Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

MSc. José Gustavo Steinberg

TESE DE DOUTORADO

“LEAN MINING”: MODELAGEM E MELHORIAS EM CADEIAS LOGÍSTICAS MINERAIS

SÃO PAULO

2010

Proponente: MSc. José Gustavo Steinberg

TESE DE DOUTORADO

“LEAN MINING”: MODELAGEM E MELHORIAS EM CADEIAS LOGÍSTICAS MINERAIS

SÃO PAULO
2010

Proponente: MSc. José Gustavo Steinberg

TESE DE DOUTORADO

“LEAN MINING”: MODELAGEM E MELHORIAS EM CADEIAS LOGÍSTICAS MINERAIS

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia de Minas

Área de concentração: Planejamento de
Lavra de Minas

Orientador: Prof. Dr. Giorgio F. C. de Tomi

SÃO PAULO
2010

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 15 de abril de 2010.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Steinberg, José Gustavo

**Lean Mining: modelagem e melhorias em cadeias logísticas
minerais / J.G. Steinberg. – ed.rev. -- São Paulo, 2010.
244 p.**

**Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.**

**1. Logística (Operação) 2. Mineração 3. Planejamento estra-
tégico I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Depar-
tamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II. t.**

Dedico este trabalho à família Park, pessoas cuja alegria de viver contagia a todos;

À Lúcia, que ama a todos de maneira incondicional;

Aos meus irmãos, cuja confiança embasa meu crescimento;

À minha esposa, brilhante, sensível e amiga;

À minha filha Ellis, que a cada sorriso me relembra que escolhi viver eternamente
com o coração para fora do peito.

AGRADECIMENTOS

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, minha casa nestes últimos dez anos. Aqui aprendi que não existem sonhos impossíveis para quem trabalha duro e sabe aonde quer chegar.

Ao Departamento de Engenharia de Minas e ao Prof. Dr. Giorgio de Tomi, pela acolhida calorosa e dedicação sincera.

Ao International Journal of Logistics Systems and Management e a seu editor Prof. Dr. Angappa Gunasekaran, pela publicação de nosso primeiro artigo no tema “Lean Mining”

À Diretoria de Ferrosos da Vale.

À Diretoria de Industrializados da ALL – America Latina Logística.

À plataforma Supply Chain da Accenture.

Empresas que confiaram no meu trabalho e no poder da filosofia enxuta. Elas hoje colhem seus resultados.

“La semplicità è l'ultima sofisticazione”
Leonardo Da Vinci.

RESUMO

Os processos extrativos tradicionais apresentam estágios que precisam de modernização e melhorias para permitir que as empresas mineradoras provisionem de maneira eficaz a qualidade e a quantidade de seus produtos. Tal garantia de provisão, tão difícil de sustentar devido à natureza intrínseca da incerteza geológica, pode somente ser conseguida com um aumento de eficiência nas cadeias logísticas minerais. Este trabalho demonstra os benefícios de se criar modelos de cadeias logísticas minerais existentes para identificar e compreender os pontos de criação de valor para possíveis intervenções visando melhorias. O trabalho também fornece um guia de modelagem, através de uma planilha eletrônica, permitindo aos usuários modelar quaisquer tipos de cadeias logísticas. O conhecimento do trajeto dos processos desde a extração ao consumidor final fornece uma oportunidade única para que os gerentes melhorem suas cadeias logísticas. Depois que o modelo foi criado, ele pode e deve ser melhorado. Um número técnicas e boas práticas já em uso por outros setores, mas ainda não aplicado setor mineiro são identificadas e estruturadas. Uma metodologia para a aplicação estratégica destas técnicas é então fornecida. O setor mineiro em todo mundo está sob pressão para procurar métodos para melhorar sua eficiência. Este trabalho introduz, de uma maneira inovadora, uma estratégia administrativa na mineração que se provou extremamente competitiva em outras indústrias. A questão básica abordada neste trabalho é como desenvolver uma metodologia robusta e controlada para que o setor mineiro tire proveito da filosofia enxuta, introduzindo o conceito de “Lean Mining”.

Palavras-chaves: Modelagem. Lean Mining. Logística. Seis Sigma. Cadeia de suprimentos.

ABSTRACT

Traditional extractive processes present stages that need modernization and optimization for enabling mining companies to warrant the effective achievement of both product quality and quantity. Such warranty, which is difficult to sustain due to the intrinsic nature of geological uncertainty, can only be achieved through an increased efficiency in the mineral supply chain. This work demonstrates the benefits of creating models of existing mineral supply chains to identify and understand the points of value creation and places for possible improvement interventions. It also gives a modeling guide, through an electronic chart, enabling users to model any kind of supply chain. The knowledge of the process path from extraction to final consumer provides a unique opportunity for managers to improve the mineral supply chain. After the model has been created, it should and must be improved. A number of techniques and good practices already in use by other sectors but not yet applied to the mining industry are identified and structured. A methodology to strategical application of these techniques is provided. The mining industry all over the world is under pressure to look for methods to improve its efficiency. This work leads the way to an innovative managerial strategy in mining that has proved itself extremely competitive in other industries. The key issue addressed in this work is how to identify a robust and risk-controlled path for the mining industry to benefit from the 'lean thinking' approach, introducing the concept of lean mining.

Keywords: Modeling. Lean Mining. Logistics. Six Sigma. Supply chain.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	OBJETIVOS	12
1.2.	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1.	ABORDAGEM	18
2.2.	LOGÍSTICA MINERAL	18
2.2.1.	A cadeia logística mineral	18
2.2.2.	Benefícios da gestão da cadeia logística	21
2.2.3.	Cadeias logísticas de alto desempenho	24
2.2.4.	Metodologia de modelagem	25
2.2.5.	Montando uma rede logística	26
2.2.6.	Canais virtuais	28
2.3.	A FILOSOFIA ENXUTA	29
2.3.1.	Origens da filosofia enxuta	29
2.3.2.	Os princípios administrativos do modelo Toyota	31
2.3.3.	Aplicações da filosofia enxuta	40
2.3.4.	Organizações inovadoras através da filosofia enxuta	43
2.4.	“LEAN MINING”	47
2.4.1.	Apresentando o “Lean Thinking” às empresas mineradoras	47
2.4.2.	Cadeia de valor mineral	49
2.4.3.	Seis Sigma: A mais poderosa das ferramentas	50
2.4.4.	Aplicações do “Lean Mining”	63

3.	MODELAGEM DE REDES LOGÍSTICAS MINERAIS	69
3.1.	OBJETIVOS DA MODELAGEM DE REDES LOGÍSTICAS	69
3.2.	CONCEITOS LOGÍSTICOS	70
3.3.	METODOLOGIA DE MODELAGEM	73
3.3.1.	Modelagem conceitual de infra-estrutura	76
3.3.2.	Modelagem conceitual de gestão	77
3.3.3.	Flexibilidade na modelagem	78
4.	“LEAN MINING”	82
4.1.	METODOLOGIA DA ABORDAGEM ENXUTA	82
4.2.	FILOSOFIA ENXUTA NA MINERAÇÃO	86
4.2.1.	Missão corporativa	86
4.2.2.	Visão e valores corporativos	90
4.2.3.	Planejamento estratégico	97
4.2.4.	Sustentabilidade	104
4.3.	PROCESSOS ENXUTOS NA MINERAÇÃO	112
4.3.1.	Definir valor e eliminar processos que não agregam valor	112
4.3.2.	Criar um fluxo de processos contínuos	116
4.3.3.	Usar sistemas puxados para evitar superprodução	119
4.3.4.	Nivelamento e seqüenciamento da carga de trabalho: “Heijunka”	123
4.3.5.	Mecanismos para evitar ter que resolver problemas, acertando sempre na primeira tentativa: FMEA / HazOp	125
4.3.6.	Padronização das melhores práticas	132
4.3.7.	Controle visual para detectar problemas: “Genchi Genbutsu”	135

4.4. FUNCIONÁRIOS E PARCEIROS	137
4.4.1. Desenvolver líderes que compreendam e disseminem o trabalho e a filosofia	138
4.4.2. Desenvolver pessoas e equipes sensacionais	138
4.4.3. Desafiar, ajudar e recompensar a rede de parceiros	139
4.5. SOLUÇÃO CONTÍNUA DE PROBLEMAS	141
4.5.1. Tomada de decisão: “Nemawashi”	141
4.5.2. Reflexão incansável: “Hansei”	142
4.5.3. Melhoria contínua: “Kaizen”	143
4.5.4. O Seis Sigma na mineração	147
5. ESTUDO DE CASOS	175
5.1. “LEAN MINING” APLICADO À CADEIA LOGÍSTICA DA MCR	175
5.1.1. Modelagem da cadeia logística da MCR	178
5.1.2. Processos enxutos na MCR	182
5.1.3. Aplicação do “Six Sigma” na MCR	183
5.2. “LEAN MINING” APLICADO À CADEIA LOGÍSTICA DA VALE: PROJETO SERRA SUL	189
5.2.1. Modelagem da cadeia logística do Projeto Serra Sul	192
5.2.2. Processos enxutos no Projeto Serra Sul	198
6. CONCLUSÕES	204
REFERÊNCIAS	207
ANEXO I	212
ANEXO II	228

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVOS

O objetivo desta Tese de Doutorado é fornecer uma metodologia de modelagem de cadeias logísticas minerais que atenda genericamente a todos os tipos de processos extrativos e peculiaridades logísticas de todos os tipos de minérios. Posteriormente, o objetivo é de fornecer um roteiro para a aplicação de técnicas advindas da filosofia enxuta para possibilitar melhorias no desenho e desempenho destas cadeias logísticas minerais. A este roteiro de técnicas, customizado para as características da engenharia mineral foi dado o nome de “Lean Mining”.

No princípio desta Tese de Doutorado foram mapeados os processos por que passam os minérios desde sua lavra até chegar ao consumidor. O foco desta montagem de rede logística recaiu desde sobre os processos tecnológicos de extração em si, como também sobre os métodos de processamento e distribuição. Foram analisados os meios de transporte do minério extraído assim como métodos e dimensionamento de estoques, localização e funcionalidade de armazéns. Outro fator importante na montagem de redes logísticas foi o mapeamento de processos por canais virtuais, como o fluxo de dados pelo sistema e o processamento de pedidos, que refletem como a produção reage à demanda.

Devido à grande heterogeneidade de processos quando se trata de mineração, e de cadeias logísticas que variam de mina para mina, e variam mais ainda de minério para minério, existe uma dificuldade em estabelecer padrões para as redes. Daí a necessidade da criação de uma metodologia que possibilitasse a modelagem exclusiva caso a caso. Esta metodologia foi criada e servirá de apoio para a modelagem de redes logísticas genéricas para posteriores processos de melhoria.

Em um segundo momento da pesquisa, teve início o desenvolvimento de métodos de aperfeiçoamento das redes modeladas. O foco a partir de então foi a

aplicabilidade de conceitos do “Lean Thinking”, ou “Mentalidade Enxuta”, na gestão de processos em mineração.

O ponto de partida para a Mentalidade Enxuta consiste em definir o conceito de valor. Diferente do que muitos pensam, não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. Para ele, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

Quando todos os processos da rede logística tiverem um propósito e agregarem valor aos produtos, teremos uma cadeia de valor logística. Aí está uma das grandes dificuldades do projeto de implantação desta metodologia em mineração. Esta indústria sempre trabalhou com sistemas empurrados, ou seja, que produzem independentemente da demanda e formam estoque de “commodities” nas pontas dos canais logísticos prontos para serem absorvidos conforme necessário. O “Lean Thinking” apregoa a utilização de sistemas puxados pela demanda, ou seja, que reagem a ela e produzem conforme seu ritmo. O cliente puxa o volume que necessita que o sistema produza.

A seguir, foi objetivo do estudo propor caminhos que buscassem dar fluidez aos processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade dos envolvidos na rede, que têm de deixar de lado a idéia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e tempo de produtos em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente dá ao produto um baixo tempo entre produção e consumo: a empresa conseguirá atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente, ou com a máxima eficiência logística possível.

A inclusão de todos os envolvidos no processo produtivo, e principalmente seus decisores, é fundamental. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do

processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.

1.2. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O planejamento de novos empreendimentos na indústria mineira de hoje, e a operação e reestruturação de empreendimentos antigos não são uma tarefa fácil. Confrontado com eventos inesperados, como a volatilidade nos preços das “commodities” e nas taxas de câmbio, disputas trabalhistas, gargalos em sistemas de transporte, escassez e inconstância no fornecimento de energia, e decisões de caráter político, o setor mineiro é frequentemente delegado com a responsabilidade de ajustar planos operacionais muitas vezes desrespeitando diretrizes táticas e estratégicas. Somando-se a essas dificuldades de lidar com eventos inesperados, muitas empresas mineiras também se ressentem de adequada visão de negócios global, levando a uma diminuição da compreensão do dia-a-dia das operações dentro e fora das suas organizações. Tudo isto significa que, para as empresas mineiras, o planejamento empresarial é uma complexa, longa e imperfeita jornada.

Para enfrentar as dificuldades associadas com a tomada de decisões sobre sua futura orientação, muitas empresas mineiras têm tradicionalmente planejado baseando-se em uma combinação de dados, experiências e instinto. Isto sempre funcionou muito bem, devido às margens de lucro dilatadas do setor, mas agora, com a possibilidade da melhoria de processos e de desenho da cadeia produtiva através de modernas técnicas de modelagem e gestão, esta abordagem já não é eficaz. Empresas de mineração precisam de uma abordagem de planejamento mais recente, mais rigorosa.

Uma nova forma de investigação de seus processos pode beneficiar muito as empresas mineiras. Através desta solução, elas poderão agregar mais valor a seus produtos com base no profundo conhecimento sobre o que realmente gera valor em suas organizações. Serão então capazes de trabalhar com mineração através do desenvolvimento de planos concretos que aperfeiçoem suas operações e as ajudem

a atingir alto desempenho. Trabalharão com base em sofisticada tecnologia e técnicas analíticas que as ajudem a desenvolver uma visão abrangente do negócio.

Durante as últimas décadas, o setor mineiro atraiu a atenção global para sua força e suas taxas de crescimento que têm seguido tendências da economia de países em desenvolvimento tais como Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC). Apesar dos avanços do setor, a mineração ainda enfrenta problemas que são intrínsecos às suas atividades e desafios trazidos por técnicas modernas de gerência, das quais ela tem se mantido distante por muito tempo. A exuberância de resultados financeiros das companhias de mineração parece ser parte de um fenômeno muito maior. O Brasil possui alguns dos maiores depósitos de minerais metálicos, como o ferro e bauxita, e não metálicos, como rochas e minerais industriais, em um planeta faminto por este tipo de matéria-prima. A demanda asiática, da China em particular, aumentou os preços internacionais dos metais para padrões impressionantes.

De acordo com Paul (2006), a bolsa do metal de Londres registrou aumentos de 382% no preço do níquel, de 323% no preço do cobre e de 280% no preço do zinco sobre os quatro anos precedentes. O minério de ferro, principal item da pauta de exportação brasileira, quase dobrou seu preço em 2007. Paul (2006) igualmente indica que os economistas e os peritos esperam que estas condições de mercado se mantenham pelo menos até 2010. Tal agravamento da demanda e dos preços do metal explica o aumento de 54% na produção mineral brasileira de 2002 até 2007. O BNDES (Banco Nacional para o Desenvolvimento) projeta que o setor mineiro investirá pelo menos US\$ 24 bilhões na exploração de novos depósitos de minério no Brasil até 2010 (www.vale.com). Esta indicação somente reforça um anúncio recente feito pela Vale (www.vale.com) onde a companhia diz que planeja investir mais de US\$ 59 bilhões até 2010 na sua estrutura logística e em novas operações de mineração.

Em outro estudo, Malhotra (2001) sugere que o uso responsável de recursos minerais esteja fornecendo a países em vias de desenvolvimento um número considerável de oportunidades para a redução da pobreza e para seu desenvolvimento econômico. Entretanto, a prática atual parece indicar que tais países, incluindo o Brasil, normalmente não têm mecanismos apropriados para

aproveitar essas oportunidades de equilíbrio uma vez que têm dificuldades em balancear desenvolvimento econômico e iniciativas ambientais e sociais.

Neste cenário de um mercado global que fixou seus olhos à produção do minério brasileiro, o setor mineiro local inicia um esforço para reestruturar seus processos produtivos para alinhá-los com as técnicas e os paradigmas modernos da produção. As companhias são avaliadas geralmente de acordo com os padrões associados à produtividade, como faturamento e despesa. O mesmo princípio aplica-se ao setor mineiro, mas acoplado a estes indicadores econômicos gerais, as avaliações também levam em consideração riscos adicionais para tratar o desconhecido. O setor mineiro é heterogêneo por natureza devido à grande variedade de produtos explorados, de classes, de mercados, e mais importante ainda, de tamanho de suas companhias, mas tem um número de similaridades entre seus concorrentes. Por exemplo, não obstante o mercado que está sendo explorado, estas companhias procuram continuamente diferenciais competitivos para aumentar suas margens de lucro.

Coulson (2004) ilustrou a percepção de valor dentro do setor mineiro: “Quando começou sua carreira em uma companhia de mineração de ouro, um novo funcionário foi perguntado qual era a missão dessa companhia. Rapidamente respondeu: extrair e produzir ouro. Estava errado; a extração e a produção de ouro não eram os objetivos da companhia, mas os meios para conseguirem-no. O objetivo real desta e de todas as companhias restantes é retornar o dinheiro a seus investidores.” O setor mineiro usa intensivamente seus investimentos de capital, trabalhando continuamente dentro de um alto nível de alavancagem financeira, com grandes investimentos para obter grandes rendimentos. É igualmente uma atividade de alto risco, pois o conhecimento de uma jazida que futuramente será uma mina é baseado somente em estimativas, e nunca há uma certeza completa da quantidade ou da qualidade do minério disponível até o esgotamento do depósito. A VALE, em www.vale.com, confirma esta situação com uma declaração da companhia onde os executivos da empresa anunciam que após ter alcançado o primeiro bilhão de toneladas de minério do distrito de Carajás, a mina ainda tem em reservas provadas e prováveis dois bilhões de toneladas de minério. Entretanto, a reserva geológica, de acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), é muito maior do que esta, ela tem um potencial de 17 bilhões de toneladas ainda inexploradas.

Assim, a mineração acontece sob circunstâncias permanentes de incerteza e exige não somente o planejamento e a análise apropriada de negócio, mas igualmente um determinado grau de fé em comprometer investimentos significativos para começar um novo projeto. Este ambiente conduzido pelas incertezas enfatiza claramente quão valiosa é a aquisição estruturada e constante de informação dentro da cadeia de valor mineral. As iniciativas tais como a modelagem e a análise do processo de produção fornecem o conhecimento apropriado avaliando o comportamento das principais variáveis no processo desde a extração na mina até as vendas e à entrega dos produtos minerais. De acordo com Van der Zee (2007), um desafio na simulação de modelos está em produzir modelos que sejam realistas, isto é, facilitem as partes interessadas na validação de variáveis de decisão chaves. Infelizmente, muitos modelos da simulação tendem a ser menos fiéis, sendo influenciados pela biblioteca mental do operador de modelos de referência de “softwares” da simulação. Somente o controle rígido da produtividade, da qualidade do minério e da mineração alcançado pela utilização de modelos pode compensar as perdas inevitáveis incorridas pelas incertezas que transpiram dos dados geológicos.

As vantagens competitivas procuradas por empresas dentro do setor mineiro podem ser atingidas através de inovações tecnológicas, qualidade e garantias da entrega, ou mesmo com reduções de custos pela reengenharia de processos. Os processos tradicionais da mineração para extrair minerais metalíferos, combustíveis fósseis e minerais industriais incorporam os vários estágios e atividades que exigem a modernização e aperfeiçoamento de modo que a qualidade do minério e a quantidade dos produtos vendidos por companhias de mineração possam ser controladas corretamente. De acordo com Chow, Choy e Lee (2006), nos últimos anos, a reestruturação de cadeias de suprimentos redefiniu a maneira que um serviço logístico é operado. Apesar do desenvolvimento de vários tipos de sistemas de informação para armazenar e processar todos os tipos de dados logísticos e da informação para suportar operações diárias da logística, o planejamento de logística ou a tomada de decisão da atividade logística ainda é executado manualmente. Esta garantia de qualidade desejada pode somente ser conseguida com um esforço estruturado para modernizar-se e assim aumentar a eficiência através de toda a cadeia de valor mineral. Somente então as companhias de mineração poderão manter e maximizar sua participação em mercados globais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ABORDAGEM

Este trabalho de Doutorado se baseou em várias áreas de conhecimento. Foram estudadas, analisadas e repassadas obras de origens heterogêneas que ajudaram na construção de uma nova área de conhecimento. Inicialmente o foco recaiu para a área de processos minerais, e tanto uma literatura moderna quanto uma coletânea clássica de engenharia de minas forneceram subsídios para a compreensão e posicionamento da problemática abordada. Sobre esta base foram incorporados conceitos de duas grandes frentes: Teorias logísticas contribuíram com conceitos para a modelagem de sistemas reais; e a filosofia enxuta (“Lean Thinking”) contribuiu com livros, artigos e experiências em setores produtivos voltados para a melhora de processos, inclusive abordando a teoria “Six Sigma”.

2.2. LOGÍSTICA MINERAL

2.2.1. A cadeia logística mineral

É fácil retratar o cenário de incertezas e de riscos em que o setor mineiro está imerso. As incertezas a respeito do tamanho e das classes de um depósito de minério são abordadas inicialmente durante o estudo de viabilidade da mina. US-SEC (2005) é um guia da indústria que apresenta uma classificação de reservas de minério de acordo com o nível de incerteza em suas qualidade e quantidade, variando de reservas indicadas (ou prováveis) às reservas medidas (ou provadas). As reservas de minério são definidas porque a parcela de um depósito mineral economicamente e legalmente viável para extração é composta apenas por determinada parcela da jazida. As reservas medidas, de acordo com US-SEC (2005) são as que têm suas dimensões computadas e reveladas nos afloramentos, nas

trincheiras, nos furos de broca, sua classe e/ou qualidade são computadas nos resultados de amostragem detalhada. Os locais para a inspeção, a amostragem e a medida são tão pouco espaçados e o caráter geológico é tão bem definido que o tamanho, a forma, a profundidade e o índice mineral das reservas são bem conhecidos.

As reservas indicadas são expressas como aquelas para que a quantidade e a classe e/ou a qualidade são computadas em uma maneira similar àquela usada para reservas (medidas) provadas, mas os locais para a inspeção, a amostragem, e a medida estão mais separados ou são espaçados de outra maneira, menos adequadamente. O grau de garantia, embora mais baixo do que aquela para reservas provadas, é altamente suficiente para interpolar-se a continuidade entre pontos da observação. As reservas medidas representam a melhor estimativa da qualidade do minério e a quantidade no depósito mineral que está sendo avaliado. De acordo com Pereira (2003), o erro da avaliação para reservas medidas pode ser até 20% com relação às quantidades reais de minério e para reservas indicadas, pode ser tão elevado quanto 40%.

Mesmo se a prospecção geológica projetou um cenário completamente fiel à realidade, há outros tipos dos riscos associados com a atividade da mineração, especialmente com a manutenção de processos operacionais estáveis. É uma premissa chave de uma cadeia logística bem construída e controlada a sua estabilidade operacional. De acordo com Craighead, Blackhurst, Rungtusanatham e Handfield (2005), as descontinuidades da cadeia logística e os riscos operacionais e financeiros associados representam a pressão das empresas investidoras que competem no atual mercado global. A pesquisa dos autores confirmou não somente a natureza cara de descontinuidades da cadeia logística, mas igualmente contribuiu com introspecções relevantes em assuntos relacionados, como riscos e vulnerabilidade da cadeia. As descontinuidades da cadeia logística são inevitáveis e, conseqüentemente, todas as cadeias logísticas são inerentemente arriscadas. Estas dificuldades reforçam somente a necessidade de modelar cadeias logísticas existentes. Robinson (2007) diz que a modelagem conceitual é provavelmente o aspecto mais importante de um estudo de simulação e ele é igualmente o mais difícil e o menos compreendido. Mais de 40 anos de pesquisa e de prática em simulação forneceram pouca informação sobre como projetar um modelo conceitual de

simulação. De acordo com o autor as quatro exigências mais importantes de um modelo conceitual são: a validade, a credibilidade, a utilidade e a exeqüibilidade e é extremamente importante fixar para o possível modelo as mais simples variáveis chaves predefinidas.

Modelar igualmente permite, além da proteção ao risco, a seleção e a execução de negócios convenientes com cada específico fornecedor, que são nada mais que nós na cadeia de valor mineral, protegendo o fornecedor se necessário, alinhando-o para servir o mercado especificamente onde ele precisa. Marquez (2004) e Van der Zee e Van der Vorst (2007), indicam que devido a sua flexibilidade inerente, a modelagem é frequentemente considerada como a ferramenta mais apropriada para suportar a tomada de decisão no projeto de uma cadeia logística. O sucesso final da cadeia logística que foi modelada, entretanto, é determinado por uma combinação das habilidades do operador, e das capacidades da ferramenta da simulação. Esta combinação deve fornecer a base para um modelo realístico da simulação, que seja fiel e completo.

A necessidade da fidelidade é especialmente forte para cadeias logísticas porque envolvem partes autônomas cada uma com seus próprios objetivos. Estas partes são representadas geralmente pelos canais logísticos multimodais. A eficácia da confiabilidade do modelo é influenciada fortemente pelo grau de integralidade de cada ator nas variáveis de decisão chaves. Idealmente, os modelos de simulação visual interativa representam meios importantes para realizar uma vistoria geral e a introspecção exigida. Infelizmente, a maioria de modelos centra-se fortemente sobre as transações físicas, deixando as variáveis de decisão chaves implícitas para algum ou todos os atores envolvidos. Isto se aplica em especial às estruturas de controle, isto é, aos gerentes ou aos sistemas responsáveis pelo controle, às suas atividades e sua inter-relação através destas atividades. Os elementos de controle, por exemplo, estão dispersos sobre o modelo, mas não são comumente visualizados.

As cadeias de valor mineral são geralmente redes multimodais. O contrapeso entre a origem onde os minerais ocorrem naturalmente e os consumidores finais de minerais processados é mantido através de canais e nós logísticos que transportam, armazenam e entregam usando navios, caminhões, trens, armazéns e muitos outros modais e instalações logísticas. Adotando a logística multimodal, as companhias

podem reduzir significativamente o prazo de execução e os custos de carga, descarga e de estoques, e isto pode constituir melhorias no lucro e no nível de serviço ao cliente. (Grasman, 2006)

2.2.2. Benefícios da gestão da cadeia logística

A cadeia logística é a representação físico-espacial dos pontos de origem e de destino dos bens, assim como seu fluxo e outros aspectos relevantes, a fim de permitir a visão do sistema logístico como um todo. Isto é, um número de nós (pontos de origem ou de destino) deve ser ligado através de conexões (meio de transporte) em quantidades preestabelecidas, como definido por Novaes (2000). A reengenharia das cadeias logísticas em empresas tradicionais e mesmo a melhoria dos canais logísticos em cadeias preexistentes trouxeram grandes benefícios às companhias que comprometeram investimentos em logística nas últimas décadas. Seja sob a forma da redução de custo dos processos, aumento da qualidade dos produtos e dos serviços ou aumento da produtividade, os gráficos abaixo mostram como os negócios conseguiram um diferencial significativo com a reavaliação de suas cadeias logísticas.

A figura 1 ilustra como os negócios melhoraram suas cadeias logísticas reduzindo custos com estoques e armazenagem apropriada. Os produtores dinamizaram suas operações para precisarem de poucos estoques. A relação dos estoques por expedição caiu marcadamente durante os anos 90 e está agora perto de seus mais baixos níveis. Essencialmente, as tecnologias novas permitiram que as empresas substituíssem os estoques com a informação e usassem então essa informação de maneira mais produtiva. Em muitos casos, os estoques e os armazéns são apenas uns caros mecanismos de seguro frente às incertezas da cadeia logística, para balancear flutuações eventuais na demanda. Entretanto, acabam sobrecarregando os custos de gastos de fabricação totais trazendo consigo custos subordinados tais como as perdas incorridas pelos artigos danificados, pelos bens não vendidos ou obsoletos.

BENS DURÁVEIS

Taxa Volume Estocado/Volume Embarcado

Figura 1 – A melhora dos custos com estoques. (Fonte: www.census.gov)

A figura 2 mostra a tendência de queda dos custos logísticos de aproximadamente 16 por cento da GDP (lista dos bens duráveis) de 1981 até cerca de 8.5 por cento em 2003. Os custos de transporte declinaram quase 25 por cento, visto que os custos de estoques declinaram mais de 65 por cento. Os custos da logística declinaram primeiramente porque os estoques foram controlados mais eficientemente: despesas com armazenagem foram reduzidas, e os riscos foram minimizados enquanto os fornecedores terceiros fornecem cada vez mais soluções logísticas especializadas e personalizadas que são certamente mais eficientes.

COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DOS CUSTOS DOS BENS DURÁVEIS

Figura 2 – A queda dos custos logísticos. (Fonte: www.bea.gov/)

De acordo com Taylor (2005), problemas na cadeia logística têm efeitos devastadores no setor financeiro das companhias. A Nike, por exemplo, em 2001 estimou perdas de U\$100 milhões por problemas logísticos. Diversas outras companhias igualmente relataram perdas devido à falta de uma cadeia logística bem estruturada. Uma cadeia logística corretamente estruturada conduz geralmente a vantagens competitivas para toda a companhia, fazendo dela um forte competidor no mercado. Há diversos exemplos de companhias no mundo que tiveram a necessidade de mudar suas cadeias logísticas para permanecer no mercado. A Siemens inovou e reduziu o prazo de entrega de seus equipamentos de 22 semanas a somente 2 semanas. A Gillette é outra companhia que registrou uma redução de U\$400 milhões em seus estoques. A Chrysler também enxergou a necessidade de melhorar sua cadeia logística nos anos 90, tendo por resultado uma economia anual líquida de mais de um bilhão de dólares.

A redução nos custos indiretos em cadeias logísticas melhoradas permite que as companhias se beneficiem bastante, a ponto de causar uma rotação na estrutura de toda indústria na qual está inserida. Cadeias logísticas quando estruturadas podem trazer um sucesso enorme às corporações, mas por outro lado, as cadeias logísticas com inabilidades podem trazer resultados catastróficos. Transportar bens é caro, e ligeiras mudanças na cadeia logística têm um impacto muito grande no sucesso das operações. Os clientes são sempre indiferentes às difíceis negociações nas cadeias logísticas. É irrelevante a eles todo fluxo de decisões que ocorre na cadeia; para o cliente o mais importante é como escolher o melhor produto ao mais baixo preço.

A fim de ter este produto com o mais baixo preço, as companhias devem trabalhar junto aos fornecedores primários, secundários e distribuidores. Todos estão relacionados e devem procurar trazer qualidade à cadeia. Apesar dos avanços globais na área logística, o setor de mineração ainda tem muito a tirar proveito da aplicação de técnicas modernas da gerência nas cadeias logísticas. Através da pesquisa e da inovação, o setor mineiro deve buscar soluções da perspectiva logística. A gerência deve ser incentivada a compreender suas cadeias e a estabelecer mecanismos eficientes para melhorar seus processos de produção sempre que necessário.

2.2.3. Cadeias logísticas de alto desempenho

Segundo Morgan (2005), com uma cadeia logística em operação, o foco deve recair sobre o avanço das fronteiras da eficiência, obtendo resultados satisfatórios sem mudanças abruptas. Uma maneira simples de conseguir este progresso é acelerar o fluxo dos produtos na cadeia, reduzindo tempos de ciclo. A utilização de modais mais rápidos é também uma boa opção para aumentar a velocidade quando possível. Há casos em que é necessário reestruturar alguns processos, aplicando conceitos da filosofia enxuta. Um ponto crucial ao projetar cadeias logísticas de alta performance é a gestão de filas. Se for impossível reestruturar operações para eliminar filas, as operações que alimentam todos os nós da cadeia devem ser sincronizadas para dar a cadeia o máximo de uniformidade.

Segundo a filosofia enxuta, Liker (2007), as atividades que não adicionam valor ao produto devem ser removidas sem que os sistemas de gestão, que ajudam a monitorar e identificar o movimento dos milhares de produtos na cadeia, sejam excluídos. Todas as economias na cadeia podem facilmente ser identificadas com estas tecnologias que melhoram o fluxo de informação na cadeia logística. Outra maneira de avançar a fronteira da eficiência é a centralização do risco. De acordo com Taylor (2005) manter o estoque centralizado, por exemplo, causa um efeito positivo na redução dos custos de estoques, geralmente em até 35%. Segundo o autor, fazer transbordos também pode trazer benefícios à cadeia dependendo de sua estrutura. Esta técnica é uma opção para abaixar estoques, pois muitos armazéns têm acesso eletrônico aos estoques de outras instalações. Isto permite que os centros de distribuição (CDs) gerenciem seus estoques, garantindo aos clientes os produtos que eles querem porque eles estão disponíveis em outro depósito. Há também a possibilidade de fazer a entrega direta dos maiores pedidos, aqueles em que os produtos vão diretamente dos armazéns centrais aos consumidores, sem passar por armazéns regionais. Muitos custos podem ser reduzidos desta maneira. Esta centralização do risco pode ser difícil de controlar, mas quando bem controlada e com investimentos, esta estratégia pode beneficiar a cadeia inteira muito além da simples redução dos custos.

A partir da década de 80, os esforços da produção mundial foram concentrados em projetar produtos de fácil manufatura. Hoje em dia este esforço recai sobre toda a

cadeia logística, pois o processo de manufatura saiu de dentro das fábricas. Há uma homogeneização na fabricação de produtos hoje em dia, como fontes 110 ou 220 volts. Esta homogeneização é aplicável principalmente nos produtos novos, onde os componentes podem ser usados em várias configurações dependendo do cliente. Os produtos são projetados atualmente visando reduzir estoques e manter a apresentação. Por exemplo, os vasos dos jardins podem ser armazenados encaixados uns nos outros, reduzindo o espaço exigido para o armazenamento na loja.

Uma das grandes inovações relacionada à logística e ao projeto de produtos é a técnica do adiamento da diferenciação (Ghiani, Laporte e Musmanno, 2004). Esta técnica é aplicada hoje em dia no setor mineiro. Uma grande fábrica, ou, no caso da mineração, a própria mina, produz produtos genéricos. Estes produtos serão personalizados somente quando chegarem aos centros de distribuição (CDs) próximos a seus consumidores finais. Esta é uma ferramenta de gestão muito útil para produtos que são entregues no mundo inteiro e manufaturados em um único lugar. Esta técnica traz muitas vantagens porque reduz o estoque de segurança e aumenta a economia de escala. Com esta técnica, os centros de distribuição (CDs) devem ser ajustados à idéia de tornarem-se envolvidos no aspecto final dos bens, participando com máquinas, pessoas e o espaço. O adiamento pode ser tão grande que alcance a casa do consumidor final, como no caso dos “home theaters” e as bicicletas configuradas especificamente para um consumidor. No exemplo de mineração, o consumidor final pode ser considerado a expedição final do mineral nas especificações (como teor) fornecidas pelo consumidor. O mineral é misturado geralmente dentro do porto para encontrar o padrão exigido por cada comprador, misturando minerais de origens, idades e composições diferentes.

Esta técnica e diversas outras executadas durante a modelagem e a melhoria da cadeia logística podem alavancar toda a companhia responsável de sua cadeia, mas a invenção de técnicas novas é a maneira mais garantida de transformar uma companhia em uma legítima líder de mercado.

2.2.4. Metodologia de modelagem

Para iniciar o processo de esclarecimento acerca da cadeia de valor mineral, que é muito específica e característica para cada produto em peculiar, cada gestor deve procurar uma metodologia para a modelagem da rede logística e dinâmica de processos para seu caso em especial. Partindo do conceito de que é preciso conhecer para melhorar, através de questionários e pesquisa de campo, é preciso desenvolver uma técnica capaz de converter dados em planilhas e fluxogramas de atividades que modelam de maneira realista as atividades exercidas em cada mina em particular. Devido à grande variedade de atividades dentro do setor e características das mais diversas dependendo do material sendo extraído da mina, seria inútil tentar fornecer uma modelagem única que se encaixasse em todos os tipos de mina.

Após o perfeito conhecimento das facilidades e canais logísticos que compõem a sua cadeia, a gestão da cadeia deve agora se preocupar com a segunda parte do processo, que trata de métodos de otimização e boas práticas já conhecidas de setores da indústria e setores da economia que devem ser aplicados à cadeia logística mineral. Os processos são analisados, implementando-se, excluindo-se ou otimizando-se etapas quando necessário, principalmente, mas não unicamente, nas áreas relacionadas à logística como transportes, estoques, armazenagem, processamento de pedidos e fluxo de informações.

2.2.5. Montando uma rede logística

No princípio do trabalho, devem ser mapeados pelos responsáveis pelo processo de modelagem e otimização todos os processos por que passam os minérios, desde sua lavra até chegar ao consumidor. O foco desta montagem de rede deve recair desde sobre os processos tecnológicos de extração em si, como também os processos logísticos. Todos os canais de transporte devem ser revistos, incluindo a produção, o equipamento e os métodos do armazenamento, da posição e da funcionalidade dos armazéns. Outro fator importante na montagem de redes logísticas será o mapeamento de processos por canais virtuais, como o fluxo de dados pelo sistema e o processamento de pedidos, que reflete como a produção reage à demanda.

A montagem de uma rede logística se inicia com a definição dos locais ou facilidades que a compõem. Inicialmente deve-se localizar a usina onde grandes transformações físicas e químicas são impostas aos materiais. Esta usina vai determinar, imediatamente antes dela, os canais de suprimento, e, imediatamente depois dela, os canais de distribuição. Ela é o coração da rede logística e ao redor dela orbitam setores como compras, “marketing”, RH, finanças, administração e logística.

Na área reservada aos canais de suprimentos, devem-se mapear os fornecedores primários, normalmente jazidas que fornecem os minérios brutos. Se o minério sofrer transformações antes de chegar a usina, estes locais onde ele pode sofrer alterações de tamanho e composição serão denominados fornecedores secundários, terciários, e assim por diante. Os canais que ligam essas facilidades serão analisados segundo os modais operantes e segundo o volume de carga que transportam.

Já os canais de distribuição estão localizados à jusante da usina e se prestam a desovar a produção. As facilidades presentes nesta área da rede logística normalmente servem para redimensionamento dos lotes de entrega em terminais intermodais de aglutinação, transbordo ou simplesmente armazéns intermediários. São centros de distribuição que amortizam as necessidades da demanda e controlam a saída de produtos. Os canais que ligam esses centros de distribuição são analisados de maneira muito similar aos canais de suprimento.

A figura 3 mostra, de forma bem simplificada, esquematicamente, a ordem por que passa um minério durante seu processo de beneficiamento até sua entrega aos pontos de consumo.

Figura 3: Rede logística mineral

2.2.6. Canais virtuais

No tocante a canais virtuais, a tecnologia de implantação de ERP (Enterprise Resource Planning) nas empresas mineiras deve também ser foco de estudo. As empresas do setor vêm se rendendo aos apelos e facilidades que os sistemas ERP trazem para as atividades produtivas, como a unificação de alguns processos e integralização de setores através de um único banco de dados para toda a cadeia produtiva. No Brasil, sistemas de gestão e sistemas de gerenciamento da produção vêm se popularizando junto a nossa cultura empresarial atual. Na mineração, várias empresas iniciaram uma corrida pela implantação desses sistemas de gestão que, muitas vezes, possuem diversas premissas que não se aplicam necessariamente ao setor mineral. Isso, aliado ao fato dos dados técnicos disponibilizados serem muitas vezes não compreensíveis para profissionais fora da área mineral, torna a difusão e a absorção de informações na mineração bastante difícil.

A significativa setorização, comum a empreendimentos minerais, dificulta a busca de um objetivo comum aos diversos setores e gera disputas internas não declaradas que dificultam ainda mais a interação. Tendo em vista tais problemas, se faz necessário uma conscientização do profissional da área mineral para transcender a visão unidimensional que hoje está enraizada no setor e que busque desenvolver

um novo enfoque de gerenciamento para a cadeia de valor mineral de modo a abranger um sistema de gerenciamento que una as informações, a produção e as competências individuais para dinamizar a empresa tornando-a assim mais competitiva nacional e internacionalmente.

As vantagens da aplicação desta tecnologia, bem como as dificuldades de implantá-la em áreas que tradicionalmente operam de seu próprio modo, deverão ser analisadas para o mapeamento deste tipo de canal logístico. Canais que estão operando sobre algum software ERP são claramente mais fáceis de serem mapeados do que aqueles que operam sobre múltiplas bases de dados e inevitavelmente convivem com conflitos de informação.

2.3. A FILOSOFIA ENXUTA

2.3.1. Origens da filosofia enxuta

O exame de obras na literatura enxuta pesquisou muitos tipos de textos desde aproximações teóricas centradas sobre processos de manufatura aos papéis práticos em aplicar conceitos enxutos às diferentes áreas do mercado. De acordo com Morgan (2005) o pensamento enxuto é baseado em um único princípio: Todas as formas de desperdício devem ser identificadas e eliminadas. Isto parece simplista, mas não é, porque reconhecer áreas de desperdício verdadeiras é difícil. Para identificar o desperdício, os processos ideais devem ser definidos primeiramente, e então ser comparados aos processos reais para determinar sua eficiência. A filosofia enxuta utiliza uma aproximação de baixo para cima, isto é, os trabalhadores estão autorizados para criar e controlar sua própria parcela de processos no negócio. Esta aproximação é essencial para criar e melhorar os processos de negócio que são grandes e complexos, mas ainda assim eficientes.

Aplicar os conceitos da filosofia enxuta conduz aos mais eficientes e os mais rentáveis processos de negócio tais como aqueles usados com grande sucesso na Toyota Motor Corporation, que é considerada a mais eficiente fabricante de automóveis do mundo. Guiando-se pelo sucesso da Toyota na fabricação, o

pensamento enxuto pode igualmente ser aplicado aos diferentes tipos de negócios com resultados similares. As companhias não procuram executar somente todas estas melhorias, elas procuram mantê-las em uma base sustentável. Mann (2005) diz que o sistema de gestão enxuto consiste na disciplina, em práticas diárias, e em, através de ferramentas, estabelecer e manter um foco persistente, intensivo em processos. É o foco no processo que sustenta e estende execuções enxutas. Pouco a pouco, a cultura enxuta cresce através destas práticas que já se tornaram habituais em algumas companhias.

Em sistemas enxutos os resultados certamente importam, mas a abordagem para consegui-los difere drasticamente dos métodos de gerência convencionais. A diferença em um sistema de gestão enxuto é a adição de um foco no processo, independentemente do foco em resultados. A premissa é que ao projetar um processo o responsável deve procurar produzir um resultado específico. Se o trabalho é bem-feito, os resultados devem ser conseguidos. Neste conceito, é simplesmente uma questão de tempo até a produção de resultados e quando isto é feito, a demanda é satisfeita.

Enquanto as melhorias no processo são feitas, melhores resultados são esperados. A metodologia Seis Sigma, como uma ferramenta operacional enxuta centrada sobre a drástica diminuição de defeitos é usada igualmente para propor melhorias em cadeias de valor mineral. Devane (2004) indica que o Seis Sigma é uma disciplina poderosa da filosofia enxuta na melhoria de processos, e que fornece um jogo de ferramentas, de métodos e de princípios para melhorar os processos que cumprem ou excedem exigências do consumidor. O principal objetivo de toda iniciativa de melhoria é fornecer produtos ou serviços da alta qualidade aos consumidores quando eles desejam e por um preço que eles pagarão, revertendo esse resultado em lucro ao fornecedor.

A fabricação enxuta e sua ferramenta mais poderosa, o Seis Sigma, suportam este objetivo de nível elevado. O Seis Sigma fornece um conjunto de ferramentas estatístico avançado e um sistema de gestão que se centram sobre a diminuição da variação da saída por entradas de controle e virtualmente a eliminação de defeitos. A filosofia enxuta fornece os princípios e as ferramentas simples que se centram sobre a eliminação do desperdício, velocidade e produção crescente.

2.3.2. Os princípios administrativos do modelo Toyota

Segundo Liker (2007), existem alguns princípios que norteiam o sistema Toyota e que devem basear qualquer reengenharia que vise a adoção da filosofia enxuta.

O autor afirma que as empresas devem basear suas decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo. Um dos maiores fundamentos com o qual a Toyota pode contribuir é em sua paciência. Suas metas nem sempre são lucros de curto prazo, mas principalmente lucrar para poder reinvestir no futuro para que estes investimentos se tornem um ciclo. Os objetivos pessoais dos funcionários da Toyota são comuns, fazendo o certo para a empresa, visando o crescimento geral. O ponto de partida da empresa é gerar valor para o cliente, a sociedade e a economia. Fazer a coisa certa para o cliente é o foco da Toyota, mesmo tendo que gastar algo mais.

Outro fator decisivo na Toyota é construir a confiança com os funcionários. A Toyota assumiu o controle de uma fábrica da GM nos EUA. Os funcionários foram treinados no Japão, segundo o conceito do Sistema Toyota de Produção. Em pouco tempo a velha fábrica superou as plantas da GM na América do Norte em produtividade, qualidade, espaço e rotatividade de estoque.

A Toyota também se preocupa com que decisões administrativas não destruam a confiança e respeito mútuo. A manutenção dos empregos é vista como obrigação na empresa. A empresa também estimula a autoconfiança e a responsabilidade para decidir seu próprio destino. A grande diferença é que a Toyota escolhe um caminho de autoconfiança, em vez de basear-se em parceiros empresariais externos. A empresa luta por seu próprio destino.

Os princípios que norteiam a Toyota seguem em três partes: Contribuir para o crescimento econômico do país onde está localizada; contribuir para a estabilidade e o bem estar dos membros de sua equipe e contribuir para o crescimento da Toyota como um todo. Estes princípios da filosofia da Toyota se concentram na integração de todas as funções corporativas, fazendo com que a Toyota se comporte como um organismo natural, habilitando-a a evoluir como um sistema em ascensão.

O conceito de produção enxuta prega que se deve criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona. Uma empresa que queira ter uma produção enxuta deve apresentar um fluxo contínuo em seus principais processos de fabricação e de serviços. O objetivo é eliminar constantemente o desperdício de esforço e de tempo que não agregam valor aos produtos. Criar um fluxo significa que, quando um cliente faz um pedido, isso aciona o processo de obtenção da matéria-prima necessária apenas para o pedido daquele cliente. Então a matéria prima flui imediatamente para a cadeia de suprimentos, até chegar ao cliente, em um espaço de tempo bem menor.

O modo de produção em massa é um estilo de produção que pode gerar problemas de superprodução ou a necessidade de o produto entrar em diversos departamentos. O sistema estabelecido na Toyota define que o tamanho ideal do lote é de uma unidade, onde grupos são responsáveis pelo objeto, não pelo processo. Este fluxo unitário de peças traz inúmeros benefícios, pois pode acrescentar qualidade ao produto, cria maior produtividade com mais flexibilidade, libera e aumenta a segurança de transporte de empilhadeiras além de reduzir os inúmeros custos com estocagem.

Contudo a fluxo unitário pode gerar alguns problemas. Quando um equipamento pára de funcionar, a célula inteira desacelera ou até mesmo na manutenção ou troca de um aparelho leva a um atraso em toda a célula, interrompendo a produção. O fluxo instalado na Toyota é um verdadeiro sistema que elimina as perdas, com processos bem conectados, permitindo um rápido feedback e mais controle sobre o processo.

Liker (2007) afirma que empresas enxutas devem usar sistemas puxados para evitar a superprodução. Normalmente as empresas lidam com o sistema empurrado de estoque. Os níveis acima tentam empurrar para o revendedor, e este tenta empurrar para o cliente. Mesmo sem precisar, os altos estoques são mantidos, gerando gastos e riscos de perda por prazo de validade, por exemplo. O modelo Toyota vislumbra a administração de estoque. A empresa trabalha com o sistema puxado de estoque, onde o cliente solicita o produto ao revendedor somente quando realmente necessita, e o revendedor recebe os produtos com base na real demanda do cliente. O princípio da Toyota é sempre diminuir os estoques, mantendo uma comunicação

com fornecedores e clientes, garantindo o fluxo e a produção de materiais em um sistema Just-in-time. Na Toyota, há processos que são mais rápidos e outros mais lentos. Por exemplo, painéis são instalados em 60 segundos nos carros. Manter um fluxo unitário de peças para os painéis é totalmente inviável, pois geraria uma superprodução destes. Então, estas peças, ao serem retiradas para a montagem, os funcionários retiram um kanban, que é um sinal físico e visual de uso da peça, e o enviam ao fabricante da peça. Com este sinal é possível monitorar o fluxo de peças e manter os níveis de estoque sempre baixos.

Algumas empresas tentam fabricar por pedido, gerando um grande problema, pois na verdade estão deixando seus clientes esperando pelo seu produto. Há maneiras de reduzir este “lead time”, que é o tempo entre o pedido e a entrega. Normalmente o cliente não compra produtos de um modo previsível. O ideal é mesclar a produção, evitando sobrecarga de pessoas, o desnivelamento de trabalho e do “lead time”. A Toyota também faz o nivelamento do plano de produção, supondo que a demanda pelos produtos é sempre equilibrada. Há pequenos riscos de alterações de demanda, que podem gerar prejuízos enormes se não houver produção. Uma solução é manter pequenos estoques de produtos acabados, mantendo assim o nível de produção. A Toyota consegue efetivamente nivelar o plano de desenvolvimento de produtos, de forma que, todos os anos, uma porcentagem fixa dos veículos esteja tendo seu design retrabalhado. A empresa também padronizou o sistema de desenvolvimento de produtos e projeto, nivelando o cronograma em operações de serviço. A tarefa mais difícil para a Toyota foi nivelar o fluxo. A política de vendas teve de ser alterada, pois as estratégias de promoção de vendas mantêm uma demanda desnivelada.

Ainda de acordo com Liker (2007) as empresas enxutas buscam construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa. É muito comum ocultar os problemas de uma linha de montagem, se esta não pára de funcionar. Na produção enxuta, é muito importante produzir de forma correta já na primeira tentativa. Sem estoques, qualquer problema pode parar toda a produção. A Toyota adota em toda sua linha de produção um sistema de sinalização para qualquer problema a fim de pedir ajuda, desta forma não deixando que pequenos problemas se acumulem. Ao longo da produção, a Toyota cria a inspeção contínua. Em toda linha de produção há uma verificação do trabalho já

feito, evitando o problema já quando ele surge. O Setor de engenharia cria listas de verificação e de padrões, assegurando a qualidade já na fonte. Há vários procedimentos na Toyota que ajudam a assegurar a qualidade desde o início. O aumento da qualidade na empresa é tratado como um princípio, não uma mera tecnologia. O sistema funciona somente quando os funcionários sabem da importância de trazer os problemas à tona para que sejam rapidamente resolvidos. A qualidade para o cliente é o que impulsiona a agregação de valor, garantindo o funcionamento da empresa. Uma tática de qualidade na Toyota é adiantar os projetos e perceber os problemas o mais cedo possível e disponibilizar soluções antes mesmo de os problemas ocorrerem.

Outro princípio fundamental da filosofia enxuta está nas tarefas padronizadas que são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários. A Toyota transformou em ciência a padronização de tarefas. A empresa possui três elementos no trabalho padronizado: o “tack-time” (tempo exigido para completar uma tarefa no ritmo da demanda do cliente), a sequência de realização dos processos e quantidade de estoque necessária para cada trabalho. É este padrão que é responsável pela delegação de poder aos funcionários e pela inovação no local de trabalho. Ter uma padronização em todos os processos é essencial para atingir o nível de defeito zero. O procedimento padrão é responsável para manter a coerência dos processos. Os problemas de qualidade que surgem sempre são de responsabilidade daqueles que não seguiram os procedimentos corretamente. Estes procedimentos devem ser simples e práticos, a fim de serem usados todos os dias pelas pessoas que o realizam. A Toyota sabe também que seu funcionário é o recurso mais valioso. É esta filosofia que torna a empresa flexível e inovadora. Mesmo com o trabalho padronizado, os funcionários contribuem com o constante aperfeiçoamento dos processos repetitivos.

Empresas como a Toyota utilizam o controle visual para que nenhum problema fique oculto. Um grande problema em todas as fábricas é a desorganização e a poluição visual. A bagunça esconde os problemas, limita a visão das pessoas. No Japão, existem os programas 5S, que compreendem uma série de atividades para eliminar as perdas que contribuem para os erros, defeitos e acidentes de trabalho. São elas: classificar, organizar, limpar, padronizar, disciplinar. Estes programas são aplicados nas corporações para facilitar o processo contínuo no ambiente de trabalho,

tornando-o limpo, acessível e organizado. Na Toyota e em qualquer produção enxuta, o modelo 5S é utilizado para sustentar o fluxo tranquilo para o “tack-time”, auxiliando a tornar visíveis os problemas.

A Toyota usa um enorme controle visual para encontrar rapidamente qualquer desvio de padrão. Este princípio da Toyota consiste em usar o controle visual para melhorar o fluxo. Como exemplo é possível encontrar o cartão “kanban”, um conjunto de controles visuais utilizados na Toyota que cria o ambiente transparente e sem perdas. O controle visual pode atingir tanto o chão de fábrica, como sombras de ferramentas para ser guardadas nos locais corretos, quanto no trabalho no escritório. A sala de comando, por exemplo, é uma maneira de manter visualmente todos os processos.

A Toyota exige também que toda a informação necessária em qualquer relatório seja redigida no tamanho A3. O motivo é que estas folhas são as maiores que cabem num fax. Este pequeno relatório deve apresentar toda a documentação, a causa, soluções e análise de custos e benefícios da situação. Nos últimos anos, a Toyota tem estimulado a idéia de passar estes relatórios para os papéis A4. Apesar de o mundo caminhar para uma era de tecnologia de informação, a Toyota persiste em lutar contra o uso de computadores e tecnologia que desestimula o trabalho em equipe. A empresa estuda bastante as aplicações tecnológicas em suas fábricas, pois os princípios da Toyota dizem para não permitir que nenhum problema fique oculto. O verdadeiro controle visual que é o interessante, mesmo que usar a tecnologia de informação traga reduções de custos em curto prazo.

Quando se convence do uso de determinada tecnologia, a Toyota se limita a usar tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos. Mesmo na era da tecnologia digital, a Toyota hesita em comprar produtos tecnológicos, movimentando-se lentamente neste ramo. A empresa somente adota uma nova tecnologia após ter realmente certeza que esta apoiará pessoas, processos e valores. São feitos diversos estudos de impacto que esta nova tecnologia trará, sendo plenamente avaliada e testada, para assegurar a agregação de valor. As tecnologias que são aceitas na empresa são orientadas e projetadas para apoiar o fluxo contínuo no processo de produção e ajudar os funcionários a terem um melhor desempenho nos padrões do modelo Toyota. Para a empresa

japonesa, a tecnologia de informação nunca vai dirigir o modo como ela faz negócios. Seus computadores são utilizados para pagar contas, controlar milhões de pedidos e dezenas de milhões de transações de peças de reposição, entre outras funções. É possível observar que a tecnologia de informação é vital para a Toyota, mas sempre é tratada como uma ferramenta que existe como apoio para seus funcionários.

No início da década de 80, a tendência das indústrias automotivas em relação à implantação de tecnologia foi a chegada dos programas CAD. A idéia era criar peças em um computador em vez de projetá-las no papel. A Toyota foi cuidadosa na tomada das decisões, não implementando sistemas CAD tão euforicamente. Mais tarde, a Toyota adotou o CATIA, sistema usado pela Boeing, sempre lentamente na sua instalação. A empresa encontrou um conjunto de tecnologias relativamente simples que sustentavam o trabalho colaborativo, respeitando o Modelo Toyota. Esta adoção não foi em busca do mais sofisticado software. O processo de desenvolvimento tecnológico da Toyota foi minuciosamente ajustado com base no conhecimento dos melhores engenheiros e na excelente liderança técnica, adicionando com cuidado os sistemas de informação para aperfeiçoá-los. Isso porque qualquer tecnologia a ser inserida na empresa segue por diversos testes, recebendo a aprovação da equipe e atingindo somente um determinado setor. A Toyota recusa-se a empurrar tecnologia de informação ou de fabricação avançada para setores que dependem do trabalho de criar e construir carros com agregação de valor. Qualquer tecnologia sempre deve passar pelo teste de apoiar as pessoas e processos e provar que agrega valor antes de ser amplamente implementada.

A Toyota segue a filosofia de trabalho em equipe. Todos os sistemas desenvolvidos estão lá para sustentar o trabalho em equipe com agregação de valor. Há um excelente equilíbrio entre trabalho individual e a eficiência das equipes. As idéias individuais sempre são ouvidas, e os trabalhos excelentes são exigidos na formação de equipes excelentes. As equipes de trabalho da Toyota tentam reduzir o número de pessoas na célula de produção, onde os membros das equipes teriam que aprender todas as tarefas e se revezar, livrando-se das cadeiras confortáveis. Estes grupos, ou equipes de trabalho, são a solução de problemas no Sistema Toyota de Produção, pois são os membros de equipe que estão mais familiarizados com o verdadeiro trabalho e os problemas que o afetam. Os líderes de equipe normalmente

já foram membros de equipe, e controlam o processo de sua equipe, atingindo metas de produção e garantindo o fluxo no processo. Os líderes de grupo são administradores da política, controlam a frequência e coordenam a maioria das tarefas de manutenção. O principal objetivo de um líder de grupo é manter a linha em funcionamento.

A motivação humana na Toyota é tratada com bastante cuidado. Há diversas teorias de motivação, tanto internas, quanto externas na empresa. Todas elas servem para desenvolver nos funcionários o legítimo conceito do Modelo Toyota. Os investimentos da Toyota nas pessoas podem ser caros, mas em troca, a empresa conta com funcionários comprometidos que chegam pontualmente ao trabalho e continuamente aperfeiçoam as operações.

Segundo May (2007) a rede automobilística considera hoje a Toyota como a melhor e mais rigorosa empresa. Rigoroso, para a Toyota, é ter altos padrões de excelência e esperar padrões assim de todos seus parceiros. Para atingir esta excelência, a Toyota ajuda seus fornecedores a alcançar níveis desejados. Os relacionamentos na cadeia de suprimentos valem muito mais do que a tecnologia de informação. Os sérios investimentos da Toyota na construção de uma rede de fornecedores capazes e integrados no empreendimento enxuto são responsáveis pelos ótimos relacionamentos na cadeia de suprimentos que engloba estas empresas. Os novos fornecedores da Toyota são escolhidos com cautela, fazendo pedidos pequenos e testando sua confiança e adesão ao STP (Sistema Toyota de Produção). O objetivo da Toyota é fazer com que estes fornecedores cresçam e se desenvolvam junto com toda a cadeia.

Os fornecedores da Toyota são constantemente observados pelos especialistas em qualidade e em STP, que trabalham sempre que há problemas no fornecimento. Desta forma a empresa garante que seus fornecedores sempre estejam produzindo e ajuda a desenvolver toda a cadeia de suprimentos. O relacionamento na cadeia de suprimentos deve estar estabilizado, a ponto em que as relações entre as empresas sejam justas e estáveis. A Toyota tem progredido constantemente neste sentido, pois possui seu centro de desenvolvimento de fornecedores, que aborda a aprendizagem e crescimentos conjuntos. A ampliação da empresa de aprendizagem, sem dúvidas, é a mais sofisticada forma de uma empresa enxuta.

Outra característica da Toyota, muitas vezes compartilhada por empresas mineradoras como a VALE, é a de tomar decisões lentamente, por consenso, considerando completamente todas as opções, porém implementá-las com rapidez. Para a Toyota, o caminho de decisão é tão importante quanto a qualidade da decisão. O tempo e esforço não devem ser medidos para fazer as coisas direito. É preciso considerar amplamente todas as possíveis soluções. Os engenheiros e administradores da Toyota são treinados para pensar em conjuntos de alternativas. Encontrar a melhor alternativa pode levar mais tempo, pois na Toyota, atrasar as decisões até que haja um conjunto de alternativas é necessário. A montadora prioriza o trabalho em conjunto, até que se chegue a um consenso da melhor decisão.

Segundo Liker (2007) a Toyota é uma empresa que zela pela aprendizagem constante e pela melhoria contínua. Uma organização de aprendizagem, como a Toyota, deve adotar a padronização e a inovação como os dois lados de uma mesma moeda, fundindo-os de modo a dar origem a uma grande continuidade. A empresa vai muito mais além de ferramentas e técnicas. O modelo Toyota envolve aprendizagem da empresa através de seus erros, da determinação da raiz dos problemas e da capacitação das pessoas, que tornam os novos conhecimentos parte do repertório da empresa.

Chegar às causas raiz de um problema é o primeiro passo para se chegar a novas soluções. Conforme mostra a Figura 4, isso é possível perguntando-se “por que” cinco vezes. Esta análise dos porquês possibilita a identificação da raiz do problema, não apenas de sua fonte primária e provavelmente uma causa superficial consequência da raiz do problema.

Figura 4: Fluxograma para se chegar às causas raiz de um problema

Segundo May (2007), para avaliar seus processos, a Toyota prefere utilizar medidas simples e não muito detalhadas. Ela se preocupa com basicamente três medidas: medidas de desempenho global, que avaliam como a empresa está indo, principalmente financeiramente e na sua qualidade. Medidas de desempenho operacional, que se preocupam com um determinado departamento, normalmente específicas de um processo. E também medidas da extensão da melhoria, avaliando as metas da corporação e o mapeamento do progresso. A preocupação da Toyota com a orientação de seus processos, e não somente resultados, é um ponto importante em seu sucesso. Enquanto empresas se preocupam em mensurar os resultados de qualquer programa, a Toyota fundamenta suas mensurações em soluções de problemas, sustentando a orientação para o processo. Os resultados são frutos deste foco no processo.

A motivação na Toyota vem com metas agressivas. Reduzir o estoque em 50 %, por exemplo, pode ser uma meta dos administradores da Toyota. Tais metas são mensuráveis e bastante concretas, descendo por todos os níveis da organização. Desta maneira todos os membros das equipes sabem seus reais objetivos específicos e trabalham para alcançá-los no período determinado.

Transformar a Toyota numa organização de aprendizagem foi uma grande tarefa. A empresa levou mais de meio século para chegar onde está, dependendo diretamente das ferramentas dos cinco porquês, PDCA e distribuição de metas.

2.3.3. Aplicações da filosofia enxuta

Várias empresas no mundo têm aplicado o Sistema Toyota de Produção em suas fábricas. O grande problema na implementação da teoria em empresas como as mineradoras que temos hoje é identificar o fluxo de trabalho. As pessoas trabalham no seu devido ritmo, sem coordenação entre os processos. Desta forma é difícil implementar um fluxo unitário, e os problemas e atrasos sempre vêm à tona.

Segundo Liker (2007) a primeira ação que leva ao aperfeiçoamento de qualquer operação complexa é criar um grande mapa de fluxo de valor de todo o sistema. Este mapa capta processos, fluxo de material e fluxos de informações de uma dada família de produtos e ajuda a identificar as perdas no sistema. Eles quase sempre são complexos e envolvem centenas de atividades. É possível fazer um macromapa, uma versão ampliada que ajuda a determinar onde estão as melhores oportunidades de redução das perdas no fluxo de valor. Uma vez identificados os processos repetitivos passíveis de serem arranjados, as equipes devem por a mão na massa na melhoria de processos em um nível mais detalhado.

Numa segunda etapa, serão criados seminários, para controlar as atividades de melhoria em curtos períodos de tempo. Esta é uma ferramenta muito importante para qualquer mudança em processos produtivos. O Seminário é preparado definindo o escopo, estabelecendo seus objetivos, criando um mapa preliminar do estado atual, coletando todos os documentos relevantes e afixando um mapa preliminar do estado atual na sala da equipe. Com estas informações em mãos, o seminário propriamente dito pode ser iniciado.

O primeiro passo é definir realmente quem é o cliente, bem como suas exigências e as tarefas que lhe agregam valor. A segunda fase é analisar o estado atual dos processos, identificando os fluxos, a agregação de valor e a não agregação de valor ao cliente. Mensurar o processo inteiro, como os “lead-times”, as distâncias de deslocamento, a produtividade, etc., é importante para poder avaliar as variáveis de transações. Antes de qualquer mudança do processo, é preciso iniciar o terceiro passo, que consiste em desenvolver a visão do estado futuro ao longo de todo o processo. É importante quantificar as economias esperadas e compará-las com o processo atual. Finalmente chegou a hora da implementação. No quarto passo é a hora da implementação. Nesta etapa ocorre o treinamento das pessoas para os novos processos, mostrando as novas especificações, redistribuições de áreas, revisão de procedimentos etc. Para terminar o seminário, o quinto passo é a parte de avaliação, mensurando o desempenho que garantirá que os ganhos sejam de fato sustentados ao longo do tempo.

Após o seminário, as equipes devem manter a melhoria contínua, discutindo oportunidades adicionais para melhoria, tentando sempre melhorar o processo.

A chave para a aplicação do STP é focalizar em operações com agregação de valor e trabalhar para eliminar as perdas. Por mais difícil que seja entender o cliente e suas necessidades, o esforço vale a pena. Definindo o fluxo principal de valor, todas as demais operações de apoio devem ser vistas como funções de sustentação deste. E quanto mais enxuto for o fluxo principal de valor, mais enxutas as operações poderão ser. Em geral, recomenda-se aplicar o STP ao fluxo principal de valor e então ramificá-lo para as funções de apoio.

O desafio mais básico e mais difícil para as empresas que querem aprender com a Toyota é como criar uma organização alinhada de indivíduos que tenham o DNA da empresa e que estejam continuamente aprendendo juntos a agregar valor para o cliente. A mudança de cultura numa organização deve começar de cima, envolvendo todos os níveis. Leva tempo para desenvolver pessoas que realmente vivam a filosofia da empresa. É extremamente difícil conseguir isto. A alta administração deve compreender o Modelo Toyota e alavancá-lo para tornar-se uma organização enxuta. É importante manter o comprometimento da liderança para impulsionar o

STP para os diversos níveis da empresa. Pode levar uma década para todo o sistema entrar em harmonização.

A mudança de cultura numa empresa é muito difícil. O modelo Toyota foi inventado, descoberto e desenvolvido ao longo de décadas. Ensinar de uma hora para a outra para uma equipe é mais complicado do que viver o modelo. Ensinar uma nova cultura leva tempo e trabalho. Aplicar o STP é um processo maduro de cima para baixo, onde se aplica grandes esforços. A transformação enxuta se inicia no sistema técnico, impulsionando o comportamento do modelo Toyota. É preciso aprender fazendo no sistema enxuto. O treinamento ideal para as pessoas envolvidas é aquele acompanhado de prática imediata. A instalação de seminários e o constante mapeamento de fluxos de valor são métodos para demonstrar claramente o fluxo de materiais e informações. Os fluxos de valor devem ser organizados e bem administrados. A transformação enxuta também deve ser encarada como algo obrigatório, se concentrando na aprendizagem de longo prazo.

A figura 5 mostra quais os passos no caminho de uma empresa até o total comprometimento de seus funcionários com uma Filosofia Enxuta de trabalho.

Figura 5: Níveis de conscientização até o comprometimento total com a filosofia enxuta.

Criar um próprio modelo de uma empresa é necessário para qualquer corporação. A Toyota tem o seu próprio modelo, evoluído de acordo com as circunstâncias da empresa. Qualquer outro grande líder pode desenvolver o próprio modelo com bases nos princípios da sua empresa. Perpetuar o modelo, contratando ou desenvolvendo

líderes e criando um sistema de sucessão é significativo para manter o jeito de viver da empresa.

2.3.4. Organizações inovadoras através da filosofia enxuta

O mundo dos negócios atualmente cresce em demanda por pensamentos inovadores. Esta inovação depende da criatividade, e não se pode tratá-la como algo reservado para o “artista”. Ser mais criativo é ter mais empenho e saber explorar os negócios. Em relação ao empenho, foi criada a regra de Quatro. Ao se analisar todo o trabalho anterior e simplificá-lo até o mais fácil de entender e mais útil para uma pessoa comum, se chega a seus quatro pontos básicos: Estratégia, Tática, Logística e Diplomacia. Todos os processos têm um pouco de cada característica.

O grande problema da criatividade é que ela depende da conexão pessoal com o local de trabalho. Não se pode estar num local desagradável, onde as pessoas se sintam presas e com o sentimento de que tudo está desajustado. O local certo é aquele em que as coisas fluem, há confiança e não há medo em criar coisas. Encontrar também a importância de um trabalho é essencial para estimular a inventividade. Por exemplo, um operador da Toyota não está apenas ali para operar máquinas. Ele é responsável pela segurança de milhares de pessoas que viajam pelo mundo nos automóveis ali fabricados.

Completando o pensamento criativo, segue a Exploração. Dentro dos limites estabelecidos, é necessária a exploração constante. As restrições servem para impulsionar novas idéias e métodos. Sem estes desafios, não há criatividade.

Se a inventividade é o início da busca por soluções elegantes, o principal objetivo deve ser atingir a perfeição. O mundo atual é controlado pela baixa qualidade, onde a mediocridade predomina. Empresas como a Apple, a Google, a GE e Toyota zelam pela perfeição, pois elas criam incrementos e detalhes que envolvem enormes impactos.

As inovações ainda sofrem como um ato de pioneirismo de rara genialidade ou acidente de pura sorte. Como exemplo, a lâmpada elétrica de Thomas Edison e a criação da penicilina. Todo processo doloroso por trás do grande progresso não é levado em conta. As histórias contam somente do produto final. Isso prova o quanto

o mundo é ignorante quanto a inovação constante. Toda perfeição atingida foi conseguida através do trabalho.

A Toyota busca a perfeição começando com o ideal, depois trabalhando de trás pra frente, removendo o que atrapalha o caminho. Se o objetivo é dar grandes saltos, estes são compostos por pequenos passos. Um impacto astronômico vem dos pequenos detalhes. Buscar a perfeição começa ao negociar com moedas menores, garantindo melhores resultados. Os riscos devem estar de fora. Quanto mais idéias e possibilidades, a inovação surge.

Há uma grande diferença entre inovação e invenção. Uma grande inovação propicia uma melhoria significativa na vida de todos, atendendo às necessidades da sociedade. Não basta somente criar patentes, inventar. As soluções elegantes que inovam, atendem muito bem à sociedade. É preciso enxergar além do óbvio.

De acordo com May (2007), toda solução está adequada a um sistema maior. Isto significa entender todas as dimensões de causa e efeito. E toda solução tem três dimensões governantes:

- Estrutura sólida – Políticas, procedimentos, meio ambiente;
- Sistemas fortes – Entrada e saída de dados, processos, padrões;
- Importância social – Propósito, princípios, pessoas.

Estes elementos dão sentido à inovação, pois têm significado no mundo. Um grande exemplo cotidiano das três dimensões em ação foi a inovação americana da franquia, que hoje se espalha pelo mundo como um sistema que atende uma necessidade básica da sociedade.

Antes de qualquer inovação, é necessário haver aprendizado. Este aprendizado se dá no instante em que se observa a conversão de idéias em ações. Não precisa necessariamente ser uma atividade isolada do trabalho, não é necessário que se pare de trabalhar para aprender. O aprendizado, no fim das contas, aciona a criatividade. É claro que a Toyota é uma organização de aprendizado por excelência. Eles têm uma universidade corporativa, centros de treinamento e sistemas gerenciais de conhecimento. A empresa adota o PDCA (Plan-Do-Check-

Act ou Planejar-Fazer-Verificar-Agir) como padrão para uma postura planejada de resolução de problemas na fábrica e de melhoria contínua. Também adota em situações investigativas e de resposta rápida o sistema SARA (Scan-Analyse-Respond-Assess ou Varrer-Analisar-Reagir-Avaliar). Há também um ciclo de aprendizado relativo, concentrando-se na concorrência, que pode ser chamado de OODA (Observ-Orient-Decide-Act ou Observar-Orientar-Decidir-Agir).

Com as melhores partes de todas as várias versões do ciclo de aprendizado, forma-se uma malha universal, nomeada de ciclo IDEA (Investigação-Design-Execução-Ajuste). Como se pode notar, a Toyota prioriza o aprendizado como base para a inovação.

Todas as organizações sofrem com problemas, e muitas vezes, o verdadeiro problema não é resolvido. O desafio é entender realmente o que o cliente quer, de todos os ângulos possíveis. Segundo May (2007) existem pelo menos três formas de entender a situação: Observar – ver o cliente; Infiltrar-se – ser o cliente; Colaborar – envolver o cliente. Para tudo isso é preciso botar a mão na massa, envolver-se e resolver o problema, inovar. Tudo isto dá trabalho, mas é essencial para o sucesso da empresa.

É preciso tomar bastante cuidado ao criar grandes idéias, as quais podem não passar de idéias. As necessidades devem ser claras e atuais, mas com intenção no futuro. Isto quer dizer descobrir necessidades não atendidas, reconhecíveis, porém não óbvias. Como exemplo pode-se citar a tecnologia dos híbridos da Toyota, que chegaram ao mercado bem antes da concorrência e hoje dominam as vendas deste tipo de carro.

Projetar para hoje é o caminho para o amanhã. Criar produtos futuristas pode ser um rápido caminho para se cair no desgosto dos clientes. É uma espera arriscada, porque raramente o futuro chega como o esperado. O grande problema de criar para hoje é saber para onde estão voltados os interesses da sociedade. A grande tarefa é explorar as mudanças de mercado, sociais e demográficas que o rodeiam. O requisito é prestar atenção suficiente a fim de obter as exigências atuais.

Um grande problema que o sucesso trás é aquele momento em que a empresa trava. Normalmente é a hora que falta dinheiro e espaço para inovar. A solução é

zerar tudo, voltar aos fundamentos e raízes, confiando na equipe que possui. A inovação exige que os limites sejam explorados, não ignorados. O sucesso pode acabar com a inovação, pois cria uma postura defensiva e comodista que desestimula o próprio comportamento que o gerou. Sempre é preciso definir metas de crescimento, que é uma ferramenta primordial para a inovação. Segundo May (2007) uma meta de crescimento bem estruturada baseia-se em quatro elementos: Alinhamento, Ousadia, Enunciação e Dificuldade. O primeiro refere-se a metas bem configuradas, ou seja, ligadas ao que é mais importante na organização. Ousadia quer dizer comprometer-se com um conjunto de metas de crescimento hercúleas, estimulando a inovação. Enunciação se relaciona ao definir seu alvo claro, real, de forma que todos entendam. Por último, Dificuldade quer dizer que metas fáceis não requerem inovação, porém metas impossíveis desestimulam completamente as pessoas.

Outro problema que impede o desenvolvimento e a busca da perfeição é a acomodação. Infelizmente é natural todos entregarem os pontos e agarrarem a solução fácil, que está muito longe de ser a mais elegante e adequada. Uma ferramenta muito poderosa do repertório da Toyota é a tensão dinâmica. Este é um termo usado para um mecanismo estratégico que incita o pensamento revolucionário. Ela elimina a tendência a acomodação, tornando impossível o sucesso sem uma forma de pensar diferente.

Ser enxuto é desenvolver uma solução com base no cliente e descartar tudo o que for complexo. Este conceito chega ao centro da elegância por meio da simplicidade. Com este conceito os processos são aperfeiçoados e os problemas resolvidos com a meta de fazer os benefícios fluírem para o cliente da melhor maneira possível. É quando os problemas dos clientes são resolvidos da maneira mais elegante possível. O mais importante também é parar de aumentar a complexidade. Os altos custos da complexidade deixarão qualquer organização estagnada no caminho.

2.4. “LEAN MINING”

2.4.1. Apresentando o “Lean Thinking” às empresas mineradoras

Durante a implantação da teoria enxuta em organizações da área da mineração, os processos devem ser implementados com o intuito de serem empregados, após suas conclusões finais, no dimensionamento de instalações e frotas, roteirização, e até no novo desenho de redes de suprimento e distribuição dentro dessas empresas de mineração. Neste processo de transformação serão analisadas as tendências de movimentação de máquinas, insumos e pessoas visando uma melhoria no nível de serviço a partir da garantia de uma máxima relação de qualidade do mineral entre os instantes em que se encontra em sua formação natural, até o instante em que chega ao seu ponto de consumo.

Para tal, modernas estratégias de negócios utilizadas na indústria como um todo devem ser adaptadas aos processos. Segundo Maximiano (2002), do início do século XX até aproximadamente a metade dos anos 70, o mundo das organizações foi dominado pelos conceitos e técnicas disseminadas com a expansão das empresas americanas e européias. As empresas de mineração, em sua maioria de origem inglesa, também seguiram estes paradigmas administrativos. Na transição para o século XXI, o modelo japonês, uma versão sensivelmente melhorada das técnicas e proposições ocidentais sobre a administração, tornou-se um modelo universal, e um dos principais pilares que sustentam a competitividade na economia global. Atualmente as empresas que buscam modernizar suas cadeias logísticas, buscam no modelo japonês de administração os conceitos que guiam a re-engenharia de seus processos, e é esse modelo que servirá de base para a modernização também dos processos logísticos neste estudo com foco na mineração.

A estratégia empresarial japonesa também recebe o nome de "Lean Thinking" ou "Mentalidade Enxuta". Segundo May (2007) este é um termo utilizado para denominar uma filosofia de negócios baseada no Sistema Toyota de Produção que olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é o desperdício e o que é o valor a partir da ótica dos clientes e usuários. As práticas

envolvem a criação de fluxos contínuos e sistemas puxados baseados na demanda real dos clientes, a análise e melhoria do fluxo de valor das plantas e da cadeia completa, desde as matérias primas até os produtos acabados, e o desenvolvimento de produtos que efetivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente. A adoção dessa filosofia tem trazido resultados extraordinários para as empresas que a praticam. A Tabela 1 mostra como os novos conceitos do “Lean Thinking” revêem as antigas praticas empresariais, muitas vezes enraizadas em empresas do setor mineiro.

Tabela 1: Mudança de mentalidade

De	Para
Conformidade. Foco exclusivo na eficiência. Postura “eu posso viver com isto”. Mudanças não são necessárias	Compromisso. Compromisso e engajamento com o processo de mudança cultural.
Complexidade. Orientação para perpetuar processos complexos e com desperdícios na cadeia de valor.	Simplicidade. Uma orientação para processos cujo sucesso é medido pela sua rapidez e simplicidade.
Tolerância com o Erro. Aceitação de uma “certa” margem de erros e uma consequente e por vezes indisciplinada tomada de ações corretivas.	Eliminação do Erro. Six Sigma é um objetivo constante em tudo que fazemos; orientação para elevar nível sigma dos processos.
Medidas Fracas. Medidas financeiras incompletas ou ambíguas; sem processo de inspeção do impacto nos resultados dos negócios.	Medidas Fortes. Medidas financeiras sólidas, documentadas e alinhadas com os resultados do negócio; sistema de acompanhamento formal durante evolução dos projetos.
Silos. Departamentalização das operações. Resistência passiva às mudanças e virtual impossibilidade de sucesso em projetos multi-disciplinares.	Colaboração. Uma mentalidade colaborativa e uma norma informal estabelecida de debate e discussão para projetos multi-disciplinares.
Impaciência. Estilo “é para ontem”. Ataque aos benefícios menos importantes e de curta duração. Declaração prematura de vitória sobre resultados.	Disciplina. Foco no longo prazo e na sustentabilidade dos resultados. Disciplina no método.

A mentalidade japonesa introduziu conceitos revolucionários, como o “Just in Time”, que garante que estoques em sistemas produtivos cheguem exatamente quando necessários, reduzindo volumes de estoque. Introduziu também outras técnicas de redução de desperdício e aumento de qualidade, os dois pilares fundamentais de sua teoria. O “Lean Thinking” inclusive incorporou conceitos originários de outras escolas administrativas, como o “Six Sigma” que originalmente foi desenvolvido na Motorola. De acordo com Pande (2001) esta técnica de controle de qualidade é um

modo de melhorar processos que já estão sobre controle implementando um ciclo de melhoria contínua.

Os resultados obtidos geralmente implicam em um aumento da capacidade de oferecer os produtos que os clientes querem, na hora em que eles querem, nos preços que eles estão dispostos a pagar, com custos menores, qualidade superior, "lead times" curtos, garantindo assim uma maior rentabilidade ao negócio. Desenvolvido originalmente no ambiente de produção da indústria de manufatura, o "Lean Thinking" vem sendo aplicado, com grandes resultados em eliminação de desperdícios, nos mais diferentes ambientes das organizações, bem como em empresas de diversos setores, tais como: automobilístico, aeronáutico, eletrônico, serviços, construção e saúde.

2.4.2. Cadeia de valor mineral

Após o estudo das redes logísticas dos processos de mineração, deve ter início o processo de melhoria da rede através da aplicação dos conceitos de modelos de gestão.

O conceito fundamental da filosofia enxuta está na definição de quais processos realmente estão agregando valor ao produto final entregue ao cliente. A resposta para esta busca está na visualização do que deseja a demanda a partir de seu próprio ponto de vista. Todos os processos que não geram valor do ponto de vista dos clientes devem então ser descartados.

A seguir, o grande desafio dos gestores do trabalho será dar "fluidez" aos processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade dos envolvidos na rede, que têm de deixar de lado a idéia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. É importante conseqüentemente expor o pessoal que lida com a cadeia de valor mineral aos locais e às indústrias onde o pensamento enxuto foi aplicado corretamente, para lhes permitir a oportunidade de aplicar os mesmos princípios às atividades da mineração, assim estabelecendo uma abordagem enxuta ao negócio da mineração.

O efeito imediato de criar uma adição de valor através de um fluxo contínuo da produção é a redução do tempo de e da quantidade de minério em estoque. A

habilidade de desenvolver, processar e distribuir produtos do minério significa um grau mais elevado de visibilidade através da presença de tais produtos no mercado. A mineração enxuta fornece a possibilidade de um trajeto desobstruído em que se encontra quase que instantaneamente a necessidade dos clientes nas extremidades dos canais logísticos utilizando uma solução logística da eficiência elevada.

A inclusão de todos os envolvidos no processo produtivo, e principalmente seus decisores será fundamental. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.

As vendas dos minérios são normalmente destacadas e completamente independentes do processo de produção e, na mineração, esta falta de conexão adquire grandes proporções. No setor mineiro, as prospecções geológicas prevêm, às vezes com boa acuracidade, o perfil geológico do subsolo, e, a partir desses dados, são realizadas as vendas. Acontece que esses dados são apenas estimativas de qualidade e quantidade de minério, e o que se encontra na prática pode diferir um pouco. O desafio para companhias de mineração é controlar a discrepância entre o que o planejamento estimou e os resultados da operação de mineração. Para assegurar que os resultados previstos sejam conseguidos no fim do processo, um grande número de companhias de mineração têm aplicado o conceito do Seis Sigma.

2.4.3. Seis Sigma: A mais poderosa das ferramentas

A metodologia Seis Sigma de controle de qualidade foi desenvolvida pioneiramente pela Motorola nos anos 80 como uma maneira de aperfeiçoar processos que já estavam sob controle, mas onde uma melhoria adicional era exigida. Seu princípio fundamental é o de aumentar a satisfação do consumidor reduzindo defeitos do produto acabado. Seu objetivo de desempenho final é conseguir processos e produtos virtualmente sem defeitos (menos de 3,4 artigos não conformes em cada milhão de unidades produzidas) afirma Pande (2001).

Os resultados de processos industriais típicos podem ser representados por distribuições normais ou Gaussianas. Como ilustrado na Figura 6, o controle da qualidade nos resultados da grande maioria (99.99975%) se encontra entre +/- 6 desvios padrão da função normal. Cada desvio padrão é representado pelo símbolo grego da letra SIGMA, e esta é a razão pela qual o conceito foi nomeado Seis Sigma.

Figura 6: Distribuição normal e desvios padrões.

Não é fácil conseguir um padrão de qualidade 6 σ e entregá-lo de modo contínuo e sustentável aos clientes. Os artigos não conformes são transferidos através da cadeia produtiva e acabam por multiplicar a não conformidade ao longo da cadeia logística. Por exemplo, se nós tomamos um exemplo simples de quatro processos inter-relacionados com perfeição de 99% cada um, a avaliação combinada do controle da qualidade seria: $(0.99) \times (0.99) \times (0.99) \times (0.99) = 96\%$.

As companhias de mineração que aplicam a metodologia do Seis Sigma somente poderão atingir o sucesso não permitindo que não conformidades viagem ao longo de seus estágios produtivos, e esta deve ser exatamente a estratégia que deve ser adotada controlando a cadeia de valor mineral. Isto exige uma revisão cuidadosa dos vários componentes da cadeia produtiva, e a identificação de estações de

controle que não permitirão que os artigos não conformes sejam transferidos entre processos.

A metodologia padrão do Seis Sigma, como afirma PANDE (2001), consiste nos seguintes cinco estágios, que igualmente são ilustrados na Figura 7:

- **DEFINA:** Ajuste os alvos da melhoria que são consistentes com as necessidades do cliente e com a estratégia de risco. Por exemplo, classes e propriedades físicas do minério a ser entregue ao cliente final.
- **MEÇA:** Mantenha medições nos processos em andamento e colete dados relevantes para comparações futuras. Por exemplo, monitore tempos de ciclo e flutuações da qualidade durante o carregamento e o transporte do minério.
- **ANALISE:** Analise dados para identificar os que estão relacionados e o que é coincidência. Determine as correlações e certifique-se de que todos os fatores foram considerados.
- **MELHORE:** Melhore e aperfeiçoe o processo baseado na análise dos dados.
- **CONTROLE:** Verifique para assegurar-se de que toda mudança no sistema seja corrigida antes que ela conduza à falha.

Figura 7: Estágios do Seis Sigma.

A mineração enxuta é baseada em um procedimento de duas etapas: (1) Identificar o que é valor e eliminar processos unitários desnecessários; e (2) Melhorar a eficiência dos processos-chave que visam elevado desempenho. O Seis Sigma é conseqüentemente o componente chave para a segunda etapa da aproximação mineração enxuta, porque permite que se minimizem artigos não conformes e se aperfeiçoem os processos-chave da cadeia de valor mineral.

A questão principal de uma empresa não é apenas atingir o sucesso, mas conseguir mantê-lo. O Seis Sigma não é mais um modismo do mundo dos negócios. Baseado em idéias de gestão, o Seis Sigma cria uma nova fórmula para o sucesso empresarial, construindo práticas e estruturas para sustentar esse sucesso. A gigante General Electric adotou o sistema e hoje já lucrou bilhões de reais com o Seis Sigma, resolvendo problemas de faturamento, revisão de contratos e melhor eficiência com os clientes. A metodologia foi criada pela Motorola a fim de se manter nos negócios na década de 80, num período em que esta corporação admitia que seus produtos eram péssimos. Sem um programa de qualidade, a Motorola desenvolveu o conceito de melhoria inovadora, chamando-o de Seis Sigma. O sistema trouxe inúmeros benefícios à empresa, transformando-a no que é hoje e gerando lucros de até 20 por cento ao ano. A partir daí muitas outras empresas procuraram adotar o sistema para se manterem no mercado. Segundo Pande (2007), o foco do sistema é determinar uma meta de desempenho para todos, onde numa corporação global, todos trabalhem na mesma direção e focalizem uma meta comum. Alguns elementos críticos destes sistemas são listados a seguir.

- Foco Genuíno sobre o Cliente, quer dizer que o foco no cliente torna-se a prioridade principal, sendo as medidas de desempenho começadas no cliente;
- Gerenciamento Dirigido por dados e Fatos, ajudando os líderes empresariais a esclarecer medidas, que são a chave para avaliar o desempenho de negócios;
- Foco em Processo, Gestão e Melhoria, visando a melhoria de eficiência e a satisfação do cliente em cada processo;
- Gestão Proativa, com o princípio de definir objetivos ambiciosos e revisá-los freqüentemente, determinando as prioridades;
- Colaboração Sem Fronteiras e Impulso à Perfeição, expandindo as oportunidades de colaboração das pessoas, já que todas podem reconhecer e medir a interdependência das atividades dos diversos processos;

- Tolerância ao Fracasso, pois nenhuma empresa chegará ao sucesso sem lançar novas idéias e métodos, algo que sempre envolve riscos.

Para se chegar ao sucesso em gestão de negócios, é preciso criar um sistema que constantemente se retroalimente, no qual tanto informações internas quanto externas dizem ao gerente como corrigir o curso que a empresa está tomando. Desta forma, mesmo em um ambiente de negócios traiçoeiros o sistema funciona, mantendo a empresa com segurança no caminho de seu sucesso. Com os métodos Seis Sigma uma empresa pode aprender a monitorar e responder ao “feedback” de tal forma que o caminho à sua frente seja mais fácil e rápido.

Atualmente quase não existem empresas com atividades exclusivamente industriais. As organizações devem dominar inúmeras competências, sendo capazes de acompanhar as novas tecnologias, compreender as necessidades dos clientes, estabelecerem fornecedores que tenham fornecimento pontual. Nos diversos segmentos de serviços devemos investigar os processos, descobrindo o que realmente está acontecendo. Às vezes leva certo tempo até que possam ser compreendidos todos os problemas tão claramente. Colocar no papel todas as questões é um dos maiores obstáculos. Coisas mal descritas ou indefinidas não ajudam muito bem na geração de melhorias. Porém possuir relatórios bem esclarecidos ajuda a diminuir ambigüidades e criar estatísticas. Ao analisar estatísticas, deve-se ter muito cuidado. Não enfatizar demasiadamente as estatísticas é ideal. As pessoas não estão preparadas a lidar com estatísticas pesadas logo de início.

Já no campo da indústria, aplicar Seis Sigma também é uma tarefa desafiadora. A fabricação precisa se tornar participante ativa no processo inteiro. A fabricação não é uma área isolada da empresa, seus funcionários podem ajudar muito a crescer o desempenho da organização.

O primeiro passo é compreender as atividades transfuncionais da organização e como é feita a interface com clientes. Mesmo internamente, como no departamento de Recursos Humanos, os processos essenciais são entregues aos clientes dentro da corporação. Este passo é importante e é o ponto de partida para mapear a empresa. Seguindo disso, é preciso coletar informações dos clientes e medir com

precisão, prevendo a satisfação do cliente e sempre estar aberto a ouvir as opiniões dos envolvidos. São os clientes que dizem suas reais necessidades, sendo as empresas que realmente ouvem seus clientes muito provavelmente as que alcançam sucesso mais rapidamente. O passo três consiste em avaliar o desempenho de cada processo e estabelecer as prioridades, conhecendo as necessidades e aquilo que a organização realmente pode oferecer. Após ter em mãos os fatos e medições, chega a hora de implementar as decisões. Desenvolver soluções apoiadas por análise de fatos e pensamentos criativos é o princípio deste passo. Finalmente, práticas de negócio que impulsionem o desempenho da empresa e mantém um constante controle dos produtos e processos, gerência e soluções rápidas completam o mapa. Esta é a cultura Seis Sigma, sempre posicionada para renovação.

De acordo com Pande (2007), envolver-se numa iniciativa Seis Sigma começa com a decisão de mudar. Primeiro deve-se analisar o caminho que a empresa está seguindo e pensar no seu futuro, conferindo se existe um plano estratégico para mudanças potenciais, contabilizar as probabilidades de atingir as metas financeiras e de crescimento e também analisar a repercussão de qualquer nova circunstância. Mesmo com um futuro brilhante em vista, é preciso avaliar o desempenho atual, se realmente a empresa conhece seu cliente, sua eficácia e os resultados totais. Pensar nos resultados totais dos negócios bem como a eficácia ao atender as necessidades do cliente são itens a serem avaliados. Outro fator é conferir o tempo necessário para uma possível implantação do Seis Sigma à empresa. Ao decidir a adoção do sistema, é importante prever o prazo para o resultado e os custos de instalação. Implementar o Seis Sigma não é interessante quando não for possível avaliar os ganhos potenciais, a empresa já possuir um desempenho eficaz ou se já existem mudanças que sobrecarregam os funcionários.

As decisões para a implantação da metodologia dependem de três principais fatores, objetivo, escopo e cronograma. Os resultados desejados vão dizer a melhor estratégia de iniciação, por isso é preciso esclarecer seu objetivo, sabendo o que o programa seis Sigma realmente pretende atingir na empresa. O escopo deve ser avaliado, determinando quais segmentos da organização podem ser envolvidos nos primeiros esforços Seis Sigma, considerando fatores como recurso de cada setor, atenção que cada setor precisará, observando para não sobrecarregar os líderes do processo, e claro, a aceitação das pessoas de uma determinada área. O prazo

também deve ser ponderado, analisando o tempo necessário para obter resultados. Um fato é que ganhos em curto prazo não são os mais importantes. A meta real é criar uma organização que possa eficazmente manter uma base de clientes fiéis. Os pontos iniciais da implantação do esforço Seis Sigma são diversos. O mapa para a implantação pode ser iniciado em diferentes etapas, dependendo do seu objetivo. Neste ponto é importante também aderir um piloto no processo de implantação, uma vez que problemas e surpresas surgirão em todo processo.

Segundo Brussee (2006), nos estágios primordiais do processo Seis Sigma, oito responsabilidades devem ser assumidas pela alta gerência.

1. É essencial desenvolver um raciocínio forte, onde os líderes devem descrever para todos porque o sistema Seis Sigma é necessário para a empresa;
2. Planejar e participar ativamente da implementação, pois são os líderes que são capazes de alterar o plano, à medida que surgem necessidades, e são eles que defenderão a idéia para o resto do pessoal;
3. Criar uma visão e um plano de “marketing”, defendendo a mudança. Sempre estas grandes alterações trazem medo à corporação, por isso é necessário um bom “marketing” sobre a mudança;
4. Tornar-se defensores poderosos, seguindo passos e resultados de grandes empresas como a Motorola e a GE;
5. Determinar objetivos claros, sempre atingíveis e nada impossíveis;
6. Responsabilizar a eles mesmos e a outros, gerando em toda a organização uma responsabilidade sobre a implantação do sistema de todos, bem como sobre seus fracassos;
7. Exigir medições concretas dos resultados, assegurando que os resultados obtidos são reais além de quanto é importante manter as melhorias Seis Sigma;

8. Comunicar resultados e contratempos, sendo honestos e tornando os resultados obtidos e os contratempos bem conhecidos.

Com todas estas medidas é bem provável que o sistema seja instalado e que toda a empresa não fique com dúvidas sobre este novo processo.

Ainda segundo o autor, numa organização Seis Sigma há diversos cargos importantes. Dentre eles pode-se citar o “Grupo de Liderança”, que corresponde à alta gerência; o “Patrocinador” que é aquele que supervisiona um projeto de melhoria; o líder de implementação, cuja responsabilidade é manter o elo entre a gerência e os processos; o “Coach” que é quem oferece conselhos e assistência especializada, um consultor; o “Líder de Equipe” assume a responsabilidade pelo trabalho e resultados de um projeto Seis Sigma; o “Membro de Equipe” fazem a análise e melhoria de um processo e dissemina informações; o “Proprietário do Processo” é aquele que gerencia ponta-a-ponta o processo. Os “faixa-pretas” são aqueles que reconhecem a profundidade de treinamento e de experiência da empresa. Podem surgir de vários fatores, dependendo das necessidades e objetivos da empresa no processo de instalação do Seis Sigma. Basicamente são eles que aprimoram habilidades de gerentes e líderes e também possuem um conhecimento técnico avançado de Seis Sigma.

O treinamento é um ingrediente-chave para se alcançar sucesso usando a Estratégia Seis Sigma. Alguns princípios básicos devem ser tomados ao planejar este treinamento. Enfatizar a aprendizagem na “prática” é um deles, pois as pessoas aprendem melhor quando podem colocar os conceitos e habilidade imediatamente em prática; fornecer exemplos relevantes ao mundo real, mostrando onde todas estas mudanças irão refletir na empresa; construir o conhecimento, sem muitos jargões avançados, estabelecendo uma fundação de princípios e idéias-chave, fazendo com que as aplicações fiquem claras; oferecer vários estilos de aprendizagem, como gráficos visuais, jogos, etc; enfim, fazer do treinamento algo mais do que aprendizagem, pois o treinamento representa uma oportunidade para se ganhar adesão, esclarecer os termos dos esforços e seu valor para a empresa; e fazer do treinamento um esforço contínuo, à medida que os próprios processos da empresa também precisem de revisões e melhorias contínuas, as pessoas precisam se adequar a estas mudanças.

A seleção de projetos Seis Sigma pode ser crítica. Eles devem ser bem selecionados para se obter os melhores resultados. Não adianta resolver problemas grandes e complexos em curto prazo, pressionando as equipes e desencorajando-as. A melhor seleção de projetos é baseada na identificação daqueles que melhor combinem com as necessidades da empresa, tendo como critérios os impactos, tanto no setor financeiro, nos clientes e na estratégia empresarial, quanto na viabilidade, financeira, viabilidade de adesão dos funcionários além dos impactos organizacionais.

De acordo com Pande (2007), a implantação da metodologia Seis Sigma deve seguir um roteiro. O primeiro objetivo é desenvolver uma visão de alto nível sobre a empresa. Seguem as três principais atividades ligadas a identificação dos processos centrais e clientes-chave. Primeiro, identificar os principais processos centrais da empresa, que representam uma cadeia de tarefas que produzem valor (produtos, serviços, suporte) para clientes externos. Em seguida, devem-se definir a saídas-chave destes processos centrais e os clientes-chave que eles servem, pois na maioria das organizações, todo dia é produzida uma infinidade de coisas, mas do ponto de vista estratégico, apenas o produto final é relevante. Estas saídas são tanto para clientes externos como internos. Por último, deve-se criar um mapa de alto nível de seus processos centrais ou estratégicos, onde as atividades principais de cada processo central devem ser identificadas e feitos diagramas de processos de suporte destas atividades. Um modelo conhecido por SIPOC consiste em cinco elementos: Fornecedor, Entrada, Processo, Saída e Cliente. Este gera diversos benefícios, formando um diagrama simples juntando um conjunto de atividades transfuncionais, numa estrutura aplicável a processos de todos os tamanhos.

Talvez a mais importante competência de uma organização para se desenvolver, é compreender o que os clientes realmente querem. Primeiramente, é necessário coletar dados sobre o cliente, seja ele externo ou interno. É na coleta de dados que se basearão as decisões do projeto. Aliado a isto, descobrir quem realmente são os clientes da empresa ajuda a focalizar o projeto da empresa. Após esta etapa, chega a hora de elaborar padrões de desempenho e declarações de exigências. Aqui é o ponto de partida para ganhar a satisfação dos clientes. Cada cliente possui uma maneira de ser tratado e servido e cada um também exige o produto de uma forma. Cabe nesta etapa diferenciar cada atributo do produto ou serviço final essenciais

para a satisfação do cliente. Finalmente, é indispensável criar um sistema eficaz para coletar informações do Cliente.

De acordo com Pande (2007), é fundamental na organização Seis Sigma o desenvolvimento de uma infra-estrutura de medição. Para isso basta seguir alguns passos de medição: Selecionar o que medir, depois desenvolver definições operacionais e então identificar fontes de dados. Com isto, é necessário preparar um plano de coleta e amostragem. Finalmente, deve-se implantar e refinar a medição. Quaisquer atividades podem ser medidas, inclusive aquelas de baixo volume. O primeiro passo de medição é planejar e medir desempenho em relação às exigências de clientes. Atos simples como formulários de coletas de dados ou realizar uma amostragem (utilização de alguns itens de um processo para representar a todos) ajudam nesta etapa. Coletadas as informações, medidas básicas de defeitos e oportunidades de melhorias serão criadas. Estas devem ter simplicidade, consistência e comparatividade. É elementar criar uma proporção defeituosa (N° de defeituosos/ N° de unidades) ou encontrar o rendimento final ($1 -$ proporção defeituosa). A partir destas e outras medidas pode-se cobrir a maior parte dos processos fundamentais e assim procurar lacunas nos processos.

É neste momento que a declaração dos problemas é realizada. Uma descrição é feita e está focalizada naquilo que está errado e que se deve corrigir. Com esta documentação é criada a Carta de Projeto, onde devem ser listados desde os problemas e direções a serem tomadas até quem participará do programa.

A medição agora serve para confirmar ou refinar o problema e a busca das causas-raiz. Cada equipe precisa fazer as escolhas de medição cuidadosamente. Os dados que podem ser coletados às vezes não são os desejados. Somente após ter uma medição sólida, que confirme e esclareça o problema, a próxima etapa chega.

A análise é uma fase que depende muito do processo e como o problema é abordado. Esta etapa pode ser representada como um ciclo impulsionado através da geração e da avaliação de hipóteses quanto à causa do problema. Os maiores erros são abreviar o ciclo prematuramente e ficar preso ao ciclo, nunca encontrando dados suficientes para encontrar a solução mais provável. Um ponto de partida para este ciclo é o diagrama Espinha de Peixe ou Causa e Efeito. Com estes em mãos é

possível eliminar as causas potenciais e escolher somente aquelas causas que mais contribuem para o problema. Os mapas de processos são criados com as informações coletadas. Estes mapas são de extrema importância, pois guiam e esclarecem as decisões. Com um conjunto de dados coletados é possível utilizar ferramentas para visualizar estas análises, que são os gráficos, histogramas e diagramas.

A fase de melhoria é onde se procura meios de maximizar os benefícios decorrentes de tudo já coletado. É hora de gerar idéias e sintetizar soluções. Com planejamento, pilotagem e prevenção de problemas este é o momento de implantar as soluções. Às vezes leva tempo para testar soluções e medir resultados.

Para atingir níveis de desempenho Seis Sigma é preciso manter-se em dia com as mudanças do mercado. Sendo assim, é necessário a reinvenção, ou o reprojeto de diversas atividades. É importante enfatizar o valor do cliente visando maior produtividade. Ao reprojetar visando o mercado atual, a tecnologia pode ser uma forte aliada, desde que aplicada com sensatez. Não existe uma fórmula para decidir quando reprojetar. Este ato depende da existência de uma necessidade, ameaça ou oportunidade importante. A empresa também deve estar disposta a aceitar o risco de reprojetar um processo. Novamente uma Carta de Projeto/Reprojeto define e direciona os parâmetros do programa. Além disto, um reprojeto tem um maior alcance: projetar e tornar produtivo um novo método de execução de tarefas-chave da organização. Definir o escopo do programa é descrever os limites dentro dos quais todas as atividades do processo serão consideradas jogadas válidas para o reprojeto. O escopo correto para um programa é um desafio. Então dispor de um diagrama SIPOC ou um mapa mais detalhado do processo ajuda na definição do escopo. Como na seqüência de um programa de Melhoria de processo, o Reprojeto segue os padrões do DMAIC (Define-Measure-Analyse-Improve-Control), porém com alguns aprofundamentos. As medições externas podem trazer benefícios especiais ao reprojeto. Devem-se buscar informações que possam ajudar oportunidades de reprojeto, tanto internamente quanto externamente.

A construção do novo processo foi iniciada. É importante verificar se todos os ingredientes estão em seus lugares, desde meta, escopo, conhecimentos de técnicas até tempo e confiança. É a hora de rever o projeto, tentando desenvolver

mais detalhes e subcomponentes do novo processo. Outra parte importante é tentar ganhar apoio dentro da organização para o plano.

Finalmente é chegada a hora da implementação do projeto/reprojeto. Sempre se deve começar com uma operação piloto, em vez de um lançamento pleno, testando as suposições e minimizando qualquer prejuízo. Após o sucesso desta operação, todo cuidado é pouco para iniciar a situação real, que deve sempre ter treinamento, documentação correta, diagnóstico de problemas, gestão do desempenho e medição dos resultados.

De acordo com Brussee (2006) nos processos Seis Sigma é essencial ter disciplina para manter os resultados. A primeira consideração é programar medidas em andamento e ações para sustentar a melhoria. Uma documentação simples, clara e fácil mantém os padrões dos processos. Jamais se deve esquecer de monitorar os resultados, exigências dos clientes e custos. Planos de reação a problemas inesperados são interessantes para evitar uma reação impensada. E nunca se deve esquecer os mapas de processo e os documentos engavetados.

Devem-se definir também responsabilidades para propriedade e gerenciamento do processo. A gestão dos processos é imprescindível, sendo preciso distribuir a gestão de cada processo aos “proprietários de processo”. Por ultimo, deve-se executar o gerenciamento de “loop fechado” e se direcionar para o Seis Sigma. Este é o início para se tornar verdadeiramente uma organização Seis Sigma. Várias ferramentas ajudam no gerenciamento dos processos, como os “painéis do processo” e “boletins escolares de clientes”. Estas ajudam a criar um plano completo para controlar o processo e manter os ganhos.

Para se atingir o sucesso absoluto do sistema Seis Sigma deve-se recorrer à aplicação – por equipes e especialistas (“black belts”) especialmente treinados – de ferramentas sofisticadas que trazem força para os esforços de aprendizagem e melhoria. São elas:

- Controle estático do processo e gráficos de controle (identificação do problema);

- Provas de significância estatística (definição do problema e análise de causas-raiz);
- Correlação e regressão (análise das causas-raiz e previsão de resultados);
- Planejamento de experimentos (análise de soluções ótimas e validação de resultados);
- Análise de modo e efeitos de falha (priorização e prevenção de problemas);
- Dispositivos à prova de falhas (prevenção de defeitos e aperfeiçoamento do processo);
- Desdobramento da função qualidade (produtos, serviços e projeto de processos).

De acordo com Pande (2007), existem 12 chaves para o sucesso de uma implantação de metodologia Seis Sigma:

1. Ligar esforços Seis Sigma a estratégias e prioridades de negócios;
2. Posicionar Seis Sigma como uma maneira melhor de gerenciar hoje;
3. Manter a mensagem simples e clara;
4. Desenvolver seu próprio caminho para Seis Sigma;
5. Focalizar em resultados de curto prazo;
6. Focalizar em crescimento de desenvolvimento de longo prazo;
7. Divulgar resultados, admitir reveses e aprender com ambos;
8. Investir para fazer com que aconteça;
9. Utilizar as ferramentas Seis Sigma com prudência;
10. Conectar clientes, processos, dados e inovação para construir o sistema Seis Sigma;

11. Tornar os altos líderes responsáveis;

12. Tornar a aprendizagem uma atividade contínua.

2.4.4. Aplicações do Lean Mining

Empresas que têm tido grandes sucessos na melhoria da qualidade e da produtividade, segundo Kearney (2004), dividem características comum:

- Elas estão focadas estrategicamente para aumentar o valor que os clientes recebem ao fazer negócios com elas.
- Elas adotaram uma estratégia de “marketing” de satisfação total do cliente e uma filosofia de gestão total de qualidade.
- Seus administradores sêniores são totalmente comprometidos com o aumento de qualidade, a filosofia da corporação e o estilo de gerenciar requerido.
- Elas acreditam que o aperfeiçoamento da qualidade deve incluir tanto produto quanto o serviço.
- Suas estratégias de serviços e produtos são dirigidas por um profundo entendimento das exigências dos clientes.
- Elas usam uma estruturada abordagem para a melhoria, incluindo análise de processo, análise estatística e equipes de desenvolvimento multidisciplinares.
- Seus empregados tomam posse das melhorias (por exemplo, eles tomam a responsabilidade de identificar e agir nas melhorias)
- Elas apóiam empregados com maiores compromissos para sua formação, recompensas e reconhecimento de realizações tangíveis.
- Elas envolvem ativamente fornecedores e clientes como parceiros nas iniciativas de melhoria de qualidade.

- Elas têm expectativa realista sobre a magnitude do comprometimento e grau de mudança envolvida.

A maioria das companhias ainda não estabeleceu uma base na excelência da logística para sustentar uma estratégia de satisfação do cliente. O processo logístico está no centro de execução de uma estratégia de satisfação do cliente. Assim, Kearney (2004) avaliou o quão pronto estavam os respondentes de uma pesquisa para apoiar esta estratégia. Foram definidas oito dimensões de excelência em logística que medem:

- Quão completamente a companhia procura compreender as necessidades dos clientes e como ela traduz efetivamente as exigências em metas de serviço ao cliente.
- Quão completamente os esforços do plano de logística consideram o processo logístico completo (incluindo planejamento interfuncional e planejamento cliente-companhia-fornecedor).
- Quão efetivamente a companhia conduz taticamente (por exemplo, mês a mês) seus planos operacionais.
- Quão empenhada a companhia é para o desenvolvimento contínuo do processo logístico.
- Quão efetivamente a companhia usa tecnologia para unir os participantes do processo logístico e para manter melhorias.
- Quão bem os empregados e a gestão trabalham juntos como um time para realizar melhorias.
- Quão perto a companhia trabalha com seus fornecedores e provedores de serviços para melhorar o processo logístico como um todo.
- Quão efetivamente a companhia usa medidas de progresso e resultados para guiar a ação.

A pesquisa descobriu que somente 10% dos respondentes são excelentes em logística. Estas companhias têm uma infra-estrutura logística necessária para apoiar

uma estratégia de satisfação do cliente. A maioria (77%) estava categorizada num estágio abaixo. Estas têm uma maior fraqueza, que pode comprometer seus resultados dependendo de seu posicionamento estratégico. Apenas 13% se encaixam no menor estágio. A fraqueza em logística dessas companhias é tão profunda que elas são fundamentalmente incapazes de manter um serviço estratégico focado no cliente.

Lacunas entre fornecedores e clientes inibem a melhoria da qualidade na área de logística para muitas empresas. A pesquisa descobriu que muitos fornecedores não entendem as exigências do serviço ao cliente muito bem. Ao invés de perguntar ao cliente diretamente, eles contam pesadamente com “salesforce input”, níveis de serviços dos competidores, ou níveis de reclamações do cliente. Os clientes que foram pesquisados acreditam que esta lacuna no entendimento é um impedimento significativo para a melhoria da qualidade do serviço.

Foram encontrados também muitos fornecedores que se baseiam em medidas de serviço internas, ao invés de medir eles próprios do ponto de vista do cliente. Raramente eles olham para o “feedback” dos clientes ou fornecem um feedback para os clientes em serviço de desempenho. Fechar estes buracos é crucial para o sucesso.

Melhorias futuras em logística virão de áreas não tradicionais. Tradicionalmente, melhorias para o desempenho logístico vêm sendo medidas em termos de redução de custos ou ganhos produtivos. As fontes primárias destes tipos de melhorias eram transporte e armazenamento. A pesquisa de Kearney (2004) levantou que companhias estão confiando menos nestas tradicionais “minas de ouro” no futuro.

Em vez disso, elas irão olhar para a compra, controle e planejamento de materiais, e sistemas de informação como fontes para os futuros ganhos de produtividade da logística. Benefícios virão na forma de menores estoques, produção e compras mais eficientes, menores erros, mais informação precisa e menos duplicação de esforços inúteis. Em comparação como o transporte e armazenamento, estas oportunidades emergentes requerem uma melhor coordenação e cooperação. Integração total no processo logístico será a chave para os ganhos produtivos nestas áreas.

Por exemplo, a média das empresas pesquisadas relata redução no tempo de ciclo na ordem de 30% sobre os últimos cinco anos e espera reduzir os ciclos na metade nos próximos 10 anos. Reduções similares foram relatadas para os ciclos de reposição de estoques.

Como uma corporação global, e uma das maiores mineradoras do mundo, a VALE está procurando implementar técnicas de gerência modernas em suas cadeias logísticas minerais de diferentes produtos distribuídos ao redor do mundo. A mina brasileira de Carajás, perto da floresta Amazônica, é situada no maior sítio mineralógico financeiramente viável para minerais metálicos no mundo. Hoje em dia há diversos projetos que pretendem até mesmo duplicar a produção e a exportação do minério de ferro da região.

A VALE adota em suas minas existentes ferramentas logísticas que mesmo inconscientemente incorporam o conceito da mineração enxuta. Para assegurar o fluxo estável dos bens ao longo da cadeia logística, a VALE projetou suas cadeias logísticas com altos níveis da automação. Sempre que possível, os dispositivos foram projetados para assegurar o transporte do minério num ritmo elevado e constante. Dois destes dispositivos são as TCLDs (Transporte por Correias de Longa Distância), que substituem os caminhões fora-de-estrada no transporte do minério da mina à usina de beneficiamento e às esteiras transportadoras articuladas que lançam o minério nas embarcações sem a necessidade de paradas para o reposicionamento de lanças.

No caso das TCLDs, como mostrado na Figura 8, muitos problemas associados com o transporte por caminhões para distâncias longas em posições remotas são evitados. Isso é conseguido através de uma redução no tempo de indisponibilidade devido à manutenção e à confiabilidade elevada na operação. As quantidades irregulares de minério que eram transportadas por caminhões geravam um procedimento irregular na entrada da usina na etapa de britagem primária.

Figura 8: Exemplo de TCLD como o usado em Carajás, desenhado e operado pela VALE.

Um outro exemplo dos conceitos enxutos que estão sendo aplicados em processos da mineração são os transportadores de correia que alimentam de minério os navios nos portos. Estas esteiras, através de um processo de reengenharia, ganharam o diferencial da articulação que permite seu reposicionamento durante a operação do carregamento. Geralmente os navios têm compartimentos múltiplos da carga, e quando cada um dos compartimentos está cheio, deve haver um tempo adicional para o reposicionamento da lança para o compartimento seguinte. No processo moderno adotado pela VALE, o carregamento é contínuo, pois duas lanças operam alternadamente. Enquanto uma carrega, a outra está sendo reposicionada, assegurando a estabilidade no transporte do minério através da cadeia de valor mineral como mostrado nas Figuras 9 e 10.

Figura 9: Correia de transporte articulada carregando um navio

Figura 10: Compartimentos de carga em um navio

3. MODELAGEM DE REDES LOGÍSTICAS MINERAIS

3.1. OBJETIVOS DA MODELAGEM DE REDES LOGÍSTICAS

O objetivo da modelagem é entender e representar o comportamento dinâmico da rede logística e avaliar as consequências de configurações alternativas nos indicadores de desempenho logístico. Estes indicadores estão intimamente relacionados a custos logísticos e nível de serviço. Segundo Taylor (2005), custos relevantes são, por exemplo, custos de manutenção de armazéns, custos de processamento e custos de transporte. O critério nível de serviço abrange número de postos de entrega, confiança na entrega, tamanho de “lead-time”. Na tentativa de melhorar a rede logística, várias estratégias de reengenharia¹ são analisadas. Entre elas estão a redução de “lead-time” e aumento da frequência nas entregas, ou a melhora na qualidade da tomada de decisão através da melhor troca de informações entre atores da rede e adaptações nas regras decisórias.

Assim, um modelo físico, com interatividade visual, contribui para a tomada de decisões com relação ao melhor design da rede logística. A principal razão para isso é o aumento de complexidade² das redes de interesse conforme elas crescem em nós e canais logísticos. Hayek (1949), afirma que, através da modelagem de sistemas complexos, podem-se prever apenas padrões de comportamento, porém jamais previsões precisas como no caso de sistemas não-complexos. Segundo Pidd (1999), os modelos são usados para se explorar as possíveis consequências de ações antes delas serem tomadas.

Durante o processo de modelagem, coleta e análise de dados, somente o operador terá acesso ao modelo. Somente o “output” de dados, ou estrutura física resultante, será apresentado aos atores interessados.

¹ Reengenharia, segundo Stair e Reynolds (2002), é o redesenho de processos, e envolve a readequação dos processos empresariais, estruturas organizacionais, sistemas de informação e valores de organização objetivando uma guinada nos resultados do negócio.

² Segundo Shannon e Weaver (1949), a complexidade de um sistema reside na quantidade de variáveis representativas, endógenas e exógenas, que se interrelacionam de maneira desconhecida e imprevisível.

Segundo Mann (2005), a alternativa de se adotar uma empresa terceira, externa ao ambiente dos sistemas a serem modelados, como responsável pela coleta de dados (“input”), muitas vezes peca no sentido de promover a confiança dos envolvidos em seus resultados. Como uma maneira de mitigar este problema, a gestão do programa de modelagem programa visitas de analistas aos locais que estão sendo modelados, e seminários que difundem a idéia da importância e robustez da metodologia de modelagem. “Muitas vezes o sentimento nas empresas que estavam sobre processo de modelagem era de que as visitas captavam um cenário incompleto da rede, que cenários alternativos estavam sendo esquecidos devido ao pouco conhecimento do analista sobre a empresa”. May (2007).

Quando esta coleta de dados é feita pelos próprios operadores da rede logística, o problema do elemento estranho à empresa é solucionado. O processo de modelagem passa a ser visto como um canal de comunicação entre os operadores e seus superiores, principais atores do planejamento de engenharia da rede. Neste caso o modelo é compartilhado por todos os envolvidos permitindo a exaustão na discussão de novos cenários.

A metodologia de modelagem apresentada neste capítulo da tese Doutorado se baseia em guiar os operadores da rede logística a responderem questões específicas, com possibilidades de respostas apresentadas. O “input” de dados é feito por aqueles que mais conhecem a rede e seus processos, ou seja, os operadores da rede logística.

3.2. CONCEITOS LOGÍSTICOS

Segundo Novaes (2000), as redes logísticas são complexas representações de fluxos de produtos que se deslocam no espaço e tempo para suprir demandas. Estas redes contêm uma grande quantidade de nós³ e canais⁴ (Uma rede logística

³ Segundo Novaes (2000), um nó é uma representação gráfica de uma instalação física onde ocorre algum tipo de alteração logística (transporte, estocagem, armazenagem ou fluxo de informações).

⁴ Segundo Novaes (2000), um canal é uma representação gráfica de um corredor logístico por onde ocorre transporte, fluxo de informações ou estocagem “pipeline”.

mineira pode ser consistentemente representada por um modelo com cerca de 10 a 15 nós e 20 a 30 canais) pelos quais acontecem estes fluxos, e uma variedade de possibilidades para a transposição de elementos entre um nó origem para um nó destino. As redes logísticas oferecem vários caminhos pelos quais os produtos podem circular, seja entre os canais de suprimento, seja entre os canais de distribuição.

As redes logísticas na mineração guardam certas semelhanças. Os fornecedores primários são pontos de extração de minério em minas, que são sítios onde ocorre a extração de produtos de interesse econômico do solo. Após esta extração, o minério é transportado até uma usina de processamento físico e químico para a obtenção dos produtos de interesse através de processos como a moagem, peneiramento e britagem. Até chegar nesta usina, alguns processos podem ocorrer pelo caminho, como a britagem primária que ocorre em BSMs (Britagem Semi-Movel) espalhadas pela mina próximas aos pontos de extração. Para a distribuição dos produtos finais, o minério passa por uma nova etapa de transporte até seu último centro de distribuição, muitas vezes um porto. Neste centro ocorre a “blendagem”⁵ do material e embarque até seus consumidores.

A figura 11 ilustra um exemplo de uma rede logística mineral representada por fornecedores primários (minas), fornecedores secundários (BSMs espalhadas pelas minas), usina, consumidores primários (portos onde ocorre “blendagem”), e consumidores secundários (fábricas no destino).

⁵ “Blendagem” é um termo oriundo da indústria química e alimentícia que denota a mistura de um ou mais componentes de forma a homogeneizar o produto final e padronizar processos. No caso da mineração, a “blendagem” se faz necessária para a garantia de teor de minério do produto final embarcado para o consumidor conforme especificações contratadas. Exemplo: CST automatiza processo de blendagem de minério (in: <http://www.aesetorial.com.br/mineracao>)

Figura 11: Exemplo de representação de uma rede logística mineral

Segundo Ghiani, Laporte e Musmanno (2004), as cadeias logísticas podem ser definidas como uma parcela de uma rede logística constituída por um fluxo unitário, ou seja, um único caminho. Na cadeia, um único caminho entre o nó origem e o nó destino está bem definido, e é por ele que fluirão os produtos. A figura 12 exibe a representação de uma das cadeias logísticas da rede logística demonstrada na figura 11.

Figura 12: Exemplo de representação de uma cadeia logística mineral

Para promover melhorias consistentes dentro de uma cadeia logística, a primeira etapa após a sua modelagem será a sua análise (do grego “ανάλυσις”, "dissolução") e posterior aplicação de metodologia de melhoria sobre cada processo em específico. Se todos os processos dentro de uma cadeia logística, e, todas as cadeias logísticas dentro de uma rede logística forem otimizadas, isto muito

provavelmente não resultará no fluxo ótimo para a rede logística como um todo. Assim, a etapa de modelagem de redes e cadeias logísticas é fundamental para a etapa posterior de promover melhorias aos nós e canais que se desejar. Deste modo, pode-se adequar o grau de melhoria desejado a cada processo em particular para se atingir um desejado grau de melhoria para a rede logística como um todo.

Cada ator⁶ dentro de uma rede logística buscará o ótimo que lhe convier. Se for um ator que gerencia a rede logística como um todo, o melhor desempenho possível da rede será o desejado, mas se for um ator que administre somente um porto, por exemplo, ele buscará o ótimo das cadeias logísticas que se utilizam daquele porto.

Assim, no primeiro momento da análise de uma rede, quando já e concluiu a etapa de modelagem e se inicia a busca por melhorias por parte de algum dos atores envolvidos na rede, duas coisas devem ser bem definidas:

- Qual é o papel deste ator que inicia o procedimento de busca por melhorias dentro da rede logística
- A rede logística deve ser desmembrada em nós e canais

3.3. METODOLOGIA DE MODELAGEM

Segundo Robinson (2007), os principais objetivos de um processo de modelagem são:

- Representar o ambiente observado em suas variáveis mais significativas
- Registrar graficamente
- Fornecer ferramentas para validação de hipóteses e propostas de melhorias
- Observar o relacionamento entre atores e processos

⁶ Segundo PMBOK (2004), Atores são pessoas ou sistemas que compõem o diagrama dos processos representados. Os atores são, por exemplo, fornecedores, gerentes e empresas transportadoras.

Um modelo é, segundo Rumbaugh (1991), uma representação do contexto de um problema a ser resolvido, construído com foco nas variáveis de interesse e abstraindo as variáveis que não sejam relevantes para a solução do problema. Para se modelar, pode-se definir as seguintes etapas de construção de modelos propostas por Robinson (2007) para quaisquer situações que envolvam modelagem:

Modelo conceitual - É a forma mais natural dos fatos e retrata situações que estão mais próximas da realidade do ambiente do cliente. Apresenta as características básicas da situação a ser modelada sem limitações tecnológicas ou de implementação. O modelo conceitual concentra-se no mais alto nível de abstração e não leva em conta nenhum banco de dados em si, mas a forma como as estruturas serão criadas para armazenar os dados. Por este motivo, esta é a etapa mais adequada para o envolvimento do usuário que não precisa ter conhecimentos técnicos. Neste momento será desenvolvido o primeiro esboço do modelo, será definido o método de construção do modelo e quais objetivos ele pretende atingir, sendo fundamental, portanto, considerar-se:

- Visão geral do tipo de negócio
- Métodos de facilitação do entendimento entre usuários e quem esta desenvolvendo o modelo
- Escolha das principais variáveis que precisam ser representadas no modelo

Modelo Lógico – Representa o detalhamento do modelo conceitual respeitando restrições impostas por algum tipo de tecnologia de banco de dados. (banco de dados hierárquico, banco de dados relacional, planilha eletrônica, etc.). Suas características são:

- Deriva do modelo conceitual
- Possui uma interface para “input” de dados essenciais para a estruturação de um modelo físico da realidade
- Possui um banco de dados inseridos pelo usuário através da planilha de “input” de dados
- Define relações entre os dados de “input” e o modelo físico (“output”)

Modelo Físico – Confere robustez ao modelo lógico através da análise das características da gestão do banco de dados, ou seja, transforma dados em resultados esperados:

- Elaborado à partir do modelo lógico
- Pode variar segundo o processamento do banco de dados
- Terá uma representação gráfica após a gestão dos dados (“output”)

A figura 13 mostra como é a evolução de complexidade característica do processo de construção de um modelo, que passa pelas três fases propostas por Robinson (2007)

Figura 13: Evolução da construção de um modelo

Algumas definições, comuns na estruturação de bancos de dados, se fazem necessárias e serão apresentadas a seguir. Quando se capturam dados através de um questionário para a montagem de um banco de dados, estes dados podem ser classificados na forma de Entidades, Atributos e Domínios.

- Uma Entidade pode ser definida como qualquer coisa do mundo real, abstrata ou concreta, da qual se deseja guardar informações. Como por exemplo: fornecedores, produtos, equipamentos.
- Um Atributo é tudo o que se pode relacionar como propriedade da Entidade. Como por exemplo: Classe do fornecedor (primário, secundário,...), tipo de equipamento (pá-carregadeira, motoniveladora,...)

- Domínio é o conjunto de valores possíveis (quando numérico) ou possibilidades para um atributo.

No caso da construção do modelo de uma rede logística mineral, serão escolhidas entidades representativas e seus respectivos atributos. Para cada atributo será providenciado um domínio de possíveis respostas que facilite o processamento dos dados obtidos em questionário e sua transformação em representação gráfica. Por exemplo:

Entidade: Canal de transporte entre BSM1 e usina

Atributo: Modal⁷

Domínio: Caminhão 50ton.

Caminhão 40ton.

Correias de longa distancia (TCLD)

3.3.1. Modelagem conceitual de infra-estrutura

A representação, através de um modelo conceitual primeiramente, da infra-estrutura da rede logística depende do levantamento de seus três aspectos fundamentais: Processos, Fluxos e Funções. (Van der Zee, Van der Vorst (2005))

Os processos são representados por elementos de infra-estrutura da rede logística, como canais de transporte (suprimento e distribuição), armazéns, centros de distribuição. Presume-se que estes processos possuem certo nível de inteligência própria para realizar as principais atividades que os caracterizam e processar informações advindas de processos interdependentes.

Os fluxos são orientações que assumem cada um dos processos descritos acima. A caracterização dos fluxos envolve a previsão de volumes, tempos de ciclo, capacidades, e origens/destinos. Com os fluxos dos processos bem definidos, devem ser definidas também as funções de cada fluxo, que serão informações acerca de características peculiares a cada fluxo, como por exemplo, uma central de

⁷ Modal: Modo, meio de transporte.

distribuição que realiza descarga de caminhões, armazenagem de produtos e carga de outros tipos de caminhões ou até mesmo navios.

Para o correto mapeamento de todos os processos necessários, se faz necessária a perfeita compreensão dos limites de uma rede logística com o ambiente externo se dá pela caracterização de processos internos e externos. Os processos internos, que se encontram nas áreas limítrofes das redes logísticas, são aqueles descritos por produtores primários, como as frentes de lavra nas minas, e pelos consumidores finais de produtos acabados, como os portos de destino de navios exportadores de minério.

Para se atingir o nível de detalhamento desejado num trabalho de modelagem estes processos internos podem representar diferentes atividades dentro de uma companhia, inclusive com diferentes níveis de relevância e tamanho. A escolha criteriosa de quais processos são representativos do sistema como um todo, e deverão portanto serem modelados, depende de quem realiza a modelagem. Dependendo da importância do processo em questão para a modelagem como um todo, o processo pode envolver vários atores, um único ator, um departamento ou uma única célula dentro de um sistema de produção.

3.3.2. Modelagem Conceitual de gestão

Para a modelagem conceitual de sistemas de gestão, Van der Zee, Van der Vorst (2005) adotam uma abordagem fundamentada em três conceitos chave: Agentes, Fluxos e Funções.

Agentes são os gestores responsáveis pelo planejamento e tomada de decisões em redes logísticas. A Vale, Codelco, BHPBillington, RioTinto, Metso, MinerConsult, ALL, são exemplos de agentes dentro de sistemas de gestão.

Todas as atividades de gestão são definidas como funções, e as funções de sistemas de gestão estão relacionadas a produtos, informações, matéria primas. Uma das funções de um sistema de gestão de um porto é o controle de estoques de minério em pilhas de diferentes teores.

A última categoria, de fluxos, lida com a gestão da informação para a transferência desses produtos entre os elementos da infra-estrutura da rede. No exemplo do porto, o fluxo de estoque de minério entre a usina e seus pátios é controlado pela gestão (captação, processamento e tomada de decisão) da informação.

3.3.3. Flexibilidade na Modelagem

A modelagem se baseia no conhecimento de processos. O comportamento dinâmico da rede é capturado através da modelagem como uma teia de processos, fluxos e funções com relações de precedência. As funções podem ser iniciadas por múltiplas causas e ter tempos de processamento dependendo dos produtos processados e capacidade dos processos.

Ao utilizar-se deste tipo de abordagem de modelagem, busca-se adotar uma terminologia logística básica, e o uso de conceitos logísticos difundidos. Em conjunto com a utilização de uma metodologia explícita e a escolha de variáveis-chave apelando para a contribuição dos donos dos problemas (gestores das redes), a visibilidade dos processos da rede logística possibilitará a aplicação de métodos de melhoria.

Foi escolhido um formato de visualização de rede modelada orientado pelos processos, e isso foi feito pelas vantagens que traz para o trabalho de modelagem. Esta abordagem facilita a reutilização, readaptação, e sustentação do modelo para outros cenários, garantindo flexibilidade ao modelo desenvolvido. Isto estimula o mapeamento individualizado caso a caso para cada situação que se deseje modelar.

Ainda segundo Van der Zee, Van der Vorst (2005), a utilização do conceito de funções visa trazer para a modelagem duas importantes contribuições: Primeiramente, a normalização de atividades promoverá um mecanismo limpo e natural para o planejamento dessas atividades. Estas atividades estarão ligadas as características das funções. Em segundo, quando estruturas de controle são desenvolvidas, um modelo mais realístico será apresentado.

Para a análise de uma rede logística, é desejável seu desmembramento em nós e canais e isto será possível utilizando o questionário apresentado em anexo. Este questionário e sua estrutura computacional foram desenvolvidos neste trabalho de Doutorado para fornecer uma rápida e fácil interface com o operador para que através de simples informações a serem obtidas no campo, seja possível uma detalhada caracterização de instalações de carga, descarga e armazenagem nos nós e dos modais de transporte nos canais logísticos.

A aplicação prática do questionário (Anexo I) está exemplificada no Capítulo “Aplicações práticas” através da utilização da metodologia em melhorias propostas e realizadas pela ALL na rede logística da MCR (Mineração Corumbaense Reunidas) em Mato Grosso do Sul.

No fluxograma da figura 14 está apresentado como se estrutura a aquisição (“input”) de dados. Este “input” de dados é realizado em forma de um questionário que apresenta 15 telas:

A tela 01 é uma pequena introdução que explica a importância da modelagem e quais são suas etapas principais. Já a tela 02 funciona como um menu onde o operador pode visitar qualquer uma das 15 telas através de um simples toque.

A tela 03 é um cadastro do cliente, onde ele insere seus contatos, área dentro da empresa em que trabalha e segmento de atuação.

A tela 04 inicia uma abordagem de dados mais focados nas questões logísticas. Ela captura dados como a descrição dos serviços executados e especifica as cadeias logísticas que compõem a rede logística uma por uma. Nesta tela também são registrados dados sobre os produtos, como volumes (ton.), embalagens, periculosidade e sazonalidades.

As telas 05 e 06 capturam dados sobre os nós logísticos. Elas recebem dados como tempos de carga e descarga, características dos equipamentos e necessidades especiais de manuseio e acondicionamento.

As telas 07 e 08 coletam atributos das operações de transporte como origem, destino, modais, tempos de trânsito, tipos de equipamentos utilizados, gestão de risco e logística reversa.

A tela 09 coleta dados sobre armazenagem. Nela são inseridos dados sobre os tipos de operações realizadas, localização e capacidade dos terminais de carga e descarga onde se localizam armazéns.

Na tela 10 é realizado um mapeamento dos pontos de entrega finais dos produtos, como suas características geográficas, contatos e rastreabilidade.

A tela 11 recebe dados sobre tarifas praticadas nos canais logísticos (R\$/tu⁸) em seus mais variados meios de transporte.

Na tela 12 são inseridos dados sobre os atributos de controle das operações logísticas escolhidos para a gestão desta rede logística em específico.

A tela 13 capta informações extras como características especiais de vias permanentes, sistemas auxiliares utilizados pela rede e necessidades de investimentos para melhoria ou viabilidade das operações.

As telas 14 e 15 são telas de instruções para guiar o operador no processo de preenchimento do questionário.

⁸ R\$/tonelada útil é a medida de tarifa normalmente utilizada por operadores logísticos pois ignora a tara do modal e considera apenas o peso do produto.

Figura 14: Fluxograma de atividades de modelagem do Questionário em anexo

4. LEAN MINING

4.1. METODOLOGIA DA ABORDAGEM ENXUTA

O propósito maior de uma gestão enxuta é o de desenvolver um sistema de produção enxuto sustentável. Sem uma metodologia de implementação e gestão das técnicas de produção enxutas, estes sistemas de produção, agora “enxutos”, tendem ao fracasso e quase nunca cumprem suas metas de longo prazo. Segundo Melton (2005), “Lean” é uma revolução. Não trata apenas do uso de novas ferramentas ou da mudanças de algumas etapas nos processos produtivos, mas sim da completa mudança na maneira de se fazer negócio.

A base, e primeiro foco de atenção para a abordagem enxuta em empresas mineradoras, e para o desenvolvimento de um robusto⁹ sistema de gestão enxuto, é o enraizamento da filosofia enxuta (“lean thinking”) na cultura da empresa. Segundo Mann (2007), a cultura empresarial é uma somatória dos hábitos profissionais das pessoas com relação a como elas realizam suas tarefas. A cultura empresarial é um ente abstrato, um conceito ou idéia que foi racionalizado pelas pessoas que tradicionalmente trabalharam na empresa para se balizarem no que haviam visto e experimentado.

A cultura organizacional é algo que nasce da experiência pessoal, ou seja, um resultado do que é vivido ou experimentado dentro da empresa. Neste sentido, a cultura organizacional de uma empresa é o resultado de seu sistema de gestão, e por isso, a disseminação da filosofia enxuta através do sistema de gestão enxuto está na base da pirâmide da implantação de sistemas de produção

⁹ Sistema robusto: Admite uma grande variância em suas entradas e condições de contorno, contudo apresenta resultados padronizados com baixa variância e que satisfazem os critérios de qualidade. Wild e Pignatiello (1991)

enxutos. A adequação da cultura organizacional é fundamental, e, apesar de gradual, suas técnicas serão a primeira etapa da implantação do “lean mining” em empresas mineradoras.

O sistema de gestão enxuto definirá metas para processos e realizará a comparação entre real e esperado. Ele se encarregará de gerar expectativas e confrontá-las com a realidade. Esta geração de metas está no cerne da implementação de um sistema de gestão enxuto. Quanto mais desdobradas as metas por toda a estrutura hierárquica da organização, melhores as chances de sucesso.

Tornar as tarefas mais fáceis de serem visualizadas e, portanto, executadas, é o objetivo que permeia o método de gestão da filosofia enxuta. A cultura enxuta vai enraizar no dia-a-dia dos funcionários ferramentas e o desejo para que a melhoria contínua seja sempre buscada.

Talvez a melhor maneira de se dizer se uma empresa teve sucesso na implantação da filosofia enxuta é realizando visitas periódicas ao seu “chão de fábrica”. A cada retorno, as mudanças devem ser observadas. Essas mudanças não precisam ser radicais, e na verdade podem até ser mínimas em escala. Entretanto se observa os funcionários comentando as mudanças num tom de crítica e satisfação. Eles falam com orgulho, mas apontam falhas no belo trabalho que realizaram. É comum ouvir coisas do tipo:

“Está diferente de antes. Essas diferenças trouxeram melhorias por este motivo. Falta fazer aquilo e estamos trabalhando ali neste exato momento. Volte em uma semana e teremos algo para lhe mostrar.”

A visão de futuro pode interferir no presente quando as pessoas se acostumam a fazer as coisas cada vez melhores. Especialmente neste sentido a filosofia enxuta é uma ferramenta bela e poderosa.

Assim, a abordagem para a implantação do “lean mining” deve seguir um fluxo “bottom up”, ou seja, de baixo para cima em ordem de precedência, iniciando-se pelo enraizamento da filosofia enxuta na cultura empresarial que se dará pela:

- Definição da missão e visão da empresa.
- Definição de metas de longo prazo visando a sustentabilidade das implantações de sistemas enxutos para toda a organização e desdobramento dessas metas a todos os funcionários
- Definição de um planejamento estratégico para a empresa

Como está demonstrado na figura 15, o próximo passo será a implantação de conceitos enxutos aos processos propriamente ditos. Posteriormente o foco recairá sobre o aperfeiçoamento das relações com funcionários e parceiros, e finalmente o foco na resolução de problemas através da metodologia enxuta, muitas vezes utilizando a ferramenta Seis Sigma.

Abordagem “bottom-up”

Figura 15: Abordagem “bottom-up” para a implantação de uma rede logística enxuta (FONTE: Liker (2007))

FLUXOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA ENXUTA¹⁰

- 1)** (re)Definir a Missão corporativa.
- 2)** (re)Definir a Visão e Valores corporativos.
- 3)** (re)Elaborar um Plano Estratégico.
- 4)** (re)Definir valor do ponto de vista do cliente (Custo, Qualidade e Prazo).
- 5)** Eliminar processos que não agregam valor (“*Muda*”: desperdício).
- 6)** Promover um fluxo contínuo entre os processos encadeados.
- 7)** Formatar o modelo de gestão para promover um sistema de produção “puxado”.
- 8)** Promover o nivelamento das cargas nos processos logísticos.
- 9)** Promover técnicas de prevenção a erros: HazOp ou FMEA
- 10)** Padronizar a utilização de ferramentas reconhecidas como “melhores práticas”, incorporando-as a rotina.
- 11)** Programar técnicas de controle visual de produtividade.
- 12)** Implementar técnicas que favoreçam o desenvolvimento de lideranças
- 13)** Desafiar, ajudar e premiar parceiros para fortalecer laços
- 14)** Estimular a tomada de decisão lenta e por consenso.
- 15)** Estimular a reflexão contínua e o hábito do “*feedback*” em todos os processos extrativos e produtivos que envolvam funcionários e parceiros.
- 16)** Promover condições para a aplicação de técnicas que visem à melhoria contínua dos processos.
- 17)** Aplicação do Seis Sigma, quando necessário, como ferramenta para a solução de problemas pontuais na cadeia logística.

¹⁰ A Metodologia deve ser estudada caso a caso. Muitas vezes nem todas as 17 etapas podem ser aplicadas, principalmente em cadeias logísticas que já existem e estão em operação. Nestes casos, deve-se procurar aplicar o roteiro fornecido da melhor maneira possível iniciando-se pela etapa mais pertinente.

4.2. FILOSOFIA ENXUTA

Segundo Liker (2007), as empresas enxutas se caracterizam principalmente por sua capacidade de se posicionar de maneira inteligente nos mercados futuros. Elas sempre buscam tomar decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.

Estas empresas enxergam que alimentar toda a organização rumo a um objetivo comum é mais importante que retornar dinheiro aos acionistas de maneira não sustentável.

O grande objetivo dessas empresas é gerar valor para clientes, fornecedores, a sociedade, a economia que se está inserida. Para isso elas constantemente reavaliam cada departamento em termos da capacidade de atingir esses objetivos.

4.2.1. Missão corporativa

Uma declaração de missão retrata o propósito fundamental de uma organização. Ela se concentra no presente. Ela define o mercado e os principais processos. Ela informa o nível desejado de desempenho.

A missão corporativa está relacionada com o direcionamento da empresa mediante seus funcionários e colaboradores. É a finalidade pela qual todos os esforços da empresa estão direcionados.

Qual é o negócio? Quem é o cliente? O que tem valor para o cliente? O que se pretende proporcionar de benefícios aos clientes? A missão corporativa deve responder a estas perguntas aparentemente simples, que fazem a diferença nas decisões gerenciais mediante um ambiente competitivo acirrado.

A formulação da missão por meio de uma declaração breve e concisa que pode ser comunicada a toda a organização, pode ajudar a gerar um senso de propósito comum e também proporcionar diretrizes sobre como as decisões serão tomadas e como as alocações de recursos serão priorizadas no futuro. No entanto, declarações mal construídas, especialmente aquelas que não oferecem nada além de palavras vazias, podem causar mais mal do que bem ao despertar a ironia de funcionários, gerentes e até clientes.

As melhores missões são aquelas guiadas por uma visão utópica de realização, uma espécie de sonho impossível que fornece um direcionamento em longo prazo. É aquela que busca atender às necessidades dos clientes, dos acionistas, da sociedade e também dos funcionários.

Fundamentalmente, uma declaração eficaz de missão precisa explicar detalhadamente o seguinte:

- A intenção estratégica, ou a visão de onde a organização quer estar num futuro próximo
- Os valores da organização devem ser detalhados para estabelecer os parâmetros éticos e morais para guiar as operações
- As competências singulares da organização devem ser articuladas, afirmando claramente o que diferencia a organização de outras. Procurando detalhar a individualidade da organização, o porquê de existir e o que existe de tão especial na sua diferenciação
- A definição do mercado em termos dos principais clientes-alvo que a organização procura atender, e as funções ou necessidades desses clientes
- Detalhar onde a organização está, e pretende estar, posicionada no mercado.

Exemplos:

A Missão da VALE é:

"Transformar recursos minerais em riqueza e desenvolvimento sustentável.

Para nossos acionistas, sob a forma de retorno total superior à média de mercado dos segmentos em que a Vale atua;

Para nossos clientes, pela contínua proposta superior de confiabilidade de suprimento e de valor de uso, sustentados por inovação e desenvolvimento constantes;

Para nossos empregados, proporcionando um ambiente de trabalho ético, transparente, desafiador, de oportunidades e que traga orgulho profissional para todos, com remuneração competitiva baseada na meritocracia;

Para nossos fornecedores, pela visão de longo prazo e disposição de promover parcerias que visem ganhos para ambas as partes, por meio de desenvolvimento e inovação contínuos e fornecimento de bens e serviços de qualidade com custo compatível;

Para as comunidades e países onde atuamos, pela ética, pelo respeito ao meio ambiente e a responsabilidade social com que agimos, integrando-nos e garantindo que nossa presença contribua positivamente para o desenvolvimento sustentável;

Para todos os países em que atuamos pela contribuição à economia, à geração de empregos e renda, à melhoria da qualidade de vida da população e ao desenvolvimento regional e nacional."

A Missão da BHPBilliton é:

"Nossa finalidade é criar valor em longo prazo com a descoberta, desenvolvimento e conversão de recursos naturais, e a provisão de soluções focadas no mercado e em clientes inovadores.

Para progredir e conseguir o crescimento real, nós devemos:

Ativamente controlar e construir nossa carteira de ativos e de serviços da alta qualidade.

Continuar o movimento rumo a uma organização de elevado desempenho em que cada indivíduo aceita suas responsabilidades e é recompensado por seus resultados.

Ganhar a confiança dos empregados, dos clientes, dos fornecedores, das comunidades e dos acionistas sendo diretos em nossas comunicações e consistentemente cumprindo com nossos compromissos”

A Missão da Rio Tinto é:

“A Rio Tinto visa maximizar o retorno a seus acionistas encontrando, extraindo e processando recursos minerais, pois são áreas em que tem experiência e uma clara vantagem competitiva.

Uma parte fundamental deste processo é entregar valor ao operar de maneira ética e socialmente responsável, e permanecer comprometida com o desenvolvimento sustentável em longo prazo.

Isto é feito através da procura constante de novas fontes de vantagens competitivas e, na medida do possível, institucionalizando-as dentro de nosso negócio de maneira que não podem facilmente serem reproduzidas por concorrentes.

Nós nos concentramos em operações de mineração em larga escala, que têm uma longa vida útil e são eficazes financeiramente. Além disso, nós investimos nestes recursos ao longo de suas vidas de modo que mantenham sua posição competitiva.

Perseguindo um maior valor agregado, todos os gastos são sujeitos à análise rigorosa. Nós fazemos investimentos somente na habilidade potencial de criar valor - não na busca de uma característica geográfica em particular ou de um produto, ou parte de um mercado.

Na Rio Tinto, há sempre uma série de projetos de qualidade sob desenvolvimento ou avaliação, e uma carteira de projetos globais de exploração para assegurar oportunidades rentáveis de desenvolvimento para o futuro.”

Anexo: Protocolo de práticas de negócios da Rio Tinto. É um documento intitulado: “Como trabalhamos”. Ele é distribuído anualmente aos funcionários e disponibilizado na mídia. Assim, a Rio Tinto explicita sua cultura empresarial e estabelece os padrões esperados de seus funcionários e parceiros.

4.2.2. Visão e valores corporativos

Uma declaração de visão corporativa identifica o que a corporação deseja ser. Ela se concentra no futuro. Ela é uma fonte de inspiração. Ela fornece um critério claro para as tomadas de decisões estratégicas na corporação.

A visão corporativa é o desejo da empresa para seu futuro, é como ela se enxerga a médio e longo prazo. As metas, os valores e os objetivos mensuráveis são os meios para chegar lá: um mapa do caminho, claramente definido.

As organizações que desejam criar e estabelecer uma visão eficaz precisam respeitar algumas diretrizes preestabelecidas:

A visão deve ser relativamente atemporal. Talvez sejam necessárias alterações caso ocorram grandes mudanças no ambiente, mas a visão deve ser estabelecida como se nunca fosse mudar.

A visão deve incluir todos os integrantes da organização. Para ser estabelecida, a eficácia da visão depende, em última análise, da participação total dos membros da organização: eles precisam ser donos da visão para que esta possa ser implantada. A visão precisa estar arraigada a cultura corporativa.

As características de uma declaração de visão eficaz são:

- Clareza e falta da ambigüidade
- Retrato vívido e claro
- Descrição de um futuro brilhante
- Frases memoráveis e motivadoras
- Aspirações realistas
- Alinhamento com os valores e a cultura organizacional

Os líderes têm a responsabilidade de comunicar a visão regularmente, criando narrativas que ilustrem a visão, criando objetivos de curto prazo compatíveis com a visão, enfim, atuando como modelos personificando a visão.

Exemplos:

A visão da VALE é:

“Nossa visão é sermos a maior empresa de mineração do mundo e superarmos os padrões consagrados de excelência em pesquisa, desenvolvimento, implantação de projetos e operação de negócios.

Buscamos deixar legado positivo após o fim das nossas operações, melhorando a qualidade de vida das pessoas e conservando ecossistemas. Alcançar a sustentabilidade é um desafio que envolve nossos empregados e parceiros.”

A visão da Rio Tinto é:

“A Rio Tinto visa ser a melhor companhia de mineração no mundo: global em resultados, porém sensível e responsável aos problemas locais e nacionais; eficiente e capaz de capturar os benefícios das economias de escala; organizada de uma maneira que tenha fluidez em suas tomadas de decisões; e que seja o principal promotor de desenvolvimento nos países e nas comunidades onde deseja operar”

A visão da ALL é:

“Ser a melhor empresa de Logística da América Latina”

Os valores corporativos representam a filosofia operacional da corporação, ou seja, os princípios que regem a conduta interna da empresa assim como seu relacionamento com o mundo externo.

Os valores de uma empresa são a base na qual se realiza o trabalho e na qual as pessoas espelham sua conduta. As pessoas têm todo um universo de valores, entretanto as organizações precisam explicitar quais são seus valores primários, tão importantes para seus funcionários que apesar das mudanças na sociedade, governo, política e tecnologia, eles ainda se mantêm intactos. Em um

mundo de mudanças rápidas e constantes, os valores corporativos são constantes. Eles não devem ser descrições do trabalho ou das estratégias usadas para alcançar metas. Os valores permeiam o trabalho, as suas interações, e quais estratégias são usadas para atingir metas. Os valores são os elementos básicos de como as pessoas se sentem em relação a seu trabalho. Eles representam as práticas que são utilizadas no dia-a-dia em tudo o que se faz.

Os valores corporativos:

- Governam relações pessoais
- Guiam processos
- Explicitam funções
- Explicitam relações hierárquicas
- Ajudam a entender as razões de se fazer negócios como eles são feitos
- Guiam como ensinar
- Informam como recompensar
- Guiam a tomada de decisões
- Estão permeados por toda organização
- Não necessitam justificativa externa

Não são valores corporativos:

- Práticas operacionais
- Estratégias de negócios

- Normas culturais
- Competências
- Mudanças administrativas em resposta ao mercado

Os valores da BHP Billiton são:

“Segurança e o meio-ambiente: Um sério compromisso com a saúde, a segurança, a responsabilidade ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Integridade: Fazer o que nós dizemos que faremos.

Alto desempenho: A realização de conseguir resultados superiores e de aumentar nossas capacidades.

Relacionamentos vantajosos para as duas partes: Ter relacionamentos que se focam na criação de valor para todos.

Coragem de conduzir a mudança: Aceitando a responsabilidade de inspirar e promover a mudança positiva face à adversidade.

Respeito entre as pessoas: Assumindo a diversidade, enriquecendo-se pela abertura, pela partilha, pela confiança, pelos trabalhos em equipe e pela participação.

Nós somos bem sucedidos em criar o valor quando:

Nossos acionistas estão realizando um retorno superior em seu investimento.

Nossos clientes e fornecedores estão tirando proveito de nosso relacionamento

As comunidades em que nós operamos dão valor a nossa cidadania.

Cada empregado começa cada dia com um sentido de propósito e termina cada dia com um sentido de realização.”

Os valores da ALL são:

“Foco no cliente.

Gente que faz a diferença e vale pelo que faz.

Integridade e transparência

Lucro para valorização crescente.

Simplicidade com criatividade e austeridade.

Metodologia e qualidade para melhorar sempre

Trabalho em equipe com alegria e segurança

Responsabilidade com a comunidade e o meio ambiente.”

Os valores da VALE são:

“Ética e transparência: representam o nosso comportamento como organização. Agimos com integridade, respeitamos as leis, os princípios morais e as regras do bem proceder referendadas e aceitas pela coletividade, e comunicamos nossas políticas e resultados de forma clara.

Excelência de desempenho: significa a busca da melhoria contínua e o controle dos resultados por indicadores de desempenho reconhecidos como referência das melhores práticas, promovendo ambiente de alta performance e assegurando a obtenção e manutenção de vantagens competitivas duradouras.

Espírito desenvolvimentista: representa nosso empreendedorismo como organização que busca, incessantemente e com agilidade, novas oportunidades de ação e soluções inovadoras diante dos problemas e necessidades que se apresentam, assegurando a execução de estratégias que visam ao crescimento da Vale.

Responsabilidade econômica, social e ambiental: reconhecemos e agimos no sentido de que estas dimensões estejam sempre em equilíbrio, de modo a promover o desenvolvimento e garantir a sustentabilidade.

Respeito à vida: significa que não abrimos mão, em nenhuma hipótese, da segurança e do respeito à vida. Pessoas são mais importantes do que resultados e bens materiais. Se necessário escolher, escolhemos a vida.

Respeito à diversidade: é perceber o outro como um igual, respeitando as diferenças e promovendo a inclusão competitiva; é ver nas diferenças oportunidades de integração e evolução.

Orgulho de ser Vale: é o valor resultante. Assumimos e nos comportamos como donos do negócio, buscando incessantemente os objetivos definidos, compartilhando e celebrando os resultados e fortalecendo as relações. Nós nos orgulhamos quando sabemos que estamos construindo algo que fará a diferença. Essa é a razão do orgulho de 'Ser Vale' de todos nós, dirigentes e empregados da Vale."

Empresas que adotaram um sistema de gestão enxuto, como a Accenture e a própria Toyota, acreditam que os conceitos de visão e valores empresariais estão muito entrelaçados, e apresentam estes conceitos a seus funcionários como os princípios que regem a filosofia ou cultura daquela empresa.

O primeiro passo na elaboração de um plano estratégico de uma empresa em processo de adoção de uma metodologia de gestão enxuta é definir e comunicar seus princípios. Eles devem em muito se assemelhar aos princípios da própria Toyota apresentados a seguir:

- 1) "Honre a língua e o espírito da lei de cada nação e empreenda atividades corporativas abertas e justas para ser um bom cidadão do mundo.*
- 2) Respeite a cultura e os costumes de cada nação e contribua ao desenvolvimento social e econômico através de atividades corporativas nas comunidades.*
- 3) Dedique-se a fornecer produtos limpos e seguros e a realçar a qualidade de vida em toda parte através de todas as atividades.*
- 4) Crie e desenvolva tecnologias avançadas e promova produtos fantásticos e serviços que satisfazem as necessidades de clientes no mundo inteiro.*

- 5) *Promova uma cultura corporativa que realce o valor individual da criatividade e dos trabalhos em equipe ao honrar a confiança mútua e o respeito entre operários e a gerência.*
- 6) *Persiga o crescimento em harmonia com a comunidade global através da gestão com inovação.*
- 7) *Trabalhe com parceiros de negócios na pesquisa e na criação para conseguir o crescimento estável, a longo prazo e benefícios mútuos, mantendo-se abertos às novas parcerias.”*

Os princípios da Accenture são:

“Supervisão: Construindo um legado para as futuras gerações, atuando com uma mentalidade de dono, desenvolvendo as pessoas em toda parte e cumprindo nossos compromissos com todas as partes interessadas, internas e externas.

As melhores pessoas: Atraindo e desenvolvendo os melhores talentos para nosso negócio, melhorando as pessoas e desenvolvendo uma atitude positiva.

Criação de valor para o cliente: Melhorando o desempenho do negócio de nossos clientes, criando relacionamentos duradouros e vantajosos para as duas partes, centrando-se sobre a excelência na execução.

Uma rede global: Mobilizando o poder dos times para promover de maneira consistente serviços excepcionais a nossos clientes em qualquer lugar no mundo.

Respeito com o indivíduo: Valorizando a diversidade, assegurando um ambiente interessante e inclusivo e tratando as pessoas da maneira que gostaríamos de ser tratados.

Integridade: Inspirando confiança tomando responsabilidades, atuando eticamente e incentivando o debate honesto e aberto.”

4.2.3. Planejamento Estratégico

O planejamento estratégico é o método pelo qual uma empresa define a mobilização de seus recursos para alcançar objetivos propostos. É um planejamento global a curto, médio e longo prazo.

O planejamento estratégico é um processo gerencial contínuo e sistemático, que diz respeito à formulação de objetivos para a seleção de programas de ação e para sua execução, levando em conta as condições internas e externas à empresa e sua evolução esperada. No decorrer deste processo, é realizada uma análise sistemática dos pontos fortes e fracos da empresa, e das oportunidades do meio ambiente com o intuito de estabelecer os objetivos, as estratégias, assim como ações que possibilitem um aumento da competitividade. Este planejamento também considera premissas básicas que a empresa deve respeitar para que todo o processo tenha coerência e sustentação. Este processo permite fixar as grandes orientações para que as empresas possam modificar, melhorar ou fortalecer a sua posição face à concorrência. É uma ferramenta de apoio à gestão com vista ao desenvolvimento futuro da empresa, especificando a forma e os “timings” de execução. Para que o planejamento estratégico de sucesso seja uma realidade na empresa, será necessário cumprir determinados pressupostos:

- Todos deverão estar envolvidos e ser detentores de uma visão global.
- Todos deverão estar motivados
- Cada um deverá entender o seu papel.
- Todos deverão entender os conceitos envolvidos.

Estratégia

O posicionamento estratégico de uma empresa define como se dará a mobilização de todos os seus recursos, em um âmbito global, visando atingir

objetivos definidos previamente. Ele permite estabelecer o caminho a ser seguido pela empresa, visando elevar o grau de interações com os ambientes interno e externo.

O planejamento estratégico procura responder a questões básicas, como:

- Por que a organização existe?
- O que e como ela faz?
- Onde ela quer chegar?

Dele resulta um plano estratégico, ou seja, conjunto flexível de informações consolidadas, que serve de referência e guia para a ação organizacional. Pode ser considerado como uma bússola para os membros de uma determinada organização.

Elaboração do planejamento estratégico

a. Formulação dos objetivos organizacionais:

A empresa define os objetivos globais que pretende alcançar em longo prazo e estabelece a ordem de importância e prioridade em uma hierarquia de objetivos.

b. Análise interna das forças e limitações da empresa:

A seguir, faz-se uma análise das condições internas da empresa para permitir uma avaliação dos principais pontos fortes e dos pontos fracos que a organização possui. Os pontos fortes constituem as forças propulsoras da organização que facilitam o alcance dos objetivos organizacionais - e devem ser reforçados, enquanto os pontos fracos constituem as limitações e forças restritivas que dificultam ou impedem o seu alcance - e que devem ser superados. Essa análise interna envolve:

- Análise dos recursos (recursos financeiros, máquinas, equipamentos, matérias-primas, recursos humanos, tecnologia etc.) de que a empresa dispõe para as suas operações atuais e/ou futuras.
- Análise da estrutura organizacional da empresa, seus aspectos positivos e negativos, divisão de trabalho entre departamentos e unidades e como os objetivos organizacionais foram distribuídos em objetivos departamentais.
- Avaliação do desempenho da empresa, em termos de lucratividade, produção, produtividade, inovação, crescimento e desenvolvimento dos negócios.

c. Análise externa:

Trata-se de uma análise do ambiente externo à empresa, ou seja, das condições externas que rodeiam a empresa e que lhe impõem desafios e oportunidades. A análise externa envolve:

- Mercados abrangidos pela empresa, características atuais e tendências futuras, oportunidades e perspectivas.
- Concorrência ou competição, isto é, empresas que atuam no mercado, disputando os mesmos clientes, consumidores ou recursos.
- A conjuntura econômica, tendências políticas, sociais, culturais, legais etc., que afetam a sociedade e todas as demais empresas.

d. Formulação das alternativas estratégicas:

Nesta quarta fase do planejamento estratégico formulam-se as alternativas que a organização pode adotar para alcançar os objetivos organizacionais pretendidos, tendo em vista as condições internas e externas. As alternativas estratégicas constituem os cursos de ação futura que a organização pode adotar para atingir seus objetivos globais. De um modo genérico, o planejamento

estratégico da organização refere-se ao produto (bens que a organização produz ou serviços que presta) ou ao mercado (onde a organização coloca seus produtos ou bens ou onde presta seus serviços).

O planejamento estratégico deve comportar decisões sobre o futuro da organização, como:

- Objetivos organizacionais em longo prazo e seu desdobramento em objetivos departamentais detalhados.
- As atividades escolhidas, isto é, os produtos (bens ou serviços) que a organização pretende produzir.
- O mercado visado pela organização, ou seja, os consumidores ou clientes que ela pretende abranger com seus produtos.
- Os lucros esperados para cada uma de suas atividades.
- Alternativas estratégicas quanto às suas atividades (manter o produto atual, maior penetração no mercado atual, desenvolver novos mercados).
- Interação vertical em direção aos fornecedores de recursos ou integração horizontal em direção aos consumidores ou clientes.
- Novos investimentos em recursos (materiais, financeiros, máquinas e equipamentos, recursos humanos, tecnologia etc.) para inovação (mudanças) ou para crescimento (expansão).

O plano estratégico da ALL (América Latina Logística)

A seguir é apresentado o exemplo de planejamento estratégico da ALL (America Latina Logística). Apresentar todo o plano estratégico da empresa, com metas desdobradas por seus diversos departamentos, seria por demasiado extenso e não agregaria conteúdo à tese. Portanto são apresentados os principais conceitos de um plano estratégico sem entrar nos méritos quantitativos do plano.

A ALL é a maior operadora logística com base ferroviária da América Latina, transporta para clientes de variados segmentos como commodities agrícolas, insumos e fertilizantes, combustíveis, construção civil, florestal, siderúrgico, higiene e limpeza, eletroeletrônicos, automotivo e autopeças, embalagens, químico, petroquímico e bebidas. A companhia oferece uma gama completa de serviços de logística, combinando as vantagens econômicas do transporte ferroviário com a flexibilidade do transporte por caminhão, em uma área de cobertura que engloba mais de 75% do PIB do Mercosul.

A estratégia da ALL é orientada pelos mesmos cinco princípios básicos que têm impulsionado o seu crescimento nos últimos dez anos:

- 1) Concentrar o crescimento onde a ALL tem uma clara vantagem competitiva. A ALL planeja atender mercados e corredores ferroviários/intermodais específicos para aumentar a sua participação de mercado junto a clientes tradicionais de ferrovias que têm, no Brasil, historicamente, utilizado caminhões como principal meio de transporte. A ALL planeja também aumentar sua participação de mercado junto a clientes de produtos industriais, para os quais seus serviços intermodais representam um meio de transporte mais eficiente do que o transporte por caminhões.
- 2) Manter rígidos controles de custos. A ALL pretende continuar mantendo a mesma disciplina de custos que tem demonstrado desde a desestatização, ao mesmo tempo em que busca um significativo crescimento em volume e receitas. As principais iniciativas incluem a utilização de programas que controlam o consumo de combustível e a identificação de fornecedores alternativos de produtos derivados de petróleo.
- 3) Cumprir os compromissos acordados com os clientes. A ALL considera que cumprir os compromissos acordados com seus clientes tem sido uma

das bases de seu crescimento e da confiança que vem sendo depositada em sua operação. Seguindo esse princípio, desenvolveu em parceria com seus clientes uma ampla infra-estrutura logística em torno de sua malha ferroviária e vem assinando contratos comerciais de longo prazo para disponibilização de vagões com seus clientes.

- 4) Maximizar a utilização de ativos e o retorno sobre o capital empregado. Para aumentar a lucratividade e o retorno sobre capital investido, a ALL empregará programas de maximização do uso dos ativos na malha ferroviária e continuará os investimentos na eliminação de gargalos, buscando adequar as aquisições de equipamentos à demanda esperada.
- 5) Avaliar alternativas estratégicas de investimentos, alianças e aquisições. Avaliar continuamente alternativas estratégicas de investimento buscando expandir a cobertura da malha ferroviária, sempre que identificar um potencial para aumentar eficiências, criar sinergias operacionais, ou aumentar o mercado a ser atendido, por meio da expansão da presença geográfica ou de ofertas de serviços.

A ALL acredita que suas principais vantagens competitivas na implementação deste plano estratégico são:

- 1) Malha ferroviária dominante em regiões estratégicas. A ALL opera a malha ferroviária mais extensa da América Latina, com área de cobertura englobando mais de 75% do PIB do Mercosul. Além disso, a malha está conectada a sete portos que, em conjunto, são responsáveis por 78% das exportações anuais de grãos da América do Sul.
- 2) Serviços confiáveis e eficientes de logística integrada, baseados na malha ferroviária. A ALL oferece uma ampla gama de serviços de logística de frete para transporte de cargas de grandes volumes e distâncias, combinando as vantagens econômicas da ferrovia com a flexibilidade do

transporte por caminhão e a confiabilidade da moderna tecnologia, que são aspectos integrantes de suas operações intermodais.

- 3) Potencial de crescimento significativo. Dadas as limitações de capacidade ferroviária e intermodal no Brasil e na Argentina, a ALL acredita que pode aumentar significativamente a sua participação no mercado de transporte de carga nos corredores e segmentos em que atua. As vantagens de custo do transporte ferroviário para médias e longas distâncias, aliadas à flexibilidade dos serviços intermodais, devem atrair mais negócios de clientes que atualmente não utilizam plenamente os serviços ferroviários e intermodais, tanto no Brasil como na Argentina, na medida em que a ALL expanda a capacidade de sua malha ferroviária.
- 4) Sólida base de clientes. A ALL mantém sólidas relações com seus clientes, que incluem:
 - Grandes companhias de comércio de grãos e processamento de alimentos, tais como Bunge, Cargill, ADM e Coinbra-Dreyfus;
 - Grandes companhias de petróleo, como Shell, Texaco, ExxonMobil, Repsol-YPF, Petrobras;
 - Grandes companhias industriais, como AmBev, White Martins, Scania e Votorantim.

Esses relacionamentos foram de suma importância para atrair mais de R\$ 750 milhões em investimentos desde o início das operações ALL, após a desestatização, que foram feitos exclusivamente pelos clientes em material rodante (vagões e caminhões) e terminais, que são utilizados na malha ferroviária.

- 5) Cultura voltada para resultados e administração profissional. A ALL implementou uma cultura corporativa voltada para resultados, com uma

clara visão, sólidos valores e metas articuladas. A ALL desenvolveu um programa agressivo de remuneração variável baseado no conceito de valor econômico agregado (EVA). Nos últimos sete anos, a ALL investiu significativamente no treinamento de seus funcionários, inclusive implementando a metodologia "Seis Sigma". Os principais membros da equipe de administração participam de um plano de opção de compra de ações, concebido para alinhar os seus interesses com os dos acionistas da ALL.

4.2.4. Sustentabilidade

O foco de todo planejamento estratégico enxuto é o de promover desenvolvimento sustentável. As metas de longo prazo são sempre colocadas em primeiro plano, e os meios pelos quais se atingem resultados são sempre valorizados.

Desenvolvimento sustentável é normalmente definido como *“Desenvolvimento que supre as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras suprirem suas próprias necessidades”*.

No caso da mineração, uma atividade essencialmente extrativista, a estratégia recai sobre investimentos de longo prazo, em minas com longas vidas úteis. Alguns dos projetos duram 40 anos ou mais desde a descoberta do minério até o fechamento da mina, representando investimentos fixos em larga escala e longos horizontes de tempo em áreas remotas carentes destes investimentos.

Para cada oportunidade mineral que é avaliada, o mesmo trajeto pré-definido de teste e seleção do empreendimento é tomado. Este processo pode levar de dez a vinte anos até a exploração inicial com a aprovação da operação e do investimento.

Estes compromissos de longo prazo proporcionam oportunidades para se planejar, implementar e entregar condições sustentáveis para o bem estar da

sociedade local, prosperidade ambiental e econômica, através de forte sistemas de governança das empresas mineiras.

As riquezas minerais extraídas e processadas pelas empresas mineradoras contemplam as necessidades da sociedade moderna e contribuem desta maneira com o desenvolvimento nestas comunidades em infraestrutura, programas educacionais e de saúde. Estas atividades, quando estruturadas desta maneira, proporcionam condições e oportunidades de se desenvolverem novas idéias para resolver os desafios mundiais em meio ambiente e desenvolvimento humano, como mudanças climáticas e a miséria.

Se não geridos corretamente, alguns aspectos da atividade mineira têm a habilidade de prejudicar o desenvolvimento sustentável, como o futuro uso da água e do solo, impactos violentos em comunidades locais, e emissão de gases provenientes das operações e uso de produtos.

As minas são implantadas somente em lugares onde as forças naturais da Terra conspiraram para criar boas jazidas. Isto significa que frequentemente é preciso superar os desafios impostos por posições geograficamente remotas, pouco desenvolvidas e a implantação de infra-estrutura significativa para começar a exploração dos minérios. Assim como estradas de ferro, acampamentos e armazéns, que precisam funcionar eficientemente, para as operações mineiras freqüentemente são construídas estradas, portos, escolas e hospitais que são de um benefício mais abrangente às populações locais e às economias nacionais.

Finalmente, quando uma operação alcança o fim de sua vida, ela é encerrada com segurança e o solo reabilitado, restaurando-se normalmente a biodiversidade natural à área de modo que nunca se saberia que uma mina ou uma usina já haviam estado lá.

A Rio Tinto (www.riotinto.com) acredita que o desenvolvimento sustentável vai além da salva guarda da saúde do planeta para gerações futuras. Ela acredita nos seguintes benefícios em longo prazo:

- Melhor retorno para investidores.
- Melhor gestão de riscos.
- Redução de custos operacionais.
- Mais oportunidades de negócios.
- Atração e manutenção de funcionários altamente qualificados.
- Manutenção e melhoria no valor e qualidade de seus produtos com menos impacto no meio ambiente.
- Mais oportunidades de emprego e melhores relações com as comunidades locais.
- Desenvolvimento da economia local a ponto de, através dos anos, reduzir custos operacionais.

Estes fatores ajudam a diferenciá-la de seus concorrentes e contribuem com seus objetivos estratégicos de ser um líder de mercado.

O PMBOK (“Project Management Book Of Knowledge”) apregoa que todo planejamento estratégico que tenha como base o desenvolvimento sustentável da gestão e dos processos de uma empresa deve se lastrear em três aspectos: Desenvolvimento sustentável econômico, social e ambiental.

Supervisão ambiental

O respeito para com o meio ambiente é central na questão do desenvolvimento sustentável. Na medida do possível, deve-se impedir, ou de outra maneira minimizar, abrandar ou remediar os efeitos prejudiciais das operações mineiras no meio ambiente. Devem ser desenvolvidos e executados programas práticos que cobrem desde a gestão da qualidade do ar, serviços dos ecossistemas, biodiversidade, mudança climática, energia, solo, água, desperdício, até o

fechamento das minas. Estes programas incluem acatar as opiniões das comunidades locais assim como de peritos nestes campos de “expertise”.

Bem estar social

Deve-se estar comprometido a fornecer um local de trabalho seguro e saudável, onde as pessoas possam desenvolver completamente suas habilidades. Construir fortes laços de relacionamento com as comunidades, tratando-os sempre com equidade e decência. As atividades mineiras tocam profundamente as vidas das comunidades vizinhas, e são forjados laços com essas comunidades caracterizados pelo respeito mútuo, pela parceria ativa e pelo compromisso em longo prazo. Em longo prazo, a confiança que é gerada por estes relacionamentos contínuos reforçará a habilidade de garantir acesso preferencial a todos os tipos de recursos.

Prosperidade econômica

O desenvolvimento sustentável é mantido por economias sustentáveis. O sucesso financeiro das mineradoras é baseado em sua habilidade de garantir acesso a terra, as comunidades, e ao capital. A empresa deve se aproveitar destes recursos, criando prosperidade para seus acionistas, seus empregados, as comunidades, os governos e os parceiros comerciais.

Política de desenvolvimento sustentável da VALE

Objetivo

Estabelecer diretrizes e princípios para a atuação da empresa quanto ao desenvolvimento sustentável de seus projetos e operações, explicitando a sua responsabilidade social, econômica e ambiental nas regiões em que está presente, em sua cadeia de valor e no posicionamento sobre temas globais de sustentabilidade.

Princípio

Para a VALE, o desenvolvimento sustentável é atingido quando seus negócios, em particular as suas atividades de mineração, geram valor para seus acionistas e demais partes interessadas, e deixam um legado social, econômico e ambiental positivo nos territórios onde opera.

Ela atua com base em três pilares:

Operador sustentável

Operar com sustentabilidade é atuar com consciência e responsabilidade socioeconômica e ambiental em todo o ciclo de vida das atividades. É criar **V.A.L.O.R.**

Valor para “stakeholders” (partes interessadas)

Proporcionar o maior retorno possível aos acionistas, manter relações e condições justas de trabalho para empregados e contratados, buscar parcerias de longo prazo com fornecedores que tragam ganhos para ambas as partes, garantir maior confiabilidade de suprimento e de valor de uso para os clientes, além de contribuir com o desenvolvimento sustentável das comunidades, regiões e países onde se opera, mantendo um relacionamento e diálogo permanente e aberto com os stakeholders.

Antecipação e prevenção de falhas

Atuar preventivamente, visando evitar falhas de processo, poluição ambiental, acidentes de trabalho, riscos ocupacionais à saúde, e minimizar impactos sociais e ambientais negativos. Aplicar em todos os projetos de investimento e operações da empresa uma análise prévia de gestão de riscos, impactos e oportunidades nos aspectos ambiental, social e econômico. Investir e utilizar tecnologias que permitam – a custo compatível – maximizar a eco-eficiência, a

segurança e a sustentabilidade dos processos produtivos, produtos comercializados e modais de transporte.

Legislação como base: melhoria contínua

Atuar em plena conformidade com a legislação e demais requisitos aplicáveis e buscar melhorias contínuas que levem a empresa, em todos os territórios de atuação, a superar progressivamente padrões internacionais em saúde e segurança, condições de trabalho, gestão ambiental, relações trabalhistas e respeito aos direitos humanos.

Organização e Disciplina

Trabalhar de forma organizada e disciplinada, adotando práticas rigorosas de planejamento, execução, monitoramento e ação corretiva, buscando o uso responsável e eficiente dos recursos naturais. Em termos de responsabilidade sobre o produto, incentivar o uso, re-uso, reciclagem e disposição final dos produtos e sub-produtos, incluindo, quando estiver ao alcance da Vale, o design responsável.

Respeito e Ética nos Negócios

Trabalhar de forma ética e respeitosa em todos os países e regiões onde atua. Buscar excelência na sua governança corporativa, nos processos operacionais, na qualidade dos produtos e relacionamentos com partes interessadas. Difundir a atuação sustentável na sua cadeia produtiva. Adotar padrões e práticas globais de sustentabilidade, respeitando a soberania de cada país e a legislação local.

Catalisador do desenvolvimento local

A VALE quer ir além da gestão dos impactos de suas operações e projetos, contribuindo voluntariamente e através de parcerias com governo e sociedade para o desenvolvimento **L.O.C.A.L.**

Licença social

Buscar o reconhecimento, a consulta e o envolvimento prévio à implantação de novos empreendimentos dos stakeholders locais.

Ordenação para o desenvolvimento

Contribuir para a construção de planos e ações específicos voltados para o desenvolvimento ordenado e sustentável das regiões onde atua.

Comunicação e engajamento

Manter comunicação e diálogo amplo, transparente, permanente e estruturado com stakeholders, respeitando a diversidade e as culturas das regiões onde atua, e considerando suas demandas nas decisões gerenciais da empresa.

Alianças estratégicas

Estabelecer alianças com atores estratégicos de diferentes setores – público, privado e sociedade civil – para a articulação e planejamento de programas de desenvolvimento local integrado.

Legado regional

Trabalhar de forma articulada para gerar um legado positivo nas regiões onde a VALE atua, buscando a maximização do desenvolvimento socioeconômico através do ciclo mineral, contribuindo com a diversificação econômica, com o desenvolvimento social e com a promoção da conservação e recuperação do meio ambiente.

Agente global de sustentabilidade

A atuação **G.L.O.B.A.L.** parte do reconhecimento de que determinados temas globais de sustentabilidade podem afetar os negócios, e de que a Vale - como

uma das empresas líderes globais no setor de Mineração – pode contribuir para a promoção internacional de boas práticas de sustentabilidade.

Garantia de transparência

Garantir transparência quanto às políticas, procedimentos, práticas e desempenho da empresa em relação aos aspectos sociais, ambientais, econômicos e de governança junto às partes interessadas globalmente.

Liderança

Buscar liderança nas discussões internacionais setoriais ligadas aos aspectos do desenvolvimento sustentável mais afeitos aos seus negócios e operações.

Observação de tendências

Monitorar e antecipar tendências em temas globais de sustentabilidade.

Boas práticas

Adotar e desenvolver boas práticas globais de sustentabilidade e contribuir com sua difusão no setor.

Atuação local, visão global

Manter uma visão global de sustentabilidade alinhada com padrões de desempenho internacionais, e atuar localmente, garantindo a adaptação e o respeito às culturas e realidades locais.

Legado para gerações futuras

Trabalhar de forma articulada para contribuir com a construção de um legado positivo para as gerações futuras. Equilibrar os aspectos sociais, ambientais e econômicos dos negócios de forma a gerar valor de longo prazo para acionistas, empregados, comunidades e governos nos países onde atua.

4.3. PROCESSOS ENXUTOS

4.3.1. Definir valor e eliminar processos que não agregam valor:

Valor sob a ótica dos clientes está sempre embasado em três variáveis: Prazo, Custo e Qualidade dos materiais. No caso específico da mineração, cada uma dessas variáveis assume características muito peculiares:

Prazo:

Para commodities minerais que são extraídas e beneficiadas ininterruptamente, e vendidas em um mercado global que tem demanda ininterrupta também, a questão prazo se resume à definição das sazonalidades naturais nas demandas e das sazonalidades provocadas por pressões econômicas do mercado internacional.

As sazonalidades naturais são aquelas provocadas pelo crescimento vegetativo da população mundial, respeitadas suas incongruências como a rápida expansão chinesa. Este tipo de alteração na demanda, e conseqüentemente no volume de minério requisitado em determinados espaços de tempo, é de fácil previsão e um bom plano estratégico realizado pelas empresas mineradoras projeta com acuracidade estas oscilações de demanda.

Entretanto, as sazonalidades provocadas por pressões econômicas mundiais, como a enfrentada em 2008/09, são de difícil previsão. Estas sazonalidades podem ter efeito benéfico ou prejudicial na demanda por minérios, e em pouco tempo uma empresa mineradora pode se ver pressionada a entregar iguais quantidades de minérios em metade dos prazos que realizava até então. Ou então, pode assistir uma queda drástica de demanda que relaxa totalmente seus prazos, permitindo que ela entregue a mesma quantidade de minério em intervalos mais espaçados ao longo dos meses.

A melhor alternativa para mitigar os efeitos destas oscilações são as chamadas “reuniões do desejo”. Estas reuniões são realizadas semestralmente entre as diretorias comerciais de clientes e mineradoras e seus comitês de planejamento estratégico. Nelas são colocados os volumes que servirão de guias para os próximos seis meses de extração, beneficiamento e entrega. A “reunião do desejo” projeta o caminho a ser trilhado no próximo semestre integrando dados macroeconômicos e dos planos estratégicos de ambas as empresas.

Deste modo, sempre a cada seis meses existe uma reanálise de quais são as vazões (Volume/Tempo) que melhor satisfazem os clientes lhes proporcionando o máximo de valor.

Custo:

A variável custo depende de negociações entre as partes, e é claro que os clientes buscarão economias de escala na compra de grandes lotes e descontos para garantias de longos contratos.

As empresas mineradoras devem sempre buscar estratégias que lhes permita a redução de custos e um repasse interessante no preço oferecido a seus clientes, de forma que lhes promova valor. Recentemente a Vale assumiu uma nova posição em sua estratégia logística, comprando barcos para o transporte de minérios para a Ásia. Este novo posicionamento visa fortalecer um dos elos de sua rede logística de modo que ela possa repassar a seus clientes chineses uma sensível redução nos preços do minério por eles comprado.

Assim, fica claro que não bastam excelentes negociações de preço, mas sim estratégias e sinergias com clientes que proporcionem a possibilidade de uma real redução nos custos produtivos, logísticos, administrativos e a possibilidade do repasse destes benefícios.

Qualidade:

O conhecimento do grau de qualidade requerido pelos clientes consumidores de minérios advêm de duas fontes:

- Das características peculiares ao mercado atendido, como a siderurgia para automóveis, linha branca, ou até mesmo a siderurgia pesada, para vergalhões, tarugos e afins.
- Das pressões econômicas que estas empresas consumidoras de minérios possam estar sofrendo do seu próprio público consumidor para um aumento ou redução de produção, ou aumento ou redução de qualidade de seus produtos para que melhor se adéquem à seu público alvo.

De posse dos dados de qualidade requeridos por seus clientes, que também são definidos na “reunião do desejo” semestral, cabe as mineradoras garantir a entregas dos minérios nos teores contratados. Esta garantia se baseia também em dois fatores:

- O conhecimento geológico das jazidas, e conseqüente aumento na qualidade das previsões dos teores de minérios a serem extraídos.
- O procedimento de blendagem realizado nos portos, onde minérios de alto teor de pureza são utilizados para homogeneizar grandes lotes de minério abaixo do teor requerido pelos clientes através de misturas em proporções previamente calculadas.

Desta maneira, buscando sempre identificar como estas três variáveis se comportam para seus clientes, as mineradoras se credenciam a avaliar seus próprios processos e definir quais deles são essenciais para a criação de valor e quais constituem alguma forma de desperdício. Os processos que não agregam valor são desperdício e devem ser eliminados. Para tal, devem-se conhecer muito bem as modalidades de desperdício e enquadrar as atividades que não

agregam valor em alguma delas. Segundo as teorias de Taiichi Ohno, o desperdício, ou “*muda*” em japonês, pode ser classificado em:

1. **Superprodução:** Produção de itens para os quais não há demanda no momento, o que gera perda com excesso de pessoal, excesso de estoque e com custo de transporte do estoque excessivo.
2. **Espera:** Funcionários subutilizados por má programação, má gestão, falta de estoques, quebras, atrasos ou gargalos.
3. **Transporte desnecessário:** movimento de estoques desnecessários por longas distancias ou movimentos em canais logísticos que não agregam valor.
4. **Superprocessamento:** Etapas desnecessárias para atingir os mesmos resultados ou a geração de produtos de qualidade superior a requisitada.
5. **Excesso de estoque:** Cada nó da rede logística está sujeito ao excesso de estoque. Ele pode vir em forma de excesso na chegada, em processamento, ou na saída do nó. Isso provoca “lead-times” longos, obsolescência, produtos danificados, custos de armazenagem e atrasos. Além disso, este excesso oculta problemas como desbalanceamento de produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, equipamentos em conserto e longos tempos de “set up” de operações.
6. **Movimento desnecessário:** Movimentação de funcionários sem necessidade.
7. **Defeitos:** Descarte e retrabalho para suprir defeitos na produção.
8. **Desperdício da criatividade dos funcionários:** Perda de idéias e habilidades por não ouvir ou envolver suficientemente os funcionários.

4.3.2. Criar um fluxo de processos contínuos:

Até este momento, todos os processos já foram mapeados e classificados conforme sua contribuição com a geração de valor para os clientes. Processos que não geram valor forem categorizados e devidamente eliminados.

Resta agora, a partir dos processos restantes, que genuinamente geram valor, potencializar seus resultados. O primeiro passo será organizá-los devidamente de forma a criar um fluxo contínuo.

O modo tradicional de produção em massa busca sempre agrupar máquinas com funções semelhantes e pessoas com habilidades semelhantes em células que realizam determinado tipo de trabalho em seu ritmo característico. Estas células recebem matéria-prima de uma célula anterior, estocando-a, e armazenam seus produtos acabados aguardando transporte para a próxima célula. Esta metodologia busca atingir economias de escala e uma aparente flexibilidade de produção.

O pensamento enxuto enxerga este modo de produção como um método inchado, com grandes quantidades de estoques intermediários de produtos em fase de produção. Cada célula ou departamento tem seu próprio ritmo de produção e isto gera um desbalanceamento entre eles resolvido na forma de amortizações de demanda, ou seja, estoques.

No pensamento enxuto, o tamanho ideal de um lote é sempre o mesmo: Um. Desta forma, as células, ou departamentos, ou “ilhas de processo”, são eliminadas e substituídas por grupos de trabalho reunidos por produto, por cada lote, e não mais por processos. Desta maneira, um mesmo grupo de trabalho leva, na medida do possível, o produto de seu estágio inicial até tornar-se um produto acabado.

Entre os benefícios da adoção desta metodologia de fluxo contínuo estão:

- Aumento de qualidade pela integração das funções de inspeção e correção às atividades do grupo de trabalho que comanda um fluxo unitário.
- Criação de flexibilidade real pelo rápido tempo de resposta às alterações exigidas pelo mercado.
- Aumento na produtividade. No método tradicional de produção em massa, o que se vê são vários departamentos com ótimos níveis de produtividade e resultados coletivos destes departamentos, quando integrados, medíocres. Na produção enxuta busca-se sempre o melhor resultado da cadeia produtiva como um todo.
- Redução de espaços físicos (armazenagem) devido à redução dos estoques intermediários.
- Aumento da segurança pela eliminação de transportes de grandes lotes desnecessários entre processos.
- Estimulo do moral das equipes devido ao “empowerment”, ou seja, aumento de poder das pessoas nas equipes de trabalho que agora são responsáveis pela manutenção de suas estações de trabalho, segurança, controle de qualidade.
- Redução dos custos de estoques entre processos.

A figura 16 ilustra uma das maneiras de como esta metodologia enxuta de criação de fluxo contínuo para os processos pode ser aplicada às redes logísticas mineiras. Nela são mostrados dois momentos distintos para os processos de extração de minérios na lavra, britagem primária, usina, e demais canais de suprimento da rede.

A mina abaixo mostra como os canais de suprimento eram dispostos nas minas antes da aplicação do conceito. Após a carga dos caminhões fora de estrada na frente de lavra, estes percorriam grandes distâncias, carregados com grandes blocos de material extraído, sujeitando-se a acidentes naturais para um canal tão dependente da operação humana. Na chegada à usina, estes blocos eram estocados esperando a carga por uma pá-carregadeira em esteiras que alimentariam as usinas para o início do processamento deste minério.

Já a mina acima, após a implantação do conceito de fluxos contínuos, mostra que a etapa de britagem primária foi retirada da usina e transferida para a frente de lavra. As BSMs (Britagem Semi-Moveis) são instaladas em pontos estratégicos da mina e lá permanecem até que a região em seu entorno seja explorada, para então serem realocadas. Os caminhões fora de estrada percorrem pequenas distâncias entre frente de lavra e BSM, e descarregam material direto sobre ela. A BSM por sua vez inicia um processo contínuo de britagem primária do material e de transporte do minério granulado até a usina através de Terminais de Correia de Longa Distancia (TCLDs). Estas TCLDs operam ininterruptamente e em uma velocidade constante, alimentando a usina com minério granulado em vazões determinísticas, pois existem muitos caminhões descarregando e normalmente mais de uma BSM operando para alimentar a mesma usina. O transporte até a usina é feito de maneira segura e altamente automatizada, eliminando o estoque de material na entrada da usina.

Figura 16: Diferentes layouts de canais de suprimento após a implantação do conceito de criação de fluxo contínuo de processos.

4.3.3. Usar sistemas puxados para evitar superprodução

Uma das peculiaridades da indústria da mineração que sempre tornou difícil a redução de estoques ao longo de suas cadeias logísticas é a característica de sua demanda. Os produtos da mineração são normalmente commodities, e, portanto, têm virtualmente demanda inesgotável dependendo a realização de uma venda apenas da realização de uma opção de venda por preço estabelecido pelo mercado. Suas plantas de processamento trabalham ininterruptamente recebendo matéria prima e estocando produtos acabados, desconectadas dos setores de venda, que se preocupam com oscilações de mercado e grandes contratos de venda com garantias de preço.

Empresas com estas características realizam uma prática conhecida como “empurrar” estoques. Os estoques são produzidos de qualquer maneira, independentemente da demanda, e são vendidos conforme êxito do departamento de vendas que consegue empurrar estes estoques aos clientes.

A filosofia enxuta se baseia no conceito de “puxar” estoques. Desta forma, as empresas captam uma necessidade de mercado e processam uma ordem de venda, que por sua vez inicia um procedimento em cascata desde a origem das matérias primas para culminar com a produção da exata quantidade exigida para aquela demanda em específico.

A indústria da mineração, somente pode atingir este grau de maturidade, e trabalhar com sistemas “puxados” pela demanda, se envolver seus clientes de tal maneira que programe sua produção ininterrupta periodicamente para atender níveis de demanda previamente estabelecidos. Desta forma, os clientes orientam as mineradoras sobre suas reais necessidades, oriundas de seus planos estratégicos, para um determinado período de tempo futuro, por exemplo, seis meses.

A filosofia enxuta chama esta técnica de “Just-in-time”, ou em uma tradução mais próxima ao português, “exatamente a tempo”.

“Just-in-time” é uma técnica de gestão enxuta que sustenta que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata em que for demandado. O conceito será aplicado às redes logísticas mineiras com o intuito de reduzir estoques e seus custos decorrentes.

Com este sistema, o produto ou matéria prima chega ao local de utilização somente no momento exato em que for necessário. Os produtos somente são entregues a tempo de serem utilizados.

O conceito de “Just-in-time” está relacionado ao de produção por demanda, onde primeiramente vende-se o produto para depois se acionar os gatilhos de obtenção de matéria prima e posteriormente processá-la.

As empresas que adotaram o conceito do “Just-in-time” têm estoques mínimos de matérias primas. Para que isto seja possível, os fornecedores devem ser treinados, capacitados e conectados para que possam fazer entregas de pequenos lotes em alta frequência.

A redução do número de fornecedores para o mínimo possível é um dos fatores que mais contribui para alcançar os potenciais benefícios da técnica “Just-in-time”. Esta redução gera, porém, vulnerabilidade em eventuais problemas de fornecimento, já que fornecedores alternativos foram excluídos. A melhor maneira de prevenir esta situação é selecionar cuidadosamente os fornecedores e arranjar uma forma de proporcionar credibilidade dos mesmos de modo a assegurar a qualidade e confiabilidade do fornecimento.

A gênese desta teoria se deu em modernas fábricas de automóveis, que eram construídas em condomínios industriais, onde os fornecedores “Just-in-time” estavam a poucos metros e faziam entregas de pequenos lotes na mesma frequência da produção da montadora, criando um fluxo contínuo.

O sistema de produção adapta-se mais facilmente às empresas cujas demandas por matérias primas sejam relativamente previsíveis e constantes, sem grandes oscilações, como a da mineração.

Para a implantação de um sistema puxado de estoques baseado na teoria “Just-in-time”, foi desenvolvida uma metodologia que consiste das seguintes etapas:

1. Identificação dos clientes, fornecedores e parceiros.
2. Elaboração de um plano estratégico e um bom conhecimento do plano estratégico dos terceiros envolvidos em suas operações.

3. Conciliação de planos estratégicos com tendências econômicas de mercado através das “reuniões do desejo” semestrais entre mineradora e seus clientes. Estas reuniões fornecem a expectativa de demanda, mês a mês, para o semestre seguinte. O resultado desta etapa é o chamado “Plano de Vendas” ou “PV”
4. Reuniões mensais, normalmente por volta do dia 25 de cada mês, com as equipes de produção, vendas e cliente, onde são estipuladas as metas para o mês, desafiando as equipes em cima daqueles valores lançados no início do semestre por maiores volumes e distribuindo a demanda ao longo das semanas de forma aperfeiçoar a alocação de recursos e priorizar fluxos melhorando a operação.
5. Reuniões de produção semanais, normalmente sexta-feira à noite, para estruturar as operações de transporte, carga e descarga da semana. Destas reuniões saem as “Ordens de Produção” ou “OP”, que irão acionar os gatilhos da produção de certo volume de minério para aquela semana. Todo o plano de produção e transporte sai detalhado de uma “OP”. Neste plano está discriminado, para todos os dias da semana, qual o volume necessário para cumprir o “PV”, para bater o desafio estabelecido pelo departamento comercial, e qual a realidade de D, D+1 e D+2, e a projetada para o resto da semana.
6. Reuniões diárias das equipes de produção da mineradora e dos clientes checando qual a produção sendo realizada no dia e qual a expectativa para D+1, D+2 e D+3

Desta maneira, consegue-se, com bom planejamento e engajamento efetivo dos clientes, uma previsão ágil, planejada e precisa sobre a demanda requerida e os sistemas produtivos mineradores passam a reagir à demanda e supri-la, e não mais a trabalhar desconexamente.

4.3.4. Nivelamento e seqüenciamento da carga de trabalho: “Heijunka”

“Heijunka” significa, em japonês, nivelamento da produção.

O objetivo da técnica do nivelamento de produção é amortecer as oscilações de demanda, recebendo e produzindo pequenos lotes na mesma linha sempre de maneira constante. A prática de “Heijunka” também permite a eliminação de perdas, na medida que favorece a padronização do trabalho. Desta forma, uma boa prática de nivelamento também reduz a necessidade de mão-de-obra em toda cadeia produtiva.

Para amortizar melhor os investimentos fixos nas cadeias produtivas, é necessário utilizar intensamente os ativos (fábricas, armazéns, máquinas, caminhões, vagões, navios). Busca-se sempre utilizá-los da melhor maneira possível para produzir mais com os meios existentes. A técnica de sequenciamento por sua vez, propõe que se faça isto transformando uma rede logística específica para um único produto – ou seja, uma linha sensível às variações de vendas – em uma rede flexível, capaz de disponibilizar vários tipos de minérios, ou de minérios com origens e teores diferentes. As variações de demanda de cada produto são amortizadas pela flexibilidade da ferramenta de produção: há menos irregularidade e variabilidade.

Desta maneira, uma rede logística que compartilha canais e nós logísticos entre variadas estratégias de produtos ganha a vantagem competitiva da flexibilidade e consegue manter sempre uma vazão regular do mesmo produto.

Em uma rede logística do tipo Lean Mining que exporta níquel, estanho e minério de ferro em quatro diferentes teores utilizando os mesmos ativos, e sofre uma baixa de 30 % num desses seis modelos, a empresa apenas é impactada em 7,5 %. Por outro lado, uma rede logística mono-produto que vê a demanda despencar 30 %, sofre uma variação de 30 %.

Outro objetivo da técnica “Heijunka” é fornecer produtos diferentes através da mesma rede logística eliminando as perdas graças à padronização do trabalho. Contrariamente àquilo que se pensa, é mais fácil promover melhorias quando as redes são heterogêneas. Os processos elementares são multiplicados e fracionados, sendo assim mais fácil a sua classificação em unidades elementares. Ao multiplicar os processos, repartindo-os da melhor forma possível e uniformizando-os graças a um nivelamento da produção, consegue-se utilizar melhor o tempo de trabalho disponível para a criação de valor.

O conceito imbutido no “Heijunka” é o de que estes processos fracionados operem à uma taxa praticamente constante, para assim permitir que seus processos anteriores e posteriores também operem desta maneira. Todos os processos que têm altas flutuações em suas entradas aumentam seus desperdício. Isto se deve pois equipamentos, trabalhadores, estoques, e todos os outros elementos da cadeia produtiva precisam estar preparados para os picos de demanda para assim terem flexibilidade suficiente para se adaptar as variações de entradas.

O gráfico 01 mostra como é um padrão determinístico de entradas (objetivo do “Heijunka”) e como é um padrão de entradas representado por uma distribuição *Poisson*, muito comum em linhas de produção antes da aplicação da técnica de nivelamento. Na teoria da probabilidade e na estatística, a distribuição de *Poisson* é uma distribuição de probabilidade discreta. Ela expressa, por exemplo, a probabilidade de um certo número de eventos ocorrerem num dado período tempo, caso estes ocorram com uma taxa média conhecida e caso cada evento seja independente do tempo decorrido desde o último evento.

Gráfico 01: Distribuições de probabilidade para entrada de processos

Na prática, o que se observa é que sistemas que conseguem se aproximar ao máximo da distribuição determinística têm uma eficiência maior, e dificilmente geram gargalos em suas entradas. Por outro lado entradas aleatórias provocam gargalos e perdas de vários tipos como desuniformidade dos processos, estoques desnecessários, picos de produtividade.

Nas palavras de Taiichi Ohno: *“Os funcionários devem trabalhar como tartarugas, pois por mais lenta que seja uma tartaruga, a perda por ela provocada é muito mais desejável do que a da lebre veloz, que corre na frente mas pára de vez em quando para cochilar.”*

4.3.5. Mecanismos para evitar ter que resolver problemas, acertando sempre na primeira tentativa: FMEA / HazOp

A metodologia de FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza um produto. Pode-

se dizer que, com sua utilização, está se diminuindo as chances do produto ou processo falhar, ou seja, busca-se aumentar sua confiabilidade.

Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante, pois mesmo que prontamente reparada, uma falha causa, no mínimo, uma oscilação nas distribuições determinísticas das entradas dos processos de uma cadeia. Além disso, na mineração existem determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas, com até mesmo risco de vida aos funcionários.

Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim, ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de riscos em engenharia de segurança e na indústria de alimentos. O PMBOK (Project Management Book of Knowledge), que regulamenta os procedimentos em gestão de projetos, recomenda uma adaptação da metodologia FMEA para projetos de implantação na área da mineração. O HazOp ("Hazard and Operabilities study") é a ferramenta de análise de riscos recomendada nestes casos, contudo sua estruturação mantêm os mesmos conceitos do FMEA.

A metodologia FMEA pode ser aplicada tanto no desenvolvimento do projeto do produto como do processo. As etapas e a maneira de realização da análise são as mesmas, ambas diferenciando-se somente quanto ao objetivo. Assim as análises FMEA's são classificadas em dois tipos:

FMEA de produto: São consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou nos processos decorrentes do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto.

FMEA de processo: são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

Pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações:

- Diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- Diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- Para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram;

O princípio da metodologia é o mesmo independente do tipo de FMEA e a aplicação, ou seja, se é FMEA de produto ou de processo e se é aplicado para produtos/processos novos ou já em operação. A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo.

Para se aplicar a análise FMEA em um determinado produto/processo, portanto, forma-se um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto/processo e irá relacionar todos os tipos de falhas que possam vir a ocorrer e descrever, para cada tipo de falha, suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de detecção e prevenção de falhas que estão sendo, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio destes riscos, discutir medidas de melhoria.

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa:

- Uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- Melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- Ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- Diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;

A técnica denominada Estudo de Perigo e Operabilidade – HazOp (Hazard and operability studies) segue o mesmo modelo de implantação do FMEA. Ela visa identificar os problemas de Operabilidade de um processo, revisando metodicamente todo o projeto. Esta metodologia é baseada em um procedimento que gera perguntas de maneira estruturada e sistemática através do uso apropriado de um conjunto de palavras-guias aplicadas a pontos críticos do sistema em estudo. O principal objetivo de um Estudo de Perigos e Operabilidade (HazOp) é investigar de forma metódica cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas conseqüências. Uma vez verificadas as causas e as conseqüências de cada tipo de desvio, esta metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para sanar o problema 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 sejam perigosos, podem causar perda de produção ou que possam afetar a qualidade do produto ou a eficiência do processo. Portanto o HazOp identifica tanto problemas que possam comprometer a segurança da instalação como aqueles

que possam causar perda de continuidade operacional da instalação ou perda de especificação do produto.

A técnica de HazOp, como é uma metodologia estruturada para identificar desvios operacionais, pode ser usada na fase de projeto de novos sistemas de processos quando já se dispõe dos fluxogramas de engenharia e de processo da instalação ou durante modificações ou ampliações de sistemas de processo já em operação. Pode também ser usada como revisão geral de segurança de unidades de processos já em operação. Portanto, esta técnica pode ser utilizada em qualquer estágio da vida de uma cadeia produtiva.

A execução de um HazOp de boa qualidade exige, além da participação de especialistas experientes, informações precisas, detalhadas e atualizadas a respeito do projeto e operação da instalação analisada. Para execução do HazOp deve-se dispor de dados atualizados, informações sobre o processo, a instrumentação e a operação da cadeia produtiva. Estas informações podem ser obtidas através de modelagem, através de documentação, tais como, especificações técnicas, procedimentos de operação e de manutenção ou por pessoas com qualificação técnica e experiência.

O HazOp se baseia no fato que um grupo de peritos com diferentes experiências trabalhando juntos podem interagir de uma forma criativa e sistemática e identificar muito mais problemas do que se cada um trabalhasse individualmente e depois fossem combinados os resultados. A interação de pessoas, com diferentes experiências estimula a criatividade e gera novas idéias, devendo todos os participantes defender livremente os seus pontos de vistas, evitando críticas que inibam a participação ativa e a criatividade dos integrantes da equipe. Portanto, a realização de um HazOp exige necessariamente, uma equipe multidisciplinar de especialistas, com conhecimentos e experiências na sua área de atuação, avaliar as causas e os efeitos de possíveis desvios operacionais, de forma que o grupo chegue a um consenso e proponha soluções para o problema. O HazOp não é uma técnica para trazer mentes "recém

chegadas" para trabalhar em um problema. Esta é uma técnica que permite aos que são peritos em um processo utilizarem seus conhecimentos e experiências de maneira sistemática, de modo que os problemas tenham menor probabilidade de serem omitidos. A porcentagem de acidentes, posteriores ao HazOp, que ocorrem porque o grupo não tinha o conhecimento necessário para o desenvolvimento do estudo é mínima. A maioria dos acidentes ocorre porque o grupo responsável pelo estudo deixou de aplicar os seus conhecimentos.

As reuniões da equipe de HazOp devem ser suficientemente freqüentes para se manter o ímpeto desejado. Em geral, as reuniões devem durar cerca de três horas no máximo e deve-se ter um intervalo de dois ou três dias entre reuniões subseqüentes a fim de permitir aos participantes coletar as informações necessárias, ou seja, freqüência de duas a três reuniões por semana. O tempo necessário e o custo são proporcionais ao tamanho e complexidade da unidade que estiver sendo analisada. Estima-se que sejam necessários, em média, cerca de três horas para cada grande equipamento da instalação, tais como, vasos, torres, tanques, compressores, permutadores, etc.

Tipicamente os principais resultados fornecidos pelo HazOp são os seguintes:

- Identificação de todos os desvios possíveis que possam conduzir a eventos perigosos ou a problemas operacionais.
- Uma avaliação das conseqüências (efeitos) destes desvios sobre o processo.
- O exame dos meios disponíveis para se detectar e corrigir ou mitigar os efeitos de tais desvios.

Podem ser recomendadas mudanças no projeto, estabelecimentos ou mudança nos procedimentos de operação, teste e manutenção. Portanto, os resultados obtidos são puramente qualitativos, não fornecendo estimativas numéricas nem qualquer tipo de classificação em categorias.

A técnica HazOp é essencialmente um procedimento indutivo qualitativo, no qual um grupo examina um processo, gerando, de uma maneira sistemática, perguntas sobre o mesmo. As perguntas, embora instigadas por uma lista de palavras-guia, surgem naturalmente através da interação entre os membros da equipe. Portanto, esta técnica de identificação de perigos consiste, fundamentalmente, em uma busca estruturada das causas de possíveis desvios em variáveis de processo, ou seja, na temperatura, pressão, vazão e composição, em diferentes pontos (denominados nós) do sistema, durante a operação do mesmo. A busca dos desvios é feita através da aplicação sistemática de uma lista de "palavras-guias" para cada modo do sistema. Esta lista deve ser tal que promova um amplo e irrestrito raciocínio lógico visando detectar virtualmente todas as anormalidades concebíveis do processo.

O procedimento para execução do HazOp pode ser sintetizado nos seguintes passos:

- Divisão da unidade/sistema em subsistemas a fim de facilitar a realização do HazOp.
- Escolha do ponto de um dos subsistemas a ser analisado, chamado nó.
- Aplicação das "palavras-guias", verificando quais os desvios que são possíveis de ocorrerem naquele nó.
- Para cada desvio, investigar as causas possíveis de provocá-lo, procurando levantar todas as causas.
- Para cada uma das causas, verificar quais são os meios disponíveis na unidade/sistema para detecção desta causa e quais seriam as suas possíveis consequências.
- Verificar se não existe alguma coisa que possa ser feita para eliminar a causa do desvio ou para minimizar as suas consequências.

O HazOp é ideal para ser empregado na fase final de elaboração do projeto de processo, embora também seja aplicado na etapa de operação. As principais vantagens da análise por HazOp estão relacionadas com a sistematicidade, flexibilidade e abrangência para identificação de perigos e problemas operacionais. Além disso, as reuniões de HazOp promovem a troca de idéias entre os membros da equipe uniformizando o grau de conhecimento e gerando informações úteis para análises subseqüentes. Além disso, o HazOp serve para os membros da equipe adquirirem um maior entendimento do funcionamento da unidade em condições normais e, principalmente, quando da ocorrência de desvios, funcionando a análise de forma análoga a um "simulador" de processo.

4.3.6. Padronização das melhores práticas

A padronização é uma técnica que visa reduzir a variabilidade dos processos de trabalho sem prejudicar sua flexibilidade. Destina-se a definir os métodos mais eficientes de se fazer o trabalho (melhores práticas) e incorporá-los às rotinas da empresa da maneira mais simples, ao menor custo e com menor variação possível.

Os benefícios da padronização podem ser qualitativos, que permitem:

- Utilizar adequadamente os recursos (equipamentos, materiais e mão-de-obra).
- Uniformizar a produção.
- Facilitar o treinamento da mão-de-obra, melhorando seu nível técnico.
- Registrar o conhecimento tecnológico.
- Facilitar a contratação ou venda de tecnologia.

Podem também ser quantitativos, que permitem:

- Reduzir o consumo de materiais.
- Reduzir o desperdício.
- Padronizar componentes e equipamentos.
- Aumentar a produtividade.
- Melhorar a qualidade.
- Controlar processos.

A implantação da teoria Seis Sigma, bem como da ISO 9000, envolvem a padronização de processos. A padronização é fundamental para a busca da qualidade, pois é através dela que se consegue a previsibilidade e manutenção dos resultados. Um processo padronizado leva à estabilidade dos resultados. Com a padronização diminuem-se as dispersões e os resultados tornam-se previsíveis.

Sem uma base estável, isto é, sem resultados previsíveis, não se pode pensar em melhoria, pois não se consegue melhorar o que não se conhece ou o que varia constantemente. Não há possibilidade de se saber qual o nível atual de desempenho se ora se obtêm um resultado, ora outro diferente, melhor ou pior que o anterior.

Outro importante papel da padronização está na delegação das tarefas rotineiras. Com a estabilidade dos processos é possível delegar a condução dos processos às pessoas que os operam liberando a gerência para se preocupar com os projetos de melhoria que visam conferir maior competitividade à empresa.

A padronização é, também, a base para o treinamento operacional. Tendo os procedimentos definidos torna-se mais fácil e mais simples desenvolver nas pessoas as habilidades e conhecimentos necessários para a execução das

tarefas. E a execução das tarefas, conforme os padrões previamente definidos, garante a manutenção dos resultados.

Liker (2005) faz a seguinte afirmação com relação ao estabelecimento de padrões:

“A tarefa crítica quando se implementa a padronização é encontrar o equilíbrio entre indicar procedimentos rígidos para que os funcionários os sigam e dar-lhes a liberdade de inovar e de ser criativos para atingir metas desafiadoras de modo coerente em relação a custos, qualidade e prazos. A chave para alcançar este equilíbrio reside na maneira como as pessoas redigem os padrões, bem como em quem contribui para sua criação.

Primeiro, os padrões devem ser específicos o suficiente para serem guias úteis, mas também gerais o suficiente para permitir alguma flexibilidade. No trabalho manual repetitivo, os padrões são muito específicos. Na engenharia, como não há quantidades fixas, os padrões precisam ser mais variáveis.

Segundo, as pessoas que fazem o trabalho precisam melhorar os padrões. Simplesmente não há tempo suficiente em uma semana de trabalho para que os engenheiros industriais estejam em toda parte escrevendo e reescrevendo os padrões. Ninguém gosta de seguir as regras e os procedimentos detalhados de alguém quando estes são impostos. Regras impostas estritamente controladas tornam-se coercivas e passam a ser fonte de atrito e de resistência entre a administração e os trabalhadores. Entretanto, pessoas concentradas em fazer um bom trabalho apreciam receber dicas e recomendações práticas, principalmente se têm alguma flexibilidade para acrescentar suas próprias idéias. Além disso, é muito estimulante ver que todos vão usar sua melhoria como um novo padrão. O uso da padronização na Toyota é a base para a melhoria contínua, a inovação e o crescimento dos funcionários.”

Entretanto, a padronização não se limita ao estabelecimento (consenso, redação, aprovação e distribuição) do padrão, ou das melhores práticas, mas

inclui, também, a sua utilização (treinamento e verificação contínua de sua observação). Isto significa que a padronização só termina quando a execução do trabalho conforme estas melhores práticas pré-definidas estiver assegurada.

4.3.7. Controle visual para detectar problemas: “Genchi Genbutsu”

A técnica do “Genchi Genbutsu”, ou “vá e veja por si mesmo” em japonês, é algo que está muito arraigado à cultura oriental. Segundo os pioneiros em filosofia enxuta da Toyota, deve-se buscar resolver os problemas e melhorar os processos indo pessoalmente à fonte para observar e verificar os dados antes de se elaborar teorias a partir de modelos elaborados em computador. Parte da necessidade por uma metodologia de modelagem, que refletisse a realidade das cadeias logísticas, e estivesse baseada em questionários aplicados “*in loco*” se apóia no “Genchi Genbutsu”. Refletir e discutir a partir de informações verificadas pessoalmente é de extrema importância, e mesmo os gestores de alto nível devem ir ver eles mesmos as situações.

Esta atitude de “Genchi Genbutsu” é chamada também de “Gemba”. “Gemba” é o termo japonês para “o lugar”, neste caso, “o lugar onde tudo realmente acontece”. O “Gemba” lida com a tomada de decisões de tal modo que as necessidades observadas no “*in loco*” são uma prioridade, e não apenas o lugar onde as coisas acontecem.

A atitude de “Gemba” reflete a idéia de que os dados de relatórios e medições transmitidos à gerência são somente uma abstração do que está acontecendo realmente nas áreas operacionais na busca pela criação de valor. Os relatórios e questionários devem ser complementados com visitas aos locais, pois eles refletirão as atitudes do inquiridor da gerência e da pessoa que responde pelo seu local de trabalho, assim como as impressões pessoais do inquiridor.

Realmente, olhando e estando no local de trabalho permite que os processos sejam observados em seu contexto mais amplo, que fazem a geração das teorias e a tomada de decisões diretamente relevantes, conseqüentemente mais

poderosas e mais compreensíveis. Da mesma maneira, o “Genchi Genbutsu” aumenta a possibilidade de que os problemas reais e os eventos não programados sejam observados em sua origem e possam ser controlados imediatamente, e isto inclui os problemas que não são aparentes à mão-de-obra operacional.

Os controles visuais também estão intimamente ligados à redução de perdas operacionais (intra-processos). Foi desenvolvida na Toyota uma metodologia de limpeza e organização para que problemas operacionais saltassem aos olhos dos gerentes quando eles fizessem o “Genchi Genbutsu”. A metodologia se chama 5S:

- “Seiri”, ou “Classificar”: Classificar itens e manter somente o que for necessário, descartando o resto.
- “Seiton” ou “Organizar”: Um lugar para tudo e tudo no lugar.
- “Seiso”, ou “Limpar”: Limpeza freqüente expõe condições anormais.
- “Seiketu”, ou “Padronizar”: Criar procedimentos para manter e monitorar os três primeiros itens.
- “Shitsuke”, ou “Disciplinar”: Manter um ambiente de trabalho estável.

4.4. FUNCIONÁRIOS E PARCEIROS

Depois da abordagem enxuta à filosofia da empresa, e da aplicação dos conceitos enxutos em seus processos, segue a aplicação dos conceitos para os funcionários e parceiros da mineradora. Como foi visto na implantação de um sistema de vendas puxado pela demanda, a sinergia com terceiros será de extrema importância para o sucesso da implantação do Lean Mining. Um excelente conhecimento dos anseios e necessidades dos funcionários e parceiros será muito importante para garantir as premissas necessárias à implantação de um sistema “Just-in-time” com a confiabilidade desejada.

Justamente neste aspecto as empresas brasileiras vêm pecando durante a implantação de conceitos enxutos à suas cadeias produtivas. As empresas brasileiras são incapazes de abraçar a filosofia de uma maneira ampla, em todos os seus aspectos, o que garantiria a sustentabilidade das mudanças.

No Brasil, apenas as técnicas aplicadas a processos são focadas. É muito comum, por exemplo, acharem que a implantação de um sistema enxuto se resume a aplicação do 5S no chão de fábrica. As empresas brasileiras se valem de “rótulos” enxutos para a aplicação de políticas de redução de custos e aumento de produtividade, sendo que jamais, por exemplo, iniciaram a implantação de uma filosofia enxuta pela mudança da missão e visão da empresa.

Os funcionários de empresas enxutas muito dificilmente são demitidos. A demissão de um funcionário é vista com extrema cautela e é altamente indesejável. Aqui no Brasil, é uma prática comum empresas oferecerem salários 20% acima da média do mercado a seus executivos e assediá-los moralmente a trabalharem de onze a treze horas diariamente. Demissões em massa e renovação do plantel dos executivos por mão de obra mais jovem e mais barata ocorre naturalmente nestas empresas, o que se choca frontalmente aos

conceitos da filosofia enxuta e inviabiliza sua implantação de maneira correta, eficaz e sustentável.

4.4.1. Desenvolver líderes que compreendam e disseminem o trabalho e a filosofia

Nas empresas enxutas os líderes são desenvolvidos dentro da própria empresa. Os líderes devem viver e compreender plenamente a cultura da empresa diariamente. Como um elemento central da cultura é o “Genchi Genbutsu”, ou “vá e veja por si mesmo”, os líderes devem demonstrar esta habilidade e entender como o trabalho é feito.

Os líderes de empresas enxutas devem se concentrar em objetivos de longo prazo para a empresa e como contribuição de valor para a sociedade. Devem ver os problemas como oportunidades de treinar e instruir seu pessoal. Um líder raramente deve dar ordens; eles conduzem e orientam as pessoas através do questionamento sobre a situação e a estratégia de ação adotada.

4.4.2. Desenvolver pessoas e equipes sensacionais

De acordo com May (2007), para empresas como a Toyota, pioneira em filosofia enxuta, pessoas e equipes sensacionais são aquelas que apresentam rendimento previsível e constante independentemente das condições externas a que são expostas. Ou seja, equipes robustas.

Para tal, as pessoas devem contar com algum grau de segurança e sentir que fazem parte de uma equipe. As pessoas precisam de tarefas desafiadoras, precisam de algum grau de autonomia para sentirem que têm controle sobre seu trabalho. Elas devem ter muito claro o que se espera delas e quais são as metas da empresa como um todo. Parece não haver nada tão motivador quanto objetivos desafiadores, avaliação constante e “feedback” sobre o progresso.

As equipes de trabalho de empresas enxutas normalmente compartilham das seguintes características:

- Existe um forte sentimento de identidade com a empresa.
- Existe comprometimento dos indivíduos entre si
- Facilidade em lidar com conflitos externos e internos, na maioria dos casos com protocolos específicos para cada tipo de situação.
- Criatividade e agilidade na resolução de novos problemas.
- Sistemas de avaliação claros e eficientes.
- Sistemas de recompensa meritocráticos.
- Alto nível de organização.
- Líderes de equipe que são respeitados e motivam pelo exemplo

4.4.3. Desafiar, ajudar e recompensar a rede de parceiros

As empresas mineradoras, ao adotarem uma postura enxuta, devem se conscientizar da dependência de parceiros fortes, confiáveis, e buscar crescer e se desenvolver junto com eles para benefício mutuo em longo prazo.

Uma empresa mineradora desenvolve parcerias com uma grande e variada quantidade de empresas, entre elas:

- Energia
- Ferrovias
- Portos

- Transportes marítimos
- Equipamentos
- Máquinas
- Consultorias
- Projetistas
- Construtoras
- Governos
- Concessionárias
- Telecomunicações

O estabelecimento de metas destas empresas parceiras deve ser sempre feito em conjunto, pois na maioria das vezes as metas são interdependentes e/ou inter-relacionadas. Da mesma forma, quando desafiadas estas metas, ambas as parceiras precisam criar uma sinergia para alcançar estes objetivos.

Mais uma vez, está aqui um grande desafio para a indústria brasileira. Os laços de empresas enxutas com seus parceiros são muito fortes, pois eles crescem, aprendem e se desenvolvem juntos. Seria impensável para uma empresa como esta trocar seu fornecedor por outro simplesmente porque ele está “um pouquinho mais barato”. Segundo Taiichi Ohno, *“A obtenção de desempenho nos negócios por parte da empresa-mãe através da intimidação dos fornecedores é totalmente alheia ao espírito do Sistema Toyota de Produção.”*

4.5. SOLUÇÃO CONTÍNUA DE PROBLEMAS

4.5.1. Tomada de decisão: “Nemawashi”

Na cultura japonesa, “nemawashi” é um processo informal de, discretamente, iniciar a formação de uma melhoria proposta através de conversas com as pessoas envolvidas, coletando apoio e “feedback”. Este procedimento tem papel fundamental em todas as grandes mudanças, antes que qualquer atitude formal seja tomada. Um “nemawashi” bem executado permite que as mudanças aconteçam com o consentimento de todos os envolvidos.

A tradução literal de “nemawashi” é “buscar as raízes”, pois a palavra era originalmente usada para descrever o procedimento meticuloso de escavar ao redor de uma árvore, buscando liberar as raízes para um transplante de lugar.

As tomadas de decisão em empresas enxutas são feitas lentamente e por consenso, considerando completamente todas as opções. Contudo, uma vez que a decisão foi tomada, deve-se implementá-la com rapidez e energia.

“Nemawashi” é um conceito muito importante para se entender este processo de tomada de decisão em empresas de filosofia enxuta.

Uma vez que um funcionário tem uma grande idéia, ele não deve diretamente comunicar a seus superiores na primeira reunião em frente de todas as pessoas de seu setor. Segundo “nemawashi”, isso prejudicaria a harmonia do setor inteiro. Antes de fazer uma sugestão formal, deve-se ter certeza que todos os envolvidos concordam com ela, e este processo de perguntar a todos, ou seja, esta consulta prévia, é o “nemawashi”.

As vantagens são muitas. Se o “nemawashi” for um sucesso, a sugestão será aceita com certeza. Se alguns não gostaram da proposta, pode-se alterá-la até

que todos estejam satisfeitos. Se a sugestão for ruim, ela será descartada antes que os superiores sequer tenham tomado conhecimento.

O funcionário deve consultar todo seu departamento, e, uma vez que tiver certeza que todos estão de acordo, consultar o chefe de departamento. O chefe falará com os outros chefes de departamentos e, depois do OK de todos, falará com seu superior e assim por diante. Desta maneira, as idéias ruins não sobem na hierarquia, mas se todos concordam com ela, a idéia vai subindo e sendo melhorada.

Uma vez que o processo de “namawashi” foi concluído com sucesso, o departamento onde tudo começou tem a permissão para fazer uma proposta oficial, e então iniciar a implementação da idéia. O “nemawashi” ajuda a manter a harmonia nos grupos de trabalho e elimina aberrações, ambas características muito importantes para empresas japonesas.

O processo é muito lento, mas as empresas japonesas são conhecidas tomarem decisões lenta e pacientemente. É muito difícil para elas tomar decisões, pois elas normalmente fazem poucas alterações em suas rotinas e todos devem estar de acordo (consenso), muitas vezes até para mudanças insignificantes.

Graças ao “nemawashi”, as empresas japonesas normalmente não cometem erros, elas sempre se aprimoram passo a passo, sempre melhorando e deixando seus processos próximos da perfeição.

4.5.2. Reflexão incansável: “Hansei”

“Hansei”, ou “auto-reflexão”, é um profundo balanço, feito por um indivíduo ou por um time, durante ou ao final de algum evento (projeto, atividade, processo). Esta auto-reflexão visa, acima de tudo, identificar de maneira clara quais as falhas ocorridas e o que precisa ser melhorado no processo ou no produto. A auto-reflexão é uma idéia central na cultura japonesa. Ela significa o reconhecimento das próprias falhas e a busca por melhorias.

Um bom exemplo é o dos políticos japoneses, e ultimamente os americanos também, envolvidos em casos de corrupção. Eles se desculpam publicamente e se retiram da vida pública por alguns anos. Posteriormente eles retomam suas carreiras, pois está implícito na cultura local que aprenderam sua lição pelo sofrimento e vergonha que passaram.

Nas empresas japonesas é comum que gerentes esperem uma atitude de “Hansei” de seus funcionários em casos de erros. O gerente assume o erro publicamente enquanto o departamento trabalha para resolvê-lo.

“Hansei” também significa abraçar o sucesso com modéstia e humildade. Parar o “Hansei” significa parar de aprender. A atitude “Hansei” não deixa que as pessoas se sintam superiores e que achem que não existem oportunidades de melhorias.

4.5.3. Melhoria contínua: “Kaizen”

Os caracteres “kanji” originais para esta palavra são: “改善”

- 改 (“kai”) significa “mudança” ou “ato de correção”.
- 善 (“zen”) significa “bom”.

Portanto, daí o significado: mudar para melhor

As práticas de aprimoramento contínuo decorrentes das teorias de gestão japonesas exprimem uma forte filosofia de vida e cultura oriental. As empresas que adotam uma filosofia enxuta são municiadas com ferramentas para se organizarem e buscarem sempre resultados melhores.

Empresas que não se reinventam estão destinadas a morrer. O lema do “Kaizen” é: ‘Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje!’

Para o “Kaizen”, é sempre possível fazer melhor, e nenhum dia deve passar sem que alguma melhoria tenha sido implantada, seja ela na estrutura da empresa ou nos indivíduos que a compõem. A metodologia de implantação de ferramentas de melhoria contínua traz resultados concretos, tanto qualitativamente, quanto quantitativamente, em um curto espaço de tempo e a um baixo investimento, seja de tempo, dinheiro ou energia. Essas melhorias são alcançadas apoiadas na sinergia gerada por grupos de trabalho focados em alcançar metas estabelecidas pela gerência, e tendo condições práticas de implementar melhorias .

“Kaizen” significa melhoramento. Mais ainda, “Kaizen” significa contínuo melhoramento, envolvendo todos, gerentes e operários. A filosofia do “Kaizen” afirma que o modo de vida - seja no trabalho, na sociedade ou em casa - merece ser constantemente melhorado.

Um programa bem planejado de “Kaizen” pode ser dividido em três segmentos, dependendo da complexidade e do nível do “Kaizen” :

- 1- “Kaizen” orientado para a administração;
- 2- “Kaizen” orientado para o grupo;
- 3- “Kaizen” orientado para o indivíduo;

“Kaizen” orientado para a administração

Ele é o pilar crucial, já que o “Kaizen” orientado para a administração se concentra nas mais importantes questões logísticas e estratégicas e oferece o incentivo para manter o progresso e o moral.

Os gerentes devem envolver-se no melhoramento do seu próprio serviço. A administração japonesa, geralmente acredita que um gerente deve dedicar pelo

menos 50% do seu tempo ao seu próprio melhoramento. Não é a toa que grandes empresas investem tanto tempo e dinheiro no treinamento de seus executivos.

“Kaizen” orientado para o grupo

O “Kaizen” no trabalho em grupo exige que o enfoque permanente seja em ciclos de melhoria do tipo PDCA (Plan, Do, Check, Act). Os membros das equipes de trabalho devem identificar as áreas com problemas para se chegar às causas-raiz, analisa-las, implantar melhorias que julgarem necessárias, testar novas contramedidas e criar novos padrões e/ou procedimentos.

De uma maneira permanente, os membros de pequenos grupos que visam a geração de resultados unitários passam pelos processos de resolução de problemas e tomada de decisões. Este é um processo cíclico (que se retroalimenta). As atividades dos grupos estão confinadas aos problemas que surgem nas suas próprias áreas de trabalho, mas o moral é melhorado através das atividades de “Kaizen”, pois todos dominam a arte de resolver os problemas de imediato.

Tanto no “Kaizen” orientado para a pessoa quanto no “Kaizen” orientado para o grupo, é essencial que a administração entenda adequadamente a função dos operários no “Kaizen”, que recebem muitas responsabilidades, e que use todas as oportunidades para apoiá-los.

“Kaizen” orientado para a pessoa

O “Kaizen” orientado para a pessoa se manifesta na forma de sugestões. O sistema de sugestões é um meio para realizar o princípio de que as pessoas devem trabalhar com mais empenho.

O melhoramento orientado para a pessoa tem oportunidades quase infinitas. Por exemplo, nos escritórios que utilizam telefones com ramal, um funcionário poderia sugerir a colocação da mesma cor de aparelhos em todos os ramais do mesmo número, para conveniência. Muitos dos mecanismos a prova de falhas são instalados nas máquinas como resultado das sugestões dos operários.

O ponto de partida do “Kaizen” é a adoção, por parte do operário, de uma atitude positiva em relação à mudança e ao melhoramento da maneira como ele trabalha. Se um operário que realiza o seu serviço sentado ao lado de uma máquina mudar o seu comportamento e ficar em pé ao lado dela, isso é um melhoramento, pois ele adquire flexibilidade e pode operar mais de uma máquina.

Quando Taiichi Ohno, o executivo que iniciou a filosofia enxuta na Toyota, se tornou conselheiro da Toyota Shokki (fábrica de tecidos para automóveis), ele descobriu que as operárias estavam trabalhando sentadas às máquinas de costura. Ele imediatamente inaugurou um projeto de melhoramento e projetou características especiais para cada máquina de costura, de forma que elas parassem automaticamente assim que cada operação fosse completada.

Depois, foi estabelecido um ciclo para cada operária, de forma que ela pudesse trabalhar em várias máquinas de costura em um ciclo. Isto significou que o comportamento das operárias teve de ser auterado para que elas ficasse em pé ao lado das máquinas e passassem de uma máquina para a seguinte junto com o fluxo de trabalho. Atualmente, cada operária cuida de doze máquinas, andando de uma máquina para a seguinte, trajando um agasalho esportivo. Nas empresas do grupo Toyota, cada operário pode estar cuidando de até oitenta máquinas diferentes em um ciclo. Essas designações múltiplas de serviços são possíveis porque a administração foi bem sucedida na mudança do comportamento dos operários.

O “Kaizen” orientado para pessoa é freqüentemente visto como incentivador do moral e a administração nem sempre exige o retorno imediato de cada sugestão. A atenção e a receptividade da administração são essenciais se os operários devem se tornar “operários pensantes”, sempre procurando por maneiras melhores de realizar o seu serviço.

Sistema de sugestões

Um sistema de sugestões é uma parte integrante do “Kaizen” orientado para a pessoa. Os principais temas das sugestões são:

- Melhoramentos no próprio trabalho
- Economia de energia, materiais e outros recursos
- Melhoramentos no ambiente de trabalho
- Melhoramentos nas máquinas e processos
- Melhoramentos no trabalho de escritório
- Melhoramentos na qualidade do produto
- Idéias de novos produtos
- Melhoramentos no relacionamento com parceiros

4.5.4. O Seis Sigma na mineração

O “Lean Mining” adota a metodologia “Six Sigma” com o intuito de corrigir problemas depois que eles aconteceram ou vêm acontecendo freqüentemente, ou seja, melhorar processos que apesar de estarem relativamente sob controle, necessitam melhorias. Para tal, o “Six Sigma” oferece a ferramenta do DMAIC, que irá estruturar a busca pelas causas desses erros, promoverá seu profundo conhecimento, proporá ações corretivas e controlará os resultados.

Existem cinco fases ou estágios básicos para se obter o desempenho desejado pela metodologia “Six Sigma” em um processo. Essas cinco fases são conhecidas pela sigla DMAIC: “Define” (definir), “Measure” (medir), “Analyse” (analisar), “Improve” (melhorar) e “Control” (controlar). Para cada uma destas fases, o DMAIC oferece um sofisticado e abrangente repertório de ferramentas, sendo que cada uma delas melhor se adapta às características de determinado ramo da indústria ou até mesmo dos tipos de processos abordados. O “Lean Mining” selecionou as ferramentas mais pertinentes para a solução de problemas em cadeias logísticas, mais especificamente as minerais, e fornece um roteiro de aplicação destas ferramentas através das cinco etapas do DMAIC. Na figura 17, de caráter ilustrativo, está exemplificada a abrangência das ferramentas do “Six Sigma” para cada uma de suas etapas.

Figura 17: Ilustração das varias ferramentas do DMAIC

Na fase “Define”, são identificados os problemas latentes na rede logística, e que serão foco de atenção, sempre com o objetivo primeiro de satisfazer as expectativas dos clientes em termos de qualidade, preço e prazo de entrega. A habilidade da organização em atender a essa expectativa está intimamente ligada à variação de seus processos. A variação dos “Outputs” de processos tem um impacto direto nos resultados financeiros da empresa em termos de custo, tempo de ciclo e número de defeitos, falhas e erros que afetam a satisfação do cliente. A identificação desses problemas permite à organização reconhecer como os seus processos afetam sua lucratividade de maneira significativa. Será usado nesta etapa o diagrama de “Ishikawa” para a definição dos processos que serão objeto de medição e análise, pois são os melhores candidatos à causa real dos problemas.

A fase “Measure” abrange ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos e à quantificação da variabilidade dos mesmos. Nesta etapa os processos selecionados serão alvo de medições em suas “KPIVs – Key Process Input Variables”, ou seja, variáveis-chave de entrada em processos. Estas variáveis serão alvo de medições obedecendo ao tamanho mínimo de espaço amostral para amostra significativa e serão plotadas conforme suas características intrínsecas, dependendo se são variáveis contínuas ou discretas.

Na fase “Analyse”, serão analisados os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de se conhecer as relações causais e as fontes de variabilidade e de desempenho insatisfatório de tais processos visando à melhoria dos mesmos. Nessa fase, as ferramentas utilizadas incluem: visualização de dados, análise de correlação e regressão, e análise de variância.

A fase “Improve” consiste, fundamentalmente, no desenvolvimento de Projetos de Experimentos (“DOE – Design Of Experiments”). O “DOE” tem o objetivo de promover o conhecimento profundo de cada processo através da análise de resultados obtidos com a reengenharia estrutural das variáveis-chave, ou seja, seu reposicionamento e/ou redimensionamento. A informação obtida com o

“DOE” auxilia a identificar o ajuste das variáveis-chave para modificar e melhorar o referido processo.

Na fase “Control”, serão implementados mecanismos para monitorar continuamente o desempenho de cada processo. Entre as técnicas adotadas, destacam-se as cartas de controle e os testes de confiabilidade.

Definir:

Para a definição das principais causas de um problema na rede logística, será adotado o diagrama de causa-efeito, também chamado “espinha de peixe”, ou “diagrama de Ishikawa”. Este diagrama, originalmente proposto por Kaoru Ishikawa na década de 60, já foi bastante utilizado em ambientes industriais para a localização de causas de dispersão de qualidade nos produto e processos de produção. Ele é uma ferramenta gráfica utilizada para explorar e representar opiniões a respeito de fontes de variações em qualidade de processo, mas que pode perfeitamente ser utilizada para a análise de problemas organizacionais genéricos. No caso das redes logísticas minerais, o diagrama, como demonstrado na figura 18, fornecerá as três mais prováveis causas do problema em estudo.

Na elaboração do diagrama, é identificado um grande efeito indesejável bem localizado e consensuado pelos elementos da organização. Estes membros da organização, selecionados para desenvolver o diagrama, irão levantar todas as suas possíveis causas, classificando-as em uma das seis diferentes categorias e sublinhando as três que mais lhes parecerem pertinentes.

Para cada uma das categorias de causa, algumas questões devem ser abordadas. São as seis possíveis categorias de causas para os problemas em pauta e suas principais questões:

- Método:

- ✓ Métodos errados de armazenagem
- ✓ Métodos errados de transporte
- ✓ Métodos errados de carga/descarga
- ✓ Erros nos canais virtuais
- ✓ Mau dimensionamento de estoques
- Matéria-prima
 - ✓ Características diferentes de projeto
 - ✓ Quantidades diferente de projeto
- Mão-de-obra
 - ✓ Excedente/Insuficiente
 - ✓ Ineficiente
 - ✓ Ineficaz/Inapropriada
- Máquina
 - ✓ Excedente/Insuficiente
 - ✓ Ineficiente
 - ✓ Ineficaz/Inapropriada
- Medição
 - ✓ Erros de leitura de dados
 - ✓ Erros de captura de dados

- ✓ Erros de transmissão de dados
- Ambiente
 - ✓ Ação de fenômenos da natureza
 - ✓ Diferenças entre características de projeto

Figura 18: Diagrama de “Ishikawa” aplicado à redes logísticas minerais

O diagrama de “Ishikawa” é utilizado para a identificação de direcionadores, ou “drivers”, que potencialmente levam ao efeito indesejável, ou problema. Ele é uma ferramenta analítica que, utilizada por este grupo de projeto selecionado, parte de um problema de interesse e possibilita a ocorrência de um levantamento de informações no sentido de identificar as causas possíveis para o problema.

O diagrama apresentado tem como pontos fortes:

- É uma boa ferramenta de levantamento de direcionadores.
- É uma boa ferramenta de comunicação.
- Estabelece a relação entre o efeito e suas causas.
- Possibilita um detalhamento das causas.

Depois de montado o diagrama, as causas mais recorrentes na escolha do grupo de trabalho entre as três mais pertinentes serão as causas que devem efetivamente ser atacadas. Os eventuais relacionamentos entre as diferentes causas selecionadas serão abordados na etapa “Analyse”.

Medir:

Dimensionamento de espaço amostral:

Depois de definidas as variáveis que serão objeto de estudo, inicia-se a fase da coleta estruturada de dados. Num primeiro momento, será necessário determinar o tamanho das amostras das variáveis que sejam representativos do universo no qual elas estão inseridas. Por exemplo, pode-se analisar pequenas amostras que representem:

- As 200.000.000 de toneladas de minério de ferro que saem por ano do porto de Ponta da Madeira.
- As 2.000.000 de toneladas de minério de ferro em estoque no porto de Ponta da Madeira / PA.
- As 8.760 horas de operação de uma TCLD em um ano.

Amostra é um subconjunto de indivíduos extraídos de uma população. O processo de escolha dos indivíduos que pertencerão a uma amostra é denominado amostragem.

O que se busca nesta etapa da medição é generalizar conclusões referentes à amostra, estendendo-as para toda a população da qual essa amostra foi extraída. Não há dúvida de que uma amostra não representa perfeitamente uma população. Ou seja, a utilização de uma amostra implica na aceitação de uma margem de erro que é denominada erro amostral. Este erro é a diferença entre um resultado amostral e o verdadeiro resultado populacional, e tais erros resultam de flutuações amostrais aleatórias.

Não se pode evitar a ocorrência do erro amostral, entretanto deve-se limitar seu valor através da escolha de uma amostra de tamanho adequado e da determinação de um grau de tolerância ao erro.

Obviamente, o erro amostral e o tamanho da amostra seguem tendências inversas. Quanto maior o tamanho da amostra, menor o erro cometido e vice-versa.

Determinação do tamanho de uma amostra com base na estimativa da média populacional:

Supondo, por exemplo, que se deseje estimar o tempo médio de ciclo de um vagão que realiza carga na usina e descarga no porto ininterruptamente. Quantas medições deste tempo deverão ser realizadas é uma questão de grande importância, pois:

- Amostras desnecessariamente grandes acarretam desperdício de tempo e de dinheiro
- Amostras excessivamente pequenas podem levar a resultados não confiáveis.

Em muitos casos é possível determinar o tamanho mínimo de uma amostra para estimar uma média de uma população. A fórmula para cálculo do tamanho da amostra para uma estimativa confiável da média populacional é dada por:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Equação 1

Onde:

n = Número de indivíduos na amostra

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

σ = Desvio-padrão populacional da variável estudada (no exemplo, tempo de ciclo).

E = Margem de erro. Identifica a diferença máxima entre a média da amostra e a real.

Os valores de confiança mais utilizados e os valores de Z correspondentes são:

Grau de Confiança	α	Valor Crítico $Z_{\alpha/2}$
90%	0,1	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

Tabela 01: valores de confiança mais utilizados e os valores de Z correspondentes

No exemplo apresentado, supondo que se deseje um grau de confiança de 95%, e que a média da amostra esteja a menos que 1 hora da verdadeira média populacional. Supondo ainda que se saiba de antemão que para tais tempos de ciclo o σ é de 6 horas. Assim, usando a fórmula, chega-se a uma amostra de:

$$N = (1,96 \times 6/1)^2 = 138,3 = 139 \text{ medições de tempo de ciclo.}$$

Deve-se, portanto, obter uma amostra de ao menos 139 tempos de ciclo de vagões para o percurso, selecionados aleatoriamente. Com tal amostra, se obtêm 95% de confiança que a média amostral difira em menos de 1 hora da verdadeira média populacional.

A Equação 1 exige que se substitua por algum valor o desvio-padrão populacional, mas se este for desconhecido, deve-se utilizar um valor preliminar obtido pelos seguintes processos:

- Utilizar a aproximação $\sigma = \text{amplitude}/4$.
- Realizar um estudo piloto, iniciando o processo de amostragem. Com base na primeira coleção de pelo menos 31 valores amostrais selecionados aleatoriamente, calcular o desvio-padrão amostral σ e utilizá-lo em lugar do σ antigo. Este valor pode ser refinado com a obtenção de mais dados amostrais.

Determinação do tamanho de uma amostra com base na estimativa da proporção populacional

Outro parâmetro estatístico cuja determinação afeta o tamanho da amostra é a proporção populacional. Por exemplo, existe a necessidade de se determinar a proporção de minério, dentro das especificações de teor para certa venda, disponível em um pátio de um porto.

A fórmula para cálculo do tamanho da amostra para uma estimativa confiável da proporção populacional é dada por:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{E^2}$$

Equação 2

Onde:

n = Número de indivíduos na amostra

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

p = Proporção populacional de indivíduos que pertence à categoria que se está interessado em estudar.

q = Proporção populacional de indivíduos que não pertence à categoria que se está interessado em estudar ($q = 1 - p$).

E = Margem de erro. Identifica a diferença máxima entre a média da amostra e a real.

Se “p” e “q” não forem conhecidos, deve-se substituí-los por 0,5.

No exemplo apresentado, supondo que se deseje saber o tamanho da amostra (n) necessário para determinar a proporção da população de minério dentro do teor em um pátio. Não foi feito um levantamento prévio da proporção amostral e, portanto, seu valor é desconhecido. Deseja-se ter 90% de confiança que o erro máximo de estimativa (E) seja de $\pm 5\%$ (ou 0,05).

A quantidade de amostras a serem realizadas é calculada:

$$N = 1,645^2 \times 0,5 \times 0,5 / 0,05^2 = 270 \text{ amostras}$$

Determinação do tamanho da amostra para populações finitas

As fórmulas para determinação do tamanho da amostra que foram apresentadas trabalhavam com a idéia de que a população de onde se retirava a amostra era tão grande, que poder-se-ia considerá-la infinita. Entretanto, a maior parte das populações, como no caso de frotas de transporte marítimo ou terrestre, não é tão grande em comparação com as amostras. Caso a amostra tenha um tamanho (**n**) maior ou igual a 5% do tamanho da população (**N**), considera-se que a população seja finita. Neste caso, aplica-se um fator de correção às fórmulas vistas anteriormente e se obtêm as seguintes fórmulas corrigidas:

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2 \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{(N-1) \cdot E^2 + \sigma^2 \cdot (Z_{\alpha/2})^2}$$

Equação 4

$$n = \frac{N \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{\hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N-1) \cdot E^2}$$

Equação 5

Plotagem de variáveis contínuas e discretas

Depois de dimensionada a amostra corretamente para as variáveis de interesse, e colhidas as amostras, os resultados devem ser plotados para auxiliar o processo de análise de dados.

A plotagem deve seguir os critérios pertinentes às características de cada tipo de variável.

Variáveis contínuas

Variáveis contínuas representam características mensuráveis, que assumem valores em uma escala contínua (na reta real), para as quais valores fracionais fazem sentido. Usualmente devem ser medidas através de algum instrumento. Exemplos: peso (balança), tempo (relógio).

As figuras 19 e 20 demonstram como usualmente são plotados resultados de amostragens de variáveis contínuas.

ALTURA DE UMA POPULAÇÃO

Figura 19: Gráficos de variáveis contínuas, como a altura de uma população, estratificados por categorias, conforme se aumentam as amostras e se segmentam mais as categorias.

Figura 20: Valor da tonelada paga declarada pelos chineses na importação de minério de ferro

Variáveis discretas

Variáveis discretas representam características mensuráveis que podem assumir apenas um número finito ou infinito contável de valores e, assim, somente fazem sentido valores inteiros. Geralmente são o resultado de contagens. Exemplos: número de caçambas, número de vagões carregados por dia.

A figura 21 demonstra como usualmente são plotados resultados de amostragens de variáveis discretas.

Figura 21: Carregamentos (vagões) realizados no mês

Analisar

A etapa de análise de dados será realizada através de duas técnicas de inferência estatística chamadas análise de regressão e correlação, que buscam encontrar relações entre as variáveis amostradas e padrões definidos de comportamento.

A análise de regressão é um modelo de previsão estatístico que descreve e avalia o relacionamento entre uma variável dada, chamada geralmente de variável dependente, e uma ou várias outras variáveis, conhecidas geralmente como as variáveis independentes. Os modelos da análise de regressão são usados para prever o valor de uma variável comparada a umas ou várias outras variáveis cujos valores podem ser predeterminados.

O objetivo central da análise de regressão é encontrar a equação de uma reta que permita descrever e compreender a relação entre duas variáveis e projetar ou estimar uma das variáveis em função da outra.

A reta de regressão é representada pela equação $y = a + bx$, sendo y a variável dependente e x a variável independente.

O coeficiente b da reta representa a sua declividade e define o aumento ou diminuição de y por unidade de variação de x .

O coeficiente a da reta é o intercepto y , ou seja, o valor de y para $x = 0$.

Sempre ocorrerão desvios (D) dos valores y projetados pela reta de regressão e os valores amostrados. Quanto menor for a soma de todos os desvios ao longo da reta, melhor será o poder de representação do modelo. Este é o chamado método dos quadrados mínimos.

$$\lim_{x \rightarrow 0} (D_i^2) = \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2$$

Assim;

$$a = (\sum y_i - b \sum x_i) / N$$

$$b = (\sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i) / [N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$$

Onde N é o número de pares da amostra.

Com a obtenção dos valores a e b , pode-se plotar a reta que melhor representa aquela distribuição, como no exemplo da figura 22:

Figura 22: Exemplo de regressão linear

A análise de correlação estuda se existe correlação entre duas ou mais variáveis quando as alterações sofridas por uma delas são acompanhadas por modificações nas outras. Ou seja, no caso de duas variáveis X e Y, verifica-se se a aumentos (ou diminuições) em X correspondem aumentos (ou diminuições) em Y. Assim, a correlação revela se existe uma relação funcional entre uma variável e as restantes.

Através da plotagem das variáveis obtida na fase de medição, pode-se visualmente identificar alguns tipos de correlação entre variáveis, como exemplificado na Figura 23:

Figura 23: Diagramas de dispersão

Estas tendências explicitadas visualmente serão demonstradas matematicamente através do coeficiente de correlação:

O coeficiente de correlação R_{xy} das variáveis x e y é um valor único, entre -1 e 1 e calculado da seguinte forma:

- 1) Calcula-se as médias e desvios padrões de x e y .
- 2) Calcula-se a covariância σ_{xy} ¹¹ das amostras
- 3) $R_{xy} = \sigma_{xy} / \sigma_x * \sigma_y$

Este coeficiente de correlação alcançado tem as seguintes propriedades:

¹¹ $\sigma_{xy} = \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x) \times (y_i - \mu_y)$

- O coeficiente de correlação de uma variável com ela mesma é 1. É o que se chama de correlação positiva perfeita.
- $R_{xy} = R_{yx}$
- Se as variáveis x e y forem estatisticamente independentes, então o coeficiente de correlação destas variáveis será zero e a plotagem das amostras no gráfico forma uma nuvem de pontos dispersa.
- Variáveis perfeitamente correlacionadas de forma negativa têm coeficiente igual a -1, ou seja, o aumento de uma variável influencia proporcionalmente a diminuição da outra.
- Se a maioria dos valores plotados se mostra uma reta com declividade positiva, e o coeficiente está próximo de 1, então existe uma forte correlação positiva.
- Se a plotagem forma uma nuvem de pontos com ligeira declividade positiva ou negativa e o coeficiente se aproxima do zero, existe uma fraca correlação positiva ou negativa.

O estudo dos coeficientes de correlação entre as variáveis escolhidas permitirá algumas inferências sobre as causas e efeitos dos problemas. Nem sempre estas relações estarão explícitas, sendo algumas vezes ocultas por outros fatores. Entretanto este estudo permitirá determinar de que maneira os binômios de variáveis operam em conjunto, demonstrando assim se fatores que tradicionalmente afetam ambas as variáveis podem estar sendo responsáveis por suas anomalias.

Melhorar:

A etapa de “Improve”, ou melhorar, se inicia após a análise estatística de como se relacionam entre si as variáveis-chave e quais são as suas tendências de progressão.

Num processo tratado através da etapa de melhoria todos os “inputs” estão em posições que permitem um “output” estável e otimizado. Para determinar esse arranjo ótimo, o posicionamento de todas as variáveis-chave precisa ser testado em vários diferentes arranjos e os diferentes resultados analisados para identificar qual posicionamento gerará melhores resultados. A metodologia que performa este processo de melhoria é chamada “DOE - Design Of Experiment”.

O “DOE” é um procedimento de testes controlado, comumente conduzido num ambiente de produção utilizando os equipamentos e realidades do dia-a-dia. O processo visa analisar todas as possíveis combinações para as variáveis-chave, ao invés de adotar um posicionamento padrão e modificar uma variável por vez, uma atrás da outra. Desta maneira, o “DOE” procura vislumbrar as interações entre as variáveis, e como essas interações levam o processo ao arranjo ótimo.

A identificação de uma lista limitada de variáveis-chave seria uma tarefa muito complexa se não fosse pela etapa anterior de definição das variáveis mais importantes geradoras do problema em análise. Através da metodologia “Six Sigma” a aquisição destas variáveis-chave já aconteceu, e nessa etapa elas serão simplesmente rearranjadas.

Outra dificuldade do DOE é o controle de variáveis exógenas, sobre as quais não se tem controle independentemente do arranjo escolhido para as variáveis-chave, como, por exemplo, temperatura, umidade, e habilidade dos operadores.

Nesta etapa se torna clara a importância de variáveis-chave representativas na etapa de definição. Um grande número de variáveis sendo testadas requer um grande número de interações.

Depois de escolhida a configuração ideal, ela deve ser testada sob condições controladas, porque sua real significância se dá através de sua habilidade de promover resultados futuros consistentes.

As etapas para o desenvolvimento de um “DOE” são:

- Promover uma reunião com representantes dos grupos envolvidos com o processo em questão. O grupo deve consentir sobre a lista de variáveis-chave desenvolvida na etapa de definição e sua priorização.
- Testar as combinações de variáveis. Para testar duas variáveis A e B, cada uma com dois valores 1 e 2, existem 4 possíveis combinações: A1/B1; A2/B1; A1/B2; A2/B2.

Para testar três variáveis, cada uma com dois valores, existem oito combinações: A1/B1/C1; A2/B1/C1; A1/B2/C1; A1/B1/C2; A2/B2/C1; A2/B1/C2; A1/B2/C2; A2/B2/C2.

Cada uma das combinações acima deve ser testada no mínimo cinco vezes para que se obtenha uma média estatística válida para cada interação. Isso significa que um teste de duas variáveis deve ter um mínimo de $4 \times 5 = 20$ ensaios. E um teste de três variáveis deve ter um mínimo de $8 \times 5 = 40$ ensaios.

- Realizar cada ensaio independentemente do anterior, e também se certificar que cada ensaio está em ordem randômica para reduzir as influências da organização de ensaios.

Na Tabela 02, estão apresentados resultados típicos de uma aplicação de “DOE” em duas variáveis-chave em dois diferentes posicionamentos sendo avaliadas em dois indicadores. Estão apresentados a média e desvio padrão para cada combinação.

Ao se projetar um canal logístico de transporte ferroviário, uma das questões abordadas é a escolha do tipo de vagão a ser utilizado. Por exemplo, quando se utilizam vagões gôndola, deve-se escolher seu tipo de abertura lateral para descarga (pivotante superior ou inferior) e sua manga, ou capacidade em t.u. (80 ou 60).

Vagões gôndola pivotantes superior de manga 60 t.u. são os GHC.

Vagões gôndola pivotantes superior de manga 80 t.u. são os GHD.

Vagões gôndola pivotantes inferior de manga 60 t.u. são os GFC.

Vagões gôndola pivotantes inferior de manga 80 t.u. são os GFD.

Estas diferenças existem, pois ao longo dos anos os processos de descarga foram sendo aperfeiçoados, e também cada via permanente permite um limite de peso por vagão para seu tráfego em segurança. Os vagões pivotantes inferior têm o baricentro mais baixo, e fazem curvas de maneira mais segura. Entretanto, seu processo de descarga é mais lento, o que aumenta os tempos de ciclo e exige uma maior frota para manutenção de produtividade.

Assim, neste exemplo as variáveis-chave escolhidas são capacidade de carga e modo de abertura lateral. Para a primeira existe a opção dos vagões de 60 t.u. e 80 t.u., e para a segunda os vagões pivotantes superior e inferior. Os vagões serão avaliados segundo dois indicadores: Numero de acidentes/mês e Tempo de ciclo.

	60 t.u.	80 t.u.
Pivotante Superior	GHC	GHD
Pivotante Inferior	GFC	GFD

Acidentes/mês	60 t.u. (μ)	60 t.u. (σ)	80 t.u. (μ)	80 t.u. (σ)
Pivotante Superior	2,3	1,2	3,1	1,1
Pivotante Inferior	0,3	0,1	0,5	0,5

Tempo de ciclo (h)	60 t.u. (μ)	60 t.u. (σ)	80 t.u. (μ)	80 t.u. (σ)
Pivotante Superior	22,5	3,5	23,1	3,2
Pivotante Inferior	28,7	4,4	30,1	4,2

Tabela 02: resultado típico de um “DOE”

O resultado apresentado demonstra que os vagões GFC tiveram a média de acidentes/mês mais próxima ao desejado. Este vagão também teve o menor desvio padrão de 0,1 acidentes. Entretanto, o vagão GHC está promovendo um tempo de ciclo médio mais próximo ao desejado, mas seu desvio padrão é maior que o do vagão GHD.

Se o grupo com a menor diferença com o objetivo idealizado for diferente do grupo com o menor desvio padrão, normalmente é escolhido o grupo com o menor desvio padrão, pois a média em um processo pode ser facilmente ajustada, porém a constância de uma operação não.

Desta maneira, o indicador que tiver precedência vai indicar o vagão escolhido. Se o baixo número de acidentes for mais importante neste projeto que o baixo tempo de ciclo, o vagão escolhido será o GFC. Esta seria a escolha de arranjo para as variáveis-chave mais indicada, e uma bateria de testes sob condições controladas seria realizada para garantir que os resultados são sustentáveis.

Controlar:

Se o processo já foi rearranjado, e apresenta em seu novo design resultados melhores, a sustentabilidade destes resultados deve agora ser garantida através de uma etapa de controle das mudanças implantadas. Para isto é necessário

que se padronizem e registrem todos os procedimentos, se certificar que todos os funcionários foram treinados e comunicados dos objetivos e resultados do projeto. Além disso, o líder de projeto precisa desenvolver um planejamento abrangente para os sistemas de monitoração e para reagir a qualquer problema que surja futuramente.

Padronização e documentação das melhorias

A primeira etapa da fase de controle é a padronização e documentação das melhorias desenvolvidas durante as quatro fases predecessoras.

O roteiro de operação do novo processo que foi criado durante a fase de melhoria deve ser revisto e atualizado para refletir todas as modificações que podem ter ocorrido durante a fase. Esta atualização será usada como referencia para os treinamentos para que os novos procedimentos estejam sempre claros. Se muitas pessoas estão envolvidas no processo, um fluxograma de processos e hierarquia operacional deve ser desenvolvido para esclarecer papéis e tarefas.

Apesar do novo roteiro de operações ser um componente fundamental na documentação de um novo processo, ele também é útil que exista um manual operacional que mostre de maneira simplificada o passo-a-passo do processo. Isto é particularmente importante se múltiplas melhorias foram implementadas e o novo processo é substancialmente diferente do original.

Finalmente, a equipe de projeto deve se assegurar que todos os envolvidos no processo recebam treinamento apropriado e que a comunicação apropriada aconteça. O treinamento envolve o aprendizado em salas de aula e a distribuição de documentação instrutiva sobre os novos procedimentos. Esta é uma excelente oportunidade para confirmar se o roteiro de operação e o manual operacional estão atingindo seus objetivos.

Plano de monitoração de processo

O aspecto mais importante da etapa de controle é o desenvolvimento de um plano de monitoração para o novo processo. A ação sobre desvios evidenciados pelo plano deve acontecer tão logo os resultados forem insatisfatórios para que as melhorias alcançadas sejam sustentadas. Este componente de um projeto “Six Sigma” o diferencia de outros projetos de melhoria na qualidade de processos, onde o projeto é encerrado tão logo a melhoria é conquistada. O plano de monitoração esclarece como o desempenho do processo será continuamente monitorado, quem será notificado em caso de desvios, como isso irá acontecer e qual a resposta esperada.

A primeira parte do plano de monitoração especifica quais serão os indicadores utilizados para resumir o desempenho do processo, assim como os meios e frequências das coletas de dados. Neste momento também deve ser definido quem é responsável por esta coleta de dados, atividade que normalmente recai sobre o coordenador do processo. Normalmente as variáveis-chave escolhidas durante a fase de definição são adotadas como críticas à qualidade e serão os indicadores de controle.

O plano de monitoração também deve indicar o que se espera como desempenho satisfatório e o que deve ser considerado como um problema potencial. Novamente devem ser especificado o que deve ser feito em caso de desvios e quais são os responsáveis.

Uma planilha de controle deve ser continuamente atualizada para que o coordenador do processo possa perceber desvios no desempenho esperado e outros sinais que possam existir problemas. Se o coordenador do processo não tiver habilidade na interpretação de planilhas de controle, sua equipe deve criar um resumo indicando quais pontos devem ser objetos de atenção do coordenador. Se possível, deve existir um protocolo automático que indique ao coordenador quando algum indicador fugir do esperado.

Como futuras mudanças no ambiente do processo são inevitáveis, a equipe deve desenvolver um procedimento de atualização periódica para novos procedimentos conforme eles forem sendo introduzidos. Este procedimento de atualização deve rever o roteiro de processos e o manual de procedimentos, comunicando mudanças a todos os envolvidos, e modificando o plano de monitoração se necessário para refletir estas alterações. Mudanças comuns que devem ser planejadas incluem mudanças nas tarefas dos funcionários, mudanças nas expectativas dos clientes e trocas nas tecnologias existentes.

Questões que devem ser respondidas durante o processo de controle:

Plano de monitoração:

- Quais os objetivos do plano de monitoração?
- Como o coordenador do processo e seu time irão sustentar as melhorias?
- Quais variáveis estão sendo monitoradas de maneira estruturada?
- Como os indicadores do processo farão o alerta de desvios do comportamento esperado?
- Como novas necessidades dos clientes serão comunicadas para reorientar os processos a continuamente reduzir desvios?
- As planilhas de controle estão sendo usadas?
- Como as planilhas de controle e seus indicadores serão monitorados para se traduzir em uma efetiva monitoração de desempenho?
- Algum treinamento será necessário para promover a eficiente interpretação das planilhas de controle?
- O conhecimento adquirido através da etapa de controle esta sendo repassado ao protocolo de resposta a desvios?

- Qual o desvio de processo mais recente?
- O desempenho do processo é suficiente para suprir as necessidades dos clientes?

Padronização de processos:

- O novo processo e suas etapas foram alvo de padronização?

Documentação de procedimentos:

- Existe documentação para suportar o sucesso da operação da melhoria?
- Deve existir um treinamento das atividades a serem desenvolvidas?
- Existem revisões nas tarefas de trabalho?
- Elas são claras e fáceis de serem seguidas pelos operadores?

Protocolo de resposta a desvios:

- Existe um protocolo de resposta a desvios preparado para quando surgirem desvios nas variáveis-chave dos processos?
- Quais os indicadores críticos que devem ser observados?
- O protocolo de resposta a desvios contempla um esquema de loop-fechado de melhoria contínua?
- Existem ações corretivas sugeridas no protocolo para causas conhecidas para problemas que possam surgir?
- Existe um guia para a implantação destas ações corretivas?

Conclusão do projeto “Six Sigma”

- Está definido quem é o coordenador do processo em foco?

- Como serão transferidas as responsabilidades diárias de monitoração e melhoria contínua da equipe de “Six Sigma” para o coordenador do processo?
- Como o coordenador do processo verificará as melhorias nos níveis atuais e futuros de desvios padrão.
- Existe um procedimento de auditoria padrão recomendado para a supervisão através de inspeções de rotina aos ganhos proporcionados pelo DMAIC?
- Qual a frequência recomendada para as auditorias?
- O que a próxima equipe de “Six Sigma” deve atentar quando analisar este processo novamente?
- Quais ferramentas foram úteis na fase de controle?

Integrando e institucionalizando melhorias, conhecimento e aprendizado:

- Quais outras áreas da organização poderão se beneficiar das melhorias, conhecimento e aprendizado?
- Como poderá a organização incorporar as melhores práticas e lições aprendidas para disseminar as melhorias por todas as áreas da empresa ou empreendimento?
- Quais outros sistemas, operações, processos e infraestrutura (contratações, treinamentos, incentivos) necessitam atualizações, adições, mudanças ou exclusões de maneira a facilitar a transferência de conhecimento e melhorias?

5. ESTUDO DE CASO

De acordo com Flyvbjerg (2006), um estudo de caso ao invés de utilizar amostras e seguir um protocolo rígido para examinar um número restrito de variáveis, prefere examinar a fundo uma única situação ou evento: o caso em questão. O estudo de caso fornece um método sistemático de se analisar o evento, coletar dados, processar informações, e reportar resultados. Assim, o pesquisador adquire uma aguçada compreensão do porque as coisas aconteceram da maneira como aconteceram, e do que será importante observar no futuro. Os estudos de caso podem tanto gerar ou testar hipóteses.

No estudo de casos aqui apresentado, foi testada a metodologia proposta “Lean Mining” em duas situações para a análise de sua aplicabilidade e eficiência na geração de resultados.

5.1. “LEAN MINING” APLICADO A CADEIA LOGÍSTICA DA MCR

A MCR (Mineração Corumbaense Reunida) é uma empresa que pertence hoje ao grupo Rio Tinto, e realiza uma importante operação de extração, processamento e exportação de minério de ferro do maciço do Urucum, no Mato Grosso do Sul, Brasil. Conforme observado nas figuras 24, 25 e 26 a operação envolve a extração e beneficiamento do minério de ferro em Corumbá e seu transporte ferroviário até o porto mais próximo, a cerca de 50 quilômetros, onde ele é transbordado para barcaças que realizam o transporte marítimo até Buenos Aires. Na Argentina este minério sofre novo transbordo para navios cargueiros que irão levá-lo até o mercado asiático, à Europa, e às usinas siderúrgicas de Cubatão/SP.

Grande parte dos canais logísticos desta cadeia é representada por canais marítimos. Entretanto a ineficiência do canal de distribuição ferroviário impacta significativamente nos resultados logísticos da operação como um todo, pois sua restrição de capacidade funciona como um gargalo para toda operação.

Figura 24: Cadeia logística de distribuição de minério de ferro da MCR

Figura 25: Canal ferroviário da cadeia logística da MCR

Figura 26: Configuração do porto, próximo a Corumbá, onde ocorre a carga das barcaças da MCR.

O operador logístico responsável pela operação ferroviária entre a usina de Corumbá e o porto para carregamento das barcaças é a ALL (America Latina Logística). A empresa percebeu a necessidade de melhorias em seu canal logístico para suprir a demanda crescente de minério de ferro disponibilizados a preços muito competitivos através desta operação. Da maneira como a operação se encontrava, ela estava em seu limite operacional, e a empresa recorreu à sua área de projetos logísticos para que analisasse a situação e propusesse ações de melhoria. A metodologia de modelagem e melhorias desta tese foi então aplicada e excelentes resultados foram alcançados.

5.1.1. Modelagem da cadeia logística da MCR

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA

Especificação de serviços

MENU

INSTRUÇÕES

2.1 Descrição do Serviço: Transporte ferroviário de minério de ferro entre usina e porto de Corumbá

2.2 Cadeias Logísticas:

Cadeia 1: Origem (Cidade/Estado/País): Usina de Corumbá

Destino (Cidade/Estado/País): Porto de Corumbá

Cadeia 4: Origem (Cidade/Estado/País):

Destino (Cidade/Estado/País):

2.3 Produto:

Produto 1: Descrição: Minério de ferro

Embalagem: granel

Periculosidade: baixa

Volume Anual		Unidade		Outros	
1.094.400		toneladas			
JAN	91.200	FEV	91.200	MAR	91.200
ABR	91.200	MAI	91.200	JUN	91.200
JUL	91.200	AGO	91.200	SET	91.200
OUT	91.200	NOV	91.200	DEZ	91.200

2.4 Volume Final:

Volume Anual		Unidade		Outros	
1.094.400		toneladas			
JAN	91.200	FEV	91.200	MAR	91.200
ABR	91.200	MAI	91.200	JUN	91.200
JUL	91.200	AGO	91.200	SET	91.200
OUT	91.200	NOV	91.200	DEZ	91.200

2.5 Cadência: 91.200 tu/mês = 38 carreg./dia

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA Carga e Descarga		MENU	INSTRUÇÕES
3.1 Nó 1 - Operação de Carga e Descarga:			
<u>CARGA</u>		<u>DESCARGA</u>	
Coleta: Dias <input type="text" value="todos"/> Horários <input type="text" value="0:00 a 12:00"/>	Entrega: Dias <input type="text"/> Horários <input type="text"/>		
Tempo: Físico <input type="text" value="09:00:00 - 76 vagões"/> Liberação <input type="text" value="03:00"/>	Tempo: Físico <input type="text"/> Liberação <input type="text"/>		
Responsável: <input type="text"/>	Responsável: <input type="text"/>		
Tipo de Equipamento:		Tipo de Equipamento:	
<input type="text" value="Pá carregadeira"/>		<input type="text"/>	
Necessidade Especiais:		Necessidade Especiais:	
<input type="text" value="Patio de estocagem com espaço para manobras da pá carregadeira"/>		<input type="text"/>	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
3.2 Nó 2 - Operação de Carga e Descarga:			
<u>CARGA</u>		<u>DESCARGA</u>	
Coleta: Dias <input type="text"/> Horários <input type="text"/>	Entrega: Dias <input type="text" value="todos"/> Horários <input type="text" value="0:00 a 12:00"/>		
Tempo: Físico <input type="text"/> Liberação <input type="text"/>	Tempo: Físico <input type="text" value="09:00:00 - 76 vagões"/> Liberação <input type="text" value="03:00"/>		
Responsável: <input type="text"/>	Responsável: <input type="text"/>		
Tipo de Equipamento:		Tipo de Equipamento:	
<input type="text"/>		<input type="text" value="Manual após abetura lateral dos vagões e limpeza com ajuda de pá carregadeira"/>	
Necessidade Especiais:		Necessidade Especiais:	
<input type="text"/>		<input type="text" value="Limpeza dos trilhos no local onde ocorre a descarga"/>	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
3.8 Descrição do Manuseio e Acondicionamento da Carga:			
Produto 1: Minério de ferro			
<input type="text" value="Produto a granel que necessita descarga gravitacional. Pode ser armazenado ao tempo."/>			

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA		
Canais de Transporte		
		<div>MENU</div> <div>INSTRUÇÕES</div>
4.1 Origem/Destino:		
Canal 1:	<div>Usina/Porto</div>	<div>Canal 2:</div> <div></div>
		<div>Canal 3:</div> <div></div>
4.2 Modal:		
Canal 1:	<div>Ferrovário - vagão GFD - 80tu</div>	<div>Canal 2:</div> <div></div>
		<div>Canal 3:</div> <div></div>
4.3 Transit Time Acordado:		
Canal 1:	<div>03:00</div>	<div>Canal 2:</div> <div></div>
		<div>Canal 3:</div> <div></div>
4.4 Especificação de Equipamento:		
4.4.1 Ativos Ferroviários: <div>Gondola</div>		
4.4.5 Volume mínimo por equipamento (peso por eixo, balanças..):		
<div>Vagão com capacidade de 80 tu proprio para minério, com banicentro baixo e aberturas laterais pivotantes</div>		
4.5 Monitoramento de carga e rastreabilidade:		
<div>Através do software Translogic da ALL</div>		
4.6 Avaria aceitável (peso ou % aceitável): <div>1%</div>		
4.8 Plano de Acidentes/Anomalias:		
<div>Acidentes devem ser informados às equipes de socorro das unidades de produção e das vias permanentes</div>		
4.9 Logística Reversa (descrição):		
<div>Vagões voltam vazios para recarga. Não existe reaproveitamento desta frota.</div>		
4.13 Gerenciamento de Risco:		
<div>Não existe um plano de gestão de riscos</div>		

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA		MENU		INSTRUÇÕES	
Armazenagem					
5.1 Armazém:					
5.1.1 Armazém:	Usina				
5.1.2 Tempo de Armazenagem:	1 semana				
5.1.3 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:					
Minério espera no pátio por até 1 semana para que seja carregado por uma pá carregadeira nos vagões GFD que o levarão até o porto					
5.1.4 Condições do Armazém:					
Ar livre					
5.2 Armazém de Cliente:					
5.2.1 Cidade:	Porto Corumbá				
5.2.2 Estado:	MS				
5.2.3 Dimensões do Armazém (m):					
compr.	largura	altura	capacid.		
300	30		400000 ton		
5.2.4 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:					
Montagem das pilhas de minério no porto para carregamento das barcas					
5.2.5 Condições do Armazém:					
Ar livre					

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA		MENU		INSTRUÇÕES	
Controle					
6.1 Indicadores de Performance (metas/periodicidade):					
6.1.1	Descrição				
	Quantidade de vagões carregados na usina				
	Meta		Periodicidade		
	2280 carregamentos/mês		Mensal		

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
 Informações extras

MENU

INSTRUÇÕES

VIA PERMANENTE

9.1 Reativação de trecho:

9.1.1 Se sim, qual?

9.2 Construção de desvio no cliente:

9.2.1 Localização:

Cidade:

Estado:

Capacidade do desvio (vagões):

SISTEMAS

9.3 Necessidade de sistema específico:

9.3.1 Detalhamento das funcionalidades necessárias:

Necessidade de melhorias nas cargas e descargas e melhorias na via permanente

INVESTIMENTO

9.4 Necessidade de Investimento:

9.4.1 Opções de Investimento: Outros:

9.5 Responsável pelo Investimento:

Construção do modelo físico:

Figura 27: Modelo físico do canal logístico de distribuição operado pela ALL

Desta maneira, a modelagem da cadeia logística, para este estudo de caso, se resumiu a único canal logístico e dois nós. Depois do perfeito conhecimento da operação, buscou-se a aplicação de técnicas que promovessem melhorias a esta cadeia existente.

5.1.2. Processos enxutos na MCR

No ano em questão da abordagem da necessidade de melhorias na operação, estavam sendo implementadas iniciativas no intuito de promover a implantação da filosofia enxuta nas empresas envolvidas. Entretanto, estas iniciativas são de longa maturação, e na busca por resultados imediatos que solucionassem o

iminente problema de limitação de capacidade, foram tomadas algumas medidas pontuais que representam as etapas 4, 6, 8 e 17 do “Fluxograma de implementação da metodologia enxuta” (pag. 85.):

- Determinação específica dos requisitos dos clientes na determinação de sua percepção de valor; como prazos, qualidade e custo do minério.
- Criação de fluxos contínuos de processos através da flexibilização dos horários de carga e descarga e através da operação de transporte ferroviário 24hrs/dia.
- Nivelamento da operação com trens padronizados e “transit times” cada vez mais curtos e precisos.
- Aplicação do “Six Sigma” para investimento em ativos que aumentassem a capacidade da operação.

5.1.3. Aplicação do “Six Sigma” na MCR

Foram definidas e medidas como variáveis-chave:

- 1) “Transit time” (média e desvio padrão) de vagões carregados (trecho Usina-Porto) e vagões vazios (trecho Porto-Usina).
- 2) Tempo (média e desvio padrão) de vagão parado em manobra e carga (Usina) e manobra e descarga (Porto)
- 3) Potencial de carregamentos mensais em tu através do desenho de operação proposto.
- 4) Alocação de ativos da ALL

Uma equipe da área de projetos logísticos da ALL se incumbiu de realizar as medições no banco de dados da empresa (“TransLogic”) e em visitas aos

trechos, principalmente às áreas de carga e descarga. As figuras 28, 29 e 30 são fotos que foram tiradas durante estas visitas.

Figura 28: Pilhas de minério no pátio da MCR

Figura 29: Carregamento dos vagões na usina da MCR

Figura 30: Vagões GFD da ALL para transporte de minério

Os resultados das medições são apresentados a seguir:

"Transit time" Usina-Porto

Media	σ
03:22	00:42

"Transit time" Porto-Usina

Media	σ
03:13	00:31

Tempo de carga + manobra

Media	σ
11:38	01:27

Tempo de descarga + manobra

Media	σ
12:46	00:52

Carregamentos potenciais

91.200 tu/mês

Alocação de ativos

76 vagões GFD
1 locomotiva GL8

A análise dos dados mostrou a necessidade da colocação de mais vagões no ciclo para aumento de capacidade. Mostrou também que as operações de carga e descarga estavam muito lentas. Nas etapas de análise e melhoria, foram propostas as seguintes alterações no desenho da operação:

- 1) Em visita ao local de descarga no Porto foi constatada a necessidade da construção de uma moega para acelerar o processo de descarga dos vagões e de lanças com correias para posicionamento do minério nas barcas tão logo ele fosse descarregado, minimizando a necessidade de um pátio de estocagem, que foi futuramente transformado em uma área de estoque de emergência em casos de interrupções acidentais da cadeia logística.

Para receber um maior fluxo de vagões, o desvio ferroviário foi reformado e recebeu uma nova linha para facilitar a manobra de locomotivas.

- 2) No local de carga na Usina foram feitas adequações que possibilitaram uma operação de carga eficiente que pudesse operar 24 hrs/dia em três turnos de trabalho. Foi instalada uma infraestrutura de iluminação, segurança, e novos alojamentos para funcionários.

Para receber trens maiores, de até 38 vagões, o desvio ferroviário foi reformado, ganhando um novo desenho com mais linhas e áreas de manobras.

- 3) O canal de distribuição foi dividido em dois. Foi colocado um buffer de vagões intermediário que permitiu:

- ✓ No trecho perto da Usina, as condições de via eram melhores. Havia condições geográficas e de gabarito para que, com pequenos investimentos em via permanente se viabilizasse o tráfego de trens de até 38 vagões.

- ✓ Colocaram-se mais duas locomotivas na operação. Agora duas locomotivas GL8 operam 24 hrs/dia em um canal com trens de 38 vagões e outra GL8 opera 24hrs/dia no outro canal com trens de 19 vagões.
- ✓ No buffer foi construída uma estrutura de pátio de manobras de trens, com linhas para estoques de vagões e uma central administrativa para coordenar a operação como um todo.

O novo de desenho do projeto ficou como demonstrado na figura 31:

Figura 31: Modelo físico dos novos canais logísticos de distribuição operados pela ALL

Este novo desenho de projeto permitiu um uso mais intensivo dos mesmo 76 vagões que operavam no desenho antigo, e exigiu a alocação de mais 19 vagões à frota.

As operações de carga e descarga tiveram seus tempos reduzidos drasticamente, e como reflexo foram obtidas as seguintes medições nas variáveis-chave na etapa de controle da implantação do DMAIC:

"Transit time" Usina-Buffer

Media	σ
01:43	00:12

"Transit time" Buffer-Porto

Media	σ
01:06	00:09

"Transit time" Porto-Buffer

Media	σ
00:49	00:13

"Transit time" Buffer-Usina

Media	σ
01:52	00:17

Tempo de carga + manobra

Media	σ
03:16	00:29

Tempo de descarga + manobra

Media	σ
03:05	00:21

Carregamentos potenciais

218.880 tu/mês	aumento de 140%
-----------------------	-----------------

Alocação de ativos

95 vagões GFD	invest. 19 vagões
3 locomotiva GL8	invest. 2 GL8

Percebeu-se um aumento significativo (140%) no volume de carregamentos, o que era o grande objetivo deste projeto de "Six Sigma". Em contrapartida, foram necessários os seguintes investimentos:

- A ALL reformou 19 vagões de sua frota morta a um custo de R\$ 20.000,00 cada e alocou na operação. Também reformou 2 locomotivas GL8 de sua frota morta a um custo de R\$ 500 mil cada, totalizando assim um investimento de R\$ 1.380.000,00.
- A MCR realizou os investimentos em via permanente, nos desvios ferroviários, e nas novas instalações de carga e descarga, totalizando um investimento de R\$ 3.560.000,00.

Estes investimentos retornaram para a ALL em forma de tarifa de frete ferroviário para um volume transportado 140% maior, e para a MCR em forma de economias provenientes das mais baixas tarifas praticadas pelo modal ferroviário. Estima-se que para ambas as empresas o retorno do capital investido deve ocorrer em menos de um semestre.

5.2. “LEAN MINING” APLICADO A CADEIA LOGÍSTICA DA VALE: PROJETO SERRA SUL

O projeto Serra Sul tem como principal objetivo a consolidação da Vale como principal fornecedora mundial de minério de ferro. A nova mina, localizada nas cercanias de Carajás/PA (Brasil) pretende utilizar-se da melhor maneira possível da atual infra-estrutura logística, necessária para a manutenção dos processos das minas ali existentes e em operação.

O início de operação da mina Serra Sul está projetado para início de 2011, e após “ramp up”¹² pretende atingir a capacidade instalada de fornecimento de 90 MTPA. Serão construídas novas instalações de mina, usina, oficinas,

¹² “ramp up” é o termo utilizado pela mineração para a etapa inicial de operação de uma mina. Neste período sua produtividade aumentará gradativamente até atingir seu pleno potencial.

alojamentos, canteiros de apoio, pãra ferroviária e infra-estrutura logística de armazenagem, carga e descarga.

A ferrovia EFC (Estrada de Ferro Carajás), hoje operada pela Vale, terá melhorias no seu tronco principal, novos ramais ferroviários, novas áreas de manobra que permitam maior numero de cruzamento de trens, e novas instalações de carga e descarga na pãra da usina Serra Sul e no porto de Ponta da Madeira.

O porto de Ponta da Madeira terá suas capacidades de recebimento, estocagem e carregamento aumentadas.

Na figura 32 pode-se visualizar o posicionamento geográfico da mina Serra Sul e do tronco ferroviário da estrada de ferro de Carajás até o porto de Ponta da Madeira no Maranhão.

Figura 32: Localização de Serra Sul e da EFC

A figura 33 mostra uma vista aérea do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), maior porto exportador de minério do Brasil. Sua localização na costa do Maranhão se deve a possibilidade de atracação de navios de grande calado, pois as águas são muito profundas nesta região.

Figura 33: Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM)

5.2.1. Modelagem da cadeia logística da Vale - Serra Sul

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Especificação de serviços

MENU

INSTRUÇÕES

2.1 Descrição do Serviço: Operação logística de extração, beneficiamento e transporte de minério de ferro entre usina e porto de Ponta da Madeira

2.2 Cadeias Logísticas:

Cadeia 1: Origem (Cidade/Estado/País): Mina Serra Sul

Destino (Cidade/Estado/País): Terminal Marítimo de Ponta da Madeira

Cadeia 2: Origem (Cidade/Estado/País):

Destino (Cidade/Estado/País):

2.3 Produto:

Produto 1: Descrição: minério de ferro (pellet feed, sinter feed e granulado)

Embalagem: granel

Periculosidade: baixa

Volume Anual		Unidade		Outros	
		toneladas			
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000
JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000

2.4 Volume Final:

Volume Anual		Unidade		Outros	
		toneladas			
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000
JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000

2.5 Cadência: 7.500.000 tu/mês = 3.125 carreg/dia

aprox. 2 vagões por minuto

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA Carga e Descarga		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">MENU</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">INSTRUÇÕES</div>
3.1 Nó 1 - Operação de Carga e Descarga:			
<u>CARGA</u>		<u>DESCARGA</u>	
Coleta: Dias todos Horários 24 hrs	Entrega: Dias Horários 		
Tempo: Físico Liberação 	Tempo: Físico Liberação 		
Responsável: 	Responsável: 		
Tipo de Equipamento:	Tipo de Equipamento:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pá carregadeira carrega caminhões na frente de lava</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>		
Necessidade Especiais:	Necessidade Especiais:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Patio de estocagem com espaço para manobras da pá carregadeira</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>		
3.2 Nó 2 - Operação de Carga e Descarga:			
<u>CARGA</u>		<u>DESCARGA</u>	
Coleta: Dias Horários 	Entrega: Dias todos Horários 24 hrs		
Tempo: Físico Liberação 	Tempo: Físico Liberação 		
Responsável: 	Responsável: 		
Tipo de Equipamento:	Tipo de Equipamento:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Caminhões fora de estrada despejam minério na entrada das BSMs que após britagem despejam o minérios nas TCLDs</div>		
Necessidade Especiais:	Necessidade Especiais:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">As BSMs devem estar posicionadas próximas à frente de lava. Conforme a lava se distanciar, as BSMs devem ser relocadas. Por isso se chamam "semi-móveis"</div>		
3.3 Nó 3 - Operação de Carga e Descarga:			
<u>CARGA</u>		<u>DESCARGA</u>	
Coleta: Dias Horários 	Entrega: Dias todos Horários 24 hrs		
Tempo: Físico Liberação 	Tempo: Físico Liberação 		
Responsável: 	Responsável: 		
Tipo de Equipamento:	Tipo de Equipamento:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">TCLDs despejam minérios direto na britagem secundária na usina</div>		
Necessidade Especiais:	Necessidade Especiais:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A TCLD deve alimentar a britagem secundária com fluxo contínuo de minério.</div>		

3.4 Nº 3 - Operação de Carga e Descarga:

CARGAColeta: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Carga de vagões na pera ferroviária através de correias transportadoras

Necessidade Especiais:

A carga deve ser um procedimento rápido e contínuo, uma vez que se espera a produtividade de 2,17 vagões carregados por minuto.

DESCARGAEntrega: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

3.5 Nº 4 - Operação de Carga e Descarga:

CARGAColeta: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

DESCARGAEntrega: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Descarga dos vagões por moega no TMPM

Necessidade Especiais:

As moegas irão possibilitar a armazenagem do minério em diferentes pilhas ao longo dos patios

3.6 Nº 4 - Operação de Carga e Descarga:

CARGAColeta: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Carga em porões de navios de minério através de lanças equipadas de correias transportadoras.

Necessidade Especiais:

Porto com capacidade para navios de grande calado e lanças que se posicionem de maneira a abastecer os porões dos navios

DESCARGAEntrega: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

3.8 Descrição do Manuseio e Acondicionamento da Carga:

Produto 1: minério de ferro (pellet feed, sinter feed e granulado)

Produto a granel que pode ser armazenado ao tempo

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA

Canais de Transporte

4.1 Origem/Destino:

Canal 1: Canal 2: Canal 3:

Canal 4: Canal 5:

4.2 Modal:

Canal 1: Canal 2: Canal 3:

Canal 4: Canal 5:

4.4 Especificação de Equipamento:

4.4.1 Ativos Ferroviários:

4.4.5 Volume mínimo por equipamento (peso por eixo, balanças..):

Vagão Hopper em forma de funil, com capacidade de 80 t, próprio para minério e com descarga rápida, com baricentro baixo e aberturas em forma de alçapões inferiores

4.5 Monitoramento de carga e rastreabilidade:

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA

Armazenagem

5.1 Armazém da Usina:

5.1.1 Terminal:

5.1.2 Tempo de Armazenagem:

5.1.3 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:

O minério processado na usina espera por, no máximo, uma semana para ser embarcado nos vagões que o levarão ao TMPM

5.1.4 Condições do Armazém:

As pilhas de minério são montadas de maneira a permitir o escoamento da umidade, entretanto o produto é armazenado em patios ao tempo

5.2 Armazém do TMPM:

5.2.1 Cidade:

5.2.2 Estado:

5.2.4 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:

Armazenagem em pilhas de minério no patio aguardando blendagem e posterior carregamento em navios exportadores. Estas pilhas geram os estoques de minério capazes de amortizar demanda pelo planejamento logístico deficiente. Estima-se que existe estoque para 6 meses de operação.

5.2.5 Condições do Armazém:

As pilhas de minério são montadas de maneira a permitir o escoamento da umidade, entretanto o produto é armazenado em patios ao tempo

Construção do modelo físico:

Figura 34: Modelo físico

Percebe-se na figura 34 que o nó 1 é representado por três pontos de extração de minério na lavra. Portanto, apesar das funções idênticas, eles representam três nós distintos. Destes nós existe o transporte, por caminhões fora-de-estrada do minério até as BSMs mais próximas. Existem três delas espalhadas na mina. Depois da britagem primária, o minério será transportado pelos TCLDs até a usina, e após processamento, embarcado em vagões Hopper que realizarão o transporte pela EFC até o TMPM.

Neste modelo físico não estão representados os nós e canais de estruturas de apoio, canteiro, oficinas, nem também os canais virtuais responsáveis pelo fluxo de informações seja dentro ou fora do ERP. É claro que a rede logística ficaria um pouco mais complexa com a representação de todos estes atores, entretanto para a finalidade acadêmica da modelagem deste estudo de caso, somente a modelagem dos nós e canais de transporte, carga, descarga e armazenagem do minério serão suficientes.

A figura 35 representa uma planta piloto, parte do projeto conceitual do complexo mina-usina Serra Sul. Nela estão representados os TCLDs, BSMs, pêra ferroviária, barragem de rejeitos, usina, frentes de lavra, alojamentos, oficinas, escritórios, áreas operacionais de empresas parceiras. Através desta

figura percebe-se a complexidade da representação completa de uma rede logística e como esta representação se vê facilitada pela metodologia de modelagem apresentada.

Figura 35: Planta piloto do complexo mina-usina Serra Sul

5.1.2. Processos enxutos na Vale - Serra Sul

A Vale é hoje a empresa mineradora atuando no Brasil que mais incorpora os conceitos da filosofia enxuta em sua cultura empresarial. Entretanto, está incorporação de conceitos ocorre de maneira não planejada, através de iniciativas isoladas e desconexas que pouco agregam à empresa de maneira global.

Não existe hoje uma metodologia de implantação de filosofia enxuta na Vale que atue como um agente de mudança na espinha dorsal da companhia, mudando suas pessoas, mudando seu plano estratégico e sua cultura organizacional.

Quando um grande projeto, como o Serra Sul, tem início dentro da Vale, diversas iniciativas enxutas, muitas vezes através de consultorias especializadas, se iniciam. Estas iniciativas, via de regra, estão voltadas para ganhos rápidos e economias de escala que podem ser proporcionadas por ferramentas enxutas.

Se o projeto nascesse dentro de um ambiente de uma organização que tem os conceitos enxutos entranhados em sua cultura organizacional, muito do design do projeto e da maneira como ele será desenvolvido já se apresentaria de maneira enxuta, trazendo assim todas as vantagens decorrentes.

O projeto Serra Sul buscou a incorporação de alguns conceitos da filosofia enxuta através da contratação da consultoria da Accenture para a fase de planejamento do empreendimento. Neste contexto, algumas das técnicas apresentadas no “Lean Mining” puderam ser propostas no desenvolvimento do projeto, trazendo grandes efeitos ao design de mina-usina adotado pela mineradora. Foram utilizadas as etapas de 4 a 9 do “Fluxograma de implementação da metodologia enxuta” (pag. 85.).

Determinação de valor:

Durante a fase de planejamento do empreendimento, em 2007, o minério de ferro passou por um grande salto de preços no mercado mundial, passando de U\$83 para U\$140 por tonelada no mercado spot. Este preço se manteve até a crise econômica mundial de 2008/2009. A figura 36 demonstra como os efeitos da crise econômica mundial de 2008/2009 afetaram os preços do minério de ferro, porém sua pronta recuperação já retomando ainda em 2009 o patamar de U\$80.

Figura 36: Efeito da crise econômica mundial no preço do minério de ferro indiano

Neste contexto, a qualidade do minério de ferro requerido mundialmente, e especialmente pelos chineses, era baixa, sendo inclusive comprado o minério de ferro granulado sem necessidade de processos de refinamento. Assim, a Vale optou por acelerar ao máximo a entrada em operação da mina de Serra Sul, podendo assim aproveitar esta oportunidade de mercado.

Os processos de moagem foram suprimidos da planta da usina, mas foram deixados espaços para adaptações construtivas que os incluíssem na rotina de

processos de beneficiamento futuramente, em caso de uma queda nos preços e necessidade de venda de pellet feed e sinter feed. Desta maneira a usina foi projetada para operar completamente “à seco” durante a fase de “ramp-up” no início de 2011.

Na estrutura operacional da mina-usina, foram suprimidos ou modificados diversos processos que não agregavam valor. Por exemplo, a oficina central de manutenção de caminhões fora-de-estrada foi diminuída drasticamente, sendo utilizada com um ponto de manutenção pesada semestral e parte da oficina global de equipamentos. Para as manutenções rotineiras, foram instalados pontos próximos às BSMs onde os próprios operadores dos caminhões realizariam as manutenções de rotina e algum reparo mais simples. Desta maneira foram eliminados os canais de transporte que realizavam os caminhões até a oficina central sem agregação de valor ao processo de extração e beneficiamento de minério.

Fluxos contínuos

O foco na criação de fluxos contínuos para os processos promoveu as seguintes contribuições para o projeto:

- 1) Introdução de duas lanças com correias transportadoras alimentando os porões de navios cargueiros, conforme se observa na figura 37. Foi instalado um dispositivo de desvio entre as correias que permite o reposicionamento de uma lança enquanto a outra alimenta o navio. Desta maneira, não se perde tempo com reposicionamento de lanças entre porões. O fluxo de minério para dentro do navio é contínuo.

Figura 37: Lanças de alimentação de minério em navio cargueiro. (Fonte: skyscrapercity.com)

- 2) Utilização de TCLDs para o transporte de minério após a britagem primária na mina até a britagem secundária dentro da usina, conforme se observa na figura 38.

Figura 38: TCLD (Fonte: directindustry.com)

- 3) Utilização de pêra ferroviária, conforme se observa na figura 39, com moega de descarga e vagões Hopper, conforme se observa na figura 40, que permitem uma rápida descarga durante a passagem do trem pela estação de descarga, sem manobras, paradas, reposicionamentos, e interferências humanas.

Figura 39: Pêra ferroviária. (Fonte: panoramio.com)

Figura 40: Vagão Hopper

- 4) Utilização de ERP na estruturação de banco de dados e na comunicação interna para facilitar a gestão.
- 5) Utilização de alto grau de automação em todos os processos, melhorando o controle e diminuindo as chances de erro, estabilizando as operações.
- 6) Operações que acontecem 24hrs, todos os dias.

Durante a fase de planejamento do projeto Serra Sul foi realizado um HazOp com todos os responsáveis diretos pelas operações da mina/usina de Carajás. Neste HazOp foram detectadas todas as possíveis falhas nos sistemas a serem instalados em Serra Sul. Do relatório de HazOp nasceu um detalhado planejamento de risco especificando probabilidade de ocorrência, efeitos da ocorrência e plano de mitigação.

Muitos foram os benefícios promovidos pelas iniciativas enxutas apresentadas, decorrentes de fontes externas de estímulo, no caso consultorias especializadas. Entretanto, durante o processo de planejamento da nova mina existiu a certeza de que se sua gênese se desse em um ambiente corporativo enxuto, muitos dos benefícios propostos seriam mais naturais, ou automáticos, e seus efeitos muito mais sustentáveis ao longo dos anos.

6. CONCLUSÕES

O Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA) publicou em 2007 um informe, resultado de mais de uma década de pesquisas, após a Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento celebrada no Cairo, em 1994, onde informa que a população mundial, que era então de 6,4 bilhões de pessoas, "continua crescendo rapidamente: atualmente, em cerca de 76 milhões de pessoas por ano". Segundo as projeções das Nações Unidas, até 2050 serão agregadas à população mundial cerca de 2,5 bilhões de pessoas, quantidade equivalente ao total da população mundial em 1950.

Continua também a migração a partir de zonas rurais de países em desenvolvimento para as cidades, as quais crescem aceleradamente.

"Até 2007, metade da população mundial será urbana. A provisão de serviços sociais, inclusive a atenção à saúde reprodutiva em zonas rurais pobres, é um problema de grande magnitude", diz o documento.

Neste contexto a produção mundial de minérios tende a crescer para suprir esta demanda também em crescimento. Independentemente de crises financeiras conjunturais, hoje, o mercado mundial de minérios está aquecido, e existem pontos dentro da cadeia produtiva mineral que admitem melhorias.

Esta Tese de Doutorado se baseou na adoção da filosofia enxuta, intensivamente aplicada às práticas industriais nas ultimas décadas, para extrapolar seus conceitos às redes logísticas minerais, e experimentar de seus benefícios através de melhorias nestas redes que se traduzissem em produtos de alto valor agregado aos clientes e grandes resultados financeiros para as empresas mineradoras.

A Tese propôs e analisou através de estudos de casos uma metodologia de modelagem de cadeias logísticas minerais, fornecendo uma planilha eletrônica (em anexo) como uma proposta de guia de modelagem, que pode e deve ser melhorada pelos pesquisadores que se aprofundarem no tema ou empresas que nela vejam utilidade.

Posteriormente foram expostas as etapas de implantação da filosofia enxuta às empresas mineradoras, mais especificamente às operações logísticas genéricas de cadeias previamente modeladas, através da metodologia desenvolvida neste trabalho denominada “Lean Mining”. Estas etapas também foram aplicadas nos estudos de casos demonstrados.

No primeiro estudo de caso, da MCR, foi aplicada com sucesso a metodologia de modelagem e criado um modelo físico. Este modelo propiciou a oportunidade da aplicação da metodologia de implementação de algumas das etapas do “Lean Mining”. Foram selecionadas as etapas mais pertinentes ao caso, pois se tratava de uma cadeia logística em operação que apresentava problemas. Depois das intervenções promovidas através da implantação de uma metodologia estruturada de solução de problemas os resultados foram expressivos em relação ao baixo investimento e grande aumento de produtividade da cadeia.

No segundo estudo de caso, da Vale, a metodologia de modelagem foi abordada em uma realidade de projeto, onde a operação ainda não existia. Desta maneira o modelo físico da proposta de projeto foi criado com sucesso e possibilitou a aplicação de algumas etapas pertinentes da metodologia de implementação do “Lean Mining”. Estas propostas de melhorias se traduziram em melhorias de projeto, que representaram um desenho de projeto mais eficiente e uma cadeia produtiva que opera de maneira enxuta, ou seja, com fluxo contínuo, nivelada e sendo puxada pela demanda.

A aplicação do “Lean Mining” se mostrou uma tarefa que exige grande comprometimento das empresas em direcionar sua estratégia competitiva, e sua

própria cultura empresarial, para alcançar os benefícios da adoção de um modelo enxuto de maneira sustentável.

Como em todo projeto de gestão, a implantação do “Lean Mining” pode apresentar “quick wins”¹³, entretanto, eles não devem ser o objetivo primordial do projeto. No Brasil a grande dificuldade da implantação de uma gestão enxuta reside no fato da grande valorização dos “quick wins”. Entretanto, sem o comprometimento que só uma mudança na base de sustentação da filosofia empresarial pode gerar estas melhorias não são sustentáveis.

Melhorias sustentáveis se alcançam com base na adoção de um modelo organizacional enxuto, com visão, missão e planejamento estratégico alinhados com a filosofia enxuta. Os “quick wins”, normalmente frutos da implementação de pequenos projetos “Six Sigma” são bem vindos, mas não devem guiar a alocação de recursos e energia da organização.

O “Lean Mining” se mostrou uma teoria de grande aplicabilidade técnica e que se lança em um momento histórico muito importante na mineração brasileira. Sua adoção por parte dos projetistas de operações logísticas minerais e gestores de operações mineiras trará resultados financeiros expressivos nestes setores da cadeia produtiva mineral.

¹³ “quick wins”, ou ganhos rápidos, são resultados da priorização da resolução de problemas que gerem resultados significativos sem necessidade do consumo de grande quantidade de recursos. Normalmente estes resultados precisam de ações afirmativas complementares para se tornarem sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, R. C.; CEOTTO, H. V.; DE TOMI, G. F. C. **Aplicação comparativa de gerenciamento integrado em mineração e petróleo (projeto ERP-CVP).** In: Reunião anual da associação Ibero-Americana de ensino superior de engenharia de minas., São Paulo, 2004.

BALLOU, R. **Logística Empresarial**, Ed. Atlas, 1995

BAZANTE, A. J. **A interação entre o planejamento e controle de qualidade na maximização da função benefício de um empreendimento mineral.** Tese (Doutorado) - ESCOLA POLITECNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BISE, C. J. **Mining engineering analysis.** s.l.,SME, 1986.

BRUSSEE, W. **All about Six Sigma** McGraw-Hill (2006)

CAMUS, J. P. **Management of Mineral Resources – Creating Value in the Mining Business**, SME, 2002

CAVENDER, B. **Mineral Production Costs – Analysis and Management.** SME, 1999

CEOTTO, H. V.; PELLI, B. P. S.; DE TOMI, G. F. C. **Production and information management for the mining value chain.** In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN MINERA., Santiago de Chile, 2004.

CHOW, K. H., CHOY, K. L., LEE, W. B. **‘Design of a knowledge-based logistics management system: a case-based RFID approach.’** International Journal of Enterprise Network Management Vol. 1, No.1 pp. 5 - 28, 2006

CHURCH, H. K. **Excavation Handbook.** McGraw-Hill. 1981.

CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações.** Ed. Edgard Blucher., 1997

COULSON, M. **An Insider’s Guide to the Mining Sector – How to Make Money from Gold to Mining Shares.** Ed. Harriman House., 2004

COUZENS, T. R. **Aspects of production planning: Operating layout and phase plans.** Open Pit Mine Planning and Design, New York, SME-AIME. 1979

CUMMINS, A. B. (org.) **Mining Engineering Handbook.** SME., 1973

CRAIGHEAD, C. W., BLACKHURST, J., RUNGTUSANATHAM, M. J., HANDFIELD, R. B. **'The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities.'** Decision Sciences Vol. 38 Issue 1 Page 131-156., 2007

DE SOUZA, C. A.; SACCOL, A. A. **Sistemas ERP no Brasil – Teoria e Casos.** Ed. Atlas, 2006

DEVANE, T. **Integrating Lean Six Sigma and High performance organizations – Leading the charge toward dramatic, rapid, and sustainable improvement.** The collaborative work systems series by Pfeiffer., 2004

FLYVBJERG, B. **Five Misunderstandings About Case Study Research.** Qualitative Inquiry, vol. 12, no. 2, pp. 219-245, 2006.

GAUDINI, A.M. **Principles of mineral dressing.** New York, McGraw-Hill, 1939.

GHIANI, G.; LAPORTE, G.; MUSMANNO, R. **Introduction to Logistics Systems Planning and Control.** Wiley, 2004

GIVEN, I. A. - **Mining engineering handbook.** New York, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1968.

GRASMAN, S. E. **'Dynamic approach to strategic and operational multimodal routing decisions.'** International Journal of Logistics Systems and Management Vol. 2, pp. 96 – 106., 2006

HARTMAN, H. **Introduction to mining engineering.** SME., 2002

HAVE, S.; HAVE, W.; STEVENS, F.; ELST, M.; **Modelos de Gestão.** Prentice Hall, 2005

HAYEK, F. **Individualism and Economic Order** Routledge Press (UK), University of Chicago Press (US). 1949.

HUSTRULID, W.; **Underground Mining Methods Handbook,** New York, SME-AIME 1982.

HUSTRULID, W.; KUCHITA, M. **Open pit mine planning & design.** A Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1995.

KEARNEY, A. T. **Improving Quality and Productivity in Logistics Process – Achieving Customer Satisfaction Breakthroughs.** Council of Logistics Management, 1991

KEBO, V.; FARANA, R.; SMUTNY, L.; STRAKOS, V. **Mine Planning and Equipment Selection 02**. Ostrava, 2002

KELLY, E. G. SPOTTISWOOD, D. J. **Introduction to mineral processing**. New York, Wiley, 1982.

KENNEDY, B. A.; **Surface Mining**, Second Edition, New York, SME-AIME 1990.

KLIPPEL, A. F.; PETTER, C. O.; ANTUNES JR, J. A. V. **Management Innovation, a way for mining companies to survive in a globalized world**. Journal of Utilities Policy, Elsevier, UK, 2008.

KOEHLERS, S. S. - **Mining Methods & Equipment**. Butte, Montana Mack Graw-Hill, 1980.

KRYNINE, D. P.; JUDD, W. R. **Principles of engineering geology and geotechnics: geology, soil and rock mechanics and other science as used in civil engineering**. New York, McGraw-Hill, 1957.

LERCHS, H.; GROSSMANN, L., **Optimum Design of Open-Pit Mines**, 1965

LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. 2a. Ed. São Paulo: Editora Harbra Ltda, 1987.

LEVINE, D. M. ; BERENSON, M. L. ; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Ed. Bookman., 2007

MALHOTRA, D. **Politics of Mining – What they don't teach you in school**. SME., 2001

MANN, D. **Creating a Lean Culture – Tools to sustain Lean conversions**. Productivity Press, NY., 2005

MARQUEZ, A. C. **'Front-end, back-end and integration issues in virtual supply chain dynamics modelling.'** International Journal of Logistics Systems and Management Vol. 1, pp. 38 - 63, 2004

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração**. Ed. Atlas., 2002

MAY, M. **Toyota. A fórmula da inovação**. Ed. Campus., 2007

- MELTON, T. **The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries.** Chemical Engineering Research and Design, 7th World Congress of Chemical Engineering, UK, 2005.
- MORGAN, J. **Creating Lean Corporations – Reengineering from the bottom up to eliminate waste.** Productivity Press, NY., 2005
- NOVAES, A G N. **Logística Aplicada.** Ed. Edgard Blucher., 2000
- OLIVEIRA, A. M. S. **Geologia de Engenharia** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998
- PANDE, P. S. **Estratégia Seis Sigma.** Ed. Qualitymark., 2001
- PAUL, G. ‘**O Minério Boom**’, *Revista Exame*, Vol. 12., 2006
- PEREIRA, R. M. **Fundamentos de Prospeção Mineral.** Ed. Interciencia., 2003
- PEREIRA, S. L.; NASCIMENTO, A.; DE TOMI, G. F. C. **Mining planning integration with dispatch of trucks.** In: Conferencia Internacional De Innovación Minera., Santiago do Chile, 2004.
- PIDD, M. **Just modeling through: a rough guide to modeling in OR/MS.** Interfaces, UK, 1999.
- ROBINSON, S. **Conceptual modeling for simulation: definition and requirements.** Journal of the Operational Research Society Vol. 59, pp. 278–290., 2007
- RUMBAUGH J. **Object-oriented modeling and design** Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ, 1991
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication.** The University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 1949
- STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial.** 4. ed. Rio de Janeiro/RJ: LTC, 2002.
- TAGGART, A. F. **Handbook of ore dressing.** New York, Wiley, 1944.
- TAYLOR, D. A. **Logística na Cadeia de Suprimentos – Uma Perspectiva Gerencial.** Ed. Pearson Addison Wesley., 2005
- TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística.** 7a. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

US-SEC, **United States Securities and Exchange Commission.**, 2005

VAN DER ZEE, D. J. '**Developing participative simulation models—framing decomposition principles for joint understanding**' Journal of Simulation Vol.1, pp. 187–202., 2007

VAN DER ZEE, D. J., VAN DER VORST, J. G. A. J. '**A Modeling Framework for Supply Chain Simulation: Opportunities for Improved Decision Making.**' Decision Sciences; Vol. 36 Issue 1 Page 65-95., 2005

WALKER, S. C. **Mine Winding and Transport.** Elsevier. 1988

WHITTLE, J., **The Facts and Fallacies of Open-Pit Design,** Whittle Programming Pty Ltd. 1989

WILD, R. H.; PIGNATIELLO, J. J. **Simulation.** SAGE Journals online 57: 358-368, 1991.

WILKE, F. L.; BOCLER, G. - **Compact Course on operation research in mining.** 1977.

WILLIAMS, W.R. **Mine mapping and layout.** New Jersey, Prentice-Hall, 1983.

www.census.gov/

www.bea.gov/

www.vale.com

www.directindustry.com

www.panoramio.com

www.all-logistica.com

www.accenture.com

www.riotinto.com.br

www.bhpbilliton.com

www.toyota.com

ANEXO I

MODELAGEM DE REDES LOGÍSTICAS

O objetivo da modelagem é entender e representar o comportamento dinâmico da Rede Logística e avaliar as consequências de configurações alternativas nos indicadores de desempenho logístico.

Dessa forma, o método tem início com a coleta de dados no próprio cliente através de entrevista. As informações coletadas servirão de Input de dados e são fundamentais para o sucesso da modelagem.

O processo continua com o processamento de dados e estruturação da interface de Output que representará a forma física da Rede Logística

Clique aqui
e inicie a
modelagem

INICIAR O CHECK LIST

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Menu

DEFINIÇÃO DO PROJETO:

RESPONSÁVEL COMERCIAL:

Nome:

Unidade de Negócio:

Telefone:

Email:

Data (dd/mm/aa):

Insira as principais características da rede logística

Utilize o Menu para navegar pelas páginas do questionário

Insira os dados do responsável pelo questionário

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Dados do cliente

MENU INSTRUÇÕES

1.1 Cliente:

1.2 Segmento: Outros:

1.3 Responsáveis no cliente:

1.3.1 Nome:

1.3.2 Cargo:

1.3.3 Telefones: DDD Número

Fixo: Celular:

1.3.4 email:

1.3.5 Nome:

1.3.6 Cargo:

1.3.7 Telefones: DDD Número

Fixo: Celular:

1.3.8 email:

1.3.9 Nome:

1.3.10 Cargo:

1.3.11 Telefones: DDD Número

Fixo: Celular:

1.3.12 email:

Insira os contatos dos terceiros que compõem a rede

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Especificação de serviços

MENU INSTRUÇÃO

2.1 Descrição do Serviço:

2.2 Cadeias Logísticas:

Cadeia 1: Origem (Cidade/Estado/País):
Destino (Cidade/Estado/País):

Cadeia 2: Origem (Cidade/Estado/País):
Destino (Cidade/Estado/País):

Cadeia 3: Origem (Cidade/Estado/País):
Destino (Cidade/Estado/País):

Cadeia 4: Origem (Cidade/Estado/País):
Destino (Cidade/Estado/País):

Cadeia 5: Origem (Cidade/Estado/País):
Destino (Cidade/Estado/País):

2.3 Produto:

Produto 1: Descrição:
Embalagem:
Periculosidade:

Volume Anual	Unidade	Outros
JAN	FEV	MAR
ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET
OUT	NOV	DEZ

Produto 2: Descrição:
Embalagem:
Periculosidade:

Volume Anual	Unidade	Outros
JAN	FEV	MAR
ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET
OUT	NOV	DEZ

Produto 3: Descrição:
Embalagem:
Periculosidade:

Volume Anual	Unidade	Outros
JAN	FEV	MAR
ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET
OUT	NOV	DEZ

Produto 4: Descrição:
Embalagem:
Periculosidade:

Volume Anual	Unidade	Outros
JAN	FEV	MAR
ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET
OUT	NOV	DEZ

Produto 5: Descrição:
Embalagem:
Periculosidade:

Volume Anual	Unidade	Outros
JAN	FEV	MAR
ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET
OUT	NOV	DEZ

2.4 Volume Final:

Volume Anual	Unidade	Outros
JAN	FEV	MAR
ABR	MAI	JUN
JUL	AGO	SET
OUT	NOV	DEZ

2.5 Cadência:

Inserir os principais serviços prestados pela rede

Especifique quais são as cadeias logísticas que compõem a rede

Inserir os atributos de todos os produtos da rede logística

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Carga e Descarga

3.1 Nó 1 - Operação de Carga e Descarga:

CARGA

Coleta: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

DESCARGA

Entrega: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

Insira as principais características das operações de carga e descarga em cada nó

3.2 Nó 2 - Operação de Carga e Descarga:

CARGA

Coleta: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

DESCARGA

Entrega: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

3.3 Nó 3 - Operação de Carga e Descarga:

CARGA

Coleta: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

DESCARGA

Entrega: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

3.4 Nó 4 - Operação de Carga e Descarga:

CARGA

Coleta: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

DESCARGA

Entrega: Dias Horários

Tempo: Físico Liberação

Responsável:

<div>Tipo de Equipamento: <div></div></div> <div>Necessidade Especiais: <div></div></div>	<div>Tipo de Equipamento: <div></div></div> <div>Necessidade Especiais: <div></div></div>
---	---

3.5 Nú 5 - Operação de Carga e Descarga:

<div><u>CARGA</u></div> <div>Coleta: Dias <div></div> Horários <div></div></div> <div>Tempo: Físico <div></div> Liberação <div></div></div> <div>Responsável: <div></div></div> <div>Tipo de Equipamento: <div></div></div> <div>Necessidade Especiais: <div></div></div>	<div><u>DESCARGA</u></div> <div>Entrega: Dias <div></div> Horários <div></div></div> <div>Tempo: Físico <div></div> Liberação <div></div></div> <div>Responsável: <div></div></div> <div>Tipo de Equipamento: <div></div></div> <div>Necessidade Especiais: <div></div></div>
---	---

3.6 Nú 6 - Operação de Carga e Descarga:

<div><u>CARGA</u></div> <div>Coleta: Dias <div></div> Horários <div></div></div> <div>Tempo: Físico <div></div> Liberação <div></div></div> <div>Responsável: <div></div></div> <div>Tipo de Equipamento: <div></div></div> <div>Necessidade Especiais: <div></div></div>	<div><u>DESCARGA</u></div> <div>Entrega: Dias <div></div> Horários <div></div></div> <div>Tempo: Físico <div></div> Liberação <div></div></div> <div>Responsável: <div></div></div> <div>Tipo de Equipamento: <div></div></div> <div>Necessidade Especiais: <div></div></div>
---	---

3.7 N° 7 - Operação de Carga e Descarga:

CARGAColeta: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

DESCARGAEntrega: Dias Horários Tempo: Físico Liberação Responsável:

Tipo de Equipamento:

Necessidade Especiais:

3.8 Descrição do Manuseio e Acondicionamento da Carga:

Produto 1: Produto 2: Produto 3: Produto 4: Produto 5:

Especifique se
existirem condições
especiais de manuseio
e acondicionamento

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Canais de Transporte

MENU

INSTRUÇÕES

4.1 Origem/Destino:

Canal 1: Canal 2: Canal 3: Canal 4: Canal 5:

Especifique origem e destino
de cada canal logístico

4.2 Modal:

Canal 1: Canal 2: Canal 3: Canal 4: Canal 5:

Especifique o modal de cada
canal logístico

4.3 Transit Time Acordado:

Canal 1: Canal 2: Canal 3: Canal 4: Canal 5:

Especifique o tempo de
trânsito de cada canal
logístico

4.4 Especificação de Equipamento:

4.4.1 Ativos Ferroviários:

4.4.2 Ativos Rodoviários:

4.4.2.1 Perfil do Ativo:

4.4.2.2 Tipo de Ativo:

4.4.3 Ativos Containeres:

4.4.4 Marítimo:

4.4.5 Volume mínimo por equipamento (peso por eixo, balanças.):

4.5 Monitoramento de carga e rastreabilidade:

4.6 Avaria aceitável (peso ou % aceitável):

4.7 Plano de Contingência (com relação ao não atendimento):

4.8 Plano de Acidentes/Anomalias:

4.9 Logística Reversa (descrição):

4.10 Logística do Material de Apoio (pallets/lonas/cintas/catracas):

4.11 Devolução de produtos (descrição/% aceitável/responsabilidades):

4.12 Procedimentos de Segurança e Escolta:

4.13 Gerenciamento de Risco:

Especifique o tipo de equipamento utilizado no transporte

Especifique os protocolos para os procedimentos de transporte

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA

Armazenagem

MENU

INSTRUÇÕES

5.1 Armazém:

5.1.1 Terminal:

5.1.2 Tempo de Armazenagem:

5.1.3 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:

5.1.4 Condições do Armazém:

5.2 Armazém de Cliente:

5.2.1 Cidade:

5.2.2 Estado:

5.2.3 Dimensões do Armazém (m):

compr.	largura	altura	capacid.
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5.2.4 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:

5.2.5 Condições do Armazém:

5.2.6 Cidade:

5.2.7 Estado:

5.2.8 Dimensões do Armazém (m):

compr.	largura	altura	capacid.
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5.2.9 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:

5.2.10 Espaço Físico Reservado para a Armazenagem e Condições do Armazém:

5.2.11 Cidade:

5.2.12 Estado:

5.2.13 Dimensões do Armazém (m):

compr.	largura	altura	capacid.
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5.2.14 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:

5.2.15 Espaço Físico Reservado para a Armazenagem e Condições do Armazém:

Especifique as condições de armazenagem do nó

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA
Entregas a consumidores finais

MENU INSTRUÇÕES

6.1 Origem 1:

6.2 Destinos (raio de ação):

Região	Prazo de Entrega	Entregas por dia	Volumes por entrega
Região 1: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 2: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 3: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 4: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 5: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>

* OBS.: Anexar histórico dos últimos 6 meses

6.3 Perfil da frota:

6.4 Origem 2:

6.5 Destinos (raio de ação):

Região	Prazo de Entrega	Entregas por dia	Volumes por entrega
Região 1: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 2: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 3: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 4: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>
Região 5: <input type="text"/>	Prazo de Entrega: <input type="text"/>	Entregas por dia: <input type="text"/>	Volumes por entrega: <input type="text"/>

* OBS.: Anexar histórico dos últimos 6 meses

6.6 Perfil da frota:

6.7 Descrição do Processo de Devolução:

6.8 Descrição do Processo de Inversão:

6.9 Procedimentos para acerto de contas:

6.10 Monitoramento de carga e rastreabilidade:

6.9 Observações:

Especifique as características dos nós consumidores finais

Especifique os processos e nível de serviço exigido

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA

Tarifas

MENU

INSTRUÇÕES

7.1 Preço:

Cadeia 1:

ORIGEM:

DESTINO:

Preço praticado pelo cliente:

Preço sugerido:

Cadeia 2:

ORIGEM:

DESTINO:

Preço praticado pelo cliente:

Preço sugerido:

Cadeia 3:

ORIGEM:

DESTINO:

Preço praticado pelo cliente:

Preço sugerido:

Cadeia 4:

ORIGEM:

DESTINO:

Preço praticado pelo cliente:

Preço sugerido:

Cadeia 5:

ORIGEM:

DESTINO:

Preço praticado pelo cliente:

Preço sugerido:

7.2 Ajuste da tarifa (descrição/incremento/periodicidade/gatilhos):

7.3 Prazo de Pagamento (em dias):

7.4 Local de Cobrança, Departamento R

7.5 Documentação para Faturamento:

7.6 Seguro (escopo e preço):

7.7 Estadia (valor/cobrança/processo):

7.8 Definição de impostos praticados:

Especifique as tarifas e condições de pagamento

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA	
Controle	
<div>MENU INSTRUÇÕES</div>	
8.1 Indicadores de Performance (metas/periodicidade):	
8.1.1	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.2	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.3	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.4	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.5	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.6	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.7	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.8	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.9	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.1.10	<div>Descrição</div> <div>Meta Periodicidade</div>
8.2 Programação de Carregamentos (periodicidade/pontos de contato/processo):	
8.3 Procedimento para pedidos emergenciais:	

Especifique quais são as variáveis monitoradas como indicadores de desempenho

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA		MENU		INSTRUÇÕES	
Informações extras					
<u>VIA PERMANENTE</u>					
9.1 Reativação de trecho:	<input type="text"/>				
9.1.1 Se sim, qual?	<input type="text"/>				
9.2 Construção de desvio no cliente:	<input type="text"/>				
9.2.1 Localização:	Cidade:	Estado:			
	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
	Capacidade do desvio (vagões):	<input type="text"/>			
<u>SISTEMAS</u>					
9.3 Necessidade de sistema específico:	<input type="text"/>				
9.3.1 Detalhamento das funcionalidades necessárias:	<input type="text"/>				
<u>INVESTIMENTO</u>					
9.4 Necessidade de Investimento:	<input type="text"/>				
9.4.1 Opções de Investimento:	<input type="text"/>	Outros:	<input type="text"/>		
9.5 Responsável pelo Investimento:	<input type="text"/>				
<u>OUTROS</u>					
9.6 Observações:	<input type="text"/>				

MODELAGEM DE REDE LOGÍSTICA

Instruções

MENU

DADOS DO CLIENTE

1.1 Cliente:	Colocar o nome da empresa do cliente
1.2 Segmento:	Identificar a qual segmento de mercado o cliente pertence
1.3 Responsáveis no cliente:	Inserir os dados relativos aos responsáveis no cliente para fornecer informações no desenvolvimento do projeto.
1.3.1 Nome:	
1.3.2 Cargo:	
1.3.3 Telefone:	
1.3.4 email:	

SERVIÇO

2.1 Descrição do Serviço:	Detalhar a operação, citando resumidamente o que seria o projeto colocando detalhes pertinentes
2.2 Cadeias:	Descrever as principais cadeias logísticas da operação
Origem:	Colocar a cidade de origem da carga, citando o estado e o país
Destino:	Colocar a cidade de destino da carga, citando o estado e o país
2.3 Produto:	Preencher com os principais produtos a serem transportados
Produto:	Descrever o produto com especificações técnicas
Embalagem:	Descrever os tipos de embalagem, citando suas dimensões
Periculosidade:	Descrever a periculosidade do produto, e quando necessário solicitar a ficha do produto para o cliente
Volume:	Colocar os volumes mensais a serem transportados
Unidade:	Colocar a unidade de medida do volume
2.4 Volume Final:	O volume final é calculado automaticamente, após o preenchimento dos volumes de cada produto
2.5 Cadência:	Detalhar a cadência acordada com o cliente, citando o nível de serviço acordado

CARGA e DESCARGA

3.1 Operação de Carga e Descarga:	Descrever com detalhes como se realizará a operação
Carga / Descarga:	Detalhar as operações de carga e descarga
Coleta / Entrega:	Detalhar os dias e os horários que atenderão à operação
Tempo (Físico / Liberação):	Detalhar os tempos físico (em que consiste a operação em si) e liberação (tempo reservado ao faturamento e liberação do produto)
Responsável:	Detalhar quem será o responsável pela operação de carregamento
Tipo de Equipamento:	Detalhar o tipo de equipamento necessário para a operação, o mais apropriado, citando algumas particularidades quando necessário
Necessidades Especiais:	Detalhar as necessidades específicas para a operação, citando ambiente externo, condições climáticas
3.2 Descrição do Manuseio e Acondicionamento da Carga:	Descrever a operação para cada produto a ser transportado
Produto X:	Detalhar a operação de manuseio com particularidades e procedimentos de acondicionamento da carga, citando material logístico necessário e empilhamento máximo, bem como indicar o enlombamento / amarração da carga

TRANSPORTE

4.1 Origem/Destino:	Especificar os canais de transporte
4.2 Modal:	Especificar o modo de transporte utilizado em cada canal
4.3 Transit Time Acordado:	Detalhar o transit time acordado com o cliente, descrevendo os tempos rodoviário e ferroviário nas rotas específicas
4.4 Especificação de Equipamento:	Definir o equipamento mais adequado para atender a operação
4.4.1 Ativos Ferroviários:	Definir o ativo ferroviário (vagão) mais adequado para a operação
4.4.2 Ativos Rodoviários:	Definir o ativo e o tipo mais adequado para a operação rodoviária
4.4.2.1 Perfil do Ativo:	Definir o perfil do ativo rodoviário para atender a operação solicitada pelo cliente
4.4.2.2 Tipo de Ativo:	Definir o tipo do ativo rodoviário que atenda adequadamente a operação
4.4.3 Ativos Containeres:	Definir o container que atenda a operação considerando (dimensão e perfil)
4.4.4 Marítimo:	Definir o tipo de embarcação mais adequado para a operação
4.4.5 Volume mínimo por equipamento (peso por eixo, balanças...):	Indicar qual o volume mínimo de carga a ser transportada e qual a sua forma de controle
4.5 Monitoramento de carga e rastreabilidade:	Indicar a necessidade de monitoramento de carga em trânsito, citando a sua periodicidade, as informações requeridas e o equipamento necessário
4.6 Avaria aceitável (peso ou % aceitável):	Indicar qual o valor máximo de avarias na carga transportada aceitável pelo cliente
4.7 Plano de Contingência (com relação ao não atendimento):	Indicar qual a alternativa de atendimento frente a impossibilidade de atender o volume acordado em contrato, comentar o take or pay
4.8 Plano de Acidentes/Anomalias:	Indicar alguns cuidados especiais a serem utilizados, e no caso de produtos perigosos solicitar os procedimentos. Indicar as pessoas de contato do cliente que devem ser comunicadas
4.9 Logística do Material de Apoio (pallets/lonas/cintas/catracas):	Indicar se o material logístico é reutilizável, citando a sua durabilidade e qual o modal mais indicado para o retorno
4.10 Devolução de produtos (descrição/% aceitável/responsabilidades):	Descrever os procedimentos a serem tomados no caso de devolução, qual o destino desse volume, se será reaproveitado e quem será o responsável por esse produto
4.12 Procedimentos de Segurança e Escolta:	Descrever condições específicas para segurança e se há a necessidade de escolta e como esta deve ser feita
4.13 Gerenciamento de Risco:	Descrever os procedimentos de gerenciamento de risco solicitados pelo cliente, caso o cliente possua um gerenciador próprio, solicitar cópia do contrato

ARMAZENAGEM

5.1 Armazém próprio:	Detalhar a operação, no caso de utilizar um armazém localizado em algum terminal próprio
5.1.1 Terminal:	Definir qual o terminal atenderá a operação
5.1.2 Tempo de Armazenagem:	Indicar qual o tempo necessário para armazenagem da carga no terminal
5.1.3 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:	Indicar as atividades que deverão ser executadas no terminal como movimentação, carga e descarga e quando existir, citar os procedimentos já praticados pelo cliente
5.1.4 Condições do Armazém:	Indicar as exigências e restrições em relação ao armazém (refrigerado, silo, local fechado, etc.)
5.2 Armazém do Cliente:	Detalhar a operação, quando for ser realizado em um armazém do cliente
5.2.1 Cidade:	Indicar em qual cidade se localiza o armazém do cliente
5.2.2 Estado:	Indicar em qual estado se localiza o armazém do cliente
5.2.3 Dimensões do Armazém (m):	Indicar as dimensões do armazém do cliente (comprimento, largura e altura)
5.2.3 Capacidade do Armazém (m):	Indicar a capacidade do armazém (toneladas, m3, m2)
5.2.4 Descrição das atividades a serem realizadas na operação de armazenagem:	Indicar as atividades que deverão ser executadas no terminal como movimentação, carga e descarga e quando existir, citar os procedimentos já praticados pelo cliente
5.2.5 Condições do Armazém:	Indicar as exigências e restrições em relação ao armazém (refrigerado, silo, local fechado, etc.)

CONSUMIDORES FINAIS	
6.1 Origem:	Definir qual será a cidade de origem para realizar a distribuição
6.2 Destinos (raio de ação):	Definir os destinos baseados em raios de ação / regiões
Região X:	Indicar o nome da região definido com o cliente
Prazo de entrega:	Indicar o prazo de entrega solicitado pelo cliente para cada região
Entregas por dia:	Indicar o número de entregas por dia a ser realizado, solicitar ao cliente um histórico de no mínimo seis meses
Volumes por entrega:	Indicar o volume médio que deve ser atendido por entrega
6.5 Perfil da frota:	Detalhar o tipo de veículo a ser utilizado e sua capacidade, e citar necessidades especiais (refrigerado, compartilhado, etc.)
6.6 Descrição do Processo de Devolução:	Decrer os procedimentos a serem utilizados no caso de devolução de produtos, se os produtos devem ser armazenados ou devolvidos e definir os responsáveis por esses produtos
6.7 Descrição do Processo de Inversão:	
6.8 Observações:	Caso seja necessário, citar algumas informações adicionais à operação

TARIFAS	
7.1 Preço:	Inserir os valores para todas as rotas citadas anteriormente
Preço praticado pelo cliente:	Inserir o valor estimado do preço praticado atualmente pelo cliente, para comparação com o preço final
Preço sugerido:	Inserir o valor estimado do preço a ser praticado na operação
7.2 Reajuste da tarifa (descrição/incremento/periodicidade/gatilhos):	Descrever como a tarifa será reajustada, definindo percentual e períodos em que deverá acontecer o reajuste
7.3 Prazo de Pagamento (em dias):	Detalhar de quantos dias será o prazo de pagamento para o cliente
7.4 Local de Cobrança, Departamento Remetente, tempo de antecedência:	Detalhar qual será o endereço de cobrança no cliente, citando o responsável e a sua área
7.5 Documentação para Faturamento:	
7.6 Seguro (escopo e preço):	Inserir o valor que será correspondente ao seguro dentro da tarifa
7.7 Estadia (valor/cobrança/processo):	Descrever como será feita a cobrança de estadia no cliente, e citar como será esse cálculo
7.8 Definição de impostos praticados:	Descrever os impostos a serem praticados, bem como os seus valores

CONTROLES	
8.1 Indicadores de Performance (metas/periodicidade):	Citar quais serão os dez principais indicadores dentro da nova operação, definidos com o cliente
Descrição:	Detalhar como será a medição do indicador, colocando o nome e a fórmula
Meta:	Definir qual será a meta a ser atingida pelo indicador
Periodicidade:	Definir a periodicidade em que esse indicador deverá ser medido
8.2 Programação de Carregamentos (periodicidade/pontos de contato/processo):	Detalhar como será feita a programação de carregamentos junto ao cliente, citando a periodicidade em que ela será fornecida e a pessoa de contato no cliente
8.3 Procedimento para pedidos emergenciais:	Detalhar os procedimentos necessários a serem tomados, caso haja algum pedido emergencial que esteja fora da programação

DEMAIS INFORMAÇÕES**VIA PERMANENTE**

9.1 Reativação de trecho:	Descrever se será necessário reativar algum trecho da via permanente
9.1.1 Se sim, qual?	Descrever qual é o trecho, citando sua origem e destino
9.2 Construção de desvio no cliente:	Descrever se será necessário realizar a construção de algum desvio dentro da área do cliente
9.2.1 Localização:	Detalhar a localização exata onde deverá ser construído o trecho, citando também a capacidade solicitada pelo cliente
Cidade:	
Estado:	
Capacidade do desvio (vagões):	
SISTEMAS	
9.3 Necessidade de sistema específico:	Descrever se será necessário o desenvolvimento de algum sistema específico para a nova operação
9.3.1 Detalhamento das funcionalidades necessárias:	Detalhar quais as funcionalidades necessárias no procedimento, citando interfaces, relatórios, etc.
INVESTIMENTO	
9.4 Necessidade de Investimento:	Descrever se será necessário algum tipo de investimento para a operação
9.4.1 Opções de Investimento:	Definir em qual tipo de ativo será feito o investimento dentro das opções disponíveis
9.5 Responsável pelo Investimento:	Definir quem será o responsável pelo investimento
OUTROS	
9.6 Observações:	Caso seja necessário, citar algumas informações adicionais à operação

Utilize as instruções para a construção do modelo físico

CONSTRUÇÃO DE MODELO FÍSICO**INSTALAÇÕES**

Usina	Identifique a localização das principais usinas na planilha ARMAZENAGEM
Armazens	Identifique a localização e função dos principais pontos de armazenagem, transbordo, ou outras transformações

NÓS

Determinação dos nós	Consulte a planilha CARGA E DESCARGA e identifique os nós que representem fornecedores e distribuidores
Determinação das operações de carga e descarga	Identificar pontos onde ocorrem carga e descarga na planilha CARGA E DESCARGA

CANAIS

Determinação dos canais	Consulte a planilha TRANSPORTE e identifique os canais logísticos e sua orientação
Logística reversa	Identificar se existem canais de logística reversa

ANEXO II

Rio Tinto The way we work

Dear colleague

The way we work

Rio Tinto's business success depends on a reputation for corporate responsibility.

Our values are expressed through our business principles, policies and standards, set out in *The way we work*.

These values underpin the way we manage the economic, social and environmental effects of our operations.

Over the past 18 months we have carried out a major review of the Rio Tinto brand to position us for the future with our strong values presented in a fresh and compelling way, building on our legacy of experience, expertise, and 'doing it right'.

Actions speak louder than words. The behaviour of each and every one of us will influence how the world views Rio Tinto. *The way we work* is our mentor. Our conduct will drive a success that we can all share – and one that everyone notices.

Operating according to our values will help sustain long term business success by encouraging more effective relationships and stimulating deeper contributions to the communities in which we work.

Please take time to read and understand this booklet and use it daily in your work.

Rio Tinto's long term business success depends on you and how you work, as well as what you do.

Paul Skinner
Chairman

Tom Albanese
Chief executive

January 2008

01_02

Contents

About <i>The way we work</i>	3
Good business sense	4
Openness and accountability	5
Transparency	5
Business integrity	5
Corporate governance	6
Internal controls and reporting procedures	6
Corporate policies	8
Communities	8
Employment	9
Environment	9
Human rights	10
Land access	10
Occupational health	11
Political involvement	11
Safety	11
Sustainable development	12
Appendix	13
Some international accords supported by Rio Tinto	13
Rio Tinto's own supplementary guidance documents	14

About *The way we work*

The way we work, Rio Tinto's statement of business practice, summarises the Group's principles and policies for all employees. It is designed to ensure that we all reflect in our daily work the high standards and values we share, key among which are accountability, fairness, integrity and openness.

The policies in *The way we work* have been adopted by the Rio Tinto board after wide internal and external consultation. They are communicated to the Group's businesses, together with any guidance and support that may be necessary. Group businesses then put them into practice through local codes of conduct and report on their implementation.

Since the first edition of *The way we work* in 1997, expectations of corporate responsibilities have increased. Although our values and objectives are unchanged, our responses have evolved and been further developed and are reflected in this revised 2003 edition.

In preparing it, we have again received considerable internal input and helpful external comment for which we are grateful. We will continue to address issues as they emerge to ensure *The way we work* remains relevant.

The way we work applies to all Rio Tinto managed businesses and is supported by specific guidance documents, including on assurance mechanisms and compliance verification.

The Group businesses' codes of conduct are not comprehensive lists of "do's and don'ts", but set standards of good behaviour and procedures for breaches, with added responsibilities and incentives for managers who have a higher duty of care.

Rio Tinto expects business partners, such as associate companies or joint ventures where we do not have operating responsibility, as well as principal contractors, suppliers and others with whom we have a substantial involvement, to maintain high standards themselves. We inform them of Rio Tinto's principles and policies and work with them where appropriate to support their adoption of policies consistent with our own. Rio Tinto is prepared to withdraw from business relationships if any partners do not live up to our values.

03_04

Good business sense

Rio Tinto is in business to create value by finding and developing new, world class deposits and operating and eventually closing the Group's operations, safely, responsibly and efficiently. To do so, we take a disciplined and integrated approach to the economic, social and environmental aspects of all our activities.

We rigorously analyse investment opportunities and put sound management strategies in place to deliver lasting benefits and deal with any adverse effects. We find ways to lift all aspects of the Group's performance so that it stands out by setting or reflecting best practice and by contributing to the global transition to sustainable development.

We recognise and accommodate evolving expectations of international companies within the bounds of our values and business role. Rio Tinto's policies and practices are designed to recognise risks, avoid harm or damage to people or the natural environment and to develop effective relationships both within and outside the workplace.

Through them, the Group contributes to the wellbeing of communities around our operations and provides the resources that society needs. This approach underpins the Group's business success.

Rio Tinto supports and develops Group wide standards. We adopt appropriate internal and independent reporting, verification and assurance mechanisms, in keeping with both global and local responsibilities. We welcome dialogue and engagement with those who share an interest in continually improving our performance through understanding and learning from each other.

We anticipate, participate in developing, and invest in innovative business approaches to align business behaviour with generally accepted principles of best international practice, including corporate governance.

Openness and accountability

We conduct the Group's affairs in an accountable and transparent manner, reflecting the interests of Rio Tinto shareholders, employees, host communities and customers as well as others affected by the Group's activities.

Transparency

Our commitment, both in principle and practice, is to maximum transparency consistent with good governance and commercial confidentiality.

Rio Tinto disseminates understandable information in a timely way on the Group's operational performance and financial condition. We verify its accuracy, internally and, as appropriate, independently. We avoid selective disclosure.

We give required information to relevant agencies in the jurisdictions where Group businesses operate and widely disseminate it where Rio Tinto's shares are traded, through the media as well as directly, including on our own websites. We voluntarily give detailed social and environmental performance data in separate annual reviews. These cover the Group and each Group business, extending further the quality and quantity of publicly available data.

Published material can be accessed through Rio Tinto's external website, www.riotinto.com. Both this and the Group's intranet are linked to other websites maintained by Group businesses, offering easy access to a wealth of additional, detailed information on local operations. Significant events, including financial results presentations and seminars on strategy

and corporate social responsibility, are also available on Rio Tinto's internet website, as they happen and as an archive.

Rio Tinto seeks and welcomes constructive criticism. We use face to face and written communication and formal grievance procedures within our workplaces. We also have an additional independent and confidential means of communication and feed back for ideas or concerns about any aspect of Rio Tinto or about the behaviour of individuals, without fear of recrimination, through the Group's *Speak-OUT* system.

Business integrity

We undertake Rio Tinto's business with integrity, honesty and fairness at all times, building from a foundation of compliance with relevant local laws and regulations and international standards.

We support free and fair competition. We promote the rule of law and the Group's high standards wherever we are in the world. We have introduced a compliance programme that all Group businesses are required to put in place. This is based on a continuously developing system of training, monitoring and procedural checks and balances.

Bribery, in all its forms, is prohibited. We neither promise, offer nor accept bribes or anything which could be taken for one, either directly or indirectly.

We only make payments for legitimate business services and at a rate that reflects their market value. We work with business partners, representative agents and intermediaries after making them aware of Rio Tinto's policy and being satisfied that

they will not make unauthorised payments indirectly on the Group's behalf.

We disclose any material transaction or relationship that could reasonably be expected to give rise to a conflict of interest but strive to avoid them. Gifts and entertainment are only offered or accepted for conventional social and business purposes and then only at a level appropriate to local circumstances.

Corporate governance

Rio Tinto is committed to high standards of corporate governance, accountability and responsibility.

All shareholders in Rio Tinto Limited and Rio Tinto plc are in the same economic position as if they held shares in Rio Tinto as a single enterprise. They take decisions on matters affecting them all through a joint electoral procedure.

Rio Tinto's directors are common to both Rio Tinto companies. In accordance with best practice, the board comprises a mix of executives and non executives, providing a balance of innovative thinking with business knowledge and experience.

All directors have full and timely access to information they require to discharge their duties and responsibilities fully and effectively. The directors have established board committees which are fundamental to good corporate governance, best practice and control: they are the *Nominations committee*, the *Audit committee*, the *Remuneration committee* and the *Committee on social and environmental accountability*.

Directors' interests in Rio Tinto are fully disclosed. Directors and designated employees are prohibited from short term speculative dealing in Rio Tinto shares and any dealing during 'close periods'. No one may disclose price sensitive information to others or deal in Rio Tinto shares themselves when in possession of it.

Internal controls and reporting procedures

We prepare reports and financial statements giving a true and fair view of our affairs.

Substance rather than form is a fundamental principle of Rio Tinto's reporting. We approach financial and non financial matters with similar rigour.

Our internal control system reviews financial, operational and compliance controls as well as risk management procedures. This is consistent with a responsible assessment and mitigation of risks to provide reasonable assurance against material misstatement or loss.

Each year, the leaders of Group businesses complete a detailed questionnaire to confirm that Rio Tinto's internal controls are operating effectively throughout the Group.

We use the most appropriate accounting and reporting policies, consistently applied and supported by reasonable and prudent judgements. We prepare financial statements in accordance with generally accepted accounting principles.

Rio Tinto requires directors, senior management, financial managers and other staff who exercise judgement in preparing

Openness and accountability continued

financial statements to conduct themselves with integrity and honesty and in accordance with the ethical standards of their profession or business.

Anyone who becomes aware of or suspects any violation of our obligations should, and is encouraged to, report the facts or their suspicions to senior management or to Rio Tinto's *Audit committee* as appropriate, directly or through Rio Tinto's *Speak-OUT* programme.

Corporate policies

The growing world population needs minerals and metals for sustainable development. We do our best to extract and supply them in ways that bring benefits to this and succeeding generations. We apply common values and standards wherever the Group operates, always seeking to respect the different laws, cultures, traditions, customs and employment practices in place.

We recognise that excellence in managing Rio Tinto's health, safety, environment and community responsibilities is essential. We also know that good working relations, internally and externally, are fundamental to the Group's continuing success. We strive to understand and interact constructively with local communities, governments and others in the public and private sectors, including non government organisations.

Rio Tinto's policies, which set the standards underlying our approach, follow in alphabetical order.

Communities

We set out to build enduring relationships with our neighbours that are characterised by mutual respect, active partnership, and long term commitment.

Good management of community relations is as necessary to our business success as the management of our operations. Good performance requires all of us to accept responsibility for community relations. We detail local arrangements

in rolling *Five year communities plans* which all operations submit and update annually. The plans are set within the context of this policy and apply throughout the life cycles of the Group's activities.

Mutual respect depends on our understanding the issues that are important to our neighbours and on our neighbours understanding what is important to us. Wherever we operate, we do our best to accommodate the different cultures, lifestyles, heritage and preferences of our neighbours, particularly in areas where industrial development is little known. Our communities and environment work is closely coordinated and takes account of peoples' perceptions of the effects and consequences of our activities.

We promote active partnerships at international, national, regional, and local levels. They are based on mutual commitment, trust, and openness. Our relationships with communities involve consultation to open new facilities, to run existing ones and to close them at the end of their productive lives. In doing so, we support community based projects that can make a difference in a sustainable way without creating dependency. We also assist regional development and training, employment and small business opportunities. In developing countries, we are often asked to support health, education, and agricultural programmes and, in collaboration with others, we help where practical.

Corporate policies continued

Employment

We require safe and effective working relationships at all levels around the Group. Whilst respecting different cultures, traditions and employment practices, we share common goals, in particular the elimination of workplace injuries, and are committed to good corporate values and ethical behaviour.

Rio Tinto employs on the basis of job requirements and does not discriminate on grounds of age, ethnic or social origin, gender, sexual orientation, politics or religion. We may make exceptions to favour local employment where local laws provide. The Group does not employ forced, bonded or child labour.

Being trained to work, and then working, in safe, healthy and environmentally responsible ways comes first and foremost. Beyond that, Rio Tinto believes in enabling employees to develop to the extent of their abilities. We improve our skills and competencies by regular performance reviews, recognising potential, undertaking education, training and coaching as appropriate, and offering professional development opportunities within the Group.

Rio Tinto expects managers to be models of the highest standards of behaviour. We treat each other and those we deal with externally with dignity, fairness and respect. We guard against harassment in the workplace and neither abuse nor mis-use our positions or facilities for personal purposes. We respect our obligations to our colleagues and employer. We work together within and

across businesses, cultures and countries to raise performance.

Group businesses' codes of conduct establish sound conditions of work and disciplinary procedures. The Group implements equitable and transparent remuneration and incentive systems. Rio Tinto recognises everyone's right to choose whether or not they wish to be represented collectively.

We live up to the letter and spirit of *The way we work* and our code of conduct.

Environment

Wherever possible we prevent, or otherwise minimise, mitigate and remediate, harmful effects of the Group's operations on the environment.

Excellence in environmental performance is essential to our business success. Compliance with all environmental laws and regulations is the foundation on which we build our environmental performance. We support and encourage further action by helping to develop and implement internationally recognised management systems and voluntary commitments.

We similarly approach a comprehensive understanding of the full life cycle and safe use of our products to ensure all their benefits are delivered.

We develop Groupwide standards and build systems to identify, assess and manage environmental risk. These apply at each stage of exploration, development, operation and closure, as well as in acquisition and divestment evaluations, to achieve continuous improvement in environmental

09_10

performance. We also engage with host communities, governments, customers, suppliers and others to the same end.

We obtain assurance on the implementation of our environmental policy, both internally and externally, by regular audits, reviews and reports. Each Group business produces a separate social and environmental report for its local communities.

Human rights

We support human rights consistent with the Universal Declaration of Human Rights and Rio Tinto respects those rights in conducting the Group's operations throughout the world.

We seek to ensure that Rio Tinto's presence fosters sound relationships and avoids civil conflict wherever we are. Rio Tinto respects and supports the dignity, well being and rights of Group employees, our families and the communities in which we live, as well as others affected by the Group's operations.

Where those rights are threatened, we seek to have international standards upheld and to avoid situations that could be interpreted as condoning human rights abuses. We ensure that our equipment and facilities are not mis-used in violation of them.

The Group's procedures for using security personnel are based on human rights principles and include guidelines and restrictions on the use of force. These procedures are reinforced by training and applied to contract security personnel as well as to Group employees.

We look for opportunities to support positive efforts to promote broader understanding of human rights values, especially where they assist the Group's local communities. We seek dialogue with others aimed at a practical common effort to promote respect for human rights consistent with the role of business.

Land access

We seek to secure the widest possible support for our proposals throughout the life cycle of the Group's activities by coordinating economic, technical, environmental and social factors in an integrated process.

We access and use land, rehabilitate unavoidable impacts and work with local communities to help with their needs in the most efficient and effective manner we can. In all cases, this involves ongoing consultation with local people, public authorities and others affected. We accept that this may sometimes result in our not exploring land or developing operations, even if legally permitted to do so.

We are particularly rigorous in assessing the effects of our activities in advance in areas of high conservation or heritage value. We work with others to design appropriate mitigation and management methods, and then monitor them to ensure best practice is followed.

Claims to land can be based on traditional tenure as well as statutory law. Local and national land use policies may also differ. Our objective is to bridge significant gaps between legislated and customary

Corporate policies continued

arrangements through the fullest possible understanding of the issues involved.

Where property is affected, its value is assessed and appropriate compensation mutually agreed. We work with others where frameworks do not exist to encourage and help governments put appropriate consultation processes in place.

During mining operations, we may use land that is surplus to operational requirements for a variety of purposes. These include housing, educational, health and recreational facilities as well as for food production, forestry, habitat protection and biodiversity conservation.

When operations are closed, we complete the rehabilitation of land we have disturbed in consultation with our neighbours and in accordance with best environmental practice, relevant laws and regulations.

Occupational health

We strive to protect our physical health and well being in the workplace.

A healthy workforce contributes to business success. We are committed to preventing new cases of occupational disease and have a target of achieving a significant reduction in these cases year on year through the continual identification, evaluation and control of workplace exposures.

We have developed a set of core occupational health standards. We implement these standards in conjunction with education, training, and the incorporation of systems and procedures.

An assurance process entailing regular

audits, reviews and reports measures compliance with our occupational health policy and standards.

Political involvement

Rio Tinto does not directly or indirectly participate in party politics nor make payments to political parties or individual politicians.

Rio Tinto represents views to government and others on matters affecting its business interests and those of shareholders, employees and others involved in our activities. By fostering such public dialogue, we contribute to the development of sound legislation and regulation that is relevant and appropriate to our business interests.

Nothing in Rio Tinto's policy seeks to restrict individuals acting in their personal capacity as citizens from participating in the political process.

Safety

Safety is a core value and a major priority; our goal is zero injuries.

Everyone's behaviour contributes to an injury free workplace; full and consistent implementation of and accountability for Rio Tinto's comprehensive standards, guidelines, systems and procedures is required across the world.

Alongside this, we are building a supportive safety culture that requires visible leadership, ongoing education and training and a high level of participation by everyone in the workplace.

11_12

We place an uncompromising emphasis on hazard identification, risk assessment and risk management. We measure assurance through operational, corporate and external auditing and reporting processes.

Sustainable development

Rio Tinto businesses, projects, operations and products should contribute constructively to the global transition to sustainable development.

We contribute to sustainable development by helping to satisfy global and community needs and aspirations, whether economic, social or environmental. This means making sustainable development considerations an integral part of our business plans and decision making processes.

By focussing on people, the environment, resource stewardship and management systems, we can better manage risk, create business options, reduce costs, attract the best employees, gain access to new markets and resources and deliver a better product to our customers.

In practice, this depends on the active awareness of and support for Rio Tinto's principles and policies by each of us as individuals.

Appendix

Some international accords supported by Rio Tinto

- **Australian Minerals Industry Code for Environmental Management**
www.minerals.org.au/downloads/pdf/Code2000.pdf
- **Global Sullivan Principles of Social Responsibility**
www.globalsullivanprinciples.org/principles.htm
- **International Chamber of Commerce Business Charter for Sustainable Development**
www.iccwbo.org/home/environment/charter.asp
- **International Council on Metals and Minerals Sustainable Development Framework**
www.icmm.com
- **International Labour Organisation Convention 169: Concerning Indigenous and Tribal Peoples in Independent Countries**
www.unhctc.ch/html/menu3/b/62.htm
- **International Labour Organisation Declaration on Fundamental Principles and Rights at Work**
www.ilo.org/public/english/standards/dec/declaration/text/tindex.htm
- **Organisation for Economic Cooperation and Development Convention on Bribery and Corruption**
www.oecd.org/pdf/M00007000/M00007323.pdf
- **Organisation for Economic Cooperation and Development Guidelines for Multinational Enterprises**
www.oecd.org/pdf/M00021000/M00021070.pdf
- **United Nations Universal Declaration of Human Rights**
www.un.org/Overview/rights.html
- **United Nations Global Compact**
www.unglobalcompact.org/
- **US/UK Voluntary Principles on Security and Human Rights**
www.state.gov/www/global/human_rights/001220_fsdr principles.html
- **World Economic Forum Global Corporate Citizenship Statement**
www.weforum.org/pdf/GCC/GCC_CEOstatement.pdf

13_14

Rio Tinto's own supplementary guidance documents

- Business integrity guidance
- Compliance guidelines
- Corporate governance guidelines
- Environment standards
- Financial disclosure guidelines
- Human rights guidance
- Occupational health standards
- Rules for dealing in Rio Tinto securities
- Safety standards

These documents provide additional guidance in specific policy areas and further resources are also available on Rio Tinto's intranet and internet websites.

For convenience, we use "Rio Tinto" to describe Rio Tinto Limited and Rio Tinto plc and their affiliated companies, although all of these are independently managed, separate and distinct entities. Rio Tinto plc and Rio Tinto Limited are combined in a dual listed companies structure as a single economic entity.

Rio Tinto plc
5 Aldermanbury Square
London EC2V 7HR
United Kingdom

T +44 (0)20 7781 2000

Rio Tinto Limited
120 Collins Street
Melbourne, Victoria 3000
Australia

T +61 (0)3 9283 3333

Designed by Interbrand
Printed in England by Beacon Press using their *perpetual* technology
© Rio Tinto plc and Rio Tinto Limited
Revised 2003 and reprinted 2007/English