar ao custo de capital desse projeto em FEL 1 são utilizados índices de referência para cálculo dos quantitativos civis, materiais elétricos, estruturas metálicas, etc.; o que, em muitos casos, acaba fazendo com que essa fase seja conhecida como

“engenharia baseada em índices”. Naturalmente, o grau de precisão do CAPEX não é muito alto e adota-se uma variabilidade proporcional à incerteza dos dados conhecidos (IPA, 2011). Essa imprecisão é aceitável, pois o foco dessa fase é avaliar a oportunidade do negócio e apenas ter uma ideia de quanto custará sua implantação e o qual o prazo estimado de desenvolvimento e implantação do projeto. Mesmo nessa fase, apesar do baixo nível de precisão, o que se busca é diminuir os riscos envolvidos assegurando-se que o nível de informações coletadas e analisadas esteja compatível com a etapa em desenvolvimento. Importante: O CAPEX estimado é apenas indicativo!

Para essa análise, o IPA (2011) divide a sua auditoria avaliando tanto a **mina** quanto as **instalações** (de beneficiamento na planta industrial e de estruturas auxiliares). O somatório desses representa o **ativo** do projeto e contemplará a logística integrada do mesmo, conforme representado na figura 3.11.



Figura 3.11 – Metodologia FEL (IPA, 2011) para avaliação do nível do projeto.

Esse tipo de análise se repetirá ao longo dos FEL's 2 e 3, tornando-a cada vez mais detalhada, pois à medida que o projeto avança em maturidade, o mesmo exige aportes maiores de recursos humanos e financeiros. A composição de componentes avaliados em uma auditoria pelo IPA (2011) nos FEL da Mina e FEL das Instalações está representada nas figuras 3.12 e 3.13.

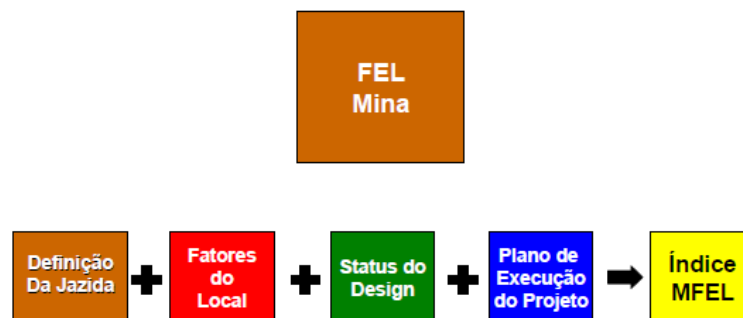


Figura 3.12 - Composição de partes auditáveis pelo IPA (2011) no FEL da Mina.

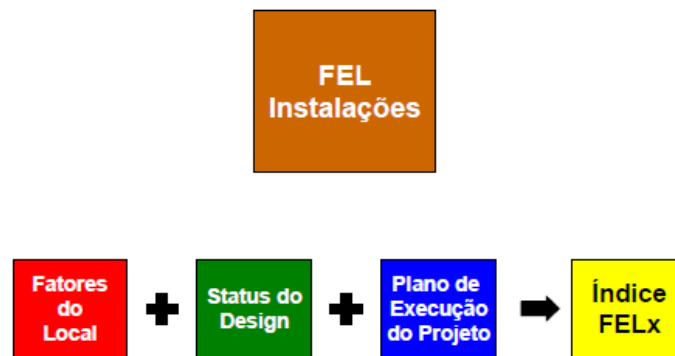


Figura 3.13 - Composição de partes auditáveis pelo IPA (2011) FEL das Instalações.

Ao final dessa etapa, o projeto já deverá ter um planejamento bem detalhado para a fase seguinte, de FEL 2, que só poderá iniciar após o FEL 1 passar pela primeira avaliação de maturidade (IPA, 2011), a qual é mostrada no portal de aprovação da figura 3.14, quando o tomador de decisão (“*Gatekeeper*”, em inglês) definirá se o mesmo vai (“*Go*”, em inglês) ou não vai (“*No-Go*”, em inglês).

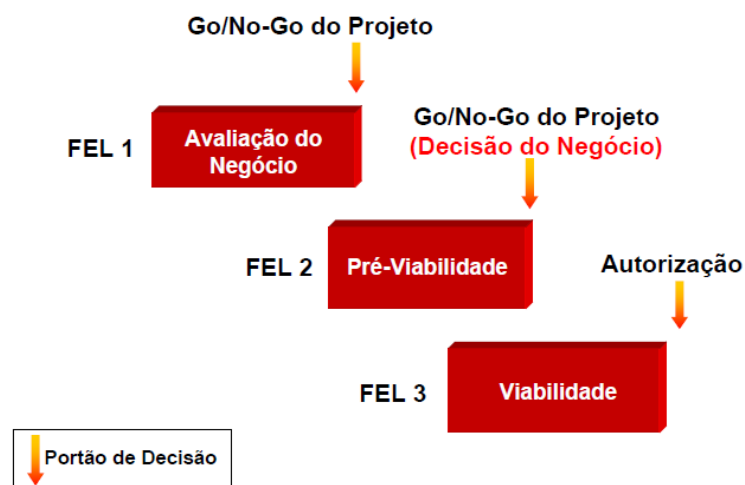


Figura 3.14: Portão de Aprovação de FEL 1 e 2 (IPA, 2011) – Primeiro *Go/No-Go*.

3.7.2 Etapa de FEL 2 – Estudo de Alternativas

O FEL 2 é a fase de pré-viabilidade (IPA, 2011). Nessa fase, ao se observar a equipe do projeto, será possível notar que essa já começará a ter características multidisciplinares. Dependendo da complexidade do projeto, a equipe do projeto poderá ser suportada por colaboradores internos ou especialistas externos que venham a agregar maior conhecimento na gestão do projeto ou no aprofundamento de uma ou outra disciplina.

Pressupondo-se que a fase anterior de FEL 1 tenha sido devidamente estudada, o trabalho dessa etapa passa a ser o de buscar alternativas imagináveis e “inimagináveis” para que a empresa decida, à frente, qual delas será escolhida para ser desenvolvida em FEL 3 (IPA, 2011). Sendo assim, deverá ser nesse momento que a equipe do projeto prospectará possíveis rotas tecnológicas, as diferentes formas construtivas de equipamentos de processo, variações nos arranjos, estratégia de suprimentos, definição de produção própria ou de compra de determinadas etapas da operação e/ou manutenção, sequência construtiva, entre outras. Como diz o jargão, essa é a hora de “pensar fora da caixa”. Importante: Premissas e restrições devem estar consolidadas!

Como se aborda basicamente minério de ferro, o ponto de partida será sempre a jazida ou a mina (em casos de expansões em instalações em produção). Nesse momento, se definem algumas amostragens parciais e se realizam análises dos testemunhos de sondagem e dos resultados dos ensaios a fim de suportar a escolha da alternativa a ser desenvolvida em FEL 3, conforme mostrado na figura 3.15 do IPA (2011).

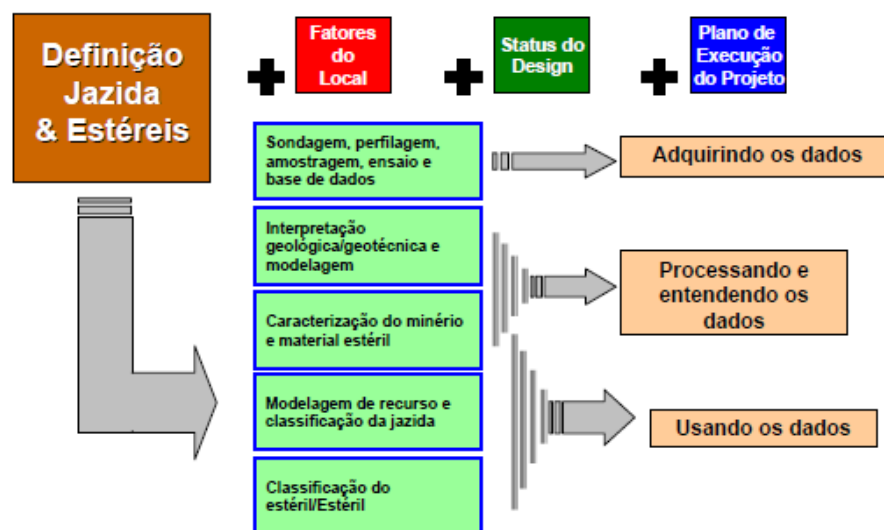


Figura 3.15: Componentes do Índice FEL da Mina (MFEL) pelo IPA (2011) – Jazida.

A interpretação dos dados geológicos e de modelagem possibilitarão um sequenciamento de lavra e um planejamento de curto, médio e longo prazo fundamental para a sustentabilidade do negócio. Na sequência será feita a caracterização mineralógica (minério e estéril), seguida da classificação do minério e do estéril. Esse

trabalho é bastante especializado e dificilmente uma equipe interna estará estruturada para fazê-lo apropriadamente e de maneira independente. Portanto, é usual buscar ajuda externa de profissionais ou empresas especialistas. Qualquer negligência, falha ou pressa nessa fase pode custar muito caro mais à frente e, em alguns casos, até provocar o início de um novo projeto. Naturalmente esse trabalho pode ser feito de forma preliminar em FEL 2 e aprofundado em FEL 3, basicamente em função de ainda não se ter a alternativa definida ou as respectivas licenças ambientais (IPA, 2011).

As premissas definidas nas atividades descritas anteriormente se constituem nos principais requisitos de projeto e deverão ser desenvolvidos na engenharia multidisciplinar: geologia/geotecnia/hidrologia, infraestrutura, dimensionamento e especificação preliminar dos principais equipamentos de mina e de processo, alternativas de fundação dos equipamentos de maior porte e dos prédios, alimentação elétrica e de utilidades em geral, filosofia de automação, instrumentação e controle, entre outros. Essas premissas deverão ser formalizadas em documentos intitulados dados básicos e critérios de projeto, os quais são multidisciplinares e se constituem em guias para o trabalho a ser desenvolvido nas etapas subsequentes pelas projetistas. Em paralelo, deverão ser estudados os aspectos ligados à localização do empreendimento, a saber: complexidade para obtenção de licenças ambientais e anuências sociais (em função de eventuais interfaces), avaliações de saúde e segurança, bem como de impacto nas comunidades circunvizinhas e alternativas de acesso até o local do projeto (“site”, em inglês), conforme IPA (2011).

Uma das principais ações do gestor de projetos é o gerenciamento dos requisitos do projeto, visto que o mesmo está diretamente ligado ao atendimento das expectativas das partes interessadas, e, portanto, são afetadas pelo mesmo. Ao final, o cliente avaliará se o projeto atendeu ou não ao que se propôs com base no que foi registrado nas fases de iniciação e planejamento e o que foi auferido por ele nas fases de execução e encerramento. Negligenciar essas expectativas aumenta de forma significativa os riscos. Outra armadilha é prometer antecipações de algumas entregas sem analisar a verdadeira viabilidade de cumprimento, visto que há uma sequência a ser seguida e geralmente as compras e as obras são feitas em pacotes após conclusão da engenharia.

Parte-se do pressuposto de que planejamento de FEL 2, o qual foi elaborado ao final de FEL 1, é utilizado como linha de base para acompanhamento e desenvolvimento das atividades que se constituem nas entregas dessa fase (IPA, 2011). Consequentemente, ao final de FEL 2 será o momento de elaborar em detalhes o planejamento da etapa seguinte, de FEL 3, o chamado Plano de Execução do Projeto (PEP). A lógica da execução dessas atividades e a ligação de uma com a outra resultará no cronograma geral (*master*, em inglês) do empreendimento, de onde se obterá o caminho crítico. Qualquer atraso em atividades pertencentes ao caminho crítico demandará ações para voltar à situação planejada, as quais, se não tiverem eficácia, resultará em um atraso no empreendimento, a não ser que se insiram folgas e contingências providenciais em atividades de maior complexidade ou com maior nível de incertezas.

Já que se falou de planejamento, é fundamental agora registrar a importância do controle do projeto. Controle não pode ser confundido com monitoramento. Em geral, o primeiro é feito de forma ativa e autônoma, enquanto o segundo é feito de forma disciplinada, mas passiva (IPA, 2011). Na verdade, controle é um exercício de prevenção ou de ações de influência direta e possui dois objetivos principais:

- influenciar os resultados por meio de alteração das atividades;
- exercer responsabilidade sobre os ativos organizacionais.

A equipe de controle deverá ser formada durante as fases iniciais do projeto para que, durante a etapa de planejamento e construção, essa possa ter um sistema que garanta efetivamente o controle dos indicadores na implementação do projeto. Os principais controles são: do escopo, de qualidade, de custo e de cronograma. Três desses itens são conhecidos como tríplice restrição (HELDMAN, 2005), que seriam o escopo, o tempo e o custo, e podem ser vistos na figura 3.16.

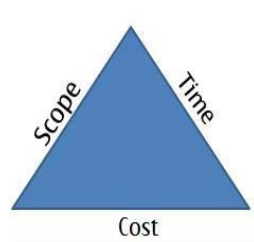


Figura 3.16 – Tríplice Restrição segundo o PMBOK (PMI, 2008).

Com o reconhecimento da influência de outras áreas de conhecimento, outras três restrições foram agregadas às três anteriores e formaram a figura 3.17, que seriam a qualidade, recursos e riscos.

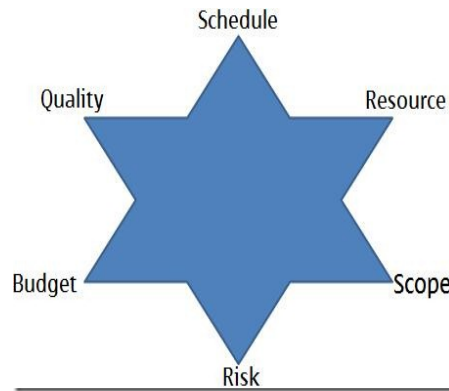


Figura 3.17 – Sêxtupla Restrição segundo o PMBOK (PMI, 2008).

Durante o desenvolvimento de projetos específicos de mineração é possível observar uma tríplice restrição mais direcionada com os aspectos da realidade brasileira, como pode ser visto na figura 3.18. Disponibilidade de água nova de processo, disponibilidade de locais para disposição de estéril/rejeitos e uma precisa identificação do corpo mineral formam hoje uma complexa tríplice restrição de projetos de mineração. Aliadas a essas estão as licenças ambientais, sociais e de lavra. Outros controles relevantes são: de saúde e segurança do trabalho, de meio-ambiente e social.

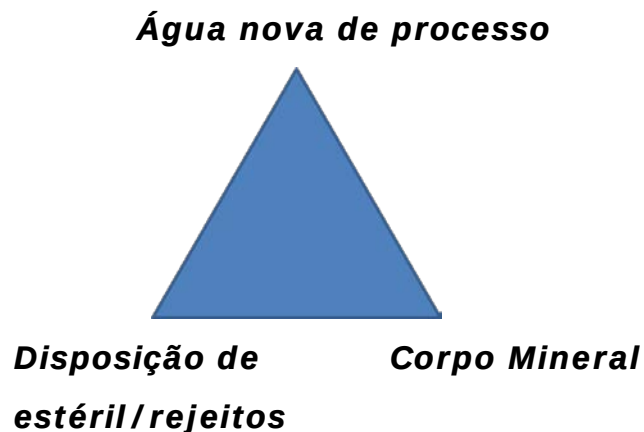


Figura 3.18 - Tríplice Restrição na mineração (SAMARCO, 2012).

A seguir foi representado um mapa típico de controle de processo integrado, conforme mostrado na figura 3.19 (IPA, 2011).



Figura 3.19 – Processo Integrado para controle total do projeto (IPA, 2011).

O IPA (2011) identificou um conjunto de sete práticas de controle de projeto realizadas pelo proprietário, que se correlacionam aos melhores resultados do projeto, sendo essas:

- identificar e utilizar um especialista interno de custos (“*Cost Engineer*”, em inglês);
- dar total independência ao especialista de orçamento (“*Cost Estimator*”, em inglês);
- definir uma estimativa que sirva futuramente para o controle de custos do projeto;
- utilizar o progresso físico para medir os resultados do avanço do trabalho;
- designar um especialista em controles de projeto durante a execução;
- estabelecer um modelo de relatório detalhado do status e do progresso do projeto e uma frequência de emissão do mesmo;
- alimentar e manter um banco de dados confiável sobre histórico de custos de projetos.

Essas sete práticas podem ser vistas na figura 3.20, a qual mostra o controle do projeto desde a fase de estudos (FEL), passando pela construção (execução) até o encerramento (conclusão), ainda segundo desdobramento proposto pelo IPA (2011).



Figura 3.20 – Práticas para Controle Integrado de Projeto (IPA, 2011).

Retomando o objetivo principal dessa fase de FEL 2, cabe ratificar que essa é uma etapa estratégica do projeto, pois, entre todas as alternativas estudadas, é durante a mesma que será identificada a melhor forma de se viabilizar a ideia originada lá atrás, ainda no FEL 1. Dificilmente um bom projeto, que teve o portal de FEL 2 aprovado, será barrado no portal de FEL 3, a menos que alguma mudança de mercado torne o projeto inviável ou não mais atrativo; ou ainda que, alguma variável mostre que o projeto não atende mais à estratégia da empresa. Sendo assim, abreviar a duração de FEL 2 geralmente é um erro estratégico. Uma falta de maturidade nessa fase pode vir a provocar alguns retrabalhos em FEL 3 e consequentemente uma elevação na duração total do projeto e nos custos do mesmo. Em casos mais complicados pode até obrigar que o projeto retorne para o início de FEL 2 ou ainda resultar no seu fim.

O cronograma da próxima fase de FEL 3 será emitido após se conhecer a alternativa escolhida de FEL 2. A partir dessa emissão é montada a EAP (Estrutura Analítica do Projeto). A EAP, também conhecida como WBS (*Work Breakdown Structure*, em inglês), é o resultado do processo de decomposição do escopo do projeto conforme planejado, ou seja, seria uma estruturação hierárquica conforme entregas do projeto para a fase em questão (HELDMAN, 2005). Ela organiza e define o escopo total,

subdividindo-o em partes menores e mais facilmente gerenciáveis e controláveis, os chamados pacotes de trabalho, que são as atividades ou tarefas (PMI, 2008).

Cada nível descendente da EAP representa uma definição mais detalhada do projeto, tendo sido produto da decomposição dos níveis ascendentes, conforme HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009), a fim viabilizar a atribuição do recurso e da duração das atividades. No nível de FEL 2 é apresentado a seguir, na figura 3.21, o exemplo de uma estrutura de EAP típica de um projeto de expansão industrial.

PC	Projeto de Capital
PC-CD	Projeto de Capital Direto
PC-CD-G	Germano
2525	TAP
PC-CD-G-02525	Manutenção da Capacidade Produtiva do Concentrador I
PC-CD-G-02525 -01	Meio ambiente, saúde e segurança
PC-CD-G-02525 -02	Owner Cost
PC-CD-G-02525 -03	Engenharia
PC-CD-G-02525 -04	Gerenciamento
PC-CD-G-02525 -05	Sistema TCLD
PC-CD-G-02525 -06	Peneiramento primário
PC-CD-G-02525 -07	Britagem primária
PC-CD-G-02525 -08	Britagem secundária
PC-CD-G-02525 -09	Flotação em Colunas
PC-CD-G-02525 -10	Reagentes
PC-CD-G-02525 -11	Sistema de ar comprimido
PC-CD-G-02525 -12	Sistema de automação
PC-CD-G-02525 -13	Sistema de comunicação
PC-CD-G-02525 -14	Sistema de distribuição de energia
PC-CD-G-02525 -15	Sistema de distribuição de água
PC-CD-G-02525 -16	Geral
PC-CD-G-02525 -17	Contingências

Figura 3.21 – EAP montada para controle e distribuição dos custos (SAMARCO, 2012).

Na fase FEL 2, a partir das áreas físicas e dos ativos do projeto, sugere-se que a EAP seja decomposta até o quinto nível e consolidada a partir de um grupo envolvendo engenharia multidisciplinar, engenharia de custos, coordenação de planejamento e financeira. Esse processo de decomposição auxilia principalmente no dimensionamento de estimativas de prazo e custo do projeto. A estrutura do código da EAP tem natureza hierárquica em sua organização e sua disposição será definida para possibilitar o melhor controle contábil-financeiro no sistema de ERP utilizado na empresa. Esse elemento contábil é chamado “contas de controle” (CC, pela versão em português do PMBOK®).

Nesse momento, como já citado anteriormente, o projeto já deverá ter um PEP definido. O planejamento estará detalhado então para a fase seguinte, de FEL 3, etapa essa que só poderá se iniciar após o FEL 2 passar pela segunda avaliação de maturidade, a qual é mostrada no portal de aprovação da figura 3.14 e chamada de “Decisão do Negócio”, quando o tomador de decisão (“*Gatekeeper*”, em inglês) definirá se o mesmo vai (“*Go*”, em inglês) ou não vai (“*No-Go*”, em inglês) para FEL 3 (IPA, 2011).

3.7.3 Etapa de FEL 3 – Detalhamento da Alternativa Escolhida

Essa fase é marcada pelo aprofundamento do projeto em relação à alternativa escolhida em FEL 2 (IPA, 2011). Com relação à engenharia, considera-se que é a fase de desenvolver a engenharia básica e com relação ao projeto, essa é a etapa de análise de viabilidade técnica-econômica-financeira. Ao final do FEL 3 (IPA, 2011) objetiva-se conhecer em profundidade e apresentar de forma clara ao comitê de aprovação (“*Gatekeeper*”, em inglês):

- o histórico e a motivação do projeto, inclusive os indicadores do projeto;
- o escopo detalhado e os requisitos (premissas) do projeto;
- o local e o cronograma detalhado de implantação, incluindo curva de avanço físico;
- a definição da “Estrutura Analítica do Projeto” (EAP);
- os documentos de engenharia básica que serão detalhados na fase de execução;
- o custo e o prazo de fornecimento dos equipamentos críticos de processo;
- a estimativa de custo total do projeto (CAPEX);
- a curva de desembolso mês-a-mês (*cash flow*);
- a estimativa de custo operacional (OPEX);
- as interferências (“*tie in's*”, em inglês) com a planta existente;
- a metodologia de execução através do Plano de Execução do Projeto (PEP);
- a infraestrutura considerada para o projeto;
- a equipe do projeto na fase de implantação;
- o principal marcos (“*milestones*”, em inglês) do projeto, conforme planejamento;
- o histograma de mão-de-obra do projeto, conforme planejamento;
- as necessidades de recursos humanos e de treinamentos após encerramento;
- os aspectos ambientais e de licenciamento;
- a análise do investimento e o estudo de viabilidade;

- a análise de riscos e plano de gestão dos mesmos;
- o plano de comissionamento e de encerramento do projeto;
- os pontos de atenção e próximos passos para fase de implantação.

Nessa fase de FEL 3, considerando-se que a equipe do projeto já possui informações atualizadas provenientes da engenharia básica, devem ser revistos os pacotes de trabalho que compõem a EAP e as atividades que serão realizadas na fase de execução do projeto (PMI, 2008). Essas atividades, denominadas atividades do cronograma, representam o último nível da EAP do projeto e correspondem à decomposição dos pacotes de trabalho, o que objetiva fornecer uma base de informação detalhada para a elaboração do cronograma e utilização ao longo de toda fase de construção e encerramento.

Conclui-se que o planejamento para a próxima fase deverá ser feito o mais detalhado possível a fim de garantir o monitoramento dos prazos e dos custos calculados. O planejamento de FEL 3 passa a ser o novo referencial (linha de base ou “*base line*”, em inglês) de escopo e prazo do projeto, utilizado durante a execução do projeto e para monitoramento e controle do seu desempenho. Um dos marcos críticos é que já se tenha obtido nessa fase as licenças ambientais (LP e LI) e já se busque a LO. Ao final da fase de viabilidade, a equipe de construção começa a ser mobilizada para ir conhecendo o projeto e participando do desenvolvimento do PEP. Possivelmente, cada empresa pode autorizar ou não os projetos em função dessas licenças, entretanto, as boas práticas sugerem que se tenham essas autorizações previamente.

Considerando-se que a empresa já tem uma boa história de implantação de projetos, e que arquivou os dados de projetos anteriores em uma plataforma estruturada, chegou a hora de aplica-los. As lições aprendidas (“*lessons learned*”, em inglês), constituem um processo de identificação, registro e disseminação de situações bem e mal sucedidas dos projetos de capital PMI (2008) de cada empresa. Elas são narrativas que descrevem conhecimentos adquiridos através da experiência da implantação de um projeto e podem fornecer à equipe de um projeto similar seguinte informações que possibilitam a visualização dos resultados vivenciados em outros projetos internos, e permite que

ações sejam tomadas de forma proativa nos novos projetos. Fornecem, portanto, às futuras equipes de projetos, informações que podem contribuir para uma melhor gestão.

Importante citar nessa fase, a elaboração de um cronograma de marcos para serem cumpridos, tanto durante o FEL 3, quanto durante a execução. Esse cronograma tem como principal função apresentar, de forma resumida, as principais entregas do projeto e suas datas de início e término. A utilização deste tipo de representação do cronograma normalmente é utilizada em relatórios gerenciais para análise do cumprimento de metas.

Outra ferramenta gerencial, bastante útil para o acompanhamento dos prazos das contratações do projeto, é a matriz de suprimentos, na qual são relacionados os principais fornecimentos (equipamentos críticos de processo) e as datas de início e término das contratações. A matriz de suprimentos deve fornecer informações suficientes para o diligenciamento da emissão dos documentos técnicos de contratação, da emissão dos pedidos de compra, das aquisições de materiais críticos, de equipamentos e serviços principais para o projeto. Deve possibilitar, ainda, o controle de datas das etapas do processo de suprimentos, permitindo o acompanhamento das aquisições e a garantia dos prazos de entrega, conforme datas de necessidades da obra.

Como já dito, cada empresa tem sua estratégia de desenvolvimento e implantação de projetos, mas dentro da metodologia de FEL proposta pelo IPA, quanto maior a maturidade do projeto maior chance de êxito. Sendo assim, é recomendável que já se negocie e se adquira pelo menos a engenharia dos equipamentos críticos de processo a fim de incorporar os documentos definitivos dos fornecedores (DF's) ainda na fase de engenharia básica. Ao se iniciar a engenharia detalhada (após a passagem pelo portão final de aprovação do FEL 3) há um contínuo incremento da maturidade. Caso não se tenha os DF's, para que a engenharia não sofra atraso, busca-se assumir o risco de indicar os prováveis modelos de equipamentos que seriam escolhidos ao longo do projeto. A engenharia é desenvolvida a partir dessas escolhas e há o risco da área de suprimentos optar por outra marca ou modelo. Nesse caso, ficará a tarefa, mais à frente de revisar a engenharia com base nos documentos dos equipamentos efetivamente comprados para o projeto e recebidos algumas semanas após colocação do pedido.

Ao final dessa etapa, o projeto passará pela última avaliação de maturidade, a qual é mostrada no portal de aprovação da figura 3.14 e chamada de “Autorização”, quando o tomador de decisão (“*Gatekeeper*”, em inglês) definirá se o mesmo vai (“*Go*”, em inglês) ou não vai (“*No-Go*”, em inglês) para a fase de execução (IPA, 2011).

3.7.4 Etapa de Execução – Detalhamento da Engenharia e Construção

Nessa fase o projeto perde a característica de “estudo” e assume um aspecto de “obra”. O grupo de planejamento e de engenharia permanece mobilizado, visto que ainda existe um grande trabalho pela frente de controle do projeto e de detalhamento da engenharia e recebimento da engenharia de terceiros (equipamentos) e incorporação no projeto principal (IPA, 2011). O perfil dos profissionais se altera para um perfil mais de campo, e o centro decisório se desloca do escritório para o canteiro de obras (“*site*”, em inglês).

A fase de execução é caracterizada pela implantação das atividades e dos processos planejados e descritos no PEP, conforme já citado anteriormente. O volume de documentos para serem analisados, devolvidos com ou sem comentários e arquivados é muito elevado e requer um bom sistema e uma equipe disciplinada. No PEP, são apresentadas as atividades que devem ser desenvolvidas durante toda a execução do projeto, no que tange à engenharia detalhada, planejamento e acompanhamento do cronograma, controle de custos, suprimentos dos equipamentos, materiais e serviços, construção civil, montagem eletromecânica, dentre outros aspectos.

Durante o início da fase de execução sugere-se que a equipe do projeto e as principais partes envolvidas utilizem as lições aprendidas elencadas ao final da fase de planejamento em FEL 3, de forma a relacionar aos aspectos técnicos, gerenciais e de processo do projeto em questão. Sempre que necessário, devem ser realizadas reuniões com a equipe do projeto para identificação e registro de novas lições.

Dentro da mineração também é usual que a empresa mobilize uma terceira para lhe apoiar nas tarefas de gerenciamento do empreendimento. Essa gerenciadora poderá atuar nas obras e no escritório de engenharia, podendo ter como principais

responsabilidades o desenvolvimento do cronograma *master* de execução, o controle do planejamento, a fiscalização de obras, o apoio à engenharia, arquivo técnico e suprimentos, entre outras. A gerenciadora trabalha junto com o cliente interno.

Também é necessário que uma equipe faça o gerenciamento das atividades no aspecto de saúde e segurança do trabalho, e aquelas vinculadas à administração de pessoal, a qual deve acompanhar todas as atividades das empresas prestadoras de serviços na obra, compreendendo admissão de pessoal, treinamentos, análises dos riscos, inspeções periódicas para verificação ao atendimento às normas de saúde e segurança no trabalho, auditorias de segurança, liberação das atividades de energização e testes, conforme HELDMAN (2009) e MULCAHY (2009).

De forma resumida, as etapas principais da fase de execução no campo seriam:

- Supressão vegetal e limpeza dos acessos, do local de implantação dos canteiros de obras e das instalações industriais e auxiliares;
- Obras de terraplenagem e de infraestrutura em geral;
- Obras de construção civil e estruturas metálicas;
- Montagem eletromecânica e comissionamento.

Certamente há várias outras atividades que foram planejadas no cronograma detalhado e relacionadas na EAP, e que não foram mencionadas aqui. Entretanto, fica claro que a equipe do projeto deverá ser em bem maior número para possibilitar um controle, uma coordenação e uma supervisão de perto das várias empresas de serviço contratadas para as atividades dessa fase (MULCAHY, 2009).

É Fundamental citar que, dentro do gerenciamento de projeto, há outras formas de se implantar projetos, que seriam através de contratos EPC, EPCM, *turn-key*, etc. Essas outras formas transferem maior autonomia para a empresa contratada, que ficaria responsável então pela engenharia (E), pelos suprimentos (P), pela construção (C) e pelo gerenciamento (M), que forma a sigla EPCM, em inglês. Nesse caso, a equipe de projeto da empresa de mineração poderia ser reduzida, pois restaria a ela apenas fiscalizar essas atividades e não mais implantá-las em conjunto com a gerenciadora.

Entretanto, como o risco passa a ser da empresa de EPCM, o custo inicial de contratação é sempre maior do que o custo através do modelo anteriormente descrito. Não cabe aqui defender ou preterir um ou outro método de gerenciamento de projetos, apenas citá-los e mostrar seus principais diferenciais. O certo é que, dependendo das características do projeto e da situação da empresa e do mercado, um será mais apropriado que o outro e cabe à direção da empresa tomar essa decisão ainda nas fases iniciais de estudo do projeto, ou seja, durante a definição da estratégia de suprimentos.

Durante a fase final de montagem são feitos os treinamentos teóricos e práticos e recebidos os sobressalentes (*"spare parts"*, em inglês) para comissionamento e um ou mais anos de operação do projeto. As etapas subsequentes ao término da montagem do projeto são o comissionamento (*"start-up"* ou *"commissioning"*, em inglês) e o atingimento da produção nominal (*"ramp up"*, em inglês). Em alguns casos, onde há o aporte de uma nova tecnologia, é prevista uma operação assistida (*"assisted operation"*, em inglês), por parte do fornecedor do equipamento ou do sistema.

São feitas ainda entregas de documentação, tais como, desenhos de fornecedores, manuais de operação e manutenção, registros de qualidade (*"data book"*, em inglês) e relatórios do projeto para o cliente interno, o qual dará a aceitação da instalação (*"hand over"*, em inglês). O encerramento do projeto se dá com uma avaliação final dos custos, a medição final dos contratos e finalização das emissões de documentos de qualidade, finalização da gestão de riscos, de saúde e segurança do trabalho, meio-ambiente e comunidades, desmobilizações finais e emissão do relatório final do projeto (PMI, 2008) e, principalmente, através da aceitação formal do cliente.

Além das avaliações e auditorias feitas nas fases de FEL 1, FEL 2, FEL 3 e execução, em geral é feita uma avaliação conclusiva e o devido encerramento de um projeto (PMI, 2008). Essa avaliação ou auditoria busca verificar se os resultados de implantação finais alcançados quanto a prazos, custos, qualidade e segurança, bem como a conformidade do encerramento de todas as disciplinas do projeto em relação ao planejado (no PEP). Nesse momento, também podem ser verificados os resultados do projeto em relação aos

seus objetivos (avaliação da efetividade do investimento), caso possível. O relatório de encerramento é um documento formal das informações do projeto e deve ser a base de verificação dessas auditorias. Essas avaliações podem ser realizadas por uma equipe interna ou por terceiros. Essa é a verificação final definida no PMBOK® (PMI, 2008).

3.8 Casos Práticos

Como todo e qualquer negócio, a mineração é uma atividade de riscos. As companhias precisam investir nos seus negócios, seja para crescer e expandir, seja para substituir reservas, seja para se modernizar e manter um custo competitivo ou ainda para realizar uma exploração consistente para se iniciar na atividade de mineração em regiões onde poucos ousaram investigar. Em alguns casos a razão da expansão é até a sobrevivência, pois escala é fator imprescindível em um ambiente de grandes *players* mundiais.

O antigo presidente da VALE, Eng. Eliezer Batista, afirmava que a VALE não era uma empresa de mineração, mas de logística. Realmente o grande diferencial competitivo nesse negócio é atuar através de um sistema integrado, o que torna difícil a sobrevivência dos pequenos e complexa a entrada das chamadas empresas “juniores”. Em quaisquer possibilidades, executar bem os projetos de capital é crítico para o sucesso do negócio. A partir dessa certeza, pode-se resumir espartanamente que a efetividade de um projeto de capital (*CAPEX*, em inglês) envolverá basicamente dois componentes-chave:

- fazer o projeto certo, com a melhor equipe e no momento apropriado;
- fazer certo o projeto e entrega-lo de maneira apropriada para a operação.

Os capítulos seguintes mostrarão e analisarão os resultados de uma pesquisa realizada em casos de sucesso coletados, bem como algumas lições aprendidas extraídas a partir de projetos parcialmente malsucedidos, seja por falha:

- na identificação da oportunidade de negócio
- no processo decisório e na metodologia de gestão;
- na abordagem tecnológica ou operacional;
- no conhecimento das premissas e dos dados básicos;
- na formação da equipe e na gestão da mesma;

- na gestão das fases de planejamento e estudo;
- na gestão da fase de execução;
- nos relacionamentos com os principais envolvidos (“*Stakeholders*”, em inglês).

O IPA, ao longo de sua existência, observou algumas falhas típicas em projetos de mineração, as quais estavam geralmente vinculadas a um dos pontos abaixo:

- introdução de um minério novo e ainda desconhecido em um processo existente;
- aquisição incompleta de dados geológicos por pressões de cronograma, aumentando o risco de comprometer o *design* da mina e das instalações;
- sondagem insuficiente para colheita de dados geotécnicos e hidrogeológicos em função da falta de licenciamentos ambientais e por pressão de cronograma;
- planejamento de lavra pouco detalhado para suportar a viabilidade econômica;
- entendimento inadequado (equivocado) da variabilidade na classificação de reservas;
- teste metalúrgico inadequado e fraca caracterização do minério e de materiais estéreis (em alguns casos o projeto requer não apenas testes de bancada, mas produção por algum tempo em planta-piloto utilizando o próprio minério da mina);
- falta de validação de dados originados em campanhas de sondagem antigas;
- não consideração do desenvolvimento da mina e instalações de processamento;
- interface inadequada com os todas as pessoas afetadas pelo projeto (“*stakeholders*”);
- subestimar os impactos dos fatores de local, particularmente os requisitos ambientais;
- não promover uma análise e um plano de mitigação de riscos específicos ao escopo durante o desenvolvimento do projeto, entre outros.

No capítulo seguinte será mostrada uma pesquisa que trará casos que evidenciam a importância de se seguir as metodologias descritas e como tais prejuízos ocorreram por fatores considerados “controláveis”, naturalmente quando comparados com aqueles “não controláveis” e já citados no item 3.7.1 deste trabalho. Simultaneamente, e a cada caso, será feita uma retomada da revisão bibliográfica vinculando-o à tecnologia mineral a fim demonstrar quais teriam sido as boas práticas de engenharia e de gerenciamento de projeto para que se tivesse chegado a um resultado mais satisfatório.

Retomando o objetivo desse trabalho, constatou-se ao longo do seu desenvolvimento que a bibliografia existente no mercado é muito baseada em exemplos de projetos de TI, visto que os autores destes livros são americanos e atuantes dessa área. Esse trabalho buscou então mostrar a aplicabilidade dessas práticas também em projetos do segmento de mineração, tendo em vista esse segmento ser tão estratégico e presente na vida dos profissionais brasileiros e fundamental para engenheiros atuantes nessa área.

4. METODOLOGIA E PESQUISA

Faz parte da infraestrutura e dos recursos necessários para esta dissertação o banco de dados de projetos já realizados pelo requerente e relatos recebidos de uma rede de contatos diretamente relacionados a projetos de mineração e analisados dentro da metodologia apresentada na revisão bibliográfica, ou seja, através da utilização de materiais didáticos fornecidos pelo IPA (2011) e pelo PMI (2008), auxiliados pelas referências aplicáveis ao tema em questão.

4.1. Metodologia

A metodologia da pesquisa a ser apresentada é descritiva e com natureza essencialmente qualitativa, representada de forma geral por meio de estudo de casos. Por ser qualitativa, o seu resultado será demonstrado através da análise dos métodos e das práticas adotados nas situações pesquisadas. Ao longo dessa fase de pesquisa foram recebidos vários relatos de projetos ou etapas de projetos, os quais constituem uma base de dados significativa para estudos de caso futuros, chamadas no meio de “lições aprendidas”. Além disso, esses casos tiveram um objetivo complementar de facilitar e sedimentar o entendimento da metodologia descrita na fase anterior desse trabalho.

A pesquisa realizada baseia-se, então, nestes quesitos, pois através da análise dos resultados se evidencia a importância de se aplicar com disciplina a metodologia FEL (IPA, 2011) no gerenciamento de grandes projetos de mineração, e com aplicabilidade em qualquer outro segmento que demande projetos de capital de valor significativo, naturalmente adaptado ao segmento no qual o mesmo está inserido.

4.2. Pesquisa

Durante os meses de janeiro a abril de 2013 foram recebidos relatos de gerentes de projetos de empresas de mineração, os quais pediram para ter seus nomes e os nomes de suas empresas omitidos por motivos óbvios de não impactar negativamente na reputação pessoal ou de mercado dos envolvidos. Com isso obteve-se uma descrição fidedigna dos fatos ocorridos e que foram relatados nos subcapítulos a seguir. A análise

destes casos foi feita durante os meses de março a junho de 2013. Além desses, relatos pessoais do autor desse trabalho foram acrescentados e analisados na sequência.

4.2.1. Falha na caracterização mineralógica

Inicialmente será mostrado um caso que, apesar de não ter ocorrido em uma mineração de minério de ferro, é ilustrado com tabelas e figuras como sendo minério de ferro. Cabe ressaltar que o mesmo pode ser utilizado como referência para qualquer outro segmento de mineração, e, portanto, tendo aplicação direta.

Conforme FIGUEIRA *et al* (2010), apesar da variedade dos tipos de minério ou diversificação dos produtos gerados por determinados processos de concentração, alguns itens devem ser especialmente observados, pois são fundamentais na caracterização mineralógica aplicada aos processos de beneficiamento. Muitos desses podem ser obtidos por intermédio de estudos através de microscopia óptica, incluindo:

- a análise mineralógica qualitativa que identifica todos os minerais;
- uma análise mineralógica semiquantitativa por meio de avaliações e cálculos semiquantitativos das proporções percentuais de todos os minerais do minério;
- a determinação do grau de liberação por meio da avaliação e cálculo das percentagens de liberação do material de interesse com relação à sua ganga, bem como estudos do comportamento dos grãos mistos;
- as medidas de reflectividade dos minerais opacos;
- as fotomicrografias de situações mineralógicas marcantes que podem ser conclusivas de determinados fenômenos relativos à formação dos minerais do minério;
- as identificações mineralógicas por difratometria de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- complementação e compatibilização dos estudos mediante os resultados de análises químicas dos elementos principais e os chamados traços.

Em mineração não há como inferir informações baseadas em situações similares. Há que se “perguntar ao próprio minério” se ele concorda com tais suposições. Portanto, a caracterização mineralógica é esta etapa indispensável de investigação, que deve ocorrer no início projeto. Essas informações serão a base para a definição da rota tecnológica, e

consequentemente do desenvolvimento do fluxograma de processo. Na sequência, vem a seleção dos equipamentos principais de processo e seus respectivos pré-dimensionamentos, podendo essas tarefas ser feitas através de empresas de engenharia, de tecnologia ou de empresa própria especializada, sempre sob supervisão do cliente.

Durante a exploração da jazida é esperado ainda que diversas fontes de dados iniciais sejam utilizadas, tais como: fontes governamentais, dados herdados de proprietários anteriores, trabalho inicial de prospecção abandonado antes de uma conclusão e programas de prospecção inicial de alto nível, mas utilizados para identificar as oportunidades, em vez de definir recursos minerais. Estas, em conjunto com informações mais atuais, mais detalhadas e complementares às já conhecidas, formam um conjunto de informações técnicas que será a base para constituição dos requisitos do projeto, também chamadas de premissas ou dados básicos.

Tendo como foco inicialmente a operação de lavra, conforme citam WILLS e NAPIER-MUNN (2006), a etapa de cominuição é a primeira das etapas críticas do ciclo produtivo, pois é sabido que a maioria dos materiais está finamente disseminado e intimamente associado com a sua ganga e, portanto, precisa ser “liberado” antes que se parta para a etapa de separação. A cominuição é então a etapa em que o tamanho da partícula do minério é progressivamente reduzido até que a partícula do mineral útil possa ser separada pelos meios disponíveis mais apropriados técnica- e economicamente

No caso analisado, a etapa de cominuição teve como atividade inicial o uso de explosivos para desmonte a fogo do corpo mineral para lavra sequenciada. Na sequência veio a britagem (neste caso a seco), quando se obteve uma redução granulométrica em um e dois estágios de um minério com a considerada média compacidade e baixa resistência à compressão. A abrasividade considerada também foi relativamente baixa, mas com pequena tendência a crescer e, portanto, com informações suficientes para os requeridos dimensionamento e especificação do britador primário.

Ainda conforme descrito por WILLS e NAPIER-MUNN (2006), foi aplicado um circuito aberto de britagem, conforme mostrado na Figura 4.1.

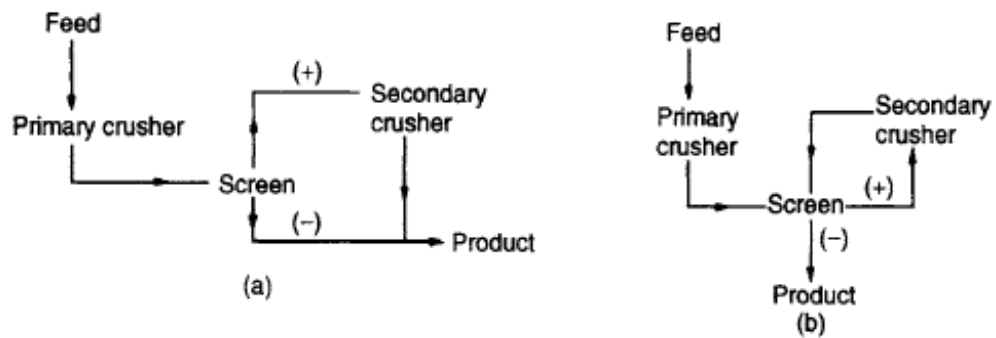


Figura 4.1: Circuito aberto (a) de Britagem (WILLS e NAPIER-MUNN, 2006).

Relembrando os tipos de fragmentação, observa-se a sequência com os mecanismos de cisalhamento, o qual requer maior energia, de compressão e de impacto, os quais requerem menor energia, conforme mostrado na figura 4.2.

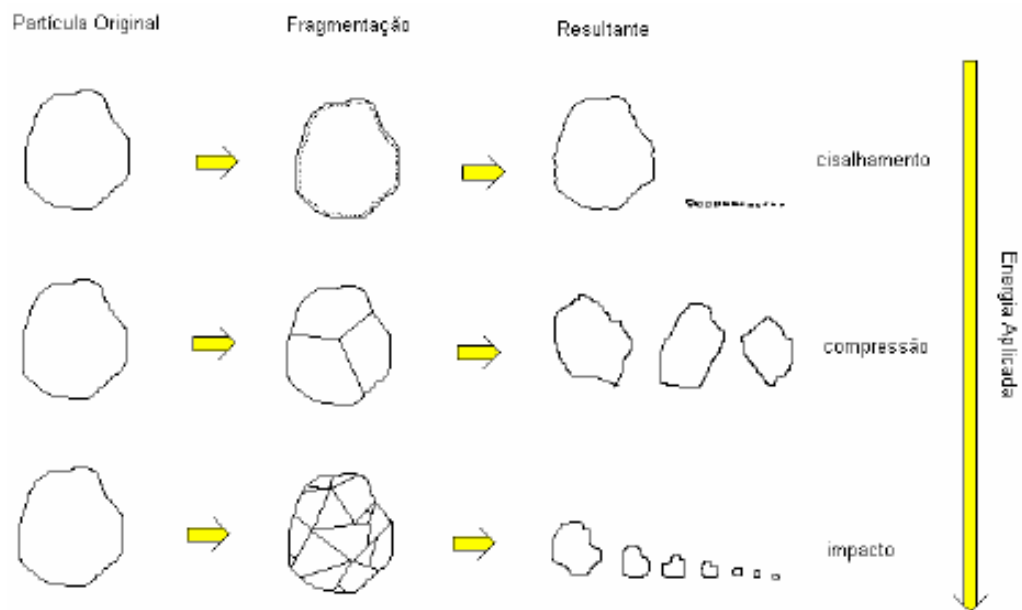


Figura 4.2: Mecanismos de Fragmentação conforme VALADÃO (2011a).

O britador primário foi definido em função de alguns parâmetros, tais como: taxa de alimentação, *top size* de alimentação, caracterização mineralógica, e consequentemente de alguns valores, tais como: baixa compacidade (e baixos valores de resistência à compressão, abrasividade, percentual de passante ou retido, etc.). O britador primário inicialmente escolhido foi do tipo Sizer, que seria um britador de rolos dentados que

trabalha tanto com compressão quanto com impacto, conforme descrito por BRANDÃO et al (2007) e mostrado a seguir na tabela IV.1.

Tabela IV.1: Características dos Britadores Primários por BRANDÃO et al (2007)

BRITADORES PRIMÁRIOS				
Característica	Mandíbula	Giratório	Impacto	Rolo dentado
Capacidade	Baixa a média	Média a alta	Baixa	Baixa
Potência (kW)	2,25 a 225	5 a 750	11 a 450	15 a 300
Abrasividade do material	sem restrição	Sem restrição	silica + óxidos metálicos <15%	Restrição
Granulometria do produto	top size alto para lamelares	Top size menor que mandíbula	alta produção de finos	Produce menos finos
Grau de redução	5/1	8/1	até 40/1	até 4/1

A posição dos dentes faz com que o material a ser britado tenha um movimento também lateral, com aumento progressivo da força de compressão, já que os dentes estão dispostos de forma excêntrica, conforme pode ser visto na figura 4.3.



Figura 4.3: Configuração dos Dentes do Britador Tipo Sizer (MMD, 2011).

Além disso, o *Sizer* trouxe outras vantagens, que seriam a forma construtiva mais compacta e, portanto, possibilidade de obter instalações mais simples, de menor CAPEX e mais facilmente realocáveis, conforme pode ser visto nas figuras 4.4 e 4.5, as quais foram extraídas de um relatório da empresa MMD (2011) e de um trabalho da empresa ThyssenKrupp Fördertechnik, ou TKF (2011). Apesar da baixa capacidade de alimentação e de sua restrição operacional a minérios compactos, baseado nos dados conhecidos, a aplicação do *Sizer* não oferecia maiores riscos e o mesmo foi instalado.

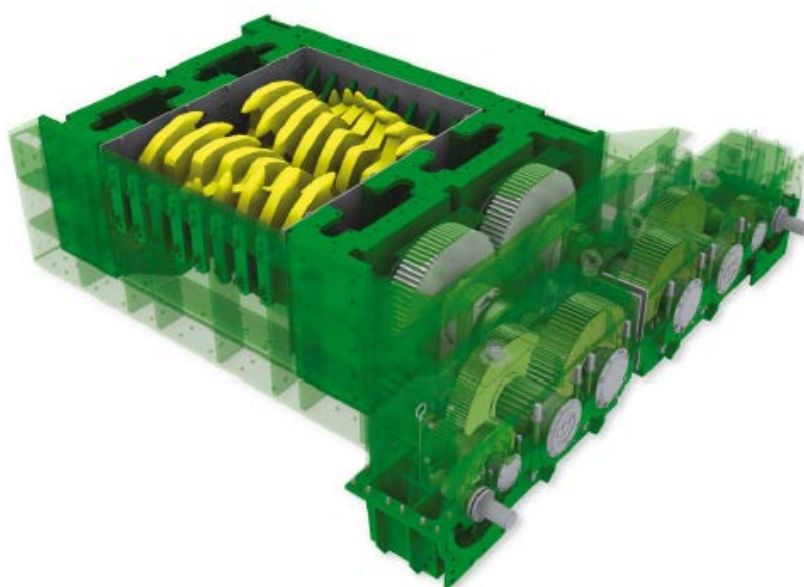


Figura 4.4: Britador Tipo *Sizer* – Fabricação MMD (2011).



Figura 4.5: Construção Modular (Moega-Britador-TC) – Fabricação TKF (2011).

À medida que a lavra foi avançando e a mina foi aprofundando seu *pit*, o minério começou a mudar de friável para semi-compacto. Consequentemente várias premissas foram invalidadas, tais como *top size*, percentual de retido, abrasividade, e principalmente, a resistência à compressão, conforme mostra a tabela com os resultados de testes feitos pela MMD (2011) e reproduzidos na tabela IV.2.

Tabela IV.2: Ensaio de abrasividade – Método *Cerchar* - MMD (2011)

sample ref	wear flat (mm)	average wear flat (mm)	cerchar index
# 1	0.50	0.52	5.2
	0.55		
	0.49		
	0.53		
	0.51		
# 2	0.44	0.46	4.6
	0.43		
	0.44		
	0.48		
	0.50		
# 3	0.34	0.34	3.4
	0.32		
	0.39		
	0.32		
	0.33		

É sabido que a quanto maior a presença do material quartzo, maior a abrasividade, conforme resultando que mostra o elevado índice de *Cerchar* (CAI), o qual é calculado da maneira representada na figura 4.6 (METROSP, 2012).

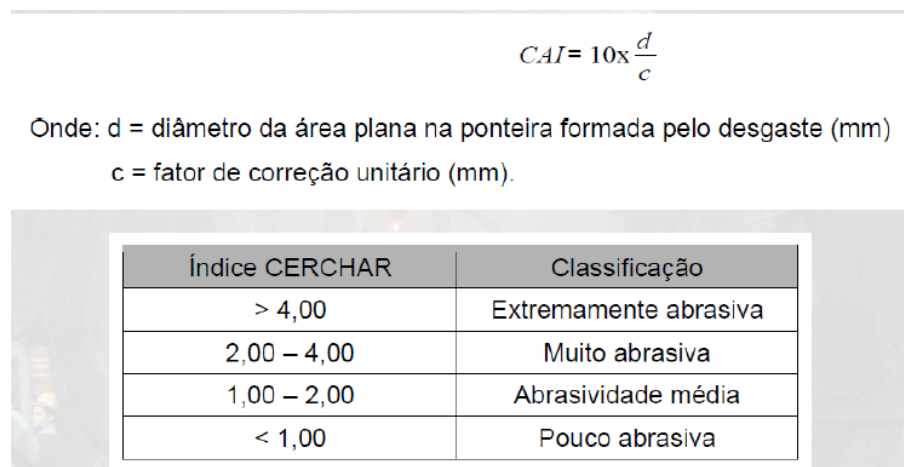


Figura 4.6: Fórmula de cálculo de abrasividade – Método *Cerchar* (METROSP, 2012).

Outros testes foram realizados também pela empresa TKF (2011), tais como ensaio de abrasividade e de britagem, conforme mostrado na figura 4.7.

Material	Specification:	Test Results
ORE, IRON	Large, thin samples.	Work Index (WI): 9,4+/- 1,2
Material Comment		Abrasion Index (AI): 0,1847
Black-reddish, very fine grain size, foliated, unconsolidated, homogeneous. Weakly magnetic.		Specific gravity (g/cm ³): 3,21
Test Result recommendations		
Tested WI at 10 appears to correlate well with screening analyses after R25 test (laboratory jaw crusher) and AI test.		

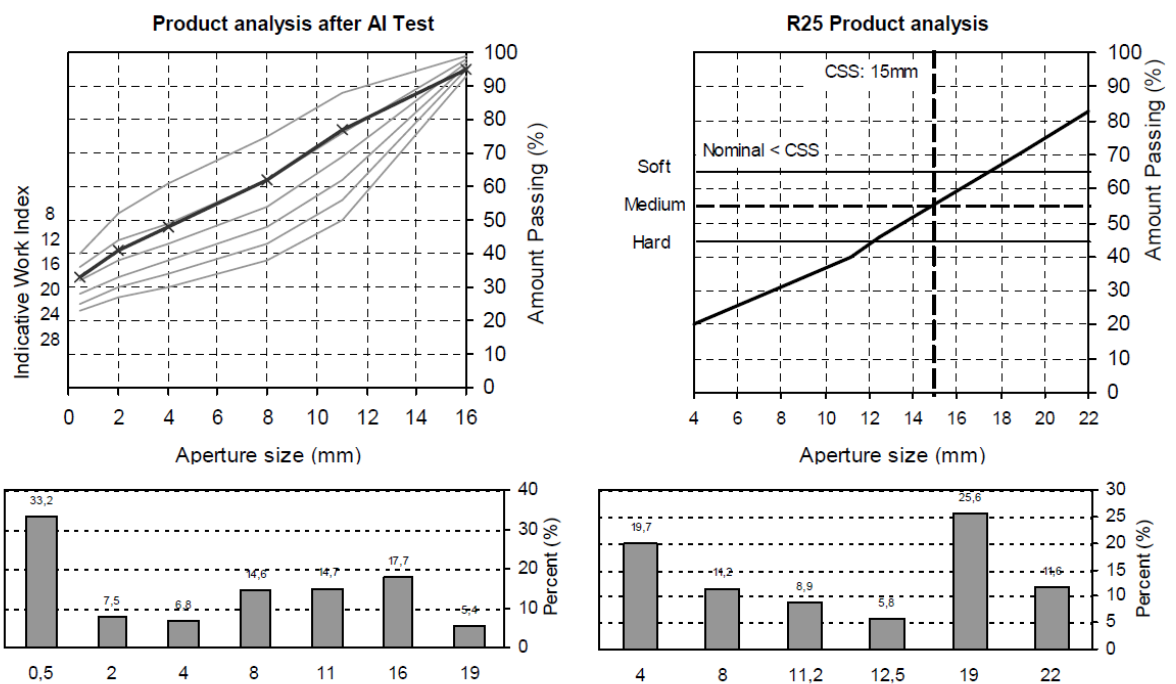


Figura 4.7: Ensaio de abrasividade e de britagem – Método AI - TKF (2011).

É fundamental realizar todos os tipos de testes possíveis a fim de se constituir um grupo representativo de dados que balizarão as conclusões. A caracterização segue com a análise química deste material, que mostrou valores bem distintos para as amostras analisadas, conforme mostra a tabela IV.3 e emitido pela TKF (2011).

Tabela IV.3: Análise química de amostra analisada pela TKF (2011)

Amostra	Fe_ROM	FeO_ROM	SiO ₂ _ROM	Al ₂ O ₃ _ROM	P_ROM	PPC_ROM	MnO ₂ _ROM	%_Total
JM 01 ^a	49,80	0,38	20,28	1,71	0,089	6,26	0,08	100,00
JM 02 ^a	55,13	0,24	10,95	0,75	0,072	9,17	0,04	100,00
JM 03 ^a	46,68	0,31	25,33	1,56	0,088	5,92	0,14	100,00
JM 04 ^a	49,46	0,31	22,04	1,78	0,064	5,11	0,09	100,00
JM 05 ^a	49,07	0,24	19,44	1,34	0,081	8,23	0,63	100,00
BF 1 ^a	53,70	0,45	14,12	1,66	0,106	6,96	0,11	100,00
BF 2 ^a	55,94	0,34	8,90	1,99	0,091	8,65	0,10	100,00
BF 3 ^a	57,50	0,21	6,51	1,97	0,072	9,09	0,10	100,19
BF 4 ^a	56,82	0,52	9,42	1,57	0,078	7,35	0,10	100,00
BF 5 ^a	57,34	0,46	8,21	1,61	0,091	7,82	0,06	100,00

Sabe-se que um dos pontos críticos na escolha do britador é a resistência à compressão do material a ser britado, o qual pode, ou não, ser bastante heterogêneo ao longo do sequenciamento de lavra. Em boa parte dos casos, à medida que a mina se aprofunda, a compacidade do minério aumenta. A seguir é mostrada a figura 4.8 com dois materiais bem distintos retirados de uma mesma amostra, sendo um com alto percentual de ferro e outro com baixo.



Figura 4.8 – Material com baixo (17) e alto (52) percentual de ferro - TKF (2011).

Na tabela IV.4 são mostrados dados de ensaios de compressão feito pela TKF (2011) realizados numa mesma amostra com um material similar ao que seria britado, mostrando a enorme variabilidade de resistência, com valores de até 10MPa e outros acima de 400MPa, tendo sido a média da amostra de 105,5 MPa. A complexidade foi avaliar e concluir qual realmente seria o material representativo da reserva.

Tabela IV.4: Teste de resistência à compressão - TKF (2011)

Nº	Resistência a compressão	Nº	Resistência a compressão
1	74,39	31	66,56
2	83,09	32	146,54
3	32,96	33	224,01
4	163,40	34	229,01
5	74,82	35	155,11
6	95,05	36	335,20
7	443,82	37	263,32
8	174,89	38	24,37
9	97,60	39	8,96
10	109,55	40	38,41
11	45,77	41	157,83
12	47,36	42	225,16
13	160,47	43	75,72
14	194,06	44	108,43
15	354,12	45	167,17
16	304,84	46	48,37
17	23,45	47	309,88
18	78,87	48	118,98
19	30,13	49	26,68
20	27,48	50	68,44
21	171,85	51	29,93
22	89,71	52	359,84
23	85,04	53	68,23
24	442,81	54	154,61
25	172,80	55	69,76
26	61,63	56	26,00
27	67,37	57	53,93
28	213,81	58	332,23
29	72,52	59	342,95
30	200,61	60	48,19
Average		105,51 Mpa	
Standard deviation		112,29 Mpa	
Variation coefficient		106,42%	

A conclusão foi que o material realmente estaria ficando mais compacto dentro de um curto espaço de tempo. Com essas novas premissas, a empresa decidiu por substituir o *Sizer* por um britador de mandíbulas existente, que estaria mais apropriado para o aumento de abrasividade e um maior *top size* na alimentação, mantendo a característica da britagem de ser uma instalação semimóvel.

O resultado foi uma melhoria na qualidade do produto gerado, mas uma grande restrição na taxa de alimentação em função da usual baixa capacidade de um britador de mandíbulas, apesar da sua flexibilidade ao ser utilizado em uma estação móvel ou semimóvel, conforme mostrado na figura 4.9, retirada de uma apresentação da empresa ThyssenKrupp Fördertechnik, ou TKF (2011).

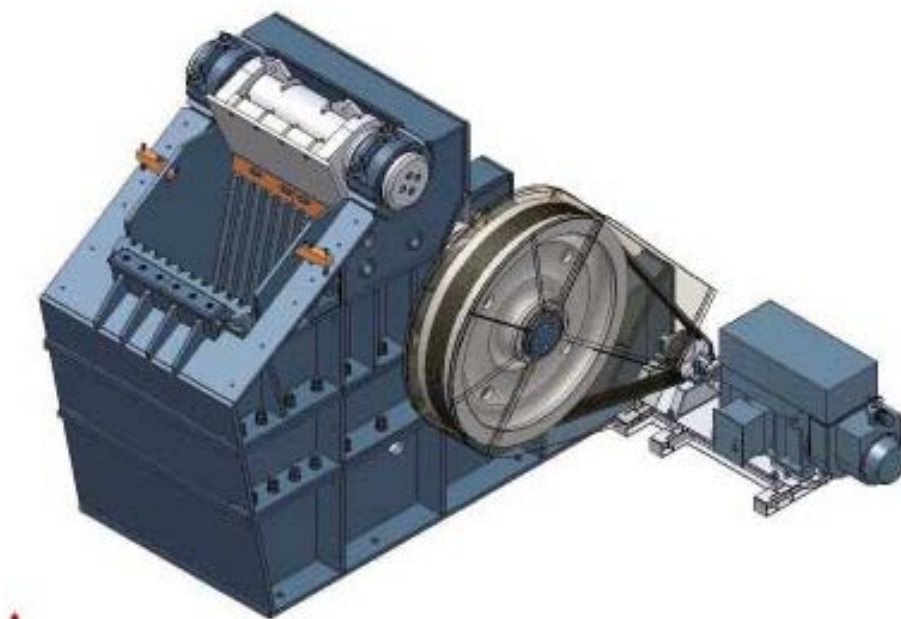


Figura 4.9: Britador de Mandíbulas – Fabricação TKF (2011).

No momento seguinte surgiu uma ideia de se utilizar um britador giratório sob módulos (*skids*). Apesar do elevado peso de um britador giratório, o fato dele ficar apoiado em estruturas modulares o tornaria transportável, a partir da aplicação de um veículo apropriado sobre pneus ou sobre esteiras (“*crawler*”, em inglês), e utilizando-se um terreno preparado para tal (com a devida resistência de área e rampa com inclinação inferior a 9°). Essa sugestão será abordada em outro caso citado à frente.

A lição que se aprendeu nesse caso é a de que todas essas surpresas poderiam ser evitadas desde que se houvesse feito uma investigação mais minuciosa da reserva mineral, conforme sugerido no item 3.4 deste trabalho, pois, de posse de informações confiáveis, o projeto só avançaria à medida que fosse conquistando a devida maturidade em cada fase, conforme sugerido pela metodologia FEL (IPA, 2011). A contratação de empresas especializadas para prestar consultoria ou mesmo um maior envolvimento das empresas de tecnologia fabricantes dos equipamentos também seria recomendável. Naturalmente, tudo isso tem um custo e demanda um tempo durante a fase de estudos.

A realização de ensaios mecânicos em amostras de rocha durante a fase inicial do projeto seria essencial. Um laboratório de tecnologia de rochas poderia fazer uma caracterização e uma determinação de resistência e comportamento mecânico que

eliminariam grande parte das incertezas identificadas nesse caso. Nesse caso, as determinações das resistências à compressão uniaxial e pontual são fundamentais, conforme sugerido pelo Laboratório de Tecnologia de Rochas (LTR) do Departamento de Engenharia de Minas das EEUFMG e descrito na sequência. Empresas de tecnologia também possuem laboratórios próprios ou parceiros que podem ser utilizados.

Os testes de determinação da resistência à compressão uniaxial obedecem às sugestões da *International Society of Rock Mechanics* (ISRM). Para cada “litologia” devem ser utilizados, no mínimo, cinco corpos de prova com diâmetro não menor que 54 mm, ou dez vezes maior que o maior grão presente na amostra propriamente dita. O comprimento de cada corpo de prova deve ser de 2,5 a 3,0 vezes maior que o diâmetro (amostra final retificada) desse. Para a extração de corpos de prova sugere-se a utilização de blocos com dimensões de, aproximadamente, 40 cm x 40 cm x 40 cm.

A resistência à compressão simples (σ_c), o Módulo de Elasticidade (E) e a Razão de Poisson (ν) são estimadas a partir dos ensaios de compressão uniaxial utilizando *clipgages* para determinação das deformações axial e radial. As tensões axiais são estimadas utilizando uma célula de carga. Os resultados são apresentados em forma de gráficos “tensão x deformação” e de uma tabela com os parâmetros elásticos.

Já os ensaios de compressão pontual (chamados de *Point Load Test*, em inglês) são realizados em campo ou quando há dificuldades para a obtenção ou transporte dos corpos de prova para os ensaios de compressão uniaxial. Os resultados destes são utilizados para se estimar os valores até então desconhecidos. Existe uma ressalva para a utilização desses ensaios em amostras de rochas brandas (resistência à compressão uniaxial inferior a 10 MPa). Os corpos de prova utilizados podem ser cúbicos, testemunhos de sondagem ou granulados disformes (“*lump*”). Para os ensaios de compressão pontual são utilizadas as sugestões da ISRM. Os resultados são fornecidos em forma de tabela que incluem a resistência pontual (Is), a resistência pontual corrigida (Is_{50}) e três estimativas da resistência à compressão uniaxial sendo: $Is_{50} \times 23,9$, $Is_{50} \times 14,1$ e $Is_{50} \times 23,4$. Essa metodologia é amplamente aplicada no meio de mineração.

O sucesso da campanha de amostragem, ensaios e análises se inicia na qualidade de preparação e do envio das amostras. Para tanto, um protocolo de recebimento bem registrado é bem útil. Os principais ensaios são mostrados na tabela IV.5. Há ainda outros dados importantes, tais como abrasividade (método *Los Angeles*), densidade aparente e W_i (energia requerida por tonelada curta para a operação de moagem – método de *Bond*), que devem ser considerados no momento de contratar os ensaios.

Tabela IV.5 – Ensaios sugeridos pelo LTR – EEUFMG (2012)

Ensaio
Preparação de Amostras (Corte e Retífica - UCS)
Preparação de Amostras (Corte - PLT)
Resistência à Compressão Uniaxial (Módulo de Elasticidade) (Razão de Poisson)
Resistência ao Carregamento Pontual (PLT)
Relatório Técnico

A partir da obtenção dessas informações deve-se envolver a equipe de processo do cliente, da empresa projetista e da empresa de tecnologia (caso haja alguma contratada) a fim aplicar a ferramenta de VIP's (destacando-se aqui o seminário de "Seleção de Tecnologia"), a qual contribuiria em muito para um aporte de conhecimento. Fundamental nesse momento que haja liberdade para se questionar e aceitar críticas em caso de detecção de falta de alguma informação relevante para se ratificar alguma decisão estratégica. A busca por dados ainda faltantes ou incompletos demandam um tempo adicional e um custo muitas vezes não previsto. Contudo, os prejuízos causados com essas mudanças tardias tanto tecnológicas quanto de processo elevam ainda mais os custos do projeto e causam as malquistas interrupções na produção, o que justifica um eventual prolongamento nas fases iniciais ou intermediárias de desenvolvimento, quando é bem menos dispendioso efetuar mudanças de rumo no projeto, fenômeno já evidenciado na figura 3.6 deste trabalho.

4.2.2. Falha na rota de processo escolhida

Este segundo caso, o qual também não ocorreu em uma mineração de minério de ferro, possui uma aplicabilidade direta para esse segmento bem como em outros similares, e pode ser considerado como uma possível lição aprendida. Trata-se desta vez de um caso de redução de tamanho de partículas sólidas, cujos fundamentos foram classificados por LYNCH (1977) com base no objetivo da moagem, que pode ser:

- para liberação de materiais valiosos da ganga antes da concentração, como em tratamentos de minerais metálicos durante a flotação;
- para aumentar a área superficial disponível durante a reação química subsequente, como do calcário com sílica e outros minerais durante a calcinação no forno rotativo; e
- produzir partículas minerais ou grãos com a granulometria e forma adequadas para o processo seguinte.

Durante o estudo das rotas tecnológicas, as informações conhecidas do minério foram baseadas no sequenciamento de lavra. Sendo assim, concluiu-se que o planejamento de lavra de curto e médio prazo se daria a partir de um minério com baixíssimo teor do mineral de interesse e grau de liberação da partícula mista em função da sua forma de ocorrência por inclusão (tipo 2), conforme descrito por BRANDÃO et al (2007) e mostrado na figura 4.10. Essa conclusão se mostrou errônea mais à frente.

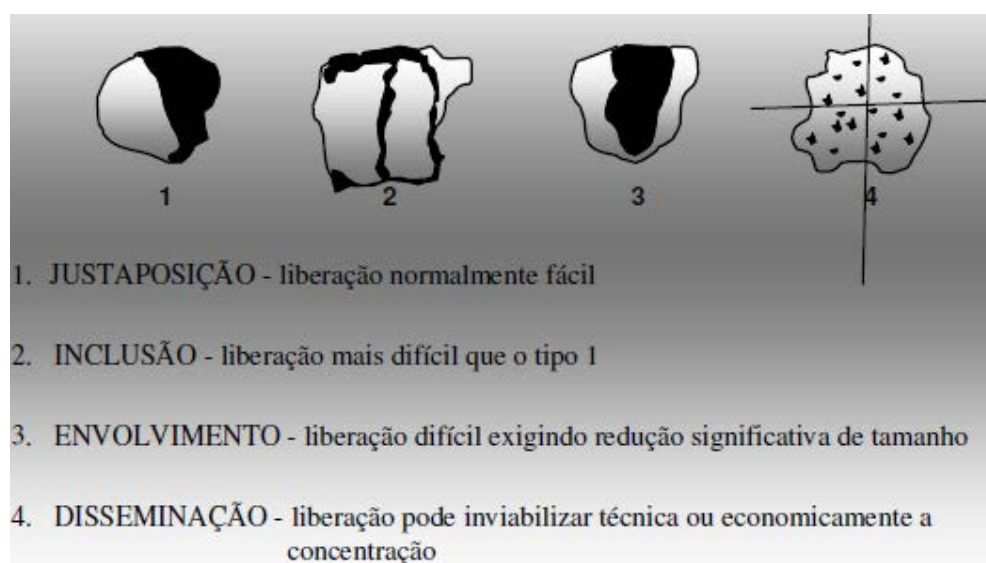


Figura 4.10: Liberação de Partículas Mistas - BRANDÃO et al (2007).

Outra premissa assumida de forma equivocada foi relativa ao Wi do minério, que após o início da operação regular mostrou ser superior ao inicialmente considerado. Sendo esse parâmetro fundamental para dimensionamento do circuito de moagem, uma variação no mesmo trouxe como consequência uma revisão completa nos cálculos. Na tabela IV.6 estão relacionados alguns valores de referência para Wi .

Tabela IV.6 – Valores médios de Wi , conforme SILVA (1973)

Material	Peso Específico (g/cm ³)	Índice Wi (kWh/907 kg)
Barita	4,50	4,73
Gipsita	2,69	6,73
Fluorita	3,01	8,91
Minério Piritoso	4,06	8,93
Quartzito	2,68	9,58
Magnetita	3,88	9,97
Minério Pb-Zn	3,54	10,57
Feldspato	2,59	10,80
Dolomita	2,74	11,27
Calcário	2,65	12,54
Minério de Cobre	3,20	12,73
Minério Hematítico	3,56	12,93
Quartzo	2,65	13,57
Minério de Ouro	2,81	14,93
Granito	2,66	15,05
Grafita	1,75	43,56
Esmeril	3,48	53,70

A partir da falha na definição do Wi real, essa diferença causou um impacto subsequente no circuito a partir da subestimação da partição de grossos, que mostrou ter um volume muito maior que o de finos no mesmo circuito.

Outra consideração a se fazer é que, à medida que a granulometria diminui, aumenta a superfície específica e cresce a demanda de energia requerida na fragmentação. A figura 4.11 (BRANDÃO et al, 2007) mostra que, quanto menor a aresta do material, maior a sua superfície específica.

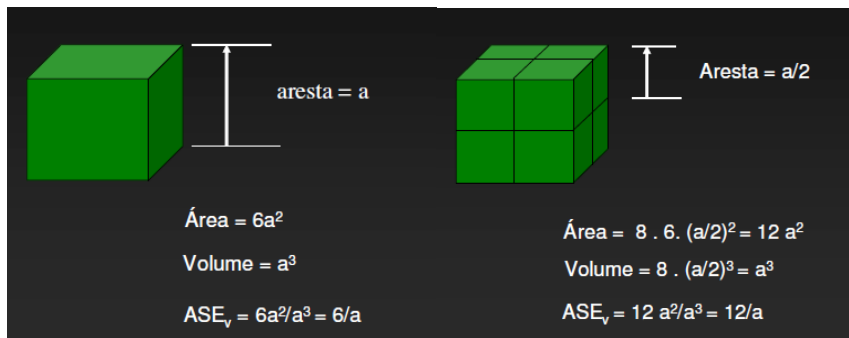


Figura 4.11: Relação entre superfície específica de acordo com o tamanho da partícula, conforme BRANDÃO et al (2007).

A partir de todas essas considerações e voltando ao caso analisado, o mesmo se referia a um circuito de moagem considerando uma moagem semi-autógena (SAG) seguida de dois moinhos de bola, circuito que representou um investimento, ou CAPEX, relativamente baixo e um custo operacional, ou OPEX, favorável (em função, principalmente, do baixo consumo energético específico e da menor necessidade de utilização de corpos moedores) em comparação com as tradicionais operações de peneiramento e britagem, pois tal equipamento de cominuição concilia os mecanismos de compressão e impacto para atingir a desejada fragmentação das partículas. A figura 4.12 mostra um típico circuito com dois moinhos SAG. Ressalta-se que, para resguardar a confidencialidade dos dados, não será relatada a situação real, mas uma adaptada.

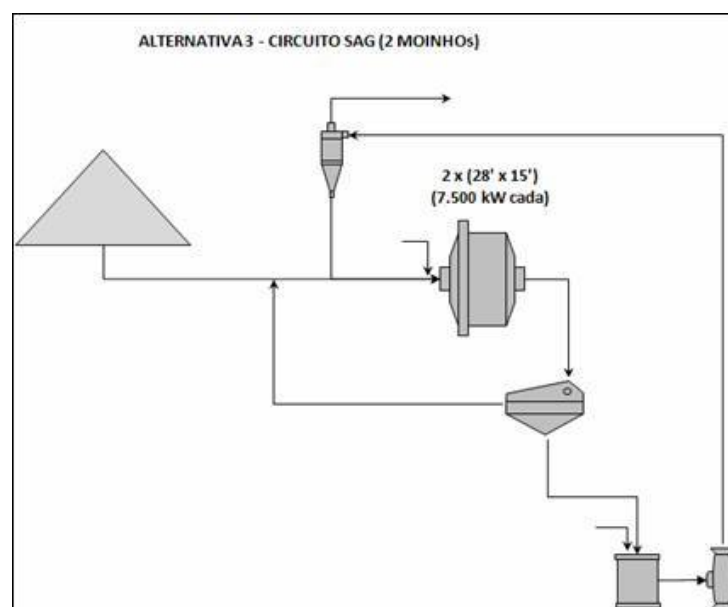


Figura 4.12: Moinho SAG típico - VALADÃO (2011a).

esse modelamento para simulação da equação de balanço considerando as seguintes variáveis: apenas uma coordenada interna de referência, granulometria da partícula e a consideração probabilística de que a função quebra ocorra, visto que os processos de desgaste e cominuição não dependem da posição da partícula no moinho, portanto as coordenadas externas seriam irrelevantes.

Além desses estudos, teria sido fundamental que se fizessem as devidas caracterizações mineralógicas, ou seja, testes em laboratório ou em plantas-piloto e análises de amostras representativas provenientes de investigações mais profundas, a fim de que tais informações fossem trabalhadas pelas equipes de processo da empresa produtora e da empresa projetista ainda na fase de planejamento do projeto. Observe que, o modelo mais usado para escalonamento de moinhos SAG/AG, ainda considerado um desafio, inclui o processo de quebra por lançamento de partículas dentro da câmara de moagem.

Um dos processos para essa caracterização, qualquer que seja o material, é o ensaio *Drop Weight Test* (DWT). Para que as empresas não precisem construir plantas semi-industriais antes de se partir para a planta industrial, uma boa prática é a utilização de empresas especializadas em testes para terceiros, tais como o JKMRC, da Austrália, que é uma organização de consultoria e pesquisa da escola de pós-graduação da Universidade de Queensland; o CIMM-SGS, que é um centro de testes privado em Santiago, no Chile; entre outros. No Brasil pode ser citado o CETEM, que é uma instituição que recentemente montou uma estrutura própria, que, conforme citado por SCHNEIDER (2013), desenvolveu um modelo estendido que substitui a tabela dos “tns” por um único parâmetro, o “*gamma*”, que calcula todos os valores de “tn” através de um ensaio DWT padrão ou simplificado e um sistema que determina os já conhecidos parâmetros “A” e “b” característicos e uma série de valores que descrevem a produção de finos, conhecidos como “tn”, o que possibilita um teste mais confiável. Em seguida seriam feitas as devidas adequações para o correto dimensionamento, *scale up*, em inglês e aplicados ao projeto em cada caso específico.

De posse de informações técnicas mais completas, e considerando que o projeto tivesse seguido a metodologia FEL, as VIP’s mais recomendadas nesse caso tivessem sido

aplicadas, destacando-se aqui os seminários de “*Design to Capacity*, Seleção de Tecnologia e Otimização de Energia”, seria esperado que o projeto evitasse tais transtornos e pudesse conhecer os problemas de forma menos desgastante e custosa. Os prejuízos causados com eventuais mudanças durante a montagem, ou comissionamento, ou até mesmo na fase de produção, causam tanto uma elevação dos custos finais do projeto quanto interrupções na produção, que afetam não só a produtividade da planta, mas complementarmente o resultado financeiro do negócio e uma consequente queda na autoestima de toda equipe envolvida.

4.2.3. Atraso na obtenção de licenças ambientais

Diferentemente dos dois casos anteriores, essa nova situação não está diretamente aplicada ao mineral útil, mas aos estéreis (e rejeitos) do minério e ao tratamento dado a esses. Conforme sugerido nos casos anteriores, esse terceiro também pode ser aplicado como lição aprendida para projetos desenvolvidos em minerações de ferro ou similares. Considerando tratar-se de uma operação existente, o que se percebe é que as minas possuem informações relativamente ricas com relação ao mineral útil do minério, entretanto, não dispõem de maiores dados com relação ao estéril, visto que os estudos estão quase sempre focados no mineral útil.

À medida que os teores do mineral útil das reservas caem, as operações ficam mais complexas e há necessidade de envolver profissionais de competência reconhecida dentro e fora das empresas de mineração, pois surgem desafios que objetivam encontrar a melhor rota tecnológica para beneficiar o mineral útil, e paralelamente:

- viabilizar a logística a fim de alimentar a usina com o ROM proveniente da mina;
- dispor o rejeito (arenoso e lama); e
- dispor os estéreis nas áreas disponíveis.

Evidentemente, o transporte do concentrado é sempre uma dificuldade, principalmente em se tratando de novas operações, mas por estar ligado à cadeia produtiva final e por ser ele o gerador da receita, normalmente é bem estudado nas empresas. Rejeitos e estéreis não geram receita e trata-los torna-se a cada dia mais crítico, pois como diz FIGUEIRA *et al* (2010), as atividades relacionadas à produção mineral geram um

volume significativo de massa do minério não útil, que é rejeitada nos processos de lavra e beneficiamento a úmido. A disposição desses rejeitos, à semelhança daqueles resultantes de atividades industriais, urbanas, entre outras, é, na atualidade, um contratempo à indústria mineral. A crescente geração de rejeitos tem conduzido a um aumento significativo das estruturas armazenadoras, fazendo com que, hoje, as barragens de rejeitos encontrem-se entre as importantes obras de mineração. Grande parte da imagem negativa que a sociedade tem da mineração advém do impacto visual e ambiental causado por tais tipos de estruturas.

Os principais critérios que condicionam a seleção do local de uma barragem de contenção de rejeitos são bastante distintos daqueles utilizados na localização de uma barragem convencional (por exemplo, de uma usina hidrelétrica ou de irrigação). Durante a concepção de projetos de barragens de contenção de rejeitos são considerados, entre outros, fatores que influenciam na futura localização da mesma, conforme citado por FIGUEIRA et al (2010):

- maior relação entre o volume de reservatório e o volume do aterro da barragem;
- menor área da bacia de drenagem e aporte de sedimentos, objetivando a construção de vertedouro de menor porte ou mesmo eliminando-o;
- menor interferência do reservatório na comunidade local, promovendo redução de custos com relocações ou desapropriações;
- menor distância possível da usina de beneficiamento, o que resulta em menor comprimento das linhas de condução dos rejeitos e de retorno da água;
- menor distância possível da área da mina ou de áreas de empréstimo, o que possibilita, de forma mais econômica, a utilização do estéril ou de materiais adequados à construção da barragem inicial e formação do dique de partida.

Poderia ser acrescida a essa lista ainda dois fatores fundamentais:

- menor complexidade de obtenção de licenças ambientais (ausência de cavidades e de áreas de proteção permanente); e
- facilidade de obtenção de direito de posse (em caso de compra de terra).

Conforme ARAGÃO (2008), no caso de desenvolvimento de uma região para se dispor estéril, é fundamental estudar um sistema de classificação da pilha baseado em fatores-chave que afetam a estabilidade física da mesma, visto que as pilhas não podem ser consideradas massas homogêneas e isotrópicas, e nem serem tomadas como estruturas totalmente drenantes. Essa metodologia deve se fundamentar na pesquisa documental complementada por um trabalho de campo.

As principais variáveis desse método são: taxa de movimentação, qualidade do material, condições piezométricas e taxa de subida da pilha; sendo todas essas passíveis de monitoramento a partir de um sistema de classificação. Por exemplo, as classes III e IV devem ser monitoradas visualmente e, através de instrumentos, enquanto as I e II devem ser movimentadas visualmente e com instrumentos apenas caso sejam detectados movimentos anormais. Dessa forma, fica subentendido que é fundamental realizar uma etapa prévia de enquadramento das classes. Complementarmente deve ser feita uma análise clássica de estabilidade, a fim de identificar condicionantes e nível de esforço conforme parâmetros usuais (ângulo de atrito, coesão e peso unitário específico).

Ainda conforme ARAGÃO (2008), todo esforço deve ser feito no sentido de se adequar a taxa de subida da pilha (altas taxas de avanço do aterro podem resultar em geração de excesso de poro-pressões, além de não permitir o adensamento do material), garantir a colocação adequada dos materiais (zoneamento), e em linhas gerais, seguir procedimentos para minimizar a instabilidade. A aplicação do sistema de classificação proposto às pilhas escolhidas permite afirmar que se trata de um instrumento muito útil tanto no planejamento quanto no monitoramento ao longo da operação de disposição, seja para auxiliar na escolha dos possíveis locais em função do esforço necessário, seja para avaliar o nível do potencial de ruptura (*dam break*, em inglês).

Considerando-se que a mineradora possui terras para utilizar como barragem de rejeito ou como pilha de deposição de estéril, os maiores obstáculos estariam então ligados à complexidade de se licenciar essas áreas para tais aplicações, conforme citado anteriormente, visto que, dependendo da região, a mesma pode estar circunscrita, por exemplo, numa área com várias cavidades (popularmente chamadas de “cavernas”) de

relevâncias baixa, média, alta ou máxima, ou próxima de sítios arqueológicos, ou ainda em APPs. A topografia também é aspecto relevante para calcular o custo do projeto.

Quanto às cavidades, não há norma brasileira específica para legislar o assunto, entretanto já há vários casos que aos poucos tem sido analisados e sentenciados. De uma forma geral, o SUPRAM avalia um raio de influência de 250m ao redor de uma cavidade. Contudo, essa restrição não é meramente geométrica, visto que são analisados vários fatores de interferência, entre eles o efeito das contribuições hidrológicas, inclusive com relação às micro bacias presentes na região em questão e o adensamento de malha do caminhamento espeleológico.

Ao se confirmar a existência de cavidades na potencial região a ser utilizada, as mineradoras precisam fazer um estudo ambiental completo, incluindo um diagnóstico arqueológico e uma classificação da relevância das mesmas, pois pode ser necessário pedir uma redução do raio de influência ou até a sua supressão por completo, conforme exemplo mostrado na figura 4.14, onde as cavidades GS 20, GS 21 e GS 24 são de máxima relevância.

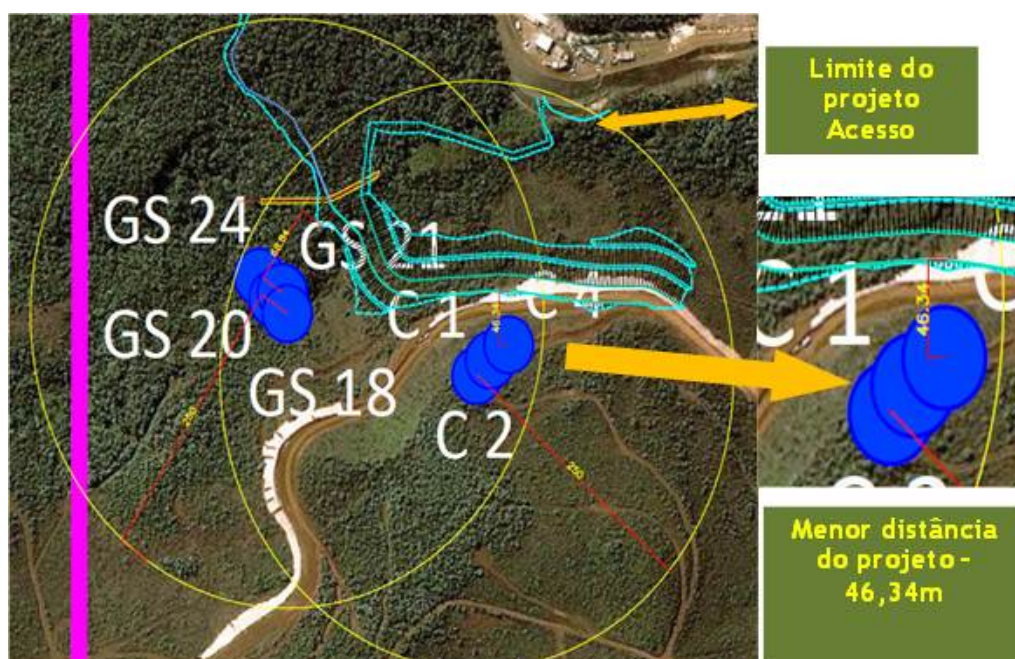


Figura 4.14: Projeção das cavidades e raios de influência (SAMARCO, 2012).

Quando as cavidades estão em regiões de mineração, esse fato acabou atrasando o início das atividades do projeto, tais como abertura de acesso e investigações de sondagem. Para esse tipo de estudo existem as LOP's (Licenças para Pesquisa). Em outros casos, essas podem forçar à escolha de determinada alternativa (se o projeto estiver em FEL 2) ou ainda provocar a revisão da engenharia básica se o projeto estiver em FEL 3, visto que o prazo para obtenção das licenças não é curto.

Outros fatores acabaram atrasando a obtenção de licenças foi a presença de reserva legal na ADA ou na ADME. A obtenção de outorga para captação de água nova também demanda um prazo razoável. No caso de reserva legal, em geral, os órgãos ambientais só aceitam uma relocação da mesma a partir de compensações, ou seja, oferta de uma área igual ou maior à impactada e preferencialmente dentro da mesma bacia hidrográfica, com tipologia de vegetação similar, entre outras características.

Conforme FELDMANN (2013), a complexidade de um licenciamento ambiental, em muitos casos, extrapola a discussão governamental e adentra a sociedade, visto que o impacto social é bem relevante e está intrinsecamente ligado ao impacto ambiental. Até mesmo as condicionantes impostas à empresa requerente do licenciamento, e que buscam mitigar os impactos do empreendimento em questão, são de difícil monitoramento e controle, seja por insuficiência de quantitativo de recursos humanos do órgão ambiental, seja pelo enorme número de pedidos em aberto. FELDMANN (2013) conclui sugerindo que esse seria um momento propício de se repensar o modelo introduzido com a Resolução CONAMA 001/86, de forma a buscar maior eficácia e agilidade com menos burocracia e incertezas, pois temos que conciliar a preservação ambiental com a competitividade da indústria mineral.

No caso de captação de água nova, a outorga de uso tem se tornado bastante complexa e hoje envolve inclusive a participação da comunidade onde está localizado o recurso. Uma das formas de minimizar essa dependência de água nova é intensificar a recuperação da água industrial e tratá-la de forma a possibilitar a sua reutilização. Os espessadores (de concentrado, de rejeito e de lama) são equipamentos que tem um objetivo complementar ao processo produtivo, que seria o de adensar a polpa e de

recuperar a água através do desaguamento do concentrado, do rejeito ou da lama. Nas figuras 4.15 e 4.16 podem ser vistos dois tipos de espessadores: tipo ponte e tipo coluna.

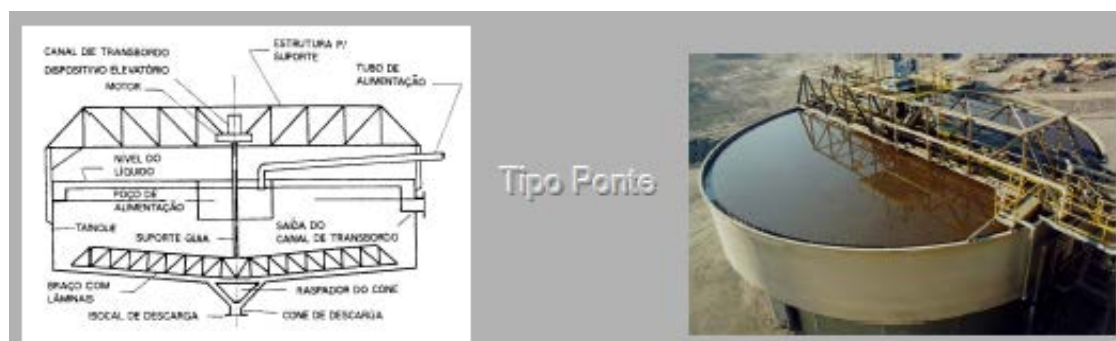


Figura 4.15: Espessador tipo ponte - VALADÃO (2011b).



Figura 4.16: Espessador tipo coluna - VALADÃO (2011b).

No caso de disposição de rejeitos e de estéreis, as distâncias estão se tornando cada vez maiores entre a usina e as bacias (ou barragens) e as pilhas. Dessa forma, as ocorrências de cavidades e de reserva legal têm se tornado cada dia mais frequentes, o que aumenta as incertezas no cronograma de estudo e implantação do projeto, e consequentemente o risco ao projeto. Esses aspectos prolongaram bastante o tempo do estudo em questão.

De acordo com NICOLATO (2013), a legislação brasileira, voltada para a conservação dos recursos ambientais do país, fez com que o processo de licenciamento ambiental de grandes empreendimentos industriais se tornasse um dos principais itens nos planejamentos de projetos das companhias. E é recomendável que tais aspectos sejam considerados, pois quanto maior a o envolvimento dos integrantes do projeto em questões ambientais, menos surpresas e menores os impactos negativos no decorrer da

implantação. Entretanto, o país não pode deixar de se desenvolver e de aproveitar as oportunidades de crescimento mundial em função da relativa morosidade na apreciação de projetos dentro dos órgãos ambientais, pois o *boom* não será perene.

O Canadá, por exemplo, entende que mineração não é um negócio fácil, pois é sabido que, em período de incerteza financeira os investidores ficam cautelosos e as companhias ficam em dúvida se conseguirão ter acesso aos necessários financiamentos a fim de levar adiante os seus projetos, conforme citado por ALVES (2013). Durante a última crise financeira e econômica de 2008, houve uma enorme flutuação dos preços das *commodities* e as companhias não puderam enfrentar uma ampliação do processo ambiental regulatório canadense. Essa dificuldade do setor foi percebida pelo Ministério de Recursos Minerais Canadense, o qual desenvolveu esforços no sentido de tornar as aprovações de projetos mais rápidas, com prazos pré-determinados e possibilitando que os órgãos ambientais das províncias substituíssem aprovações do governo federal nas avaliações, a fim de evitar superposições que pouco agregam ao processo.

Enquanto isso, no Brasil, segundo NICOLATO (2013), a área ambiental está ficando com o ônus da grande burocracia existente e os processos de licenciamento nas esferas municipal, estadual e federal possuem prazos de atendimento, conhecimento e equipes diferentes, o que resulta em enormes atrasos. A complexa legislação, aliada à falta de procedimentos bem definidos, leva à incerteza jurídica, fazendo com que sejam demandados estudos complementares, por vezes desnecessários. Há ainda a justa insegurança por parte dos administradores públicos e dos técnicos que analisam os estudos e não tem amparo jurídico em função de questões ainda não reguladas. NICOLATO (2013) conclui que, permitir a agilidade nos processos de licenciamento, respeitando as pessoas e o meio-ambiente, vai aumentar a competitividade das empresas, estimular a economia, o desenvolvimento social, gerando inclusive impostos.

Em defesa da atuação pública no sentido de dar a devida celeridade, mas mantendo o rigor que tais processos de licenciamentos requerem, o TCU concluiu em setembro de 2009 uma fiscalização para avaliar o quanto o IBAMA estava preparado para conceder as licenças requeridas. A conclusão foi que o órgão tinha excesso de foco nos processos

e pouca atenção aos efeitos ambientais e sociais de um determinado empreendimento ou à efetividade das medidas mitigadoras adotadas, segundo SANTOS (2013).

Outros fatores contribuíram para os atrasos nas concessões das licenças, entre eles, falta de padronização dos processos e tendência a decisões mais conservadoras por parte dos analistas ambientais e acúmulo de requerimentos a partir da falta de definição de competência legal. Essa realidade mudou sensivelmente a partir da entrada em vigor da Portaria Interministerial 419, de outubro de 2011, a qual define normativas e responsabilidades dos vários órgãos federais intervenientes nos processos de licenciamento. Os dados históricos mostram bem esse avanço, pois em 2003 o IBAMA concedeu 138 licenças (prévias, de instalação e de operação) com um efetivo de 130 técnicos na sede (em Brasília-DF), enquanto em 2012 foram 700 licenças e em apenas nos três primeiros meses de 2013 já foram 208 com um efetivo de 240 técnicos na sede e outros 160 nos núcleos regionais, conforme SANTOS (2013). Mas ainda é pouco...

Ainda assim esses avanços tenham feito com que os órgãos ambientais passassem a trabalhar de forma mais positiva e proativa, buscando inclusive a solução para conflitos que surgem na gestão socioambiental dos projetos de infraestrutura (principalmente em empreendimentos que requerem projetos de linhas de transmissão elétrica, barragens e ferrovias ou minerodutos, visto que são inúmeras as comunidades afetadas nesses casos), a velocidade que as empresas de mineração demandam é maior que a atingida.

E falando em impacto social, observa-se um considerável número de ocorrências de pequenos povoados ou de reservas legais, também chamadas de áreas de preservação permanente (APP's) ou de compensação ambiental nas áreas de influência de estudos minerários. Essas interferências devem ser tratadas pela equipe da empresa que cuida de relacionamento com comunidades e na responsabilidade do gerente de projeto.

Em determinados segmentos, como no caso do ouro, há ainda o desafio de disposição de rejeitos, segundo severas exigências ambientais, visto que, dependendo do processo produtivo, a presença de cianeto residual requer uma preparação especial da barragem a fim de evitar uma indesejável contaminação do lençol freático. Nesse caso, o que tem

sido percebido é a aplicação de tecnologias menos agressivas, tais como o uso de carvão em polpa (CIP, *carbon in pulp*, em inglês), de concentração gravimétrica e de eletrodeposição (MENCHEN e OLIVEIRA, 2013).

Do outro lado, as empresas estão buscando sempre aumentar sua capacidade produtiva utilizando as reservas minerais existentes, as quais, em sua grande maioria e a cada dia, estão ficando mais pobres (quando se considera o mineral útil a ser extraído atualmente em comparação com o que se tinha no passado), o que imediatamente aumenta o ritmo de geração de rejeitos e estéreis e imediatamente demanda mais áreas de disposição.

Esse cenário acabou transformando projetos relativamente simples em verdadeiros desafios, pois os mesmos têm que ser sistematicamente revisados e novamente licenciados. Esse prazo complementar não é previsto pela operação e a pressão por novas áreas de deposição se torna crítica, pois está vinculado à sustentabilidade da empresa. O que fazer então? Buscar soluções que requeiram prazos de licenciamentos menores e períodos de execução mais breves a partir da utilização de diferentes tipos de tecnologia (por exemplo: túnel ao invés de terraplenagem, pois é possível trabalhar em períodos de chuva durante a execução de túneis, o que não é possível na execução de corte e aterro ou ainda na contenção de taludes) seriam algumas possibilidades, principalmente para aqueles projetos que já se encontram atrasados. Em outros casos é preciso seccionar o projeto em etapas, a fim de escalonar o benefício do mesmo.

Uma possibilidade é a de buscar rotas de processo que causem menores impactos ao meio-ambiente e às comunidades do entorno. Um exemplo importante é o buscado pela VALE no projeto S11D, que em plena bacia amazônica e próximo a Canaã dos Carajás/PA, acabou optando pelo beneficiamento do minério através de peneiramento a seco, uma tecnologia já bastante difundida na Austrália em função da escassez de água nova de processo. Essa rota a seco traz dois benefícios diretos, a redução significativa de utilização de água nova e a menor disposição de rejeito em barragens, o que são ganhos ambiental e social.

Outro caminho buscado pelas empresas é a de produção de *pellet feed* com menor geração de rejeitos e utilização mais eficiente da energia. Conforme NOGUEIRA *et al* (2013), é cada vez mais frequente a utilização de minérios de baixo teor, os quais geralmente são submetidos à concentração gravítica e/ou operações que envolvem uso de água (por exemplo, através de flotação), o que gera rejeitos que, em alguns casos demandam sua neutralização antes do descarte. Uma das tecnologias alternativas mostrada por NOGUEIRA *et al* (2013) é a redução parcial do minério hematítico a magnetita, seguida de concentração magnética a seco via redução parcial, o que também traz um ganho ambiental ao dispensar a utilização de água nova de processo e, portanto, eliminar a necessidade de disposição de rejeito em barragens e todo o transtorno que esse tipo de estrutura ocasiona.

No caso de utilização de barragens típicas de disposição de rejeito, os projetos devem contemplar todas as atividades, serviços e demais demandas necessárias à viabilização dessas estruturas, possibilitando, após suas conclusões, os comissionamentos e as operações seguras das mesmas, conforme descrito por ALMEIDA (2012).

Como elementos constituintes de uma barragem de disposição de rejeitos e que, portanto, deverão ser definidos, detalhados e implantados por seu projeto, citam-se:

- dique de partida: estrutura que, construída em aterro compactado, enrocamento ou ambos (seção mista), permite a disposição de rejeitos na fase de comissionamento (início de operação) e viabiliza, quando aplicável, seus posteriores alteamentos;
- diques de alteamento: estruturas que viabilizam a formação de reservatório entre as elevações (cotas) da crista (topo) do dique de partida e a final definida para a barragem, possibilitando a continuidade da disposição de rejeitos até o final de sua vida útil (tempo gasto para ocupação do volume disponível criado pelos diques de partida e alteamentos). Implantados em etapas sucessivas, em função do enchimento do reservatório das barragens, esses podem ser constituídos pelo próprio rejeito, sendo empregadas, como técnicas de alteamento, os métodos de montante, jusante ou linha de centro, ou por material de empréstimo (solo), empregando-se, dependendo das características do rejeito constituinte de sua fundação, um dos métodos de alteamento supracitados;

- dispositivos de drenagem interna: elementos imprescindíveis para drenagem dos maciços (diques de partida e alteamentos) e, no caso de rejeitos de alta permeabilidade, de parte da praia (zona do reservatório onde o rejeito permanece exposto, sem lâmina de água cobrindo-o), diminuindo o efeito desfavorável de alta poropressão (pressão exercida pela água) na estabilidade da barragem. Os dispositivos de drenagem interna incorporados ao dique de partida são denominados filtro vertical e tapete horizontal. O que se prolonga para dentro do reservatório e o que cobre o talude de montante do dique de partida são denominados, respectivamente, dreno de fundo e dreno inclinado ou de paramento. Pode ocorrer, no caso onde o vale a ser ocupado pelo reservatório for muito aberto, a instalação de um tapete drenante cobrindo certa extensão da praia. Conectado a um ou mais drenos de fundo, o tapete drenante conduz a água por ele interceptada na praia, através deste(s) elemento(s), para a área fora da projeção da barragem (área de jusante). Como materiais para a construção dos dispositivos de drenagem interna, são empregados areia, britas e blocos de rochas, estas duas últimas em diferentes faixas granulométricas;
- sistema extravasor: elemento responsável por coletar a água do reservatório, proveniente de precipitações (chuvas), do próprio rejeito que, disposto hidraulicamente (polpa), experimenta, após lançamento no reservatório, processos que separam suas frações líquidas e sólidas, liberando água, além de outras contribuições (nascentes, drenagem área industrial, etc.), para a região a jusante da barragem de forma ordenada e segura, evitando-se o desenvolvimento de ocorrências que possam colocar em risco a estabilidade desta estrutura de disposição. Também conhecido como vertedouro, um sistema extravasor pode ser constituído por canal aberto, tulipas acopladas à galeria ou túnel e por linhas de tubulações, dentre outros;
- sistema de disposição de rejeitos: constituído por uma ou mais linhas de tubulação e outros dispositivos, como válvulas e, se necessário, bombas, conduz os rejeitos, em forma de polpas, das usinas de beneficiamento até os seus pontos de descarga ou lançamento no reservatório da barragem;
- sistema de captação de água para as usinas de beneficiamento: como muitos rejeitos são dispostos hidraulicamente, em forma de polpa, grande volume de água é dirigido ao reservatório de uma barragem junto à fração sólida do mesmo. Após a separação sólido-líquido, a água incorporada ao rejeito é liberada e direcionada para o reservatório da

barragem, de onde pode ser captada para a usina (água de processo) através de um sistema constituído por uma ou mais linhas de tubulação, válvulas e bombas, também conhecido como sistema de recuperação de água para o processo.

Na figura 4.17 encontram-se representados os elementos de uma típica barragem de disposição de rejeitos.

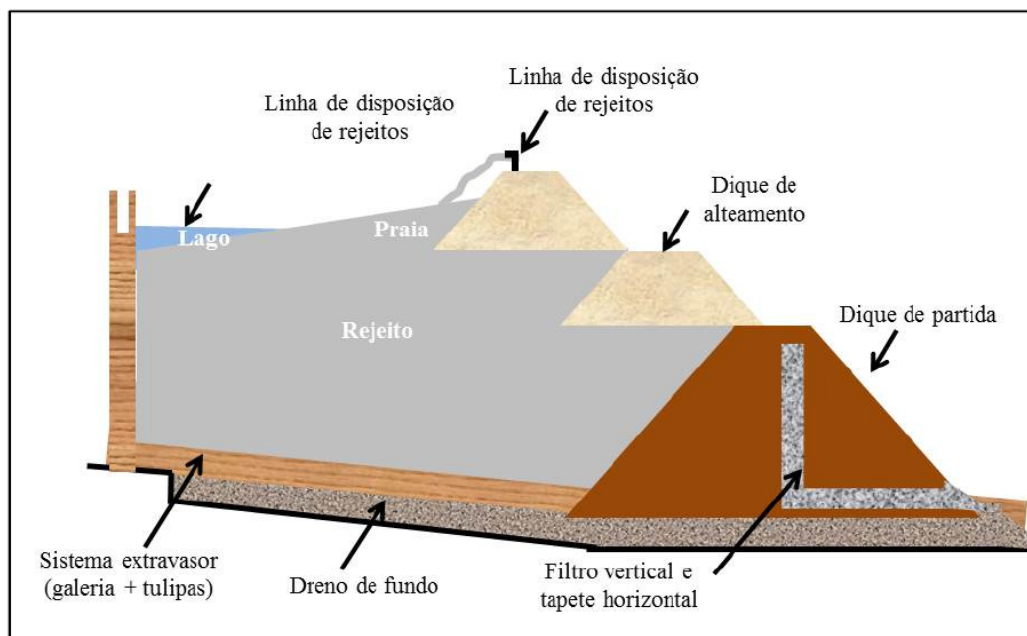


Figura 4.17: Elementos constituintes de uma barragem de disposição de rejeitos (ALMEIDA, 2012).

A lição que se aprende nesse terceiro caso é a de que projetos que envolvam novas áreas para deposição de rejeitos ou de estéreis deverão ter a participação constante na equipe de projeto de integrantes da empresa pertencente às áreas de saúde e segurança, meio-ambiente e comunidade. Desde as fases iniciais de FEL, a empresa deve se mobilizar e começar a pensar nessa questão antes que a necessidade vire uma urgência. Grupos bem estruturados em pesquisa e desenvolvimento (internos e externos) devem ser envolvidos a fim de buscar inovações tecnológicas que mitiguem impactos socioambientais, hoje classificados como um aspecto de sustentabilidade e, portanto, de sobrevivência da empresa em um mercado cada dia mais competitivo e inserido em uma sociedade cada dia mais atenta aos seus direitos.

4.2.4. Atraso na obtenção de licenças sociais

Semelhante ao caso anterior, esse quarto caso também está ligado a fatores que até pouco tempo atrás eram tratados de forma menos sistemática pela equipe do projeto, que em muitos casos não tinha tanta experiência em implantação de projetos. Tratou-se então da obtenção de autorização social para implantar o projeto. Esse caso que será relacionado ocorreu em um projeto de linha de transmissão, mas poderia ser diretamente aplicado a outros projetos com características similares, tais como mineroduto, rejeitoduto, linha férrea, estrada rodoviária, etc. Em todos esses casos, é necessário prever um acesso para implantação do projeto e manutenção da estrutura já em operação, uma faixa de servidão (área licenciada ao longo da qual os superficiários cedem os direitos de uso por prazo indeterminado) e praças de trabalho (*pipe shop* e canteiro de obra). O prazo gasto no estudo foi bem superior ao inicialmente previsto.

Durante o desenvolvimento das engenharias conceitual e básica, ou seja, nas fases de FEL 2 e FEL 3, foi considerada uma rota básica e foram mapeadas as propriedades ao longo da mesma. A partir dessa informação foi identificado onde seria necessário interferir tanto durante a construção quanto durante a operação da linha de transmissão. Como se tratou de um empreendimento na região sudeste do Brasil, onde as propriedades normalmente são pequenas, foi usual encontrar ao longo de um a dois quilômetros lineares até quatro superficiários diferentes. Nesse caso foram feitos acordos com os moradores das localidades. Entretanto, em função da situação informal de posse de algumas propriedades, o trabalho de averbação em cartório desses acordos não foi integralmente concluído. As licenças ambientais foram pedidas e obtidas com base nesse projeto básico.

Ao longo do desenvolvimento da engenharia detalhada começaram a aparecer alguns problemas. O primeiro foi com relação aos desvios localizados entre a rota básica e a rota ideal detalhada. A rota ideal considerava as tipologias da flora em toda região, considerando-se a altura da copa das árvores (por exemplo: a utilização de *offsets* é um erro comum), dados topográficos do levantamento planialtimétrico, os vértices admissíveis da linha de transmissão, as torres padrão homologadas pelo aprovador do empreendimento, as interferências não mostradas nos documentos utilizados (por

exemplo: travessias), entre outros aspectos, enquanto durante o desenvolvimento da rota básica usada no licenciamento, tais dados não estavam disponíveis.

Em função disso, algumas medidas para reduzir essas ocorrências indesejáveis foram:

- verificação de comprimentos das tangentes (distâncias entre vértices e/ou entre vértices e marcos de alinhamento) e de alinhamentos e ângulos, observando-se que os comprimentos das tangentes não podem apresentar erro superior a 1/2000 e os ângulos não podem apresentar erros maiores que 10 minutos;
- implantação de marcos de vértices e de controle de alinhamentos;
- verificação dos dados (altura, tipo, posição) da cobertura vegetal ao longo da linha;
- validação *in loco* da construtibilidade do projeto com uma montadora especialista.

Nesse projeto observou-se que, em alguns pontos, a rota ideal definida no detalhamento divergia da rota básica licenciada e negociada com os superficiários. A solução seria pedir uma revisão da licença ambiental e renegociar com os superficiários para atender ao projeto detalhado ou manter o projeto básico mesmo não sendo esse o ideal. Foi decidido pela primeira solução, o que tornou necessário solicitar uma revisão da área licenciada e um novo acordo com os superficiários foi feita, contudo, com o projeto já em execução, isso significou paralisar a construção da linha nesses trechos até a obtenção da revisão da licença ambiental nesses trechos e impactar na produtividade da empresa de construção do projeto.

Considerando que essa linha de transmissão será a responsável pela alimentação de parte da usina que também está em fase de expansão, o atraso na implantação do projeto da linha de transmissão pode vir a provocar um impacto imediato no cronograma da expansão da usina caso não se tenha uma contingência no prazo e um planejamento de todo o empreendimento desde suas fases iniciais.

Outra consequência foi no momento de se regularizar a documentação da faixa de servidão, pois as propriedades nem sempre estavam com sua documentação regularizada. Às vezes tratava-se de uma propriedade herdada, mas cujo inventário não havia sido concluído e, portanto, não havia escritura. Foi comum não receber um

registro claro das definições de limite de área, o que tornou complexa a definição de direito de propriedade entre superficiários vizinhos. Em outros casos, alguns superficiários simplesmente voltaram atrás e não aceitaram mais aquela interferência previamente negociada em sua propriedade. Situações de conflito entre superficiários e integrantes da empresa de montagem também foram comuns durante toda a obra.

Conforme citado no item 3.2.7 deste trabalho, é fundamental identificar as partes interessadas (*stakeholders*) e desenvolver uma estratégia de gerenciamento das mesmas a partir da criação de uma matriz de comunicação dentro do gerenciamento das comunicações do projeto. Isso é feito logo após a criação do projeto e após a emissão do termo de abertura (TAP), o qual define os principais dados do projeto, o responsável pelo mesmo e seu nível de autoridade.

Nesse caso analisado, os órgãos ambientais e os donos das terras deveriam ter sido todos mapeados e recebido a devida atenção para que surpresas fosse evitadas. Os órgãos estatais fiscalizadores ou reguladores, tais como ONS, ANEEL, FURNAS, DNIT, etc., também deveriam entrar nessa matriz e receberem um tratamento adequado. O cliente deve supervisionar de perto todas as interfaces, pois mal-entendidos e atritos durante a fase de construção podem causar transtornos e atrasos ao longo do empreendimento, o que acaba onerando o mesmo.

Novamente, a lição que se aprende nesse quarto caso é a de que projetos que envolvam áreas de terceiros deverão ter a participação constante na equipe de projeto de integrantes da empresa pertencente às áreas de suprimentos, jurídica, meio-ambiente, comunidade e infraestrutura, desde as fases iniciais de FEL. Uma análise de riscos bem realizada com um bom monitoramento e controle das ações é uma ótima ferramenta para mitigar e até eliminar esses entraves indesejáveis. Em caso de projetos atípicos como esse, um alerta fundamental é a necessidade de se trabalhar com profissionais especialistas externos e com empresas de projeto experientes, visto que, em geral, não há histórico ou conhecimento dentro da empresa dona do projeto, o que a torna vulnerável às particularidades desse tipo de empreendimento.

4.2.5. Alterações nos requisitos do projeto

Diferentemente dos dois casos anteriores, esse quinto caso está diretamente ligado a informações recebidas do responsável pelo FEL 1 e que foram tratadas no projeto como premissas, ou requisitos do projeto e formalizadas na engenharia como dados básicos e critérios de projeto para cada disciplina, e em caráter geral.

É importante lembrar que a metodologia FEL (*Front-End Loading*, em inglês) tem a seguinte lógica: carregamento de informações do início para o fim de forma a liberar os gastos com o projeto à medida que o mesmo adquire maturidade. Quando se mudam premissas básicas, corre-se o risco de precisar voltar ao início do projeto, dependendo da relevância desses dados alterados e do impacto no projeto que essa mudança causa.

O caso que será descrito está relacionado à mudança na taxa de alimentação do ROM e no aumento da capacidade do mesmo, alterações similares ao primeiro caso avaliado, o qual havia ocorrido por uma falha de caracterização mineralógica. Nesse novo caso o que se tem é uma mudança no planejamento de lavra de médio e longo prazo, e a consequente preparação da empresa para uma situação futura, onde o material deixará de ser friável para se tornar um semi-compacto e, em alguns casos, um compacto.

No início partiu-se do pressuposto que a capacidade nominal de alimentação do ROM na britagem primária feita em *pit* seria de aproximadamente 4000t/h e apenas 5% do material teria granulometria que o obrigasse passar pela britagem, sendo direcionado diretamente da grelha para o transporte por correia de longa distância (o retido no *oversize* seria inferior a 5%), com *top size* de 1200mm. Com essa configuração o projeto poderia considerar vários tipos de britadores. O projeto foi desenvolvido considerando alternativas de britagem primária e secundária e uma engenharia conceitual foi elaborada.

À medida que o projeto foi evoluindo e a participação dos representantes da operação foi se intensificando, foi ficando claro que essa situação presente não seria sustentável a médio e longo prazo e chegou-se a uma taxa de alimentação de projeto de 7500t/h e até 30% de retido no *oversize*, com *top size* de 1500mm. Ainda assim, uma das

características da instalação de britagem que deveria ser mantida seria a sua mobilidade (estação semimóvel), visto que essa britagem seria montada dentro da mina e o centro de massa mudaria alguns anos à frente.

De acordo com FIGUEIRA *et al* (2010), a fragmentação normalmente alimentada numa britagem primária teria um *top size* de 1000mm, o que nesse novo cenário não é o caso. Seria de se esperar que a fragmentação iniciada no desmonte do minério ou rocha garantisse nesse estágio um bloco dessa dimensão, mas as mudanças na característica do minério lavrado impuseram uma condição bem mais desafiadora.

Naturalmente esses novos dados provocaram um enorme impacto no dimensionamento da britagem, incluindo equipamentos intermediários, tais como alimentador de placas, grelha vibratória e peneira, inicialmente definidos com os dados anteriores. Conforme mostrado por FIGUEIRA *et al* (2010), o britador de mandíbulas seria adequado para capacidades baixas e médias (1000t/h), diferentemente de um britador giratório, que poderia ser usado para capacidades médias e altas.

O resultado seguinte foi uma configuração considerando dois sistemas paralelos, pois não haveria britagem primária que contemplasse tal capacidade. Essa mudança causou uma revisão completa na engenharia e atrasou a etapa de FEL 2 em alguns meses, pois a engenharia conceitual é o ponto de partida para várias outras análises dessa etapa de estudos de pré-viabilidade do projeto.

Em paralelo foi buscada uma solução de um britador giratório em estrutura modular, visto que haveria a possibilidade de se transportar esses módulos, apesar de gigantescos, utilizando-se *crawlers* sob-esteira ou de transporte sob-rodas, e mantendo-se a premissa de uma estação semimóvel, conforme mostrado nas figuras 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21. A premissa de deslocamento no futuro seria obedecida e seria previsto dentro do projeto o devido acesso, visto que esse tipo de equipamento requer uma condição bastante específica de rampa máxima e de resistência de solo.

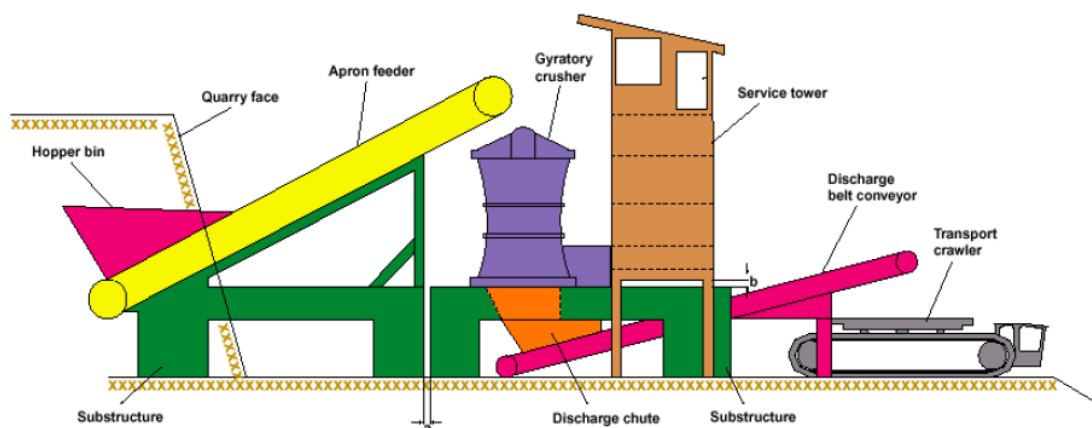


Figura 4.18 – Estação semimóvel de britagem TKF (2011) subdividida em três partes.



Figura 4.19 – Moega de recebimento, alimentador de sapatas e subestrutura de uma estação semimóvel de britagem da TKF (2011).

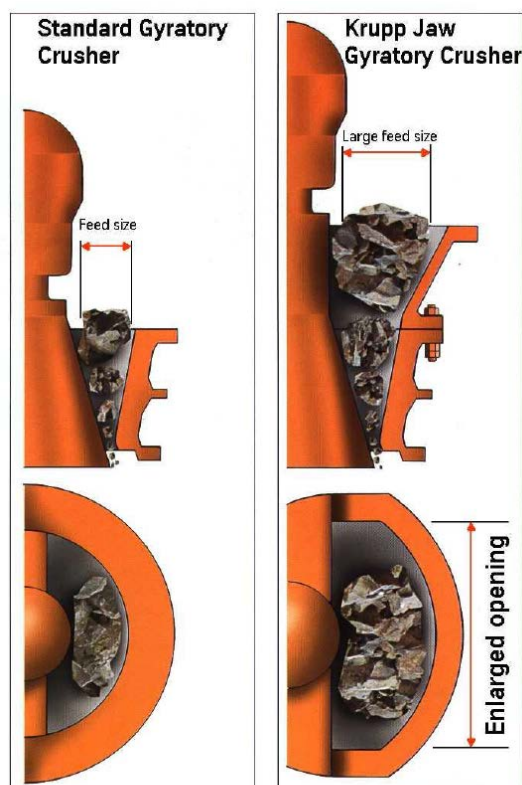


Figura 4.20 – Grelha Vibratória, britador, coluna do rompedor de matacos e subestrutura de uma estação semimóvel de britagem da TKF (2011).



Figura 4.21 – Correia de recebimento do britador e subestação elétrica de uma estação semimóvel de britagem da TKF (2011).

Para tentar diminuir o tamanho da instalação, já que um britador giratório para atender às novas condições teria dimensões e peso bastante elevados, dificultando a mobilidade, um dos potenciais fabricantes, a TKF (2011) sugeriu um modelo híbrido, que seria o Britador Giratório de Mandíbula, mostrado na figura 4.22.



NOTE: Both sketches are based on identical mantle diameter.

Figura 4.22 – Diferença entre a abertura de alimentação de um britador giratório com um britador giratório de mandíbula da TKF (2011).

A vantagem, nesse caso, é a possibilidade de utilização de um modelo com capacidade um pouco menor, mas com uma abertura na alimentação em um dos lados maior que a de um típico giratório, o que o habilita receber material de forma similar a um britador de mandíbula. Cabe ressaltar que o desenvolvimento desse modelo híbrido é um exemplo de cooperação indústria-universidade, visto que a TKF dimensionou esse equipamento junto a uma universidade alemã a partir da aplicação de um modelo discreto equivalente que vinculou a força de britagem à granulometria e à taxa de alimentação. Essa informação é interessante para mostrar a importância do trabalho conjunto indústria-universidade, que será novamente citado ao final deste trabalho. A figura 4.23 mostra um típico britador giratório de mandíbula.



Figura 4.23 - Britador Giratório de Mandíbula da TKF (2011).

Além desse caso, outro com as mesmas características foi coletado para possibilitar a análise de uma mudança ocorrida em um projeto de uma ponte rodoviária em mão única que ligará um lado ao outro da mina, de forma a evitar um DMT atual de aproximadamente quatro quilômetros, para o transporte do ROM utilizando um equipamento móvel. Inicialmente considerou-se como premissa um caminhão fora de estrada 785C reforçado (peso próprio de 103t e peso total de 268t).

A ponte foi dimensionada com o trem-tipo baseado no 785C e algum tempo depois foi informado que a mina passaria a usar um caminhão fora de estrada 789C reforçado (peso próprio 118t e peso total de 318t), ou seja, 50t a mais que o inicialmente previsto, o que novamente causou uma significativa revisão no projeto e o desenvolvimento de uma nova concepção de ponte. Por se tratar de uma estrutura específica, não houve como aproveitar o projeto anterior, sendo necessário desenvolver novo projeto a partir das novas premissas. Em ambos os casos ainda teve que ser seguida a NR-22, que estabelece largura mínima útil para estradas e obras de arte, como no caso da ponte citada. A revisão da engenharia voltou o projeto para o início da fase de engenharia conceitual, em FEL 2 e retardou a sua aprovação no portal de execução.

A lição que se aprende nesses dois casos conjuntos é que ambas as revisões de projeto poderiam ter sido evitadas, desde que a equipe de projeto tivesse participação frequente e atuante dos *stakeholders* que estabelecem as premissas em FEL 1 e que receberão o projeto após seu encerramento. Quando algum representante dos *stakeholders* não participa ativamente do projeto, ele não se compromete de fato com o desenvolvimento e o prazo dispendidos até a sua conclusão. Na mente desse representante-chave é considerado que qualquer consequência de revisão do projeto seria responsabilidade “da área de projetos”, o que não é de todo verdade. No momento que esse representante faz parte da equipe do projeto, ele se torna corresponsável, ele terá mais responsabilidade ao definir uma premissa ou ao tentar mudá-la numa fase mais à frente. Dependendo da mudança e do momento grandes transtornos podem ser gerados.

A metodologia FEL ajuda nessa disciplina de ganhar em maturidade sem correr o risco de perder parte ou todo trabalho desenvolvido na fase vigente ou anterior. Novamente as

VIP's (destacando-se aqui os seminários de “*Design to Capacity* e Seleção de Tecnologia”) favorecem essa maturação do projeto. Outras oportunidades são os seminários de aprovação de engenharia, citados no item 3.6 deste trabalho. Nestes seminários ocorre uma análise das principais entregas da engenharia a 30%, 60% e 90% do progresso físico, seja essa pertencente às fases conceitual, básica ou detalhada. Nesses momentos pode ser percebido se o projeto precisa ou não de algum eventual ajuste. Os prejuízos causados com essas mudanças em fases mais adiantadas do projeto atrasam bastante o cronograma e elevam os custos de desenvolvimento ou implantação do mesmo, portanto devem ser evitadas a todo tempo.

4.2.6. Sucesso na coleta de requisitos do projeto

Diferentemente de todos os casos anteriores, esse sexto é um caso de sucesso e digno de registro. Usando uma metodologia de gerenciamento de projetos aplicada à área de manutenção e adequada à realidade da área (*tayloring*, em inglês), foi obtido êxito na entrega do produto do projeto (METSO, TECNOMETAL, SAMARCO, SANDVIK, 2012), o que será descrito e avaliado na sequência.

Introdutoriamente é importante ressaltar o aumento da utilização de transportadores de correia em manuseios de materiais, que até pouco tempo eram transportado por caminhões de linha ou fora-de-estrada. Essa transição teve como objetivo buscar uma diminuição dos custos operacionais, mesmo incorrendo em uma elevação do custo de implantação. O êxito ao especificar e dimensionar esse tipo de equipamento influenciou diretamente na eficiência (disponibilidade e confiabilidade) do sistema. Novamente nesse estudo de caso foi atentado para o fato de se identificar e gerenciar as principais partes interessadas desde o princípio. Note que esse tipo de equipamento é regulado pela NR 22 (MTE, 2011), uma norma reguladora brasileira que trata de segurança e saúde ocupacional na mineração, sendo a principal ferramenta do Ministério do Trabalho durante as fiscalizações das minas. Esta NR estabelece sobre procedimentos de segurança e medicina do trabalho nas atividades de minas, determinando que a empresa adote métodos e mantenha locais de trabalho que proporcionem a seus empregados condições satisfatórias.

Durante a coleta de requisitos foram consideradas ainda as premissas definidas pelos clientes, características de construtibilidade, e dados gerais de processo e ambientais. Em conjunto com os aplicativos de engenharia e com todo *know-how* do fabricante, esses dados foram trabalhados e resultaram em um dimensionamento, que atendia à situação atual e previa possíveis futuras expansões. Entre vários dados de entrada, sete (7) desse mereceram maior destaque, e são:

- características do material manuseado (tipo, granulometria, peso específico, ângulo de repouso, temperatura máxima, teor de umidade, abrasividade e grau de enchimento);
- perfil do transportador em função das condições de serviço e de topografia (comprimento entre centros de tambores extremos, altura de elevação ou de declive);
- tipos de rolete/rotação máxima;
- largura calculada/diâmetro dos tambores;
- tensão máxima calculada/dimensão do eixo;
- tempo de percurso completo e condições especiais (correia reversível, utilização de *tripper*, etc.);
- capacidade desejada e condições de operação (ambiente e regime de funcionamento).

O dimensionamento considerou algumas premissas mais conservadoras para aumentar a eficiência global do sistema, tais como:

- grau de enchimento entre 80 e 90%;
- introdução de sistema de detecção de corte da correia;
- introdução de sistema de monitoramento de temperatura e ruído;
- dimensionamento do acionamento pelos dados de partida e considerando um fator de carregamento de 100% nos trechos ascendentes e retos;
- variação do ângulo de abraçamento no tambor de acionamento até 120° utilizando o tambor de encosto para aumentar a eficiência de transmissão de potência pelo atrito.

Além dessas premissas, após várias aplicações de TCLD, a SAMARCO (2012) chegou à configuração ideal para vãos entre suportes até 12m e altura de 2 a 20m. Nesses casos, as estruturas deverão ser do tipo ponte (treliças), conforme mostrado na figura 4.24.

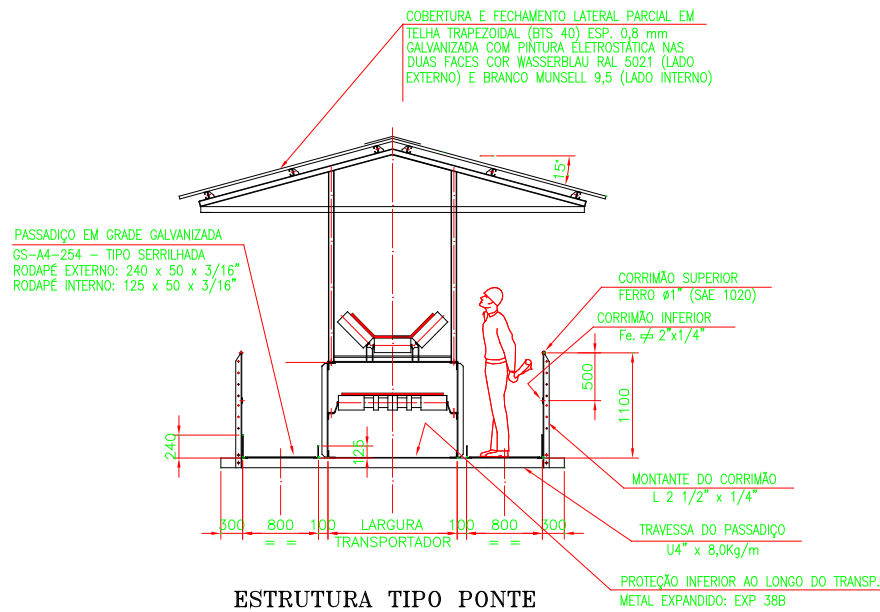


Figura 4.24: TCLD com estruturas do tipo ponte (treliças) – SAMARCO (2012).

Já para vãos superiores a 12m e alturas superiores a 20m, a SAMARCO (2012) chegou à configuração ideal de estruturas tipo galeria, conforme mostrado na figura 4.25.

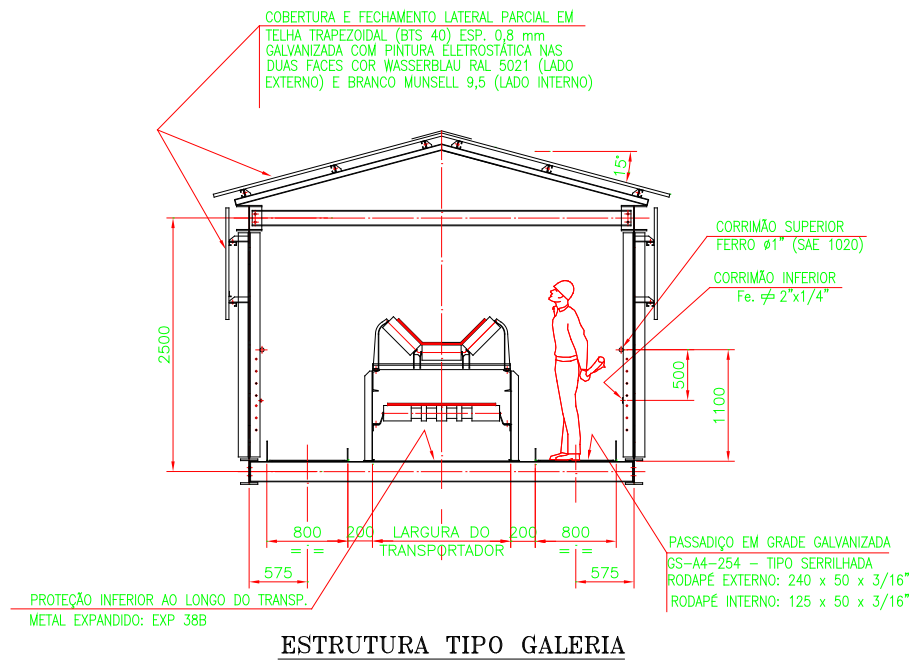


Figura 4.25: TCLD com estruturas do tipo galeria – SAMARCO (2012).

A figura 4.26 mostra a foto de um TCLD (Transportador de Correia de Longa Distância), dimensionado em condição topográfica bastante desfavorável e buscando um nível de enchimento ideal para a granulometria e demais parâmetros operacionais.



Figura 4.26 – TCLD de Alegria para Usina 2 – SAMARCO (2012).

A experiência adquirida a partir da realização de projetos já encerrados possibilitou, nesse caso, a elaboração de uma metodologia que considerou as lições aprendidas, o registro de premissas e a consolidação de requisitos históricos e condições que se repetem a cada novo projeto. Um resumo dessa conclusão seria: “a capacidade de carga é o produto da área da secção transversal da correia x a velocidade de operação x peso específico do material x grau de enchimento x fator de correção da capacidade devido à inclinação. Tudo isso variando ainda em função da largura da correia utilizada, da configuração do cavalete, e consequentemente à quantidade de rolos e sua inclinação/do ângulo de acomodação do material” (MTE, 2011).

Dentro dessas repetições de projetos surgem algumas situações que ajudam a auditar o dimensionamento da engenharia, que seriam (MTE, 2011):

- Nas operações em que 90% do material transportado tem uma granulometria igual à do *top size*, a largura da correia deve ser de dez vezes (10x) o tamanho da maior partícula;
- Nas operações em que 90% do material transportado for de finos, a largura da correia deve ser de seis vezes (6x) o diâmetro do *top size*;

- Nas operações em que as correias sejam mais estreitas e menores, o ideal é que as velocidades estejam por volta de 3,5 m/s; e onde as correias forem mais largas e longas, o ideal é que as velocidades estejam por volta de 4,5 m/s.

Essa experiência bem sucedida é uma comprovação de que, quando se tem de um lado um cliente que conhece o equipamento que irá comprar e do outro um fabricante que conhece o produto que será vendido, e ambos dominam os fundamentos do gerenciamento de projeto e as boas práticas de engenharia, a probabilidade da entrega ser bem sucedida é bem alta.

Essa dupla capacitação das partes envolvidas era fato corriqueiro e constante há algum tempo atrás, visto que as empresas tinham baixa rotatividade entre seus profissionais e os mesmos acabavam se tornando especialistas. Essa condição de organização acaba gerando um banco de dados extremamente útil e facilitam na aplicação da metodologia de desenvolvimento deste tipo de projeto.

Além da experiência da equipe que comprou o equipamento e da equipe que vendeu e dimensionou o mesmo, algumas boas práticas foram exercidas, tais como VIP's *design to capacity* e de construtibilidade. Outras práticas fundamentais para o sucesso do projeto foram as de *design review* e de auditoria, quando se comparou as normas aplicadas no projeto com normas similares respeitadas mundialmente, tais como as publicadas pela CEMA (*Conveyor Equipment Manufacturers Association*), uma instituição americana baseada na Flórida (EUA) e com foco em projeto, normatização, segurança, fabricação e desenvolvimento de novas tecnologias em transportadores de correia. Essa prática deu a devida convicção para se aceitar ou adaptar o projeto.

4.2.7. Sucesso na caracterização mineralógica e no desenvolvimento da engenharia do projeto

Similar ao anterior, esse sétimo e último estudo de caso também trata um bem sucedido projeto merecedor de análise, pois aplica tudo aquilo que se chamou ao longo desse trabalho de boas práticas, tendo resultado na entrega de um projeto que, antes de ser

comissionado, já virou referência no seu segmento (NUNES e MENCHEN, 2013). Ao final, a planta de beneficiamento estará disposta conforme mostrado na figura 4.27.



Figura 4.27 – Beneficiamento de Pentóxido de Vanádio (NUNES e MENCHEN, 2013).

Esse caso diz respeito a uma exploração mineral na região de Maracás/BA, a 365 km da capital Salvador, de onde se obterá a produção de um concentrado de vanádio (V_2O_5 – pentóxido de vanádio), elemento utilizado em ligas metálicas de alta resistência, inclusive em aços-ferramenta e aços liga. O diferencial desse projeto já inicia a partir da confirmação do teor médio das reservas de 1,34% de V_2O_5 contido no minério, cerca de duas vezes mais que o encontrado em operações similares na África do Sul, além de ter um baixo teor de sílica e outros contaminantes, o que diminui o custo de processamento e melhora a qualidade do produto, conforme MENCHEN e OLIVEIRA (2013).

A descoberta desta jazida de vanádio ocorreu em 1979, ou seja, há mais de 30 anos atrás, entretanto a viabilidade só se deu após um recente e minucioso programa de exploração mineral, ocorrido em 1984, depois da conclusão do estudo de pré-viabilidade, feito pela CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento) do estado da Bahia. Para esse projeto foi criada uma *joint venture* chamada VMSA (Vanádio de Maracás S.A.) unindo a CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral) e o Grupo Odebrecht. Os planos de mineração e avaliação geo-estatística, bem como os estudos de processo de beneficiamento, análises de viabilidade técnica-econômica-financeira e testes foram sendo feitos ao longo de todos esses anos e passaram por empresas

consagradas, tais como Lurgi GmbH (hoje, Outotec Technology Oy) e Paulo Abib Engenharia (já extinta, mas com ex-colaboradores ainda presentes em várias empresas).

Durante a concepção do processo produtivo, um dos fatores observados foi a dificuldade em se obter licenças ambientais para barragens de rejeito. Para superar esse obstáculo se optou pela formação de pilhas tronco piramidais, que seria um empilhamento a seco (*dry stacking*, em inglês), que é quando se dispõe o rejeito não magnético mecanicamente em pilhas. Esse método de disposição reduz o impacto ambiental e permite uma maior recuperação de água para reciclagem, sendo, portanto, mais seguro, conforme MENCHEN e OLIVEIRA (2013).

Para a continuidade dos estudos de viabilidade técnico-econômico-financeiro e de engenharia básica, a empresa se associou a uma projetista e gerenciadora que possuía um *know-how* comprovado em processos industriais, detinha profissionais com capacidade de desenvolvimento tecnológico e estaria ainda apta a oferecer uma modalidade chamada EPCM (Engenharia, Suprimentos, Construção e Gerenciamento do Empreendimento, em inglês, *Engineering, Procurement, Construction and Management*), o que a tornaria responsável pelo projeto desde a engenharia até a fase de comissionamento e operação assistida. Nesse caso, o cliente assumiria apenas o papel de *sponsor*, focando sua atuação no controle e na fiscalização dos indicadores do projeto, conforme requisitos e restrições definidas. Esse tipo de gerenciamento é bastante praticado em países desenvolvidos e com cultura minerária, tais como Austrália e Canadá. O sucesso do mesmo está vinculado à maturidade do próprio mercado a fim de atuar de forma profissional para cumprimento do seu escopo. No Brasil, ou em outros países em desenvolvimento, contratos EPC ou EPCM ainda não são muito comuns.

Com relação a esse sétimo e último caso, seu sucesso, de certa forma, se iniciou a partir da utilização de empresas e pessoas competentes em suas respectivas funções. O êxito, contudo, em grande parte, se deu a partir da aplicação dos fundamentos de gerenciamento de projeto e da integração dos diversos serviços interdependentes dentro da matriz de comunicação. A experiência e a grande capacidade técnica dos profissionais envolvidos e a constante busca do atendimento aos quesitos de escopo,

qualidade, prazo e custo a partir da adequada gestão de recursos, riscos, comunicação, aquisições, saúde, segurança, meio-ambiente e partes envolvidas a partir da utilização das melhores práticas, chamada pela empresa de “*brownpaper*” (NUNES e MENCHEN, 2013), cujas atividades buscam um planejamento, monitoramento e controle constante dos pontos críticos do projeto ao longo de todas as fases e para cada uma das disciplinas citadas anteriormente. Em princípio, essas práticas seriam similares àquelas já conhecidas e amplamente divulgadas pelo Guia PMBOK® (PMI, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após tendo conhecido algumas das boas práticas de projeto e sete casos práticos de sucessos ou insucessos, vem o questionamento: como garantir então que a execução inicie com um projeto efetivamente maduro e o mesmo seja implementado de forma eficaz para o sucesso definitivo do mesmo, atingindo a uma melhoria do negócio? A resposta é previsível: não há fórmula mágica. Cada empresa deverá adequar sua metodologia com base no negócio em que estiver inserida e de acordo com cada novo projeto. Entretanto, em situações similares, sugere-se iniciar nesse momento de questionamento uma discussão dos resultados observados nos exemplos citados, a fim de se desenvolver ou adequar ferramentas e técnicas que contemplem pelo menos alguns tópicos críticos (SAMARCO, 2012), conforme será visto na sequência.

5.1. Classificação dos Investimentos de Capital

O primeiro ponto para se atentar é fazer a classificação desses investimentos, conforme macrofluxo sugerido pelo Guia PMBOK® (PMI, 2008) e apresentado na figura 5.1.

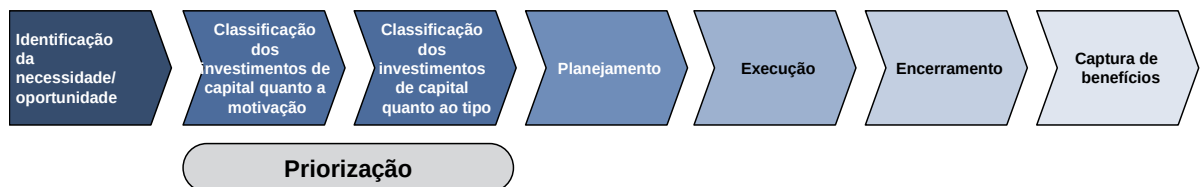


Figura 5.1 – Macrofluxo para investimentos de capital (PMI, 2008).

Dentro do processo de gestão de investimentos de capital, a implantação de um investimento se inicia com a identificação de sua necessidade e/ou oportunidade. Sua efetiva importância deve ser constatada e consolidada para que o investimento seja, então, submetido a um processo formal de gestão. Para isso, essa necessidade e/ou oportunidade deve ser definida e formalizada em um Termo de Abertura de Projeto (TAP), que descreverá a oportunidade ou problema a ser tratado, deixando claro qual a motivação do investimento e identificará o *sponsor* cliente do projeto (SAMARCO, 2012) e sua autonomia. O *sponsor* cliente do projeto é um dos principais *stakeholders*

(parte interessada) do projeto, sendo o responsável primário pelo benefício a ser entregue pelo projeto. Apesar de não estar diretamente envolvido com a execução do projeto, é ele quem oferece as diretrizes essenciais ao sucesso do investimento e suporta o coordenador do projeto. Dentre as motivações para criação do projeto, se destacam:

- retorno financeiro;
- atendimento à estratégia;
- melhoria de processos;
- sustentabilidade do negócio.

Uma vez finalizada a etapa de identificação e formalização da necessidade e/ou oportunidade do investimento de capital, é necessário realizar a sua classificação, podendo esse ser capital direto (possibilitam um retorno financeiro) ou investimento corrente (atendem a uma redução de risco). Na sequência é feita a classificação do investimento de capital (SAMARCO, 2012), podendo esse ser gerido pela própria manutenção, pela equipe de gestão de projetos ou por uma equipe independente de megaprojetos. Essa classificação está diretamente vinculada ao valor estimado do projeto e à sua complexidade.

Os projetos mais simples demandarão menor esforço de gestão e são realizados pelas próprias áreas operacionais. Nestes há apenas uma aplicação parcial da metodologia.

Projetos intermediários têm a fase de FEL 1 (identificação) desenvolvida pela área solicitante (cliente) e as fases FEL 2 (seleção) e FEL 3 (definição), assim como a execução do projeto, desenvolvidas pela equipe de gestão de projetos.

Megaprojetos referem-se às expansões de capacidade caracterizadas pela construção de novas plantas ou usinas com CAPEX próximos ou acima de R\$ 1 bilhão. São projetos *greenfield*, planejados e executados por equipes independentes com a aplicação de metodologia específica para megaprojetos, contendo um gestor com dedicação exclusiva e seguindo a governança estabelecida pelos acionistas (SAMARCO, 2012).

A metodologia que será descrita na sequência é mais aplicável para os projetos de investimento de capital intermediários (SAMARCO, 2012).

5.2. Papel e responsabilidade na gestão e governança de projetos de capital

Além de garantir que as fases do ciclo de vida de um projeto de capital seguirão a metodologia descrita, é fundamental definir os representantes para as principais funções da equipe do projeto e suas respectivas atribuições no processo de gestão dos projetos de investimento aplicadas ao longo das fases (SAMARCO, 2012).

As principais partes interessadas ao longo da gestão do projeto são (SAMARCO, 2012):

- **sponsor cliente:** Sponsor cliente é o patrocinador fundamental para o atendimento a metas. Este papel é desempenhado por um representante da alta gerência ou por um profissional por ele delegado;
- **sponsor empreendedor:** profissional responsável primário no desenvolvimento do FEL 1 para contextualização do *business case*, que permanecerá envolvido durante as fases de FEL 2, FEL 3, execução e comissionamento;
- **coordenador do desenvolvimento:** é o profissional designado pela gerência de projetos para estudar e desenvolver o projeto nas fases de FEL 2 e FEL 3;
- **coordenador da implementação:** é o profissional designado pela gerência de projetos para implementar o projeto durante a fase de execução;
- **coordenador do encerramento:** é o profissional designado pela gerência de projetos (preferencialmente o coordenador da implementação) para encerrar o projeto e efetuar todas as entregas da fase de encerramento do projeto;
- **sponsor do projeto:** é o patrocinador fundamental para a implementação do projeto (geralmente é o superior dos coordenadores), ou seja, é aquele que busca garantir que o escopo do projeto estabelecido na fase de desenvolvimento atenda aos objetivos do negócio.

5.3. Avaliação de maturidade de projetos

O processo de avaliação da maturidade de projetos de investimento de capital tem como propósitos principais avaliar o projeto em cada fase de desenvolvimento, bem como

apoiar a tomada de decisão dos comitês que aprovam a passagem de fases. O processo de avaliação de maturidade conta com três conceitos distintos (SAMARCO, 2012): *sign offs*, reuniões de verificação de progresso (RVP) e as avaliações de maturidade, propriamente ditas, conforme descrito a seguir:

- **sign offs:** é a formalização de aceitação das partes interessadas do projeto, constituindo-se de fato em documentos ou formulários que comprovam que o trabalho desenvolvido pela equipe de projetos está de acordo com os procedimentos ou com o previsto pelas áreas impactadas pelo projeto; b) que o trabalho desenvolvido pela equipe de projetos é suficiente para garantir o bom desempenho do projeto em determinada área ou disciplina; c) que os dados e premissas utilizados como *input* do projeto estão validados. Fundamentalmente, o que se busca é a avaliação e aprovação formal das diversas áreas impactadas por um projeto de capital. O recebimento de *sign offs* pela equipe de projeto significa que as demais áreas (emissoras de *sign offs*) estão de acordo com os itens constantes no formulário. Caso a área responsável pela disciplina do *sign off* não concordar parcial- ou totalmente, esta deve manifestar-se, oferecendo um plano de ação ou justificativa para a negativa. Neste ultimo caso, a negativa do *sign off* e a respectiva justificativa devem ser escaladas para instâncias superiores, visando buscar solução antes do comitê de aprovação de fase.
- **reuniões de verificação de progresso (RVP):** esse processo consiste na verificação da evolução das entregas e acompanhamento do projeto na fase de definição por parte da gerência de gestão de projetos através de um *check list*. Objetiva-se com essas reuniões, realizar verificações intermediárias da entrega de estudos e documentos, bem como dos *sign off's* por parte de outras áreas diretamente afetadas pelo projeto. Esse acompanhamento visa dar apoio à equipe de projetos e identificar potenciais problemas que, de outra forma, seriam identificados somente ao final da fase.
- **avaliação de maturidade:** o processo de avaliação da maturidade de projetos de engenharia central tem como propósito principal avaliar o projeto em cada fase de desenvolvimento, bem como oferecer subsídios para a tomada de decisão aos comitês de aprovação de passagem de fase. As avaliações de maturidade garantem que as tarefas de definição do projeto foram realizadas com um bom

nível de qualidade, de modo a minimizar potenciais problemas na fase de execução. As avaliações de maturidade são realizadas ao final da fase de FEL e serão conduzidas por um membro da gerência de gestão de projetos (PMO), que poderá contar com apoio externo, dependendo da natureza do projeto. Junto com essa avaliação sugere-se que seja feito um *design review* da engenharia desenvolvida através da contratação de uma empresa de consultoria ou de engenharia especializada.

O uso dos três processos (*sign offs*, RVPs, e avaliação de maturidade) visa garantir a qualidade das entregas durante as fases FEL (IPA, 2011). Na última RVP da fase, será então avaliada a maturidade final dos projetos, sob forma de auditoria.

5.4. Check List das entregas de FEL

É durante as fases de iniciação e planejamento que se inicia o sucesso de um projeto bem executado e devidamente encerrado. Partindo-se desse pressuposto e da certeza de que a metodologia descrita anteriormente foi aplicada, cabe agora garantir que as entregas listadas a seguir das fases FEL (IPA, 2011) sejam emitidas com a devida qualidade e no prazo e custo previstos.

5.4.1. Entregas de FEL 1

As entregas de FEL 1 devem conter os documentos produzidos durante a fase de **identificação** (SAMARCO, 2012), conforme mostrado na figura 5.2.

FEL 1
Business case: Declaração de pertinência do projeto (identificação de necessidades, motivadores e alinhamento estratégico) Declaração de premissas: Premissas econômicas e financeiras Premissas de mercado Premissas do projeto (investimento) Declaração de potenciais restrições e requisitos Aspectos de inovação tecnológica Data desejo Estimativa de Capex

Especificações (faixas) de tolerância do projeto ou produto Estratégias de saída do projeto Plano de captura de benefícios e potenciais indicadores Alternativas a serem estudadas em FEL 2 (incluindo <i>non-cap</i> , <i>farm out</i> , etc.) Considerações técnicas Critérios para engenharia Requisitos iniciais para licenciamento ambiental (RIPLA)
Estudo de viabilidade econômico-financeira (EVEF) do investimento Plano de utilização de VIPs
Matriz de utilização de lições aprendidas Análise de risco do projeto (foco em negócio)
Análise de interfaces, conflitos e sinergias do portfólio Definição da equipe do projeto para FEL 2
Plano de trabalho de FEL 2 (PT2) Demais documentos de apoio (estudos, relatórios, etc.) utilizados pela equipe de projeto Formulários de <i>sign off</i> emitidos

Figura 5.2 – Principais entregas da fase de identificação – FEL 1 (SAMARCO, 2012).

5.4.2. Entregas de FEL 2

As entregas de FEL 2 devem conter os documentos produzidos durante a fase de **seleção** (SAMARCO, 2012), conforme mostrado na figura 5.3.

FEL 2
Declaração de escopo detalhada (alternativa selecionada) EAP da execução (alternativa selecionada)
Dicionário do planejamento da execução (alternativa selecionada) Dicionário da EAP Dicionário da estimativa de Capex Dicionário do cronograma
Engenharia Conceitual (todas as alternativas) Infraestrutura Processo Principais produtos da engenharia conceitual Relatório de VIPs utilizadas
Análise para seleção do local para a implantação do projeto (todas as alternativas) Estudos topográficos Estudos de sondagem preliminar Estudos de levantamento de interferências físicas
Análise de seleção de alternativa Critérios para a seleção de alternativa Análise comparativa utilizando critérios selecionados
Análise de saúde e segurança (alternativa selecionada) Análise preliminar de riscos (APP/APR)
Licenciamento ambiental

Estudos ambientais
Estudos de desenvolvimento social
Estimativa de Capex
Cotação preliminar (custo e lead time) de equipamentos principais via suprimentos
Definição de mão de obra necessária para instalação
Definição dos custos unitários do banco de dados de suprimentos
Estimativa de Opex preliminar
Atualização do estudo de viabilidade econômico-financeira do investimento
Plano de execução do projeto
Estratégia de controle da engenharia detalhada
Estratégia de suprimentos (compras e contratações)
Estratégia para construção
Estratégia para comissionamento e partida
Estratégia de automação
Cronograma máster de execução (CPM)
Plano de captura dos benefícios atualizado
Análise de risco do projeto
Definição da equipe do projeto para FEL 3
Plano de trabalho de FEL 3 (PT3)
Formulários de sign off emitidos

Figura 5.3 – Principais entregas da fase de seleção – FEL 2 (SAMARCO, 2012).

5.4.3. Entregas de FEL 3

As entregas de FEL 3 devem conter os documentos produzidos durante a fase de **definição** (SAMARCO, 2012), conforme mostrado na figura 5.4.

FEL 3
1. Objetivos do projeto e declaração de escopo detalhada
2. EAP detalhada
3. Dicionário do planejamento
a. Dicionário da EAP
b. Dicionário da estimativa de Capex
c. Dicionário do cronograma
4. Engenharia básica
a. Confirmação dos limites de bateria
b. Detalhamento da infraestrutura
c. Detalhamento do processo
d. Detalhamento de aspectos minerais e metalúrgicos
e. Detalhamento de sondagem, topografia e geotecnia
f. <i>Front-End Engineering Design</i> (FEED)
g. Principais produtos da engenharia básica
h. Relatório de VIPs utilizadas
5. Análise de saúde e segurança
a. Análise de ergonomia e atendimentos às normas

	b. <i>Hazop</i> c. Análise de riscos e perigos na construção
6.	Licenciamento ambiental a. Estudos ambientais b. Estudos de desenvolvimento social c. Protocolos e licenças ambientais
7.	Estimativa Capex a. Cotações firmes (custo e <i>lead time</i>) de equipamentos principais via suprimentos b. Definição dos custos unitários do banco de dados de suprimentos c. Definição de mão de obra necessária para instalação d. Premissas do Capex e. EAP / Estrutura do Capex f. Estimativa de Capex g. Contingência / <i>range analysis</i> h. Curva de desembolso
8.	Estimativa de Opex a. Premissas da estimativa de OPEX b. Estrutura da estimativa OPEX
9.	Atualização do estudo de viabilidade econômico-financeira do investimento a. Análise de preço e margem b. Análise de cenários c. Análise de mercado d. Método de avaliação e. Resultados da avaliação f. Oportunidades de investimentos incrementais g. Análise de sensibilidade h. Tributação i. Capital de giro e investimentos correntes j. Variações em relação à fase anterior k. Estratégia de financiamento l. Anexos
10.	Plano de execução do projeto a. Organização da fase de execução b. Plano de gestão e controle da engenharia detalhada c. Plano de suprimentos (compras e contratações) d. Plano de construção e plano de controle da construção e. Plano de gestão da qualidade f. Planejamento e cronograma de execução g. Indicadores de desempenho h. Gestão do escopo i. Gestão de SSMAC j. Gestão de custos k. Gestão de riscos na execução l. Gestão de seguros m. Plano de pré-comissionamento, comissionamento e partida n. Plano de <i>ramp up</i> e <i>hand over</i> o. Plano de operação p. Plano de manutenção

q.	Matriz de aprovação
r.	Relatórios de acompanhamento
11.	Plano de captura dos benefícios atualizado
12.	Gestão de riscos e seguros do projeto
a.	Avaliação de riscos
b.	Registro de riscos
c.	Gestão de riscos e seguros do projeto
13.	Recursos Humanos
a.	Definição da equipe do projeto para Execução
b.	Treinamento
14.	Matriz de <i>stakeholders</i> , responsabilidades e comunicação
15.	Aspectos legais
a.	Aspectos legais, contratuais e regulatórios
b.	Licenças e Autorizações (AVCB, DER, etc.)
c.	Propriedade intelectual
16.	Gestão documental
a.	Lições aprendidas
b.	Fluxo de documentos
c.	Manual de operação
d.	Manual de manutenção
17.	Formulários de <i>sign off</i> emitidos

Figura 5.4 – Principais entregas da fase de definição – FEL 3 (SAMARCO, 2012).

Essas entregas compõem o pacote de suporte à decisão (PSD), que é armazenado pela equipe de projetos e utilizado como base para continuidade do projeto na fase seguinte (execução), constituindo-se em parte integrante do PEP (plano de execução do projeto).

5.5. Maturidade das entregas de engenharia

É fundamental registrar ainda a importância que uma engenharia de boa qualidade tem para o atingimento de um bom nível de maturidade em cada fase do projeto. Sem uma boa e consistente engenharia não há metodologia de gestão que salve o projeto...

5.5.1. Engenharia de FEL 1

Uma engenharia bem sucedida deve ser iniciada a partir do FEL 1 e tomando-se as devidas precauções. Apesar de ser esperado que a equipe que desenvolverá o FEL 1 não tenha membros multidisciplinares para análise de cada aspecto da engenharia, há entregas nessa etapa de elaboração do *business case* que devem ser garantidas, tais como: balanços e fluxogramas de processo (massa, água, térmico), premissas,

requisitos, riscos, restrições, objetivos, benefícios, prazos e custos estimados, entre outros. Demais entregas dessa fase estão listadas no item 5.4.1 deste trabalho. Parte destas informações comporá a declaração de escopo e estarão inseridas no memorial descritivo de contratação da engenharia conceitual de FEL 2. Uma falta de clareza nestes documentos pode gerar uma série de mal entendidos mais à frente.

Um ponto-chave para se atingir uma boa maturidade nessa fase de FEL 1 é dar uma condição de trabalho para o responsável pelo projeto obter todos os dados requeridos para a fase seguinte, entre eles, os provenientes de testes representativos para a validação dos dados básicos do projeto. Esses testes podem ser feitos em laboratório próprio ou externo, em plantas-piloto própria ou externa e até mesmo na planta existente, caso seja possível simular uma situação próxima do que será o projeto. Em alguns casos, parte desses ensaios podem ser realizados na fase seguinte, de FEL 2.

Com relação à pesquisa mineral, conforme relatado pelo IBRAM (2012), o potencial mineral brasileiro é expressivo, porém, pouco explorado. Até hoje, menos de 30% do território nacional são conhecidos por meio de levantamentos geológicos em uma escala apropriada para a atividade. Apenas recentemente a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) reiniciou um levantamento aerogeofísico, o qual seria uma primeira etapa para identificação de potenciais jazidas.

A tabela V.1 mostra a disparidade entre o valor total investido em pesquisa mineral pelo Brasil e pelos demais países avaliados. A análise leva em consideração o tamanho dos países e confirma que, mesmo os menores (Peru, Chile e México) ou os com áreas territoriais semelhantes à brasileira, estão à frente do Brasil no investimento em pesquisa mineral (IBRAM, 2012).

Já a figura 5.5 mostra, na sequência, um gráfico com a demanda reprimida de levantamento geológico no Brasil, que, embora sendo o território brasileiro sete vezes maior do que o do Peru, mostra que o Brasil destinou em 2011 apenas cerca de 60% do valor investido por aquele país à investigação geológica.

Tabela V.1 – Investimentos em pesquisa mineral no mundo – MEG (2012)

Investimento Global (US\$ 10.700.000)	Área (km ²) x 1.000	Investimentos absolutos	Divisão dos investimentos	Investimentos absolutos/Área (US\$/km ²)	Investimento brasileiro x Países
Canadá	9.971	2.033.000	19	0,2	5,4
Austrália	7.682	1.284.000	12	0,2	4,5
Estados Unidos	9.373	856.000	8	0,3	2,4
México	1.973	642.000	6	0,0	8,7
Chile	0,757	535.000	5	0,0	18,8
Peru	1.285	535.000	5	0,4	11,1
Rússia	17.075	428.000	4	0,7	0,7
China	9.600	428.000	4	0,1	1,2
Argentina	2.780	321.000	3	0,1	3,1
Brasil	8.547	321.000	3	0,01	1
					US\$ 1.000

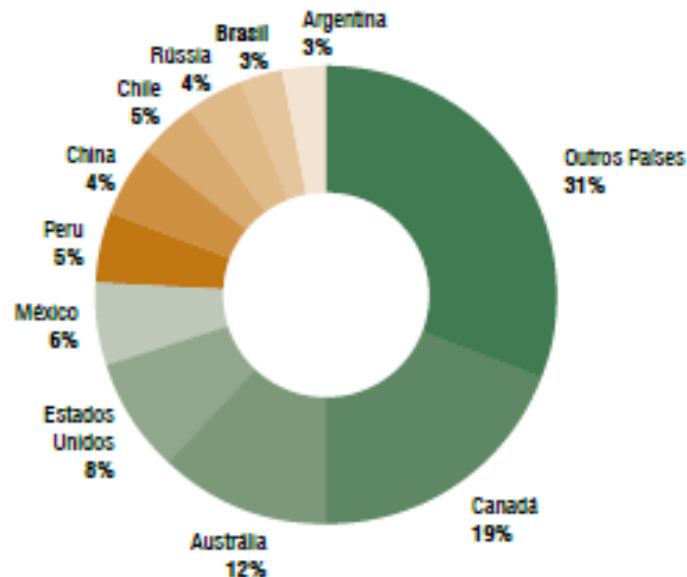


Figura 5.5 – Investimentos privados em exploração mineral - MEG (2012).

Em caso de um projeto de maior complexidade, além dos resultados de campanhas de exploração, sugere-se a contratação, ainda em FEL 1, de uma projetista com profissionais capacitados e com experiência em projetos similares no mercado ou, preferencialmente, na própria empresa que empreenderá o projeto; visto que, em projetos *brownfield*, o conhecimento das instalações e do processo existentes é um fator essencial para o êxito. Essa empresa atuará em conjunto nas definições de processo, na estimativa de possíveis arranjos e *layouts* e no cálculo do CAPEX do projeto, com o seu

devido grau de incerteza. Ao final do PSD são propostas as possíveis opções, ou seja, as alternativas que serão estudadas na próxima etapa, de FEL 2.

5.5.2. Engenharia de FEL 2

Passado o portal de FEL 1, inicia-se a contratação e o desenvolvimento da engenharia de FEL 2. Essa é a chamada fase de estudos conceituais, quando se objetiva explorar aquelas alternativas sugeridas no FEL 1. Essa fase de engenharia ainda terá uma extensa discussão de processo; portanto, o responsável pelo FEL 1 manterá seu representante como parte integrante e atuante na equipe de projeto do FEL 2. Essa participação tem dois significados: validar as premissas e os requisitos de FEL 1 e garantir a coerência das soluções possíveis desenvolvidas em FEL 2 em relação ao *business case*. Nesse momento são gerados os dados básicos e os critérios de projeto para cada disciplina; são gerados os fluxogramas de processo (massa, de água e térmico), desenhos de arranjo, listas de equipamentos mecânicos, diagramas unifilares, estimativa de demanda, especificações de investigação de solo, configuração do sistema de controle, lista de I/O, planilha de quantitativos e, ao final, desenhos mecânicos, civis e elétricos, estimativa de CAPEX e especificação técnica dos principais equipamentos de processo. Demais entregas dessa fase estão listadas no item 5.4.2 deste trabalho.

Estes documentos apenas terão boa qualidade se os dois lados envolvidos (cliente e projetista) tiverem a devida capacidade técnica, organização, empenho, disciplina e experiência. Caso um dos dois lados não tenha uma ou mais dessas características, é provável que surjam equívocos na fase conceitual, os quais poderão causar prejuízos nas fases finais, como visto na figura 3.6. Fica claro então o risco em se implementar projetos *fast track* (paralelismo entre tarefas normalmente realizadas em série e com interdependência). Pular etapas é um desafio que deve ser meticulosamente planejado.

Há alguns exemplos típicos de fatores que causam insucesso ao longo da fase de FEL 2:

- mudanças de premissas básicas, tais como: taxa de alimentação, características físico-químicas do minério ou de sequenciamento de lavra;
- introdução de nova tecnologia ou de equipamento ainda desconhecido;

- substituição de membros-chave do projeto por outro que tenha gestão diferente do antecessor;
- realização de testes não representativos;
- não envolvimento de outras áreas da empresa que sejam afetadas pelo projeto (operação, manutenção, meio-ambiente, comunidades, segurança, etc.); e
- paralização repentina da fase do projeto em função de problemas externos ao mesmo, com retomada não planejada.

Por parte do projetista, há também exemplos usuais que interferem negativamente na engenharia desenvolvida em FEL 2:

- alocar profissionais de coordenação ou de projeto sem a devida capacitação ou experiência em projetos similares;
- não adotar uma postura firme perante o cliente a fim de questionar, cobrar e analisar com propriedade as informações recebidas;
- não garantir a EFETIVA qualidade durante o fluxo de desenvolvimento e a aprovação dos documentos de engenharia (elaboração, verificação, aprovação, autorização); e
- finalmente, não disponibilizar equipes multidisciplinares com experiência balanceada, ou seja, profissionais experientes atuando ao lado de profissionais mais jovens, porém com boa formação técnica e atualizados tecnologicamente.

Note que, a capacidade técnica dos calculistas, projetistas e desenhistas é um fator crítico para o sucesso do projeto e a alta rotatividade de profissionais nas empresas de projeto, um elemento complicador.

É na fase de FEL 2, também chamada de etapa de estudo de pré-viabilidade, que se tem liberdade para sugerir possibilidades que podem até ser desconsideradas na reunião seguinte, ou, porventura, mantidas até o final por serem decisivamente apropriadas ao projeto em questão, a hora é de explorar oportunidades. O que não pode ser feito é aceitar falhas, omissões ou incertezas que causem retrabalhos dispendiosos em fases seguintes ou se partir logo para uma alternativa e deixar de estudar outras possibilidades ou variações (também chamados *trade-off*, e já citados nesse trabalho) surgidas.

5.5.3. Engenharia de FEL 3

Passado o portal de FEL 2 e escolhida a alternativa a ser aprofundada em FEL 3, é chegada a hora de se iniciar a engenharia básica do projeto. Supondo que as fases de FEL 1 e de FEL 2 foram bem desenvolvidas; essa, sem dúvida, é a fase decisiva para constituir o “alicerce” da engenharia e determinar o sucesso ou fracasso do empreendimento. Nessa etapa é consolidado o plano de execução do projeto e são calculados com maior exatidão o custo, o prazo de execução e a qualidade do projeto, além de outros fatores, atentando-se para todos os elementos influenciadores.

Se a fase de FEL 2 é a de se usar a criatividade, a fase de FEL 3 é a de se manter a coerência. Para os grandes projetos, as memórias de cálculo, as folhas de dados e as listas de equipamentos, os fluxogramas de engenharia (*P&ID's*, em inglês), as especificações técnicas de todos os equipamentos de processo, mecânicos e elétricos já deverão estar consolidados e os equipamentos principais em processo de cotação firme no mercado, visto que no início da fase seguinte, de detalhamento, os documentos dos fornecedores (DF's) escolhidos já deverão ser utilizados. Além desses documentos, outras entregas importantes deverão ser desenvolvidas e consolidadas nessa fase, são eles: as planilhas de quantitativos de civil, estrutura metálica, elétrica e montagem eletromecânica; as rotas de tubulação e de cabos, os diagramas funcionais típicos (CCM's), documentos de instrumentação, comunicação e automação, além dos desenhos de arranjo, cortes e conjunto. Demais entregas dessa fase estão listadas no item 5.4.3 deste trabalho.

Comprar a engenharia de equipamentos em FEL 3 pode ser caracterizado antecipação de CAPEX e a diretoria de muitas empresas não aprova tal procedimento. Por outro lado, caso não se tenha esses DF's definitivos ao início do detalhamento, a projetista deverá trabalhar com DF's de referência, o que requererá mais à frente um retrabalho, assunto que já foi abordado nesse trabalho no item 3.7.3. Apenas após a aquisição dos equipamentos (na fase de execução), quando finalmente serão recebidos os DF's reais que serão incorporados ao projeto, é que a projetista poderá eliminar as “amebas de *on hold*” dos desenhos, que nada mais são do que aquelas marcações indicando que determinada parte do projeto está à espera de definições para ser liberado para

construção, o que pode ser uma fonte de complicação na obra, caso a incorporação ocorra após início das obras civis ou após o início da fabricação das estruturas metálicas ou equipamentos.

Desde a fase de FEL 2 é sugerido se iniciar atividades complementares à engenharia, que são seminários de VIP (*Value Improving Practices*, práticas de agregação de valor, em inglês), os seminários de avanço de engenharia e os seminários de análise de riscos. Entretanto, em FEL 3 é fundamental concentrar boa parte da energia da equipe nessas atividades, tendo em vista o benefício que se colhe nesses encontros. Há ainda outros eventos, entre os quais, o HAZOP (*Hazard and Operability*, ou Risco e Operabilidade, em inglês), que incrementam a maturidade do projeto e facilitam uma maior integração entre as principais partes interessadas.

Os levantamentos de campo e a utilização de tecnologia para obter os desenhos mais próximos possíveis da realidade (topografia, nuvem de pontos, GPR, entre outros) também são fundamentais durante o FEL 3. No início da engenharia básica é importante que já se tenha o relatório de sondagem de parte dos furos definidos na campanha, para, ao longo de FEL 3, se realizar apenas uma sondagem complementar. Naturalmente, essa seria a situação ideal, não sendo, infelizmente e por muitas vezes, a situação mais usual.

Em projetos de expansão de uma instalação existente (os chamados *brownfield*), deve-se reforçar a ideia de que algumas condições essenciais sejam garantidas para que a engenharia tenha a devida qualidade e o projeto possua maiores chances de chegar ao final do FEL 3 com a devida maturidade. São essas:

- manutenção das premissas, os requisitos, as restrições e as condições gerais, conforme consolidadas em FEL 3 e desenvolvidas pela projetista;
- disponibilização dos DF's dos principais equipamentos e relatórios de alguns furos da campanha de sondagem antes do início do detalhamento;
- disponibilização das licenças ambientais provisórias (LP) e/ou de instalação (LI) antes do início da execução;
- participação constante e efetiva de representantes da equipe de processo, operação e manutenção nas reuniões semanais junto à projetista e nos seminários de engenharia,

bem como nos principais VIP's (seminário de construtibilidade, seminário de interligações ou *tie in's*, seminário de análise de risco e HAZOP);

- envolvimento de profissionais com alto nível de capacitação e experiência no lado do cliente (*owner's team*, em inglês, ou equipe proprietária, em português) durante a análise e a aprovação da documentação recebida da projetista e dos fabricantes de equipamento com tecnologia;
- realização de boa parte do projeto em 3D e utilização de documentação *as built* gerada através de nuvem de pontos e GPR para análise das interferências aéreas e subterrâneas superficiais, respectivamente;
- desenvolvimento de engenharias complementares especializadas ou de consultorias a partir da utilização de projetistas específicas e de alto nível de qualificação para disciplinas tais como: geotécnica, de infraestrutura, de transporte de longas distâncias (graneis ou polpa), para análise de explosividade, periculosidade ou insalubridade, entre outras. Além da prática de *design review*, ou seja, de revisão do projeto por uma terceira parte altamente qualificada;
- utilização de empresa de gerenciamento em atividades de apoio e nas quais a mesma ofereça um efetivo aporte de conhecimento ao cliente, por exemplo: planejamento, contrato/fiscalização/medição, diligenciamento/inspeção, segurança/meio-ambiente, comunicação, supervisão, documentação técnica, etc.

Grande parte da maturidade ao final das fases de FEL 2 ou FEL 3 pode ser auditada por uma equipe interna da empresa ou por uma entidade externa especializada, conforme metodologia já apresentada. Para projetos mais complexos é usual contratar o IPA (2011) ou entidade similar para os chamados IPR (*Independent Project Review*), enquanto que para projetos menores é suficiente a auditoria pela equipe interna de PMO (Escritório de Gerenciamento de Projetos, em inglês) com suporte eventual de especialistas em uma ou outra disciplina.

5.5.4. Engenharia de detalhamento

Aprovado o projeto na passagem do portal de FEL 3 e autorizado o início de sua execução, é hora de se iniciar a engenharia detalhada do mesmo. O projeto estará

finalmente na fase de execução. Supondo que a fase de FEL 3 foi realizada conforme planejado, é nessa etapa que é colocado em andamento o plano de execução do projeto.

A engenharia dessa etapa deixa de ter um aspecto de desenvolvimento e passa a ter um caráter mais prático e intenso a partir dos vários documentos gerados. O foco nesse momento é de monitoramento e controle de mudanças. As entregas principais são:

- os desenhos de detalhamento de mecânica: de equipamentos caldeirados, de tampas de canaletas, e dos equipamentos de fabricantes com tecnologia própria;
- os desenhos de estruturas metálicas (normalmente comprado do próprio fabricante a partir dos unifilares estruturais e dos planos de carga), de suportes, de *pipe-* e *cable-rack*;
- Os desenhos de terraplenagem, de concreto (forma e armação, principalmente), infraestrutura, arquitetura e urbanização;
- Os desenhos de tubulação (isométricos, *spools*, tubulação, entre outros) e;
- Os desenhos de elétrica, instrumentação, automação e comunicação, entre outros.

O volume de documentação para análise e aprovação aumenta consideravelmente em comparação às fases anteriores, e de forma proporcional cresce o risco de se deixar passar alguma inconsistência. Por isso os pontos citados principalmente durante a fase de FEL 3 são tão relevantes. Os profissionais por parte do cliente que avaliarão os documentos técnicos recebidos da projetista devem ter perfil bem distinto nessa fase de detalhamento em comparação com as fases de engenharia conceitual ou básica. Estando os requisitos atendidos, é menos provável que ocorram falhas graves ou se detectem omissões durante a construção.

Nessa fase deve ser levado em conta ainda que ainda haverá um constante contato com as construtoras civil e de montagem eletromecânica. Eventuais apoios técnicos de obra (ATO's) são esperados, visto que sempre há dúvidas ou necessidade de intervenções da projetista na obra. Há também a geração das notas de alteração de projeto (NAP's), a partir de variações do que foi construído com o que foi projetado. As NAP's são a principal referência para a geração dos "*as built*".

São entregas típicas da conclusão da execução de um projeto:

- obtenção de manuais de operação, manutenção e instalação de equipamentos e sistemas;
- cadastramento dos itens no sistema de materiais da empresa de forma estruturada, principalmente para gestão dos sobressalentes;
- recebimento dos termos de garantia dos equipamentos e sistemas;
- arquivamento das especificações finais e dos desenhos *as built* no arquivo técnico;
- aprovação dos relatórios de testes de aceitação;
- arquivamento dos *data books* (documentos de controle de qualidade dos equipamentos e materiais) gerados durante a fabricação;
- emissão da *punch list* (lista de pendências) gerada durante a montagem de campo;

Nesse momento, não é aconselhável realizar grandes revisões conceituais ou tecnológicas, visto que os gastos e impactos de prazo e custo desse tipo de retrabalho são significativos (vide figura 3.6), a não ser que se descubra que houve uma falha muito grande na fase inicial e que sua correção é inevitável ou que se vislumbre um benefício realmente significativo que compensa os impactos dessa mudança.

5.6. Resultados do desempenho da SAMARCO (2013) em projetos de capital

5.6.1. Ondas de evolução da maturidade no gerenciamento de projetos

Para atingir a excelência em investimentos de capital foram definidas ações em três ondas de evolução da maturidade do PMO na SAMARCO (2013), conforme mostrado na figura 5.6.



Figura 5.6 – Ondas de evolução da maturidade do PMO na SAMARCO (2013).

5.6.2. Ações tomadas para melhoria no gerenciamento de projetos

Baseado no item anterior cabe ressaltar que a SAMARCO (2013) já se encontra na consolidação da 3ª onda de evolução da maturidade do PMO, após concluídas a 1ª (de consolidação da metodologia e desenvolvimento de competências) e a 2ª onda (de visão integrada de portfólio para sustentação da estratégia da empresa). Dentro dessas ondas de evolução foram realizadas revisões na metodologia através de uma:

- revisão do processo de avaliação de maturidade por fase;
- revisão das entregas de cada fase;
- implementação do processo PIR (*Post Investment Review*), que seria uma análise crítica quanto aos benefícios efetivamente gerados com a implantação do projeto em comparação com o previsto no momento do seu surgimento em FEL 1.

Também foram revistos os processos, as competências e a estrutura organizacional da gerência geral de engenharia e implementação de projetos através de:

- um fortalecimento da liderança nos projetos críticos;
- um aumento das exigências relativos à gerenciadora;

- uma realização do programa de treinamento para a equipe de projetos.

Foram ainda implementados controles mais rígidos para os projetos, tanto na fase de planejamento, quanto na fase de execução, contemplando as seguintes ações:

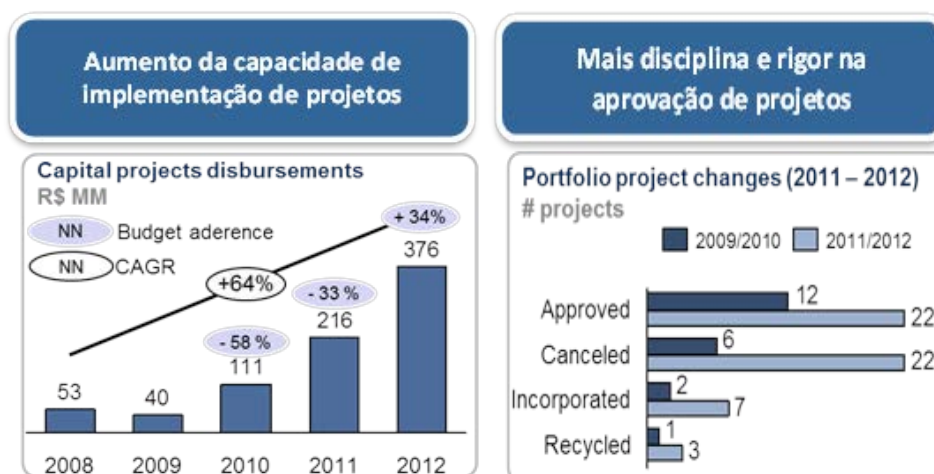
- realização de reuniões semanais de coordenação (gerais e específicas);
- elaboração de relatórios mensais para todas as fases;
- implementação de um programa de auditoria.

5.6.3. Resultados efetivos no gerenciamento de projetos

Alguns resultados de melhoria no desempenho em investimentos de capital pela SAMARCO (2013) já puderam ser percebidos, frutos de ações planejadas durante os anos de 2011 e 2012 e citadas no item anterior, o que configura uma nova tendência na *performance* de projetos.

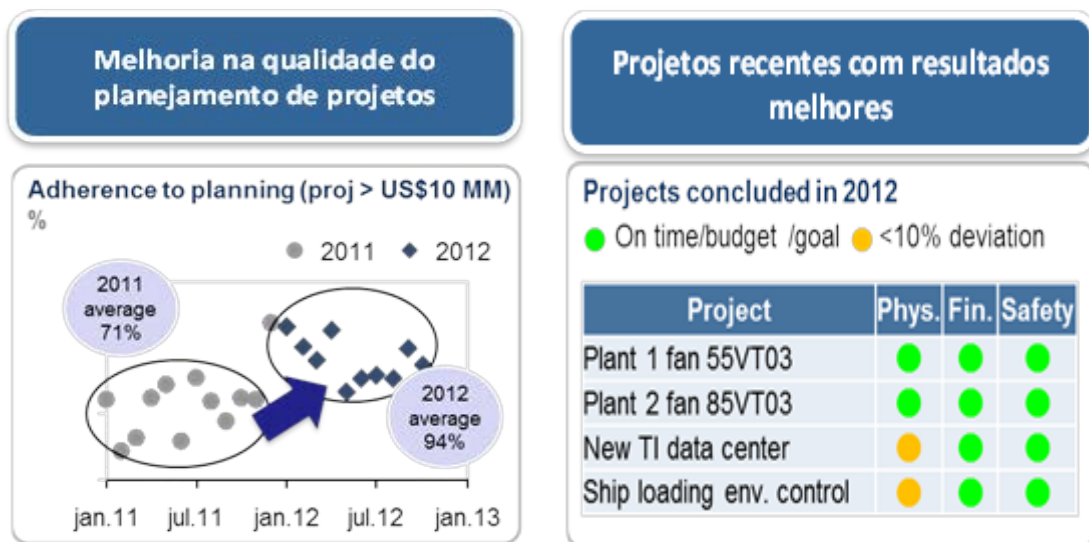
A tabela V.2 da esquerda mostra um aumento na capacidade de implantação de projetos e consequentemente a possibilidade de realizar um maior volume de investimentos de CAPEX, o que só foi possível a partir da aplicação das boas práticas de gestão já citadas. A tabela V.2 da direita mostra na sequência um aumento no nível de maturidade e do rigor na gestão de projetos, com um substancial aumento na quantidade de projetos aprovados ou cancelados em comparação ao período anterior.

Tabela V.2 – Gráficos com resultados da Gestão de Projetos na SAMARCO (2013)



A tabela V.3 da esquerda mostra uma melhoria na qualidade do planejamento dos projetos de engenharia central, evidenciada a partir de uma maior aderência entre o planejado e o realizado em comparação com dois períodos distintos. A tabela V.3 da direita mostra na sequência um aumento na disciplina e no rigor para atingir a aderência física (prazo), financeira (gastos) e de segurança (incidentes e acidentes) durante a gestão de projetos, com um desempenho inferior à meta de variação de 10% apenas no prazo de execução de dois projetos avaliados.

Tabela V.3 – Gráficos com resultados da Gestão de Projetos na SAMARCO (2013)



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme MENCHEN e OLIVEIRA (2013), a primeira premissa para que se obtenha um bom projeto de mineração é a realização de uma bem sucedida exploração geológica, a fim de fundamentar e dar representatividade aos dados utilizados no estudo de viabilidade técnico-econômica do empreendimento e que, na sua visão, seria responsável por 60% do sucesso do mesmo. Dimensionar os recursos minerais é fundamental, entretanto, certificá-los é essencial para que se dê a devida transparência e segurança ao investidor. Interessante registrar que, na Austrália as reservas são certificadas pela JORC (*Joint Ore Reserves Committee*) e no Canadá, com o N143-101. No Brasil certificações distintas são seguidas, pois não temos certificações próprias.

Ainda conforme MENCHEN e OLIVEIRA (2013), os demais 40% de sucesso do projeto serão consequência do desenvolvimento de uma engenharia conceitual e básica de boa qualidade e uma rápida e segura implantação. A razão deste menor percentual se baseia na seguinte constatação: “se o processo de beneficiamento é inadequado, posso acrescentar um britador a mais na planta, mas se a base de recursos minerais existentes não corresponder à projetada, em função de testes mal planejados ou executados, ou estiver mal dimensionada em função de exploração inadequada, o risco pode inviabilizar o empreendimento”. Naturalmente, acrescentar um britador ao final também não é algo simples, terá seus impactos indesejáveis, e deve ser evitado...

Uma observação inevitável que deve ser feita é que a mineração brasileira ainda tem muito a evoluir. Uma possibilidade seria buscar conhecer o que tem sido feito em outros países mais desenvolvidos e que já passaram por situações similares às aqui vigentes. Naturalmente, não se espera que essas ações sejam copiadas diretamente, mas que, pelo menos sirvam de referência para prover um indicativo em um planejamento estratégico específico para a realidade brasileira e que se aplique à situação atual e futura. Note que isso vale não só para as empresas de mineração, como também para os órgãos estatais ligados a esse segmento e instituições de ensino, pesquisa e consultoria. Obras públicas também sofrem continuamente com os mesmos problemas enfrentados pela iniciativa privada. Por outro lado, também existem ótimos exemplos dentro de casa que devem ser utilizados como base de dados, alguns dos quais foram citados ao longo deste trabalho.

Outro ponto relevante e que deve ser destacado é o chamado “fator Brasil”, o qual ora atrai o investidor de longo prazo, ora o afugenta. Até o final da década de 80 ainda se tinha uma inflação de dois ou mais dígitos ao ano, o que tornava o planejamento para se investir no setor produtivo desanimadoramente complexo. Com a melhora do cenário econômico veio o início da estabilização política e o fortalecimento da moeda brasileira. O cumprimento dos contratos, bem como o fato das instituições honrarem suas dívidas, trouxe uma recente imagem de confiabilidade, reforçada através das previsões fiscais e econômicas mais coerentes do governo, apesar dos últimos desvios de crescimento do PIB nos anos de 2012 e 2013.

Por outro lado, o apetite comercial da China para compra de recursos minerais, principalmente de minério de ferro, incrementando no início dos anos 2000, fez o preço dessas *commodities* dispararem no mercado transoceânico e viabilizaram vários projetos anteriormente considerados antieconômicos, como pode ser visto na figura 1.1, que mostrou, no início desse trabalho, a evolução do seu preço no período de 2006 a 2012.

Associado ao “fator Brasil” vem o “custo Brasil”, principalmente no que tange à carga elevadíssima de impostos incidente em cascata sobre produtos e serviços, estimada em 36% do PIB (MANSUETO, 2013); ao alto custo com energia elétrica e dos juros bancários; às péssimas condições da infraestrutura nacional (logística de carga geral, principalmente em portos, aeroportos, rodovias, ferrovias e hidrovias); à complexa e morosa burocracia; à rigidez das leis trabalhistas e à baixa qualificação da mão de obra produtiva aliada a um elevado custo da mesma, o que resulta em menor produtividade.

Isto tudo ocasionou recentemente a pior taxa de crescimento do PIB entre países do BRICS, pondo fim ao ciclo de crescimento baseado no modelo de consumo, impulsionado pela baixa taxa de desemprego, aumento real do salário mínimo e redistribuição de renda através de bolsas de auxílio para as classes baixas (programa bolsa-família). O fim deste ciclo ocorreu com o sentimento de incerteza com o rumo da economia e com o fim da disposição para endividamento da população de baixa renda, que vinha incentivando o crescimento até então.

MANSUETO (2013) aponta que, ao final de 2007, o total de empréstimos para bancos públicos era de R\$ 14 bilhões, ou seja, 0,4% do PIB. Em junho desse ano esse valor é de R\$ 438 bilhões, ou seja, 9,6% do PIB. Um aumento extraordinário, que tende a diminuir, visto que o risco de desemprego aumentou com a crise e a renda não tem tido aumentos reais. Há uma tendência de queda na confiança do trabalhador. Até o baixo índice de desemprego, de 8,7% da camada economicamente ativa, seria uma preocupação adicional, pois, caso o Brasil volte a crescer em ritmo mais acentuado, haverá uma escassez de profissionais.

Conforme citado anteriormente, os dois últimos anos de previsões otimistas do governo que não se realizaram. O resultado é de um sentimento de frustração com o rumo da macroeconomia e uma consequente perda de confiança do mercado no governo brasileiro, conforme mostrado em uma pesquisa publicada recentemente (CAMPOS, 2013) com base em dados coletados durante um encontro da Associação Brasileira de Recursos Humanos (ABRH) com os principais empresários e executivos de empresas no Brasil e sintetizados nos quadros da figura 6.1.



Fonte: 13º Fórum de Presidentes da Associação Brasileira de Recursos Humanos (ABRH)

Figura 6.1 – Pesquisa quanto à economia brasileira (CAMPOS, 2013).

Com o aumento da inflação, impulsionado ainda mais pela desvalorização do real, há atualmente um movimento do governo de aumentar paulatinamente a taxa básica de

juros (SELIC), o que tende a desincentivar os financiamentos pessoais ou empresariais, e, portanto, frear o consumo. Essa situação é recorrente, portanto digna de registro e análise. Dentro desse cenário, o que se percebe é uma deterioração dos indicadores macroeconômicos, conforme MANSUETO (2013), visto que a taxa de investimento vigente é de apenas 18% do PIB, com um déficit em conta corrente que caminha para 4% do PIB, enquanto, por outro lado a economia fiscal (*superávit*) está quase à metade do seu valor no início do mandato do atual governo (2010-2014), que era de 3.1% do PIB. Esse cenário torna ainda mais crucial o início das ações governamentais para mitigar ou eliminar o “fator Brasil”. Para tanto, é fundamental que se empreendam as reformas política, tributária, trabalhista e fiscal, tão discutidas e pouco evoluídas nos últimos anos. Há questões ainda mais complexas e que requerem longas ações, que são as deficiências na educação e na saúde da população brasileira. Tudo isso acaba fazendo o Brasil ficar para trás no *ranking* de competitividade.

Outra análise citada no início desse capítulo é aquela na qual se constata o crescente *déficit* de capital humano de nível técnico em vários segmentos, assunto abordado sempre em encontro de gestores empresariais, visto que em vários nichos de mercado ou em regiões nacionais, esse é um fator impeditivo para expansão. A enorme discrepância salarial de profissionais de nível médio com profissionais de nível superior acaba motivando técnicos a buscarem cursos superiores apenas para atingirem um melhor salário e não por vocação, fazendo com que o país perca bons técnicos logo após esses terem se formado. Países desenvolvidos oferecem salários mais próximos para níveis técnicos e superiores, o que faz com que o número de técnicos aumente conforme demanda econômica e níveis superiores só busquem essa formação por vocação ou planejamento profissional, o que traz consequências positivas na produtividade e na competitividade de suas economias.

No Brasil, os investimentos públicos na educação básica e fundamental ainda são muito inferiores ao que a economia efetivamente requer e a qualidade do conhecimento adquirido pelo estudante ao final do período letivo é lastimável. Recentemente observou-se um aumento no índice de analfabetismo em jovens acima de 15 anos, o que não ocorria há mais de 10 anos. Naturalmente, não se deve imputar toda culpa na escola,

pois a própria estrutura familiar do estudante de ensino básico, em grande parte, é um dificultador do seu aprendizado, o que remete novamente a um problema sociocultural, que não se resolve da noite para o dia e nem em véspera de eleição...

Finalmente, apesar de ser amplamente sabido, deve ser registrado que o sistema único de saúde (SUS) oferece uma infraestrutura precária para o trabalhador brasileiro. São poucos médicos, hospitais superlotados e equipamentos inoperantes, o que aumenta as taxas de absenteísmo e impactam negativamente na produtividade. Uma solução que as médias e grandes empresas buscaram foi de subsidiar planos de assistência médica-odontológica privados aos seus funcionários, o que, junto com os impostos que já arcam no dia-a-dia, eleva bastante o “custo Brasil” para as empresas, e reduzem a parcela líquida do salário do trabalhador, visto que, em geral, os planos são co-participativos.

MACHADO (2013) divulgou um estudo da Federação das Indústrias de São Paulo (FIEMG), no qual o “Custo Brasil”, considerado nesse a cesta de encargos, a burocracia e a falta de infraestrutura, tira a competitividade da indústria e encarece a manufatura nacional, em média, em 25,4%; isso sem considerar o efeito do câmbio, mais volátil e já considerando a recente queda das tarifas com energia elétrica. Um exemplo de deficiência de infraestrutura remete aos atuais problemas de mobilidade encontrados na cidade de Belo Horizonte. Hoje, o metrô de superfície dessa cidade atende a apenas 158 mil pessoas/dia, enquanto a capital possui cerca de 2,4 milhões de habitantes e a RMBH 5,2. Se o trabalhador demora a chegar ao trabalho e gasta muito tempo para chegar à sua casa após o expediente, naturalmente descansará menos e terá pior qualidade de vida. Há ainda o custo com vale-transporte, arcado parte pelo trabalhador, parte pelo empregador, elevando ainda mais o custo-Brasil.

O alento é que hoje se discute mais os problemas e há uma maior consciência de quais são esses e em que patamar evolutivo o país se encontra (IDH). Todavia, tais pontos só se resolverão efetivamente quando o brasileiro começar a exercer a sua cidadania, começando por eleger políticos mais comprometidos com suas obrigações e dando sequência a partir da cobrança de uma conduta coerente desses e das instituições.

7. CONCLUSÕES

Os casos práticos apresentados foram provenientes de experiências de empresas de mineração brasileiras com culturas distintas em gestão de projetos, enquanto a metodologia sugerida na fase seguinte deste trabalho foi baseada nas boas práticas da gestão de projetos adequadas à cultura de uma empresa já atuante na mineração de ferro (SAMARCO, 2012), e com perfil mais conservador, ou seja, aderente às boas práticas propostas pelo PMI (2008) e à metodologia de fases de projeto do IPA (2011). A revisão bibliográfica teve ainda o intuito de dar uma base de entendimento com relação ao assunto e incentivar eventuais incursões do leitor a fim de se aprofundar no mesmo.

Naturalmente a conclusão de quem lê este trabalho pode ser:

- esta metodologia é robusta, complexa e muito burocrática. A metodologia atualmente utilizada é mais apropriada para gerir projetos;
- esta metodologia é boa, e mesmo tomando-a como base, ainda é possível obter algo mais adequado ao que o mercado pratica;
- esta vai de encontro com o que se pretende implantar e pode ser uma ótima referência para desenvolvimento de uma metodologia própria.

Independente da conclusão de cada parte, o objetivo foi de mostrar como a aplicação de uma metodologia estruturada nas melhores práticas mundiais do segmento possibilita a criação de projetos importantes para a organização, possibilitando a escolha da melhor alternativa para o projeto em questão; e a partir de um planejamento que buscará o menor custo, o menor prazo, riscos gerenciáveis e finalmente viabilizará um escopo consolidado ao longo da execução até o encerramento, evitando os insucessos exemplificados ao longo desse trabalho.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É com uma combinação de ações gerenciais e conhecimentos complementares que se basearão as sugestões para trabalhos futuros, que estão listadas a seguir:

- definir uma metodologia com base nas melhores práticas apresentadas pelo Guia PMBOK® adaptado à realidade da empresa e de acordo com a classificação do projeto (“*tayloring*”, em inglês);
- dividir a fase do projeto conforme metodologia FEL a fim de se garantir a maturidade da fase anterior e o conhecimento do escopo da fase seguinte;
- incentivar o desenvolvimento dos profissionais de projeto para a busca de conhecimento de tecnologia mineral e aplicação em projetos de mineração;
- incentivar o desenvolvimento dos engenheiros de processo para a busca de conhecimento dos fundamentos do gerenciamento de projeto;
- incentivar a interação entre universidades técnicas, fundações de pesquisa mineral, institutos de desenvolvimento tecnológico com as mineradoras, visto que a primeira tem como objetivo desenvolver ciência e capacitar os futuros profissionais e a segunda de aplicar tecnologia através de profissionais formados pela primeira, o que possibilita uma série de trabalhos sinérgicos com ganho para todas as partes envolvidas;
- incentivar a certificação dos profissionais de projeto através do PMI (PMP®) ou do IPMA (IPMA Level A-C®) ou outro similar (exemplo: AACE International - www.brasil-aacei.org);
- buscar a associação através de contratos de longo prazo com empresas capacitadas para atividades críticas relacionadas ao desenvolvimento e implantação de projetos, tais como desenvolvimento tecnológico, pesquisa, consultoria, auditoria, engenharia, construção, comissionamento, etc.

Relevante citar um exemplo bastante inspirador, que é o programa da VALE, intitulado *Value in Use*, ou valor em uso, em português, que resumidamente seria uma metodologia que busca identificar os pontos importantes para os clientes em relação aos seus produtos oferecidos no mercado a fim de potencializá-los, e então garantir um diferencial competitivo frente aos concorrentes. Esse trabalho reúne uma inteligência de *marketing* e um esforço de pesquisa e desenvolvimento muito bem estruturados e inter-relacionados. Um desses locais é o Centro de Tecnologia de Ferrosos, instalado em

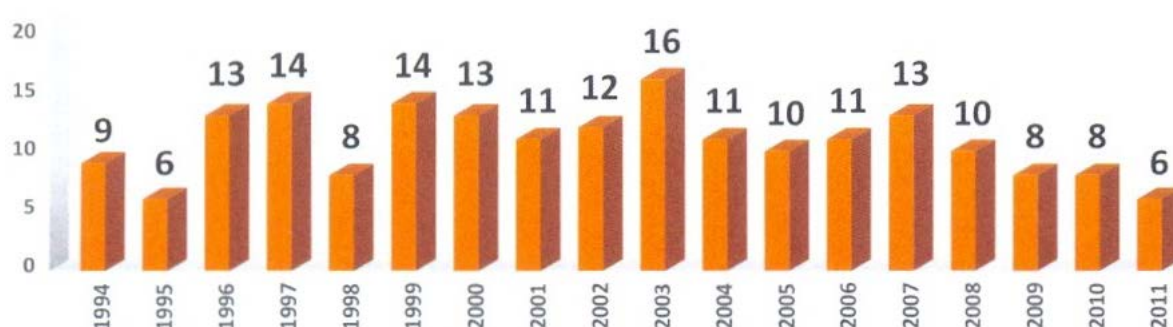
Nova Lima/MG, onde são testados, analisados e simulados processos de transformação do carvão de Moatize (de Tete, Moçambique) em coque metalúrgico, de beneficiamento do concentrado e de produção de gusa dos vários tipos de minério de ferro extraídos de minas próprias.

Outra iniciativa merecedora de destaque foi a criação do Instituto Tecnológico VALE (ITV), que é uma entidade de inovação aberta, iniciada em 2009 e que envolve profissionais da própria VALE, pesquisadores de universidades, instituições correlacionadas, empresas e outras organizações voltadas para pesquisa e desenvolvimento no Brasil e no exterior. Até 2013 já foram iniciados 161 projetos, sendo a sede provisória do ITV em Belém/PA. Há outras iniciativas mais voltadas para o treinamento de empregados, geralmente pertencente à própria empresa, que são as chamadas universidades corporativas (UC's). As UC's foram inicialmente criadas nos EUA e estão presentes hoje em vários países do mundo, inclusive no Brasil. Sua intenção é prover uma capacitação específica e direcionada, em alguns casos, setorial, a fim de preparar os empregados para um ambiente volátil e um mercado global e complementar a educação formal genérica oferecida pelas instituições de ensino.

Relevante registrar que países de primeiro mundo incentivam muito mais a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação do que o Brasil. Em um recente levantamento da UE ficou evidenciado que somente oito empresas brasileiras faziam parte do *ranking* das duas mil empresas globais que mais investiram em P&D em 2012 (MOREIRA, 2013). As brasileiras são a VALE (98^a), a PETROBRÁS (118^a), a EMBRAER (391^a), a TOTVS (992^a), a CPFL Energia (1030^a), a WEG (1118^a), a BRASKEN (1391^a) e a ITAUTEC (1834^a). Mesmo empresas estrangeiras atuantes em segmentos com alta barreira de entrada, tal como mineração e pelotização, investem e mantêm grupos relativamente maiores em inovação de produtos e processos, quando comparados aos nacionais. Um exemplo que pode ser citado é da LKAB, que mantém em seu quadro aproximadamente duzentos profissionais atuando em áreas intensivas de conhecimento, tais como de P&D, ressaltando-se aqui tratar-se de empresa estatal sueca.

Estes tipos de apostas trazem ganhos imediatos em produtividade e, conseqüentemente, em competitividade, dois assuntos que o Brasil está a cada dia mais distante de seus principais competidores internacionais (exceto no segmento de agronegócio), conforme mostrado na tabela VIII.1, que evidencia a queda da produtividade na mineração de ferro em mil toneladas/empregado/ano.

Tabela VIII.1 – Tabela de Produtividade na Mineração de Ferro (LINS, 2013)



LINS (2013) cita que, mesmo países mais desenvolvidos que o Brasil, como a Austrália, também têm sofrido críticas quanto à queda da produtividade no segmento de mineração. Em sua opinião, essa seria uma colocação injusta, pois, a elevação dos preços das *commodities* minerais e a possibilidade de realização de lucros elevados viabilizaram investimentos para aproveitamento de depósitos antes impensáveis. Nestes casos, há uma condição naturalmente mais adversa de lavra e beneficiamento, o que demanda mais capital, maior energia específica e uma maior força de trabalho. A consequência seria a queda da produtividade e um maior desafio para se manter competitivo em um mercado globalizado e concentrado na mão de poucos *players*. Essa situação também se repetiu no Brasil, como será visto no parágrafo seguinte.

Importante citar ainda que, conforme LINS (2013), a produção em 1994 de minério de ferro no Brasil era de apenas 168 Mt, enquanto que em 2011 já atingia 398 Mt. Antes a predominância de lavra era de hematita (67% de teor de Fe). Hoje já se lava itabirito semi-compacto e até compacto (40 a 45% de teor de Fe). A extração de minérios mais pobres levou a uma queda da produtividade, contudo essa queda foi compensada pelo aumento do preço das *commodities* em função da força da China como comprador no mercado mundial. De uma forma geral, o que se observa no Brasil é uma pequena

queda, ou estabilização, no nível de produtividade em relação aos Estados Unidos, conforme visto na figura 8.1.

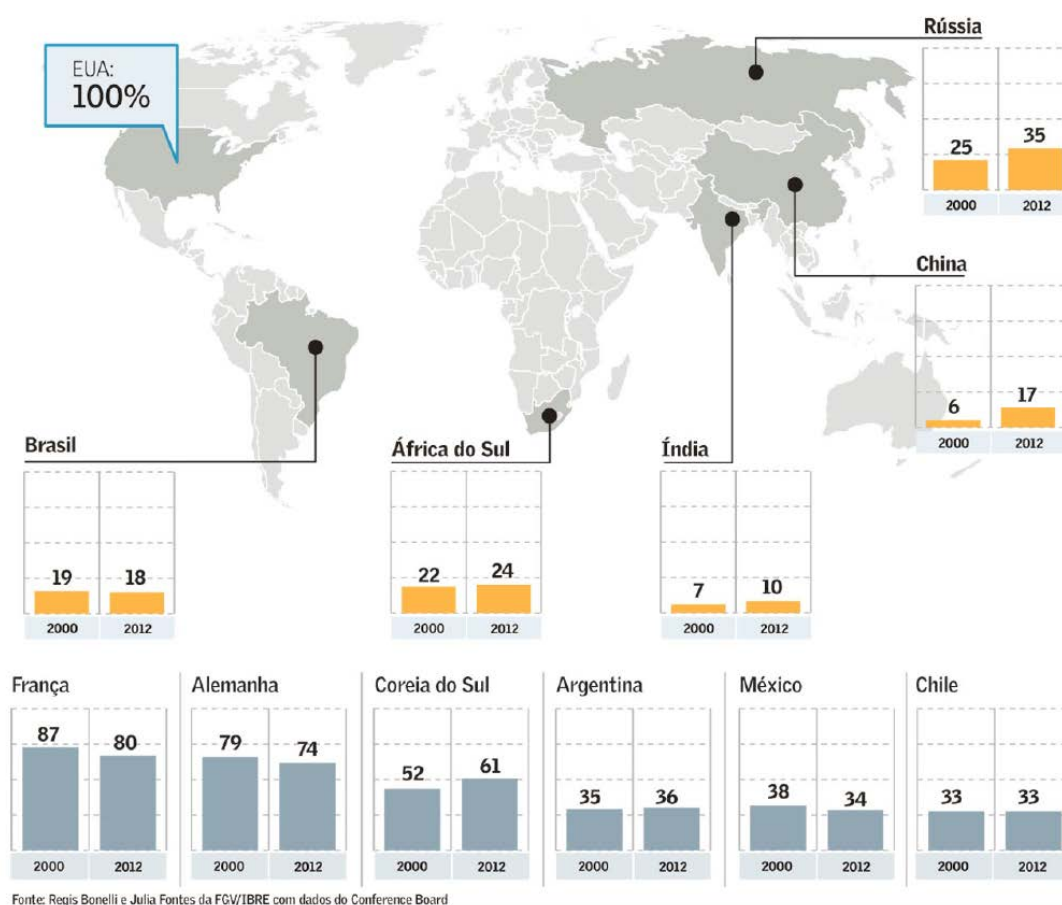


Figura 8.1 – Dados Comparativos de Produtividade (BONELLI e FONTES, 2013).

Com redução do crescimento do maior comprador de minério de ferro brasileiro, a China, a qual atravessa seu segundo ano consecutivo a taxas de crescimento anuais entre 7 e 8% do PIB e não mais acima de 10%, já há um sinal de que esse país terá menos apetite por matérias-primas minerais do que nos últimos anos. Apesar de ser inevitável que o preço do minério de ferro se estabilize em valores inferiores aos picos ocorridos no passado, quando atingiu US\$ 180/t spot, não há receio que venha a cair para abaixo de US\$ 110/t ou US\$ 100/t, o que dá certa tranquilidade para continuidade projetos ainda em andamento.

Ao que tudo indica, a China terá menor quantidade de obras de infraestrutura que ocorreu no passado e investirá agora em um modelo de economia mais baseado no

consumo e no crédito, com a população melhorando seu poder aquisitivo e demandando melhores condições de moradia, transporte e alimentação, o que requererá investimentos em outros segmentos, pois a faixa leste da costa da China já foi bastante urbanizada.

Outro fenômeno que se observará ao final dessa década, após quinze anos de industrialização da China, é de aumento da oferta de sucata metálica de obsolescência, proveniente da reciclagem do aço utilizado em processos antigos de industrialização. Sabe-se que a sucata é um concorrente natural do minério de ferro. Essa sucata tem como rota metalúrgica usinas com aciaria elétrica ao invés das aciarias LD (plantas integradas com alto forno), as quais consomem o minério de ferro granulado (“*lump*”), ou em forma de pelota, ou de sinter ou briquetado. Naturalmente, não haverá uma migração completa e nem instantânea de alto forno para o forno elétrico, contudo, é inevitável a diminuição do consumo de minério de ferro na China quando o nível de urbanização atingir os 70%, ou seja, entre 2020 e 2025. Estima-se que hoje o nível de urbanização chinesa seja de apenas 30%. Também é sabido que, para cada 1t de sucata deixa-se de gastar 1,5t de minério de ferro.

Em paralelo a esta redução do crescimento chinês e à diminuição do apetite por minério de ferro haverá a entrada de novos projetos de expansão de capacidade produtiva dos maiores exportadores dessa *commodity*, que são a VALE (Projeto S11D de Expansão em Carajás) e Rio Tinto (Projetos de Expansão de Pilbara). Em cenários de incerteza, apenas tem sido aprovados novos projetos que tem alto retorno e boa rentabilidade. Esse movimento fará com que o mercado transoceânico de minério de ferro atinja um equilíbrio entre oferta e demanda a partir de 2015, o que tende a dar maior estabilidade no preço da *commodity*. Hoje há uma oferta de aproximadamente 1200 MTPA de minério de ferro para um consumo ligeiramente superior a esse número.

Maior oferta acabará fazendo com que o preço de venda do minério de ferro transoceânico caia, e force o fechamento de minas com maior custo operacional, tanto na China quanto ao redor do mundo, o que novamente resultará em uma leve elevação do preço internacional do minério de ferro, tendendo sempre a um equilíbrio entre a oferta e a demanda dessa *commodity*, movimento citado no parágrafo anterior. Essa

variação será a referência tanto para continuidade ou não de minas chinesas, conforme tendência já mostrada na figura 8.2, quanto para decisão de implantação ou não de projetos de expansão da capacidade produtiva dos grandes produtores transoceânicos de minério de ferro. De qualquer forma, uma coisa é certa: Sempre haverá mercado para minério de boa qualidade e a um custo justo para quem compra e para quem vende.

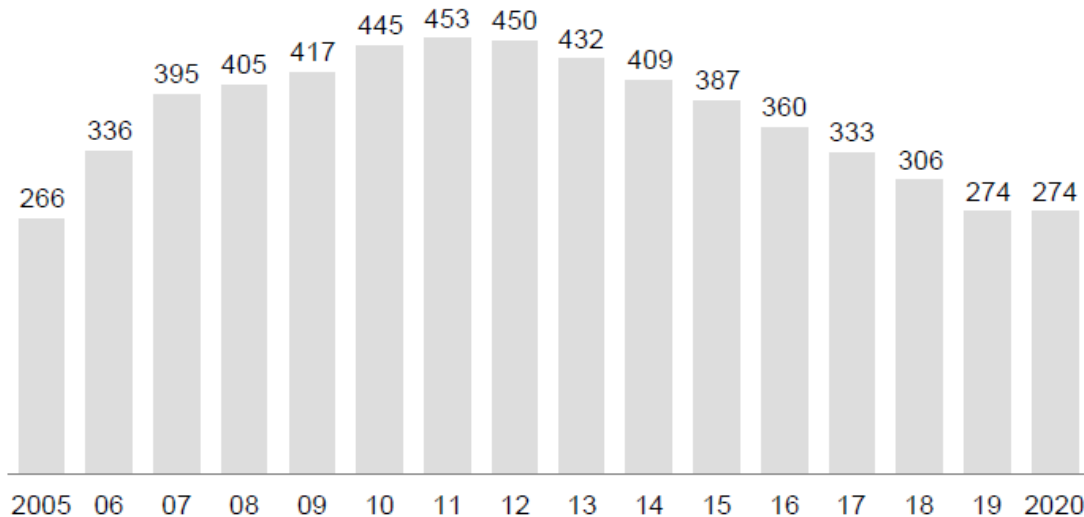


Figura 8.2 – Produção em MTPA de minério de ferro em minas chinesas (MEG, 2012).

Com todas estas tendências, especialistas de mercado esperam que, entre os anos de 2018 e 2020, comece a haver um excesso de capacidade produtiva de minério de ferro no mundo, de aproximadamente 100 milhões de toneladas por ano (1600 MTPA produzidas x 1500 MTPA consumidas). Só para se tenha uma ideia dos números atuais e futuros, a VALE tem hoje uma produção de 306 MTPA. Em 2018 a mesma espera atingir uma produção de aproximadamente 450 MTPA. A ocorrência de ciclos de baixa demanda por minério de ferro, como o iniciado em 2008, e ainda não totalmente superado, acaba fazendo com que operações de alto custo se tornem inviáveis, o que força os grandes *players* mundiais a iniciarem um movimento de ajuste de custos operacionais e uma incessante busca por gestões com maior austeridade fiscal e eficiência operacional, conforme observado. Em ciclos de alta, contudo, projetos são reavaliados econômica- e financeiramente e acabam se tornando viáveis novamente.

Durante os ciclos de baixa, empresas não tem dúvida quanto ao fechamento (temporário ou definitivo) ou venda de operações deficitárias. Na China há várias mineradoras que

lavram minérios de baixo teor. Essas tendem a fechar. No Brasil há também operadores que estão partindo para o beneficiamento de itabiritos pobres, principalmente em Minas Gerais. A solução em Minas Gerais e no Brasil será investir ainda mais em inovação tecnológica, para que se atinja um incremento na produtividade mesmo com minérios mais pobres e explorados em regiões mais inóspitas, o que acaba por se tornar então a última, mas não menos importante sugestão desse trabalho.

A aquisição de novas tecnologias tendo como foco o aprimoramento de processos, o incremento no aproveitamento dos recursos explorados e o aperfeiçoamento das plantas existentes devem estar sempre no foco das empresas mineradoras. Em paralelo à redução de custo (ganhos econômicos e financeiros) há sempre ganhos sociais, ambientais e em segurança, muitas vezes intangíveis.

Juntas, as ações gerenciais já relacionadas no início deste capítulo associadas a um movimento estruturado dos governos federal, estaduais e municipais de explorarem com planejamento os recursos minerais certamente nos colocarão em posição privilegiada, visto que reunimos boas condições estratégicas para sermos competitivos na comercialização de vários minerais. Depende naturalmente de ações públicas e privadas, mas o contínuo interesse de grupos nacionais e internacionais na mineração no Brasil indica que há espaço para desenvolvimento e crescimento.

Resgatando o que foi citado no item 3.1 deste trabalho, encerra-se este trabalho com uma mensagem bem direta para o desenvolvimento de trabalhos futuros, ou seja, quanto à fundamental “importância ter na equipe do projeto, profissionais que dominem a tecnologia mineral aplicável ao escopo em questão, bem como especialistas em processo, que tenham boas noções de desenvolvimento e implantação de projeto”. Como chegar lá dependerá de cada empresa ou profissional, mas sem essa combinação é improvável que se chegue ao objetivo final sem dolorosos percalços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2012). Norma Brasileira ABNT NBR ISO-21.500:2012 – Orientações sobre gerenciamento de projeto; Rio de Janeiro; 2012. 51p.
- ALMEIDA, F. E. (2012). Aplicação das boas práticas do PMI ao gerenciamento de projetos de barragens de disposição de rejeitos: Trabalho apresentado ao curso MBA em Gerenciamento de Projetos, Pós-Graduação lato sensu, da Fundação Getúlio Vargas; Belo Horizonte; 2012. 71p.
- ALVES, F. (2013). O Brasil se destaca no maior evento de negócios da mineração mundial - Revista Brasil Mineral – São Paulo – SP – 01.04.2013 – p. 76-79.
- ARAGÃO, G. A. S. (2008). Classificação de pilhas de estéril na mineração de ferro: Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral. Área de Concentração: Lavra de Minas. 117p.
- BONELLI, R.; FONTES J. (2013). Dados de Produtividade emitidos pela FGV/IBRE; Conference Board, 2013.
- BRANDÃO, P. R. G.; CANÇADO, R. Z. L.; SANTOS, L. D.; VASCONCELOS, O. R. (2007). Caracterização Mineralógica e Tecnológica. In: VALADÃO, G. E. S.; ARAUJO, A. C. de; Organizadores. Introdução ao Tratamento de Minérios. Belo Horizonte: Editora UFMG, Cap.6, p.56-60.
- CAMPOS, S. (2013); Pessimismo cresce entre os presidentes – Pesquisa com 114 gestores do país mostra descrença quanto à recuperação econômica nos próximos anos – Caderno Gestão – Jornal Valor Econômico de 08.08.13 – São Paulo – SP – Pág. D3.
- CIM ou *Canadian Institut of Management* (2010); Artigo traduzido: “Análise estatística dos principais riscos em projetos de capital desenvolvidos e implantados no mundo” - Ontario, Canada, 25p.
- FELDMANN, F. (2013). É hora de repensar o modelo de licenciamento ambiental - Caderno Finanças - Revista Brasil Econômico de 09.05.13 – São Paulo – SP - Pág. 31.
- FIGUEIRA, H. V.de O. et al.; LUZ, A. B. da; ALMEIDA, S. L. M de. (2010). Britagem e Moagem. In: LUZ, A. B. da; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; Tratamento de Minérios. 5ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, Cap. 4, p.161-166.
- HEIDER, M. (2010) - Fusões/aquisições do minério de ferro brasileiro: Visão do DNPM – Revista IntheMine de 20/12/2010 - Edição 29.
- HEIDER, M. (2013); Potencialidades da mineração no Brasil – Revista IntheMine de fevereiro/março de 2013, p. 26 a 33.

HELDMAN, K. (2005). Gerência de Projetos – Fundamentos; 2ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 256 p.

HELDMAN, K. (2009). Gerência de Projetos – Guia para o exame oficial do PMI; 5ª Edição – 7ª Tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 629 p.

IBRAM ou Instituto Brasileiro de Mineração (2012) - Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira - 7ª Edição – Dezembro/2012 – 68p.

IPA ou *Independent Project Analysis, Inc.* (2011); Melhores Práticas para Projetos de Mineração. Curitiba: IPA Latino América, Material Didático do Curso.

IPA ou *Independent Project Analysis, Inc.* (2004); Research and Metrics Measuring Capital Project. Newtown Square, Pennsylvania, USA.

IPMA (*International Project Management Association*) ou Associação IPMA Brasil de Gerenciamento de Projetos (2012); NCB (*National Competence Baseline*) ou Referencial Brasileiro de Competências. Versão 3, revisão 3.1, 151 p.

ISO (2012); ISO 21.500:2012 Guidance on Project Management; ISO/PC 236 – Committee Project Management; ISO/IEC Guide 21-1:2005. 47p.

KERZNER, H. (2005); Using the Project Management Maturity Model – Strategy Planning for Project Management. 2. ed. United States of America: John Wiley e Sons, 219p.

KERZNER, H (2006); Gestão de Projetos: As Melhores Práticas. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 322p.

KING, R. P. (2001); Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems, 1st edition – Department of Metallurgical Engineering University of Utah, USA - Butterworth-Heinemann Reed Elsevier plc group - p.40-43.

LINS, F. A. F. (2013); A inovação tecnológica aumenta a produtividade da mineração? CETEM/MCTI. Revista Mineração e Sustentabilidade – Março/Abril de 2013, p. 20.

LYNCH, A. J. (1977); Mineral crushing and grinding circuits: their simulation, optimisation, design and control, 1st edition – Amsterdam: Elsevier Science e Technology Books, Cap. 1, p.19-23.

MACHADO, G. (2013); Carga tributária e burocracia têm maior peso no Custo Brasil. Brasil Econômico - Caderno: Brasil – São Paulo/SP – P. 6.

MANSUETO, A. (2013); 'Ficaremos em banho-maria até 2014. Mas, em 2015, teremos ajuste' – Brasil Econômico de 12.08.13 – Caderno: Brasil – São Paulo – SP – p. 4 a 7.

MEG ou *Metals Economic Group* (2012) – World Exploration Trends: A Special Report from Metals Economics Group for the PDAC International Convention – Maio/2012 – 8p.

MENCHEN, K.; OLIVEIRA, T. (2013); Um mestre da produção – Revista IntheMine de fevereiro/março de 2013., p. 52 a 56.

METROSP (2012); *Contribuição ao conhecimento dos parâmetros relacionados à abrasividade de granitos e gnaisses nos estudos do Metrô de São Paulo* – Artigo apresentado por MONTEIRO, M. D.; MASSONI, F. e ROCHA, H. C. no 46º Congresso Brasileiro de Geologia – Outubro de 2012.

METSO, TECNOMETAL SAMARCO, SANDVIK (2012); Transportadores de Correia: O Segredo é saber dimensionar - Artigo publicado em Junho de 2012. Revista M&T, p. 95 a 98.

MMD (2011); MMD CAPABILITY for the supply of IPCC equipment. Trabalho apresentado pela MMD Mineral Sizing (South America) Ltda., para fins comerciais.

MOREIRA, A. (2013); Poucas brasileiras investem em P&D. Valor Econômico - Caderno: Pesquisa – Genebra/São Paulo/SP – B.1.

MTE (2011); NR 22: Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração – Ministério do Trabalho e Emprego da República Federativa do Brasil; Atualizada em Janeiro de 2011 através da Portaria SIT n.º 202.

MULCAHY, R. (2009); Preparatório para o Exame de PMP®: Baseado na Quarta Edição do Guia PMBOK® - 6ª Edição: RMC Publications, Inc., USA, 536p.

NICOLATO, J. (2013); Os verdadeiros impactos da mineração no país – Caderno Finanças – Jornal Brasil Econômico de 24/04/2013 – São Paulo/SP – p. 30.

NOGUEIRA, A. E. A. et al; (2013); PAULA, N. N. de; GONTIJO, C. de F.; TAKANO, C.; MOURÃO, M. B.; SILVA, G. F. B. L. e; TAGUSAGAWA, S. Y.; Concentração magnética a seco de minérios de ferro via redução parcial - Contribuição técnica apresentada no 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro; 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

PMI ou *Project Management Institut, Inc.* (2008); Guia PMBOK® – Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos. 4ª Edição. Atlanta: PMI Book Service Center.

SAMARCO Mineração S.A. (2012); Manual Governança e Gestão de Projetos Tipo EC da Gerência Geral de Projetos (GGP) – PMO (Escritório de Gerenciamento de Projetos) – Revisão 1.

SAMARCO Mineração S.A. (2013); Apresentação: Estrutura de Projetos na SAMARCO – Gerência Geral de Projetos (GGP) – PMO (Escritório de Gerenciamento de Projetos).

SANTOS, C. (2013); Rumos da economia: Licenciamento ambiental avança, mas caminho é longo - Caderno Especial - Jornal Valor Econômico de maio de 2013 – São Paulo/SP - Página: F10.

SCHNEIDER, C. (2013). CETEM/MCTI desenvolve novo modelo de DWT estendido para escalonamento de moinho SAG/AG. Revista Mineração e Sustentabilidade – Março/Abril de 2013, p. 21.

SILVA, A. T. (1973); Tratamento de Minérios. Escola de Engenharia. Belo Horizonte: Editora UFMG.

TKF ou *ThyssenKrupp Fördertechnik* (2011); Presentation Crushing Equipment. Trabalho apresentado pela ThyssenKrupp Fördertechnik, para fins comerciais.

VALADÃO, G. E. S. (2011a); Exercícios sobre Fragmentação da disciplina EMN804 - Tratamento de Minérios do Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas/CPGEM – UFMG.

VALADÃO, G. E. S. (2011b); Apresentação sobre Espessamento da disciplina EMN821 - Introdução à separação sólido-líquido do Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas/CPGEM – UFMG.

WILLS, B. A.; NAPIER-MUNN, T. (2006); Mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery, 7th edition – Oxford: Elsevier Science and Technology Books, Cap. 4, p.90-92 e Cap. 5, p.108-110.

Banco de Dados de projetos realizados pelo requerente no segmento de minério de ferro e resultados da pesquisa realizada pelo requerente em projetos de mineração.