

# CONCEITOS DE RASTREAMENTO DA QUALIDADE NA MINERAÇÃO

R. C. AZEVEDO<sup>1</sup>; H. V. CEOTTO<sup>1</sup>; G. DE TOMI<sup>1</sup>

(1) LAPOL – Laboratório de Planejamento e Otimização de Lavra – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Av. Prof. Mello Moraes, 2373 – Cidade Universitária - Butantã

[lapol@usp.br](mailto:lapol@usp.br) – 05508-900 – São Paulo – SP.

[ricardo.azevedo@poli.usp.br](mailto:ricardo.azevedo@poli.usp.br); [henrique.ceotto@poli.usp.br](mailto:henrique.ceotto@poli.usp.br); [gdetomi@usp.br](mailto:gdetomi@usp.br)

Este trabalho visa discutir conceitos de rastreamento de informações de qualidade na mineração, buscando uma maior integração entre as operações de lavra e o beneficiamento, facilitando assim a tomada de decisão e otimizando o desempenho global do empreendimento. O objetivo deste tipo de rastreamento é permitir o monitoramento da quantidade e da qualidade dos materiais na cadeia de valor mineral, desde o modelo geológico e planejamento de lavra, passando pela extração e beneficiamento, até a entrega do produto final. Sistemas de rastreamento de qualidade têm como principal característica a possibilidade de integrar todas as ferramentas de planejamento, controle e automação operadas em uma mina e em uma usina de beneficiamento. Atualmente, a maioria das empresas de mineração utilizam diversos *softwares* de diferentes origens, e com diversas aplicações, que freqüentemente não se comunicam adequadamente entre si, gerando as chamadas “ilhas de informação”, que nada mais são do que produto de uma setorização da informação, impedindo que dados de um *software* sejam democratizados na empresa, ou seja, acessíveis por outros usuários. Isso acaba por agravar a dificuldade de comunicação entre os profissionais da indústria mineral e potencializa erros nas tomadas de decisão. Numa visão mais ampla, é possível rastrear o fluxo de materiais também até sua disposição como rejeito ou estéril ou mesmo até sua entrega, como produto final, aos clientes. Estas características geram a possibilidade de se calcular com elevada precisão os custos por tonelada de minério processado, bem como controlar os diversos parâmetros de qualidade. Outra característica importante é a possibilidade de integração das informações de qualidade e quantidade com sistemas de gerenciamento de recursos (*ERP – Enterprise Resource Planning*). Assim, a utilização de sistemas de rastreamento permitirá informar onde determinado material se encontra, de onde veio, para onde vai, suas características e quanto custou para que chegasse a este ponto do processo. Dada a grande quantidade de informações que pode englobar, o sistema deve apresentá-las de maneira clara, através do uso das mais modernas ferramentas de visualização disponíveis. Tendo em vista os recentes avanços na gestão de negócios através de sistemas de gerenciamento, podemos apontar o rastreamento de informações como uma importante ferramenta para a conexão entre a parte produtiva da mineração (que normalmente ainda não é abrangida por sistemas *ERP*) com as partes administrativas e financeiras.

**Palavras-chave:** rastreamento da qualidade; gerenciamento de informações, planejamento de lavra.

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Este trabalho é fruto do projeto de pesquisa “*Gerenciamento Integrado da Cadeia de Valor Mineral – Parte I (Projeto ERP-CVM-I)*” desenvolvido pelo LAPOL – Laboratório de Planejamento e Otimização de Lavra – do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo com apoio da FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo.

Este projeto teve início quando se consolidou a opinião da equipe em relação ao gerenciamento de informações através de um empreendimento mineiro. Diferentemente de outros setores como o automobilístico e o de serviços, o setor mineral, bem como outras atividades primárias, apresentou apenas um pequeno avanço no que toca o gerenciamento do fluxo de informações através da estrutura da empresa, isto ocorre apesar da maior exigência por parte do mercado sobre o grupo. Ademais, áreas como o controle de qualidade, o gerenciamento ambiental e social e os sistemas de segurança ganharam extrema importância ao longo das últimas três décadas e provavelmente o setor mineral foi, senão o mais, um dos mais cobrados nesses aspectos.

O volume de capital envolvido nos empreendimentos mineiros é muito elevado se comparado a outros setores industriais, o que causa estranheza ainda maior ao identificarmos falhas graves na comunicação entre os setores do empreendimento mineiro que acabam por vezes perdendo, ou ao menos deixando de ganhar, grandes somas de capitais. Tais perdas muitas vezes nem chegam a serem quantificadas ou até mesmo identificadas o que nos leva a uma preocupação ainda maior.

Na grande maioria do tempo um setor trabalha sem saber ao certo o que o outro está fazendo e jargões como “Engenheiro da Mina” ou “Engenheiro da Usina” passam a serem utilizados não só como identificação do setor no qual se trabalha, mas como forma de identificação da responsabilidade e do conhecimento que o indivíduo tem sobre o processo levando a um total desconhecimento do processo como um todo ou dos impactos que uma área pode causar no todo. É como se o empreendimento fosse um corpo no qual cada órgão funcionasse individualmente sem se preocupar com a sua função sobre o indivíduo. Infelizmente essa é a realidade da maioria dos empreendimentos mineiros hoje.

## ESTE TRABALHO

Como dito anteriormente este trabalho é uma parte da solução para o gerenciamento de informações para a mineração e se enfoca diretamente sobre o fluxo de material pelas diferentes etapas que vão desde a lavra até a entrega do produto final ao cliente.

Aqui serão analisados três aspectos necessários para o gerenciamento do fluxo de material: o mapeamento do fluxo, o rastreamento da informação e a auditabilidade do sistema.

O primeiro consiste em um completo mapeamento das etapas relevantes da cadeia produtiva utilizando o Sistema *IDEF0*, o segundo consiste na obtenção e controle do fluxo da informação controlado por um *software* e o terceiro consiste na garantia de que a tomada de decisões sobre o controle da informação seja auditável e para tanto também será utilizado um *software*.

O MAPEAMENTO DO FLUXO DE MATERIAL

Mapear o fluxo de material nada mais é do que criar um modelo representativo da realidade do processo que ocorre desde a lavra até a entrega do produto final. A definição pode ser simples, porém a execução requer cuidado e o constante acompanhamento dos profissionais diretamente envolvidos no processo.

Como dito anteriormente, para o mapeamento é utilizado o Sistema *IDEF0* (*Integration DEFinition*). Este sistema é fruto da preocupação por parte da Força Aérea Norte-Americana durante as décadas de 70 e 80 em desenvolver técnicas para se aumentar a produtividade de sua manufatura.

Assim, este modelo visa funcionar como uma ferramenta de análise e de comunicação, de definição de papéis, de demonstração das inter-relações, de facilitação de solução de problemas, de identificação de oportunidades de melhorias e provedora de uma documentação concisa sobre o processo.

Estrutura do Sistema

A estrutura do sistema é apresentada na figura 01 abaixo:

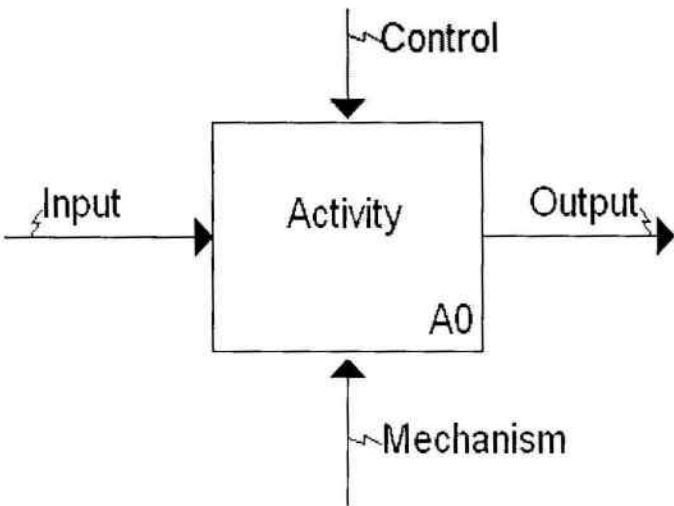


Figura 01 - Estrutura do sistema IDEF0.

Como podemos observar na figura 01 o sistema é apresentado como uma caixa preta onde: a caixa representa a atividade (*Activity*) a ser desenvolvida; a seta da esquerda representa a entrada ou alimentação (*Input*) para a atividade; a seta da direita representa a saída ou produto (*Output*) da atividade; a seta de baixo representa o mecanismo (*Mechanism*) que realizará a atividade em questão; e a seta de cima representa o controle (*Control*) necessário para atividade a ser desenvolvida.

Faz-se necessário observar que a Saída de uma Atividade corresponde a Entrada da(s) subsequente(s).

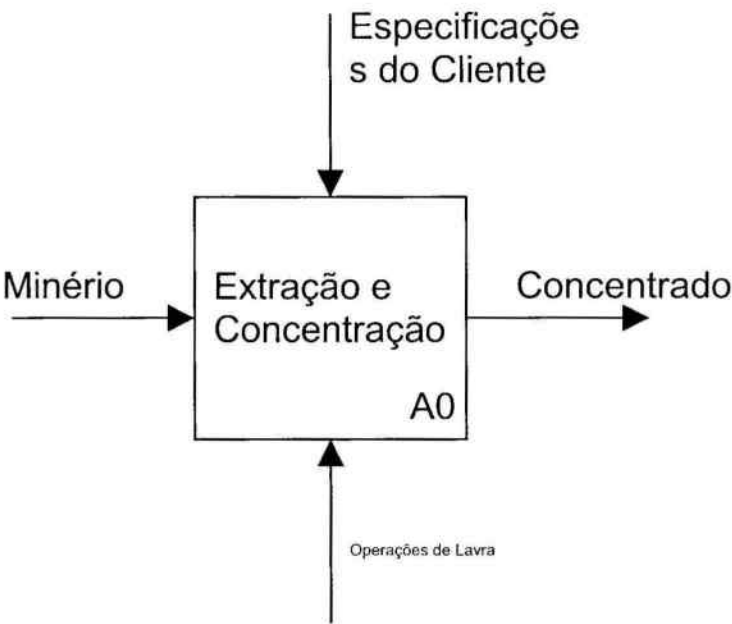
Níveis de Detalhe

Como um sistema estruturado em blocos o sistema *IDEF0* possibilita desde uma visão geral do processo até qualquer nível de detalhamento desejado, sendo que tal definição é uma das mais importantes preocupações a serem consideradas quando criando o modelo.

A construção do modelo deve se iniciar a partir da visão mais geral possível, então, caso estivéssemos apenas analisando um empreendimento mineiro, teremos apenas uma caixa contendo (:

**Atividade:** Extração e Concentração

**Entrada:** Minério  
**Saída:** Concentrado  
**Mecanismo:** Empreendimento Mineiro  
**Controle:** Especificações do Cliente  
**Identificador:** A0



*Figura 02 – Exemplo da construção do modelo.*

A seguir, caso não tivéssemos atingido o nível de detalhamento definido, procederíamos “abrindo” a caixa A0 e gerando, por exemplo, duas novas atividades Lavra (A1) e Beneficiamento (A2). Caso continuássemos abrindo as caixas, por exemplo, a A2, teríamos Desmonte (A21), Carregamento (A22) e Transporte (A23). Cada atividade podendo ser subdividida em atividades menores e mais detalhadas.

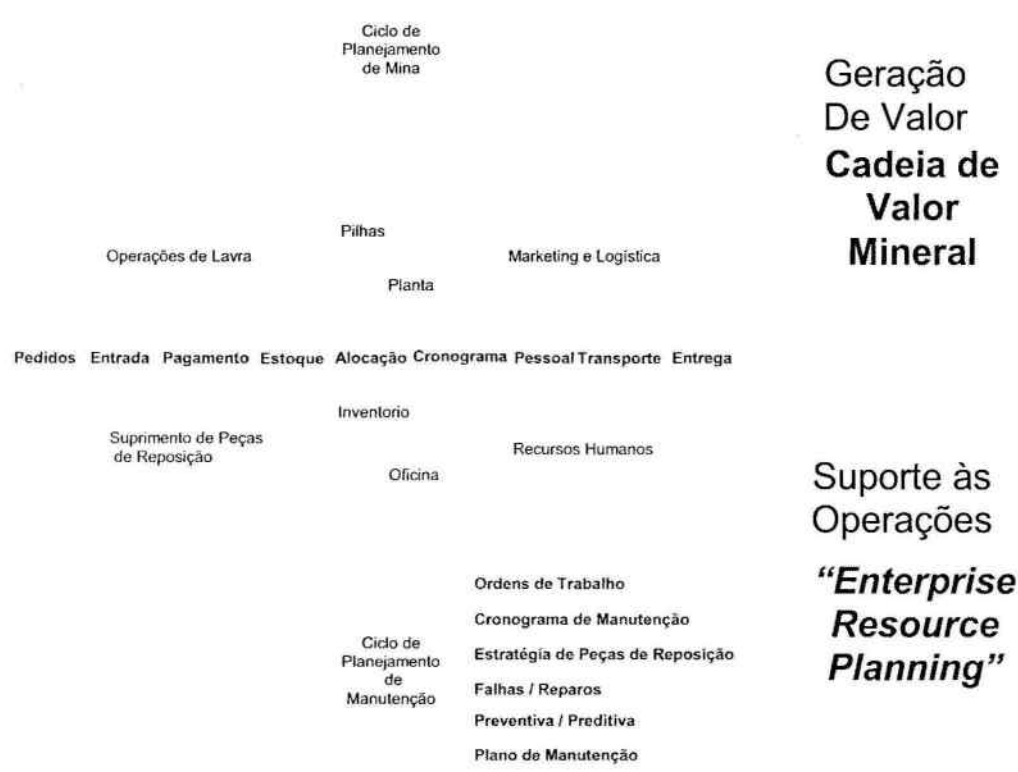
Note que o nível de detalhamento não é fixo para todas as atividades e pode variar de área para área dependendo da necessidade.

**A Utilização do Sistema**

Ao final teremos um mapeamento completo das atividades detalhadas do sistema, bem como sua posição no sistema, aonde é realizada, como é controlada e o que realiza. Com base desses dados procedemos com o carregamento dos dados no *software* de rastreamento da informação. Porém essa é apenas uma das possibilidades de utilização deste mapeamento, é possível mapear as atividades de planejamento de lavra e pesquisa mineral, gerenciamento ambiental, fluxo de decisões e praticamente qualquer atividade que se deseje mapear. Porém isto escapa o escopo desse trabalho, porém essas potencialidades são consideradas no *Projeto ERP-CVM*.

**RASTREAMENTO DA INFORMAÇÃO**

O conceito de rastreamento da informação está intimamente ligado ao conceito “Double T” que é à base do *Projeto ERP-CVM*. O diagrama conceitual (“Double T”) apresentado na Figura 03 ilustra as principais etapas na produção de bens minerais. O componente horizontal da porção superior do diagrama se refere à seqüência de etapas na produção, desde o desmonte, passando pelo transporte, estocagem, usina, venda e logística de entrega. O componente vertical da porção superior representa a contribuição intelectual deste processo, onde são tomadas decisões a respeito das diversas etapas seqüenciais de produção. Enquanto a porção inferior do diagrama representa as inter-relações supervisionadas por sistemas de gestão do tipo ERP (“Enterprise Resource Planning”), a porção superior representa a Cadeia de Valor Mineral (CVM ou MVC, “Mine Value Chain”).



**Figura 03 - Diagrama Conceitual “Double T”.**

Se tomarmos o “T de cima” podemos subdividi-lo em sua porção horizontal e vertical, sendo a primeira coberta pelo *Software* de Rastreamento de Informações e a segunda composta pelos *softwares* de planejamento, otimização, geologia e outros.

O sistema de rastreamento pode receber informações de produção de diversos outros *softwares*, porém tal informação deve ser cuidadosamente escolhida, o mapeamento *IDEF0* serve como um excelente guia para identificar tais informações. Indicadores de produção relevantes também podem ser identificados utilizando-se *BCD* (“Balanced Score Card”), porém esta parte ainda se encontra em estudo e não será abordada neste texto.

### Aderência ao Planejamento

Assim, o objetivo dos sistemas de rastreamento de informações na mineração é permitir o monitoramento da quantidade e da qualidade dos materiais na cadeia de valor mineral, desde o planejamento de lavra até a entrega do produto final.

O rastreamento das informações de produção para a medição da aderência do planejamento é essencial para o sucesso da operação. O objetivo principal é o atendimento dos contratos de venda, tanto em curto prazo como em longo prazo. A utilização de sistemas de rastreamento de informações na mineração permite que o desempenho do planejamento de lavra seja medido regularmente.

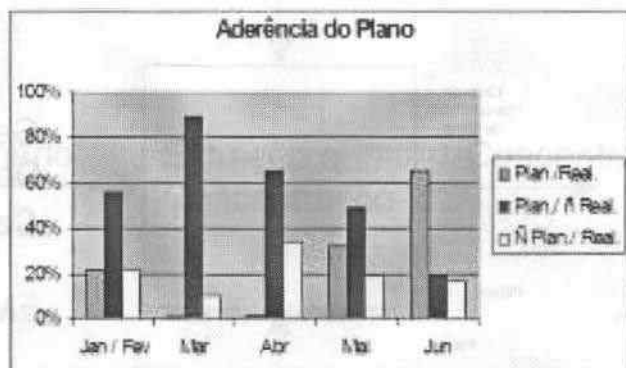


Figura 04 - Aderência ao planejamento.

As categorias representadas na Figura 04 são:

**“Planejado e Realizado”** ou seja, materiais lavrados que estavam efetivamente planejados.

**“Planejado e Não Realizado”** ou seja, materiais que estavam planejados para lavra mas que não foram lavrados.

**“Não Planejado e Realizado”** ou seja, materiais lavrados que não estavam planejados para lavra.

### Integração e Banco de Dados

Um sistema de rastreamento tem a capacidade de integrar as informações contidas em outros *softwares* utilizados em mineração e integrá-los nas operações de curto prazo e em tempo real o que gera uma maior confiabilidade nas operações e permite uma maior eficiência do processo como um todo. O sistema não gera correções à operação, mas é capaz de identificar desvios e informar aos responsáveis.

Ademais, todos os dados coletados pelo sistema são armazenados em um banco de dados que pode ser acessado em busca de dados históricos. De forma a manter a confiabilidade destes dados, todas as alterações sofrem registro como será discutido na seção sobre Auditabilidade.

### Tomada de Decisões

O rastreamento de informações permite um melhor fluxo desta pela estrutura produtiva da empresa fornecendo a base para a tomada de decisões sobre o processo, bem como permitindo que se obtenha o custo real por tonelada processada em cada etapa pela qual o minério passa. Esse tipo de informação é geralmente estimado com base na produtividade média e agora pode ser medida em tempo real.

## AUDITABILIDADE DO SISTEMA

Outra necessidade importante da Cadeia de Valor Mineral é a auditabilidade do sistema. Tradicionalmente as empresas de mineração passam por grandes dificuldades para conseguir financiamento devido a difícil auditabilidade do sistema e por vezes sofrem acréscimos contratuais para consegui-los. Não somente, um sistema auditável atesta uma maior confiabilidade nos dados que estão sendo trabalhados, assim aumentando a base para uma tomada de decisões concisa e também permitindo que uma correta estratégia seja montada e gerida.

O que torna o sistema confiável e auditável é a forma com que os dados podem ser carregados, acessados ou alterados. Quando um usuário acessa o sistema este verifica os privilégios deste usuário, assim identificando que dados este pode acessar e de que forma podem ser acessados (somente leitura, permitir alterações, apagar, etc...), além de registrar tudo o que foi efetuado pelo usuário. Ademais, caso um dado esteja sendo acessado com autorização de modificação, o sistema só permite que um segundo usuário acesse este dado como somente leitura de forma a evitar qualquer duplicidade e garantir que a versão mais atual do dado esteja sempre disponível.

Também de forma a garantir a auditabilidade o sistema guarda as versões antigas do dado por um tempo determinado, podendo ser um tempo fixo ou variável se assim a estruturação do sistema desejar.

## CONCLUSÕES

Uma característica do setor mineral é acompanhar as mudanças tecnológicas gerais do mercado, mas não necessariamente acompanhar inovações da Tecnologia da Informação. Assim, o setor ainda necessita de diversos desenvolvimentos específicos relacionados à integração de informações das áreas de produção. Algumas iniciativas merecem serem citadas: o conceito "*Mine to Mill*"; os sistemas de gerenciamento de frota; os sistemas de otimização de usinas; e o projeto que foi utilizado como base para este trabalho, *Projeto ERP-CVM*.

É desnecessário dizer que um sistema, por mais avançado que seja, não é capaz de fazer funcionar as operações do empreendimento mineiro. Ele é apenas uma ferramenta que propicia um melhor gerenciamento do empreendimento e nada mais. A mágica, por assim dizer, do sistema são as pessoas que o utilizam. Portanto é um erro grave somente investir no sistema e não nas pessoas, não existe um sem o outro.

Nas mãos de profissionais competentes um mapeamento IDEF0 pode ser uma poderosa ferramenta para analisar a cadeia produtiva e gerar soluções e melhorias. Um sistema de rastreamento permite que decisões sejam baseadas em informações a tempo real, bem como fornecem o comportamento histórico de variáveis medidas. Como fechamento, a garantia de auditabilidade garante a confiabilidade dos dados e, por conseguinte, do empreendimento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, R. C.** Aplicação de Realidade Virtual no Planejamento de Lavra. São Paulo, EPUSP, 2002.
- Azevedo, R. C., Ceotto, H. V., De Tomi, G.** Realidade Virtual na Mineração: Aplicação Prática na Soeicom. Anais do II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto & II Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, Ibram, 2002.
- Ceotto, H. V.** Relatório Científico Parcial: Desenvolvimento de Metodologia de Gerenciamento de Informação e Produção para o Gerenciamento Integrado da Cadeia de Valor Mineral – Parte 1 (Projeto ERP-CVM-I). Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, EPUSP, São Paulo, Julho de 2003.
- Cleland, D. I., Ireland, L. R.** Gerência de Projetos. Rio de Janeiro, Reichmann & Affonso Editores, 2002.
- Corrêa, H. L., Giansesi, I. G. N.** Just in Time, MRP e OPT – Um Enfoque Estratégico. São Paulo, Atlas, 1996.
- Corrêa, H. L., Giansesi, I. G. N., Caon M.** Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRP II / ERP Conceitos, Uso e Implantação. São Paulo, Atlas, 1997.
- De Tomi, G.** A Cadeia de Valor Mineral. Anais do Workshop Datamine 2002, DATAMINE Latin America, São Paulo, Junho, 2002.
- Feldmann, C. G.** The Practical Guide to Business Process Reengineering Using IDEF0. 1998.
- Grizzi, J. E.** Trabalho de Formatura: Aplicação do Balanced Score Card na Indústria Mineral. São Paulo, EPUSP, 2002.
- Kaplan, R. S., Norton, D. P.** A Estratégia em Ação – Balanced Score Card. Rio de Janeiro, Editora Campos, 1996.
- Lapol.** Relatório do Projeto OPTICQ, Fapesp No. 00/10757-1. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, EPUSP, Universidade de São Paulo, Março 2002.
- Laudon, K. C., Laudon, J. P.** Gerenciamento de Sistemas de Informação. Rio de Janeiro, LTC, 1999.
- Mastrella, R.** Dissertação de Mestrado: Interação do Software de Mineração com Sistemas ERP: Estudo de Caso Mineração Catalão, Município de Ouvidor, Goiás. São Paulo, EPUSP, 2003.
- Muscat, A. R. N.** Apostila de PRO-2214 – Introdução à Gestão de Operações e Logística. São Paulo, 2002.
- Vanderoost, F., Ré, E. R., Mastrella, R., De Tomi, G.** Gerenciamento Integrado de Informações Geológicas. Anais do II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto & II Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, Ibram, 2002.