

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais –
PPGE3M

Desenvolvimento de metodologia para consolidação de indicadores de desempenho para controle e gestão na mineração: Um estudo de caso

Juliana Marques Carneiro Heberle
Engenheira Geóloga

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre 2020

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais –
PPGE3M

Desenvolvimento de metodologia para consolidação de indicadores de desempenho para controle e gestão na mineração: Um estudo de caso

Juliana Marques Carneiro Heberle

Engenheira Geóloga

Dissertação desenvolvida no Laboratório de Pesquisa Mineral e Planejamento Mineiro, departamento de Engenharia de Minas da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração: tecnologia mineral, ambiental e metalurgia extrativa

Porto Alegre 2020

Ao Alexandre, meu eterno
companheiro que me incentivou a
realizar este trabalho e me permitiu
viver o amor incondicional:
Henrique, desde o meu ventre vem
servindo de fonte de amor,
motivação e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho Henrique, por me apresentar o que é o amor incondicional, por me possibilitar viver os melhores e mais prazerosos momentos. Minha fonte de motivação, inspiração, garra e vontade.

Ao meu eterno amor, Alexandre, pelo companheirismo e incansáveis horas dedicadas ao meu amparo, à minha motivação, por me fazer acreditar que este sonho poderia ser materializado.

Ao professor Dr. Rodrigo de Lemos Peroni por sua capacitada orientação acadêmica e técnica, parceria, incentivo e compreensão durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais e irmãs que mesmo distantes sempre se fizeram presentes em minha vida.

À AngloGold Ashanti pelos anos de trabalho e experiência profissional que fundamentaram a elaboração dessa dissertação.

Aos colegas e professores de alto nível profissional, acadêmico e técnico pela convivência, aprendizagem, válidas discussões e apoio.

À UFRGS e ao PPGE3M pela eficiente equipe e capacitado corpo docente, por oferecer e incentivar o aprendizado e a divulgação de ideias que são fundamentais para a mineração no presente e no futuro.

Ao LPM pela sua ótima estrutura, excelente corpo docente e por fazer a diferença na capacitação técnica de profissionais da mineração, sempre prezando pela inovação e pelo desenvolvimento sustentável.

RESUMO

No contexto atual do mercado, é necessário propor soluções adequadas para o processo de melhoria contínua com o objetivo de aumentar a produtividade com menor custo. Tecnologia e inovação são disciplinas essenciais para o negócio e, sem elas, as empresas podem tomar decisões erradas ou perder o momento no processo de tomada de decisão. Isso ocorre principalmente devido à falta de informações, ou a dificuldade no acesso a dados relevantes de forma estruturada e de fácil interpretação. Nos dias atuais, podemos notar que a informação desempenha um papel fundamental na evolução e inovação do processo de produção mineral, onde uma grande quantidade de dados é gerada a todo momento. No entanto, é evidente a existência de muitas lacunas e deficiências na gestão desses dados quando se trata de controles de produção, qualidade e gerenciamento de indicadores chave de desempenho (KPIs). O armazenamento e o tratamento desses dados, quando não conduzidos de forma organizada e sistemática, resultam em erros, requerem muito tempo para serem interpretados, recursos para tratá-los e provavelmente não representarão a realidade. O desenvolvimento de novos aplicativos e sistemas está alinhado com os requisitos da mineração em um contexto atual, resultando em soluções inovadoras para o gerenciamento dos principais KPIs, na melhoria da produtividade para atingimento de metas e objetivos. Nesta dissertação de mestrado apresenta-se uma metodologia implantada em uma mineradora de ouro onde os dados de planejamento de mina, operação, geologia e processamento mineral puderam ser migrados de diferentes planilhas eletrônicas e integrados em um único banco de dados. Esta nova metodologia de gestão de dados agregou maior segurança à informação, maior facilidade de acesso aos dados, e principalmente permitiu melhor embasamento e dinamismo na tomada de decisões frente aos desafios enfrentados no processo de produção de ouro.

Palavras-chave: Banco de dados, inovação, tomada de decisão, personalização, sistema, risco, gerenciamento, KPIs.

ABSTRACT

In the current market context, it is required to propose proper solutions for continuous improvement process aiming to increase productivity with less cost performance. Technology and innovation are essential disciplines in business and without them, companies might take wrong decisions or lose the right timing on the decision-making process. This occurs mainly due to the lack of information, or difficulty to access relevant information in a structured and “easy-to-interpretate” way. In the mineral industry, we can notice that information plays a key role in evolution and innovation of mining production process, where many data are generated every moment. However, it is evident the existence of many gaps and deficiencies in the management of these data when it comes to production and quality controls and other key performance indicators (KPIs) management. The storage and treatment of these data, when not conducted in an integrated and systematic manner, result in mistakes, and require a lot of time, resources to treat them and probably will not represent the reality of the process. The development of new software and systems is aligned with the requirements of the mineral industry in an actual context, resulting in innovative solutions for KPIs management, productivity’s improvement and targets’ achievements. This master's dissertation will present a methodology implemented through a system in a gold mine where mine planning, operation, geology and mineral processing data could be migrated from different spreadsheets and integrated into a single database. This new methodology of data management added greater security to information, greater ease of access to data, and mainly allowed better grounding and dynamism in decision making face of the challenges in a gold production process.

Keywords: Database, innovation, decision-making, customization, system, risk, management, KPIs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo da proposta da nova metodologia de gestão de controle de qualidade.	14
Figura 2 – Metodologia de implantação do sistema proposto	15
Figura 4 - Limites e especificações de planilhas eletrônicas.	22
Figura 5 - Instituições e seus impactos com o uso de planilhas eletrônicas.	23
Figura 6 - Sistemas isolados com informações redundantes.	24
Figura 7 - Sistemas integrados com informações compartilhadas. Fonte: Heuser, 2010	25
Figura 8 - Tela ilustrativa de um ERP da empresa SAP	26
Figura 10 - Sala de controle GVP-M (Sistema de gestão da produção Vale - Mineração). ...	30
Figura 11 - Tela ilustrativa do software Smart Mine UG da empresa Hexagon.....	32
Figura 12 - Tela ilustrativa do software Reconcilior da empresa Snowden.	33
Figura 13 - Tela ilustrativa do software Ore Controller da empresa Datamine.....	35
Figura 14 - Etapas do processo de mineração e suas respectivas gerações de dados.	38
Figura 15 - Fluxo de informação realizado na maioria das minas atualmente.	39
Figura 16 – Painel ilustrativo do método Sublevel Stopping com interníveis e áreas de lavra	41
Figura 17 – Perfil da Mina Cuiabá com painéis de lavra método Sublevel Stopping	42
Figura 18 – Macroprocesso de produção – Mina Cuiabá	43
Figura 19 – Meta Diluição Operacional e Recuperação de Ouro	44
Figura 20 – Gráfico Análise Sensibilidade - Diluição x Custo de Produção.....	46
Figura 21 - Planilha eletrônica utilizada antes da implantação do novo sistema - "Planilha Teores Diários".	47
Figura 22 – Exemplos de gráficos de controle diário – Informe Diário de Produção	51
Figura 23 - Fluxo da informação para customização da metodologia proposta.	53
Figura 24 - Tela inicial do sistema "Controle de Produção e Gestão de Indicadores".	54
Figura 25 - Gráfico de produção (ton) comparativo entre planejamento, mina e planta.	56
Figura 26 - Gráfico de teor de ouro acumulado em um determinado período comparando teores planejados, produzidos e processados.....	57
Figura 27 - Tela de entrada de dados do novo sistema	58
Figura 28 – Layout da Mina Cuiabá discriminando o padrão de localização e nomenclaturas	60
Figura 29 – Tela ilustrativa da planilha eletrônica contendo informações de dados da planta metalúrgica utilizada como entrada de dados no novo sistema	61

Figura 30 - Tela com os principais filtros utilizados na mina Cuiabá pelo controle de qualidade de teor.....	62
Figura 31 - Gráfico de Produção por área extraído do sistema "Controle de Produção e Gestão de Indicadores".	63
Figura 32 – Etapas do projeto desde a concepção até a implantação	65
Figura 33 – Fluxo de processo apresentando as mudanças e os benefícios do novo sistema.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela Análise Sensibilidade Diluição X Custo X Lucro.....	44
Tabela 2 - Dados de controle de teor organizados em formato de banco de dados.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ABBC - Associação Brasileira de Bancos
AGA - AngloGold Ashanti
BD - Banco de Dados
ERP - Enterprise Resource Planning
FEED GRADE - Teor de Alimentação
GPV-M - Gestão da Produção Vale - Mineração
MOZ - Milhões de Onças
Oz - Onças (31,1035 g)
ROM - Run of Mine - Minério Proveniente da Mina
SAP - Systeme, Anwendungen und Produkte
SGDB - Sistema Gerenciado de Banco de Dados
SM - Smart Mine (Software de Controle de Produção da Mina)
TI - Tecnologia de Informação
t - Toneladas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Contextualização do Problema.....	12
1.2 Justificativa	12
1.3 Meta	13
1.4 Objetivos	13
1.5 Metodologia	14
1.6 Estrutura	15
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 Banco de Dados e Relatórios.....	17
2.1.1 Sistema de Gerenciamento de Dados	17
2.1.2 Indicadores Chave de Desempenho (KPI's)	18
2.2 Planilhas Eletrônicas.....	19
2.2.1 Conceito e Utilização	19
2.2.2 Riscos	21
2.2.3 Redundâncias.....	23
2.3 ERP 25	
2.4 – Reconciliação.....	27
CAPÍTULO 3 - INOVAÇÃO NA MINERAÇÃO.....	29
3.1 Práticas Atuais de Inovação	29
3.2 Momento da Inovação nas Empresas	29
3.3 Softwares de Mercado para Gestão de Indicadores e seus Desafios	31
3.3.1 Smart Mine UG - Hexagon Mining.....	31
3.3.2 Reconcilor - Snowden Group.....	32
3.3.3 Ore Controller - Datamine	34
3.3.4 Desafios na Implantação de Softwares de Mercado	35
3.4 Controles Atuais na Mineração	37
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA E APLICAÇÃO	40
4.1 AngloGold Ashanti - Mina Cuiabá.....	40
4.1.1 Contexto da Empresa.....	40
4.1.2 Síntese Histórica da Mina Cuiabá	40

4.1.3 Métodos de Lavra	41
4.1.4 Processo Produtivo e Controle de Teor	42
4.1.5 Análise de Sensibilidade da Diluição.....	44
4.1.6 Rotina Operacional e Fluxo da Informação	46
4.2 Necessidade da Mudança	48
4.3 Desenvolvimento do conceito e primeiras ações	50
4.3.1 Processo de Mudança.....	50
4.3.2 Linguagem de Programação	52
4.4 Software Controle de Produção e Gestão de Indicadores	53
4.4.1 Processo de Idealização do Software	53
4.4.2 Tela Inicial e Acesso ao Sistema.....	54
4.4.3 Acesso e Cadastro de Usuários.....	54
4.4.4 Informações da Tela Inicial	55
4.4.5 Importação e Inserção de Dados	58
4.4.6 Filtros e Acesso às Informações.....	62
4.5 Implantação e Desafios.....	65
4.6 Melhorias após a criação de banco de dados único e pós sistema	66
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	69
TRABALHOS FUTUROS.....	70
REFERÊNCIAS	72

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A indústria mineral contempla, em seu processo produtivo, a geração de milhares de dados ao longo do tempo. Para cada etapa do processo, desde a exploração ao beneficiamento mineral, dados são gerados e armazenados a todo instante. O início de atividades de exploração mineral que contemplam os trabalhos de remoção de estéril ou escavação subterrânea, por exemplo, já geram dados úteis ao projeto, tais como: localização, competência de rocha, horas trabalhadas de equipamentos, volume movimentado, etc. A metragem e a amostragem de furos de sondagem irão alimentar um banco de dados extremamente importante que será utilizado para cálculo da quantidade de recurso de determinada jazida. As primeiras etapas de uma mina já iniciam a alimentação de um banco de dados e estes, quando organizados, facilitam e colaboram com o sucesso de um projeto do início ao fim. O processo de produção, que vem posteriormente, é ainda mais dinâmico do que as primeiras etapas e é dele que se espera o retorno sobre o investimento. Um gerenciamento de dados que retrate a realidade da operação e permita rápida tomada de decisão é fundamental para que um projeto retorne o lucro esperado para o acionista.

O modelo de gestão do setor mineral, talvez por ser uma atividade primária, ainda caminha a passos lentos no que diz respeito à inovação quando comparado com as ferramentas de gestão utilizadas em outros setores da indústria. A Toyota, por exemplo, implantou em 1948 modelos de gestão para melhoria de produtividade e eficiência que até os dias de hoje não são utilizadas no setor mineral.

O que se observa na prática, e na realidade vivida no objeto desta dissertação é que melhorias são necessárias no que diz respeito à forma como os dados de produção são organizados. É notória a existência de desafios relacionados à inovação quando se trata de banco de dados, desde a coleta até o acesso aos dados, nos mais diversos setores e estágios da mineração.

Um outro ponto relevante é que atualmente, com a era da alta velocidade de acesso à informação que estamos vivendo por meio da internet e smartphones, equipes de trabalhadores da mineração precisam enxergar seus próprios resultados, seu desempenho, não se atendo somente a cumprirem suas obrigações e atividades no turno. A força operacional de trabalho passou a exigir contexto, propósito e despertaram o interesse, como forma de combustível para o trabalho, em ter acesso ao desempenho da empresa no mercado. As equipes, que antes simplesmente “batiam cartão” e cumpriam suas atividades atribuídas por seus chefes, hoje possuem senso crítico e se interessam pelos números acumulados no final

do mês. Os resultados compilados ao longo do tempo (turno, dia, mês, trimestre, ano, etc.) retratam se o trabalho desenvolvido está seguindo na direção correta, rumo ao cumprimento das metas planejadas. Tais resultados funcionam como balizadores da qualidade, eficácia e se fazem imprescindíveis para a manutenção do nível correto de motivação.

Os tempos mudaram, e a inovação bate à porta do setor mineral. É preciso se adequar, é preciso inovar para sobreviver a esse novo ambiente de metas desafiadoras, baixos teores e margens de perdas enxutas, onde a economia de escala exige produtividade e eficiência nos processos e na mão de obra.

1.1 Contextualização do Problema

O momento vivido pela mineração tem sofrido fortes mudanças. Os corpos com altos teores estão cada vez mais escassos, os custos cada vez mais altos e atingir a produtividade desejada requer atitudes inovadoras, diferente de como era feito no passado. Uma forte gestão está alinhada a este momento da mineração para o cumprimento da produção planejada e de metas relacionadas ao custo orçado. Tal retrato atual obriga gestores a serem mais do que eficientes, requer números além das metas, suplica por melhorias continuamente. Para que essas ações sejam materializadas deve-se conhecer a realidade, que por sua vez, advém de números do planejamento, da produção, da qualidade, do controle de custos, etc. Se esse conjunto de dados estiverem desorganizados ou falhos, os relatórios criados sobre ele irão mascarar os resultados, conduzir a decisões equivocadas, retardar ou mesmo impedir a busca por melhores práticas. É importante notar, no entanto, a existência na mineração de uma lacuna quanto ao gerenciamento de todos os dados gerados, o que eles refletem, como eles estão sendo armazenados, como e de que forma estão sendo tratados para que as principais etapas do processo possam ser gerenciadas.

1.2 Justificativa

Como forma de realizar uma proposta para organização e agilidade no processo de tomada de decisão, esta dissertação de mestrado mostra na prática uma solução para organização dos dados gerados no processo produtivo de uma mina subterrânea pertencente à AngloGold Ashanti denominada mina de Cuiabá, localizada no estado de Minas Gerais, município de Sabará. Este trabalho, além de uma proposta de coleta, organização e estruturação de dados mediante um software personalizado, mostra o quão importante e fundamental é a participação da gerência no processo de mudança, o quão atuantes os gestores

precisam ser para que a inovação venha de fato agregar valor ao setor, evitando desperdícios de tempo, mão de obra e dinheiro. A proposta implantada e objeto deste trabalho resgata a necessidade de inovação na mineração no que tange a organização e gestão de dados. Neste contexto, o presente estudo apresenta os caminhos que devem ser tomados para que uma ideia inovadora saia do papel e venha de fato vencer barreiras e ser um divisor de águas no modo de pensar e de agir.

1.3 Meta

Através desta dissertação de mestrado, desenvolveu-se uma metodologia inovadora e automatizada para a coleta de dados e disponibilização de informações de produção de uma mina subterrânea de ouro. Este trabalho demonstra a comprovação de ganhos através da substituição de um modelo de gestão de dados baseado em planilhas eletrônicas desconectadas, provenientes de diferentes áreas de atuação (geologia, planejamento e produção) por um sistema integrado que permite melhorias na análise e no próprio desempenho do processo.

1.4 Objetivos

A necessidade de mudança de método no gerenciamento dos dados surgiu diante dos desafios enfrentados nos quesitos qualidade, confiabilidade de dados, agilidade nos acessos, visualizações de relatórios e tomadas de decisão. Durante o acompanhamento do processo de provisionamento de dados para controle de qualidade de teor e disponibilização de relatórios, foram observadas oportunidades de melhoria que resultaram na metodologia proposta nesta dissertação. Objetivou-se, portanto, com a migração de método de gestão de dados com o novo sistema, ganhos de qualidade e integridade de dados, que resultariam em ganhos de tempo e melhor resposta às adversidades de processo que uma mina subterrânea possui.

Podemos dizer, sequencialmente que este trabalho possui os seguintes objetivos:

1. Identificação das oportunidades de melhoria em termos de qualidade, segurança e tempo no fluxo da informação;
2. Migração de todas as planilhas utilizadas no processo de controle de qualidade de massa e teor para um sistema consolidado de banco de dados único;
3. Análise e seleção dos principais indicadores chave de desempenho KPIs para inclusão no novo sistema;
4. Análise de resultados da fase de testes e implantação;

5. Capacitação e treinamento da equipe para utilização do novo sistema.

1.5 Metodologia

Este trabalho surgiu da necessidade de migração de controle de banco de dados dispersos em planilhas eletrônicas para um banco de dados único, de forma a agregar maior segurança, antecipação às possíveis falhas no processo e maior agilidade no processo de tomada de decisão. Desde o levantamento da necessidade e implantação da ideia, as etapas estão evidenciadas na Figura 1.

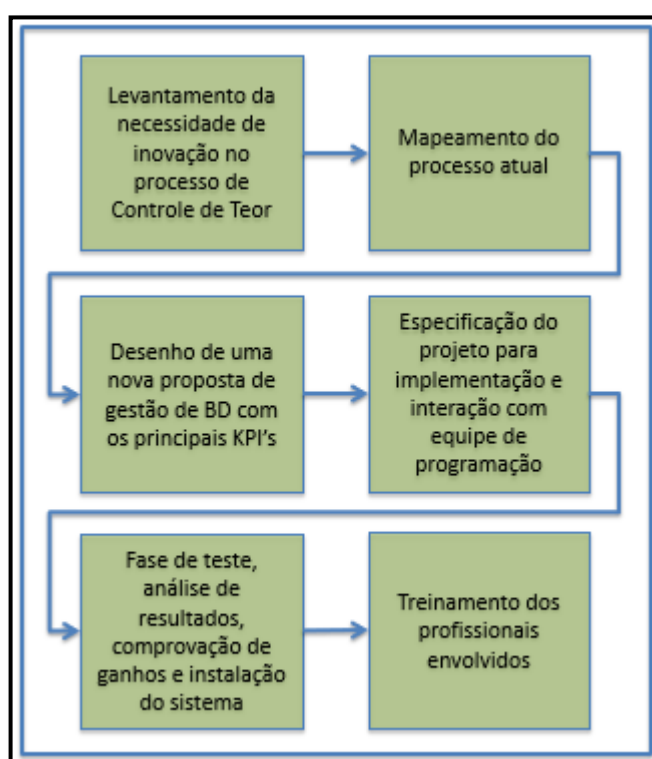


Figura 1 - Fluxo da proposta da nova metodologia de gestão de controle de qualidade.

O objetivo da implantação do sistema é a disponibilização de relatórios padronizados cujos dados têm proveniência de uma única fonte, alimentada por números de áreas afins (geologia, planejamento, produção, metalurgia) conforme Figura 2.

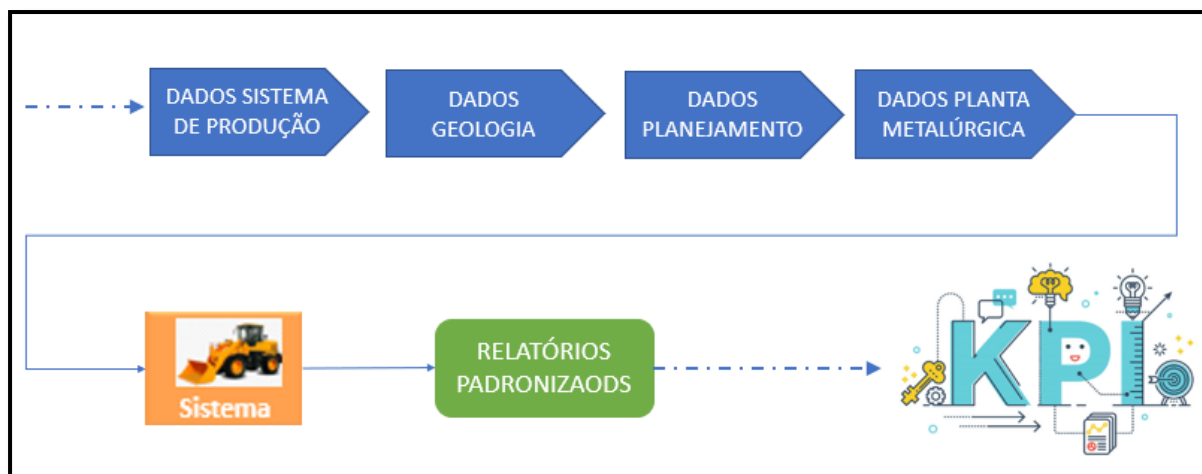


Figura 2 – Metodologia de implantação do sistema proposto

1.6 Estrutura

Esta dissertação conta com uma introdução contextualizando o ponto de partida da ideia diante do cenário atual da mineração. O primeiro capítulo justifica a necessidade de implementação de uma nova maneira de gestão de banco de dados por meio de uma metodologia implantada em uma empresa de mineração subterrânea de minério de ouro.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica a fim de dar fundamentação para a ideia aplicada, cujos argumentos se justificam para a mudança de controle de gerenciamento de dados e levam à aplicação de um software de banco de dados único, acessível e compartilhado entre usuários que necessitam da mesma informação apresentada de forma concisa e consolidada a partir de dados confiáveis.

O Capítulo 3 trata do momento da mineração no quesito inovação, como as empresas estão se posicionando quanto a este assunto e cita exemplos de empresas que inovam e como inovam em relação ao tema deste trabalho. Este capítulo aborda também exemplos de softwares disponibilizados pelo mercado relacionados a controle de qualidade de teor, suas principais ferramentas e seus desafios de aquisição e implantação.

No Capítulo 4 há uma breve descrição da empresa, em especial sobre a mina Cuiabá, seu fluxo produtivo e seus principais desafios. Apresenta também a parte experimental objeto desta dissertação, descrevendo as etapas de desenvolvimento do sistema, de implementação da ideia e da execução da ferramenta de transformação digital. Aborda também os desafios enfrentados, da gestão da mudança e o estudo de caso propriamente dito. Apresenta uma análise dos resultados observados após a implantação do sistema, os ganhos operacionais e as

vantagens do uso, enfatizando os resultados obtidos por meio do software em substituição ao uso de planilhas eletrônicas.

No Capítulo 5 ocorre a conclusão do trabalho dando ênfase à importância dos processos de melhoria contínua, da necessidade de treinamentos de TI para as equipes e da participação de gestores na motivação aos processos de mudança.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Banco de Dados e Relatórios

Por definição, um banco de dados representa um conjunto de informações quantitativas e qualitativas retirado de cada etapa do processo produtivo que quando organizados estarão aptos a fornecer o retrato integrado da execução, oferecendo, portanto, condições para possíveis melhorias no processo (STAIR, 2010). Outra importante função de um banco de dados na mineração, cujo setor é objeto desta dissertação, é a de garantir que o processo está seguindo normas e padrões auditáveis. Um banco de dados conciso e organizado garante materialidade, transparência e rastreabilidade, permitindo sobretudo que a eficiência ao longo da cadeia produtiva possa ser medida, auditada e ajustada quando necessário.

Atualmente, uma maneira muito usual para armazenamento de dados, geração de tabelas, consultas e elaboração de relatórios é a utilização de planilhas eletrônicas, e uma abordagem é dada sobre esta ferramenta ao longo desta dissertação.

2.1.1 Sistema de Gerenciamento de Dados

Segundo Laudon (2010), um conjunto de softwares que gerencie um banco de dados é denominado de SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados). Este sistema de gestão de dados integrados assume a função de se responsabilizar pela aquisição, gerenciamento, organização e manipulação dos dados, consolidar relatórios e definir permissões de acessos.

Com a evolução dos processos, toda empresa, por menor que seja, cria dados e tem a necessidade de armazenamento para futuros acessos e controles. A necessidade pelo armazenamento eletrônico de dados se fez presente diante da demora e desgaste na coleta de dados manuais e escassez de local físico para armazenamento de milhares de informações. Outro fator que impulsionou a migração e inovação para um SGBD foi o fator risco. Tanto na coleta, quanto no armazenamento, um sistema de gestão manual oferece maior risco de inserção equivocada e principalmente não garante a integridade dos dados.

Uma base de dados sólida e confiável oferece maior segurança nos resultados reportados bem como determina níveis de acesso a informações de diferentes origens. Para melhor controle e gestão eficaz de qualquer negócio, é necessária uma integração de informações provenientes de sistemas de gestão de base de dados. Um sistema de

gerenciamento de banco de dados é um conjunto de programas que permite armazenar, modificar e extrair informações de um banco de dados (LAUDON, 2010). Existem vários tipos de Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados, desde aqueles associados a mainframes que segundo Laudon (2007), são mais conhecidos como grandes computadores utilizados em empresas com capacidade de processamento de um grande volume de dados, até pequenos sistemas instalados em computadores pessoais.

2.1.2 Indicadores Chave de Desempenho (KPI's)

Dentro das principais etapas do processo produtivo existem números que funcionam como parâmetros de desempenho, os chamados “indicadores chave de desempenho do processo”, que em inglês são os chamados KPI's (Key Performance Indicators). Estes indicadores, segundo Nader (2012), têm o objetivo de verificar a eficiência real e o desempenho dentro de um determinado processo. É um número que retrata a aderência do que foi planejado para o que está sendo feito. Com base nos resultados e dependendo do desempenho medido com o uso dos KPI's, os avisos e disparadores são ativados, servindo como orientação para planos de ação. Em um processo de produção contínuo, as ações quando são tomadas sem um suporte adequado e quantitativo, sem observância de KPI's, provavelmente levarão a decisões erradas que certamente comprometerão os resultados esperados (NADER, 2012).

Isso significa que, mesmo que uma empresa de mineração se preocupe com a geração eficiente de dados que retratem o processo, estes, quando não organizados e sem uma estrutura robusta e concisa, poderão não ajudar adequadamente na compreensão dos principais indicadores no tempo, resultarão em decisões erradas e, em última instância, em um desperdício de tempo, recursos e dinheiro.

Em uma mina subterrânea gerenciar indicadores é fundamental para o sucesso de uma operação. Falando um pouco sobre indicadores de produtividade, eis os principais:

- Toneladas produzidas / período
- Metros desenvolvidos / período
- Toneladas desmontadas / período
- Toneladas transportadas por caminhão / período
- Toneladas transportadas pelo shaft / período

Em se tratando de indicadores de qualidade de produção em uma mina subterrânea, ter controle sobre os itens a seguir garante eficiência no processo e no controle de custos:

- Overbreak / diluição - massa não planejada e desmontada
- Underbreak - massa planejada e não desmontada
- Eficiência no desmonte – aderência espacial à escavação planejada
- Recuperação – aderência ao realce planejado

2.2 Planilhas Eletrônicas

2.2.1 Conceito e Utilização

É observado atualmente, talvez por oferecer maior dinamismo de organização, armazenamento e apresentação de dados, o uso constante de planilhas eletrônicas no setor da mineração. As planilhas eletrônicas, talvez ainda sejam muito usadas em função da falsa sensação de segurança que elas oferecem diante do domínio pessoal que é permitido ter. Quem cria uma planilha tem a falsa sensação de segurança e de facilidade de se ter os dados dispostos a qualquer momento e maneira, podendo assim fazer toda e qualquer modificação quando necessário.

Outra explicação para grande utilização de planilhas eletrônicas nos mais diversos setores é o baixo custo agregado que elas oferecem e a facilidade em cobrir necessidades diárias de gestão. Este fato é verdadeiro quando comparado com softwares robustos, que requerem burocracias, tempo e alto investimento para aquisição, treinamento e utilização.

Uma planilha eletrônica, por definição, é uma folha de cálculo disposta em forma de tabela contendo linhas e colunas, onde são executados cálculos matemáticos simples e/ou complexos (SILVA, 2007).

Não há dúvidas de que as planilhas eletrônicas revolucionaram e impulsionaram o mercado da informática. Elas foram caracterizadas como softwares extremamente importantes para o uso em microcomputadores. No entanto, o que nos remete a este trabalho de mestrado, as planilhas, mesmo que revolucionárias em seu tempo e extremamente úteis para uma série de aplicações de engenharia, não são sistemas apropriados para gerenciamento de dados.

Na mineração, como já citado anteriormente, os processos, em função da progressiva tendência de escassez de teores altos, requerem soluções de respostas mais rápidas, competentes em termos de quantidade, qualidade e integridade de dados, e tais requisitos não estão completamente contemplados em planilhas eletrônicas de uso genérico. Muitas empresas de mineração enxergaram a necessidade de inovação de processos de geração de

dados e apesar da utilização de softwares e hardwares modernos, geralmente optam por saídas organizadas e arquivadas em planilhas eletrônicas, o que cria um enorme potencial de erros e segurança de dados.

Quanto ao risco da informação, quando algum funcionário cria uma planilha, este terá uma compreensão particular do que foi desenvolvido, qual a forma de alimentação dos dados e onde estes dados serão armazenados. Este funcionário, por sua vez, caso não forneça um treinamento necessário e repasse a informação para que outro funcionário tenha a mesma compreensão da forma de controle que ele mesmo criou, existirá uma grande probabilidade de risco de perda ou má interpretação para a informação da empresa. Este fato se torna ainda mais crítico quando há ausência ou substituição desse colaborador. A falta de padrão e flexibilidade de criação de diferentes maneiras de gerenciamento de banco de dados, que na maioria das vezes ocorrem em planilhas eletrônicas, oferece risco para integridade das informações de uma organização.

O procedimento de utilização de planilhas eletrônicas, além de não permitir relatórios atualizados e organizados seguindo um padrão pré-definido, tem uma maior probabilidade de erros. Uma vez que esses dados são gerados e armazenados em diferentes lugares, usuários de diferentes setores podem ter acesso aos arquivos, o que permite redundâncias, ou seja, os mesmos dados de um software específico, de uma área específica podem ser replicados várias vezes de diferentes maneiras e com diferentes nomes, resultando em uma forte probabilidade de ser incorretamente consultado e relatado. Além das duplicidades, várias áreas armazenam diferentes versões dos mesmos dados, consumindo capacidade de armazenamento desnecessária nos servidores.

Outro fato relevante sobre as planilhas eletrônicas é a respeito de diferentes padrões criados por diferentes setores de uma empresa. Por exemplo, no fluxo de processos de alimentação de dados para o planejamento de mina, provenientes do modelo de blocos gerados pela geologia, quando não há um padrão sistemático, planilhas eletrônicas são geralmente encontradas na rede de interface e supostamente têm seus dados copiados e colados em uma outra planilha. Para este exemplo, chamamos atenção para alguns questionamentos relevantes:

- Os dados do modelo de blocos inseridos na planilha eletrônica são os mais atuais?
- A planilha eletrônica estava salva no lugar correto?
- Qual o tempo gasto para que o arquivo correto seja encontrado?
- Quantas pessoas são envolvidas e dedicam seu tempo para a pesquisa e disponibilização da informação?

- A informação contida na planilha eletrônica é confiável?
- A planilha, após encontrada, teve suas linhas e colunas copiadas corretamente?
- A planilha eletrônica encontrada foi modificada? Foi supostamente excluída ou teve seus dados modificados?
- A nova planilha eletrônica alimentada pelo planejamento de mina é íntegra e foi armazenada no local correto?
- Após utilização dos dados e geração do plano de lavra, é possível corrigir dados, em tempo hábil, que porventura tenham sido passados equivocadamente?

Esses e outros questionamentos, tenderão a ser eliminados com a presença de um software de banco de dados único, com ferramentas que reduzam etapas de fluxo da informação, agregando maior segurança para a gestão do negócio.

2.2.2 *Riscos*

A palavra “risco” é definida como a combinação da probabilidade de uma ocorrência e a consequência dos fatos ocorridos (ISO GUIDE 73, 2009). Segundo uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Bancos (ABBC), mais de 50% dos usuários entrevistados consideram que planilhas eletrônicas possuem um grau médio a elevado de risco como formas de armazenamento de dados.

Planilhas eletrônicas, para determinados usuários, possuem a facilidade de manuseio rápido e formatação particular, contudo, essa facilidade e essa permissividade aumentam a probabilidade de ocorrência de erros. Dependendo da quantidade de dados, torna-se um tanto quanto complicado descobrir em qual célula determinado usuário inseriu de forma equivocada um dado incorreto. Um erro em uma fórmula pode demorar muito tempo para ser descoberto em uma planilha de milhares de dados, por exemplo, e este pode se propagar pela planilha, gerando resultados incorretos, tornando-se questionável o uso da ferramenta para apresentação de resultados. Em termos de risco da informação, sabe-se que além dos fatos apresentados anteriormente, as planilhas possuem limitações de definição em número de linhas e colunas, ou seja, representam um risco em armazenamentos de dados de grande quantidade. No site de suporte da empresa *Microsoft*, que é a detentora do Programa Excel, são expressas as especificações e os limites das planilhas eletrônicas (Microsoft, 2018). A Figura 3 representa alguns deles.

Especificações e limites de planilha e de pasta de trabalho	
Recurso	Limite máximo
Pastas de trabalho abertas	Limitado pela memória disponível e pelos recursos do sistema
Número total de linhas e colunas em uma planilha	1.048.576 linhas por 16.384 colunas
Largura da coluna	255 caracteres
Altura da linha	409 pontos
Quebras de página	1.026 na horizontal e na vertical
Número total de caracteres que uma célula pode conter	32.767 caracteres
Caracteres em um cabeçalho ou rodapé	255
Número máximo de feeds de linha por célula	253

Figura 3 - Limites e especificações de planilhas eletrônicas.

Fonte: <https://support.office.com/pt-br/article/especificações-e-limites-do-microsoft-excel>.

Em se tratando de riscos relacionados às formulações adotadas em planilhas, como forma paliativa de solução de problemas de erros com formulação, é comum que usuários criem outras planilhas para que, como forma de validação, os resultados sejam confrontados. Isto quer dizer que existe a manutenção de um mesmo dado de forma duplicada, o que requer tempo, pessoas, e o resultado também irá requerer uma maior quantidade de tempo para ser apresentado. Tal situação está na contramão da necessidade atual requerida pelo setor mineral, onde existe a necessidade de acompanhamento e comparação diária entre teores enviados (ROM) com teores processados pela planta (Feed Grade). Respostas para possíveis discrepâncias devem ser apresentadas de forma eficiente para que soluções e correções possam ser adotadas. Neste caso, com a duplicidade de planilhas, a probabilidade em se

utilizar uma das versões mais antigas é muito grande e esta, quando utilizada, passa a ser também atualizada, confrontando os resultados das planilhas atuais.

Segundo a Associação Brasileira de Bancos (ABBC, 2010), planilhas eletrônicas são vulneráveis, propagam erros, estão propensas a fraudes e apresentam grande criticidade relacionada à propensão de uso de funcionalidades de cunho intencional, tais como células ocultas, números invisíveis, etc. Um trabalho realizado pela ABBC relacionado à gestão de risco operacional nos ambientes com uso intensivo de planilhas eletrônicas exemplifica algumas empresas que tiveram problemas com uso desta ferramenta para controle de banco de dados (Figura 4).

Instituição	Valor estimado USD	Tipo Ocorrência	Impacto
C&C Group	-	Erro	Queda de 15% nas ações
Virginia Tech	-	Erro	Imagem, confiança de investidores
Barclays-Lehman Brothers	-	Erro	Erro levantamento de contratos
City of Flagstaff Arizona	75.000	Erro	Apropriação de fundos
Williams de Broe Plc)	860.345	Falta de transparência	Multa FSA
Shurgard	1.400.000	Erro	Queda de valor de ações, perda de confiança
CECO Environmental	2.000.000	Erro	Revisão de resultados, imagem
University of Toledo	2.400.000	Erro	Erro de orçamento
Nevada City	5.000.000	Erro	Erro de orçamento
James Hardie Industries	5.000.000	Erro	Valoração financeira
Credit Suisse	8.300.000	Falta de transparência	Multa FSA
Westpac	10.000.000	Erro	Imagem, confiança de investidores
RedEnvelope	10.000.000	Erro	Queda de valor de ações, perda de confiança
Kodak	11.000.000	Erro	Revisão de resultados, imagem
TransAlta	24.000.000	Erro	Perda financeira
BlueBay	27.000.000	Erro	Multa FSA
ProQuest	437.000.000	Fraude	Fraude, perda financeira
NASA	644.000.000	Erro	Revisão de resultados, imagem
Bank of Montreal	680.000.000	Fraude	Fraude, perda financeira
Allied Irish Bank	700.000.000	Fraude	Fraude, perda financeira
Fannie Mae	1.200.000.000	Erro	Revisão de resultados, imagem
Fidelity Magellan Fund	1.300.000.000	Erro	Perda financeira
Societe Generale	7.100.000.000	Fraude	Fraude, perda financeira
	12.168.035.345		

Figura 4 - Instituições e seus impactos com o uso de planilhas eletrônicas.
 Fonte: http://www.abbc.org.br/arquivos/risco_operacional_planilhas_2.pdf

2.2.3 Redundâncias

Diferentes departamentos, por terem a flexibilidade de gerar cópias de resultados em outras planilhas, de outros departamentos, muitas vezes ficam reféns da chamada redundância. Este termo, quando aplicado numa base de dados, refere-se à utilização de forma repetitiva de um mesmo dado. Segundo Heuser (2010), uma redundância ocorre quando uma determinada informação está representada num sistema computacional várias vezes. No exemplo citado a seguir, Heuser (2010), mostra informações redundantes (Figura 5), referentes a um mesmo produto, em três diferentes controles:

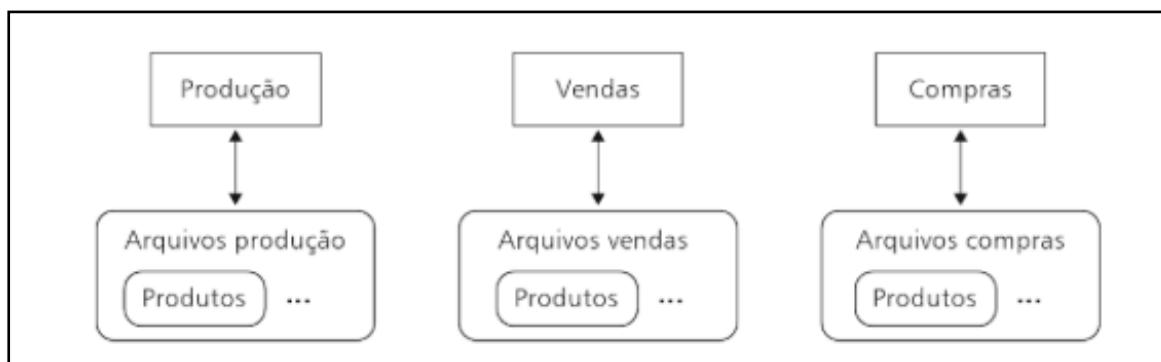


Figura 5 - Sistemas isolados com informações redundantes.
 Fonte: Heuser, 2010

Este autor define dois tipos de redundâncias de dados: a redundância controlada e a redundância não controlada de dados. A redundância controlada, como o próprio nome diz, é aquela que é usada como forma de controle, melhoria de confiabilidade e garantia de melhor desempenho do sistema. Neste tipo de configuração existe o conhecimento da múltipla representação da informação e existe sincronia nesta forma de atuação.

Já a redundância não controlada de dados é aquela onde não há controle da possível duplicidade de dados, efeito este provocado pela facilidade em que os usuários possuem de acesso e duplicidade. Heuser (2010) atribui ao usuário a responsabilidade pela manutenção da sincronia entre as diversas representações de uma informação, e não ao software. Neste trabalho de mestrado, na mudança proposta e executada em relação à transformação digital, um dos pilares utilizados na forma de atuação dos controles foi o de se evitarem redundâncias não controladas. A redundância não controlada, segundo Heuser (2010), gera alguns tipos de problemas em um processo produtivo:

- **Repetição de dados referentes à mesma informação** - a mesma informação é alimentada em várias áreas. No caso aplicado, objeto desta dissertação, a produção do dia é alimentada nas áreas de Operação, Planejamento de Mina, Geologia e Custos. Este fato gera trabalho desnecessário e pode resultar em erros de transcrição de dados.
- **Inconsistência de dados** - diante da responsabilidade de sincronia dos dados, o usuário, caso fizesse uma operação de maneira incorreta, ou alguma modificação

indesejada em somente um dos repetidos controles, representaria uma inconsistência diante da diferença gerada nos dados de uma mesma fonte.

A solução proposta por Heuser (2010) para que as redundâncias possam ser evitadas é o *compartilhamento de dados*, o que faz com que uma informação seja armazenada uma única vez e acessada por usuários de interesse em um banco de dados único. O autor propõe uma diferente forma de compartilhamento de dados que reflete na estrutura de gerenciamento de dados de uma empresa, sendo esquematizado na

Figura 6.

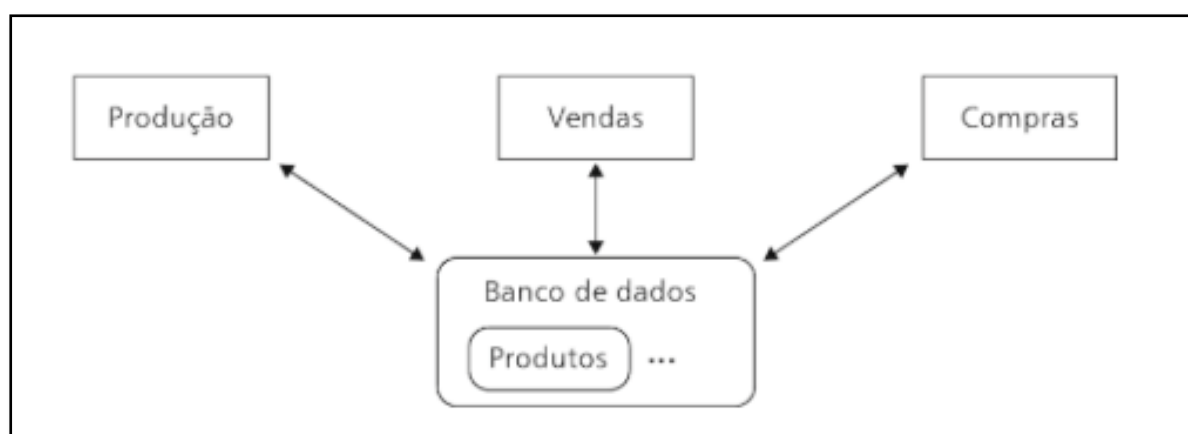


Figura 6 - Sistemas integrados com informações compartilhadas. Fonte: Heuser, 2010

Na proposta desta dissertação, o software a ser detalhado a seguir reúne informações, de inserção única, em um único servidor, semelhante à proposta de Heuser (2010).

2.3 ERP

O ERP é uma sigla proveniente do termo "*Enterprise Resource Planning*", que quando traduzido do inglês para o português significa "Planejamento dos Recursos da Empresa", o que remete, em termos de TI (tecnologia da informação) a um sistema integrado de gestão. Um sistema do tipo ERP é definido por Stair (2010) como um conjunto de programas integrados capaz de gerenciar as operações vitais do negócio para todas as múltiplas unidades (ou operações) da organização global. Um sistema ERP tem a capacidade de substituir muitos aplicativos por meio de um conjunto unificado de programas, facilitando o manuseio de controles e agregando maior eficiência nos resultados desejados. Com a evolução dos processos de tecnologia da informação, atualmente, por meio de um ERP é possível visualizar

resultados consolidados em aplicativos de celular e/ou dispositivos móveis em tempo real. Um ERP possibilita que gestores, com maior rapidez, estejam mais confiantes e tomem as melhores decisões diante dos desafios encontrados.

Um exemplo citado por Stair (2010) relacionado a um ERP foi a implantação de um sistema em uma empresa que oferece serviços de limpeza no Reino Unido. Uma empresa, chamada "CIBS" identificou a necessidade de uma visão integrada do negócio e que os seus processos, que antes eram controlados por dados dispersos em planilhas eletrônicas, estavam indo na direção oposta ao crescimento do negócio. O gerenciamento dos dados de forma descentralizada estava dificultando o controle de custos, prejudicando o relacionamento com clientes antigos e desfavorecendo novas captações. A CIBS é uma empresa de médio porte e optou pelo ERP de uma empresa alemã chamado SAP.

A empresa SAP é uma empresa de tecnologia da informação fundada na Alemanha em 1972. A sigla, em alemão quer dizer *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*, que quando traduzida para o português significa "*Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados*". O negócio começou com cinco empresários alemães que conseguiram enxergar o potencial comercial da tecnologia. A SAP começou com um cliente e alguns funcionários e desde então, há 45 anos, com cerca de 345 mil clientes, vem transformando continuamente o mundo da tecnologia da informação (Figura 7) (SAP, 2018).



Figura 7 - Tela ilustrativa de um ERP da empresa SAP. Fonte: <http://blog-sap.com/analytics/2017/05/16/organizations-transform-their-digital-future-with-analytic-innovations-from-sap-at-sapphirenov/>

No caso da empresa britânica CIBS, a escolha pelo SAP se deu pela necessidade de um software que oferecesse um banco de dados compartilhado e centralizado para armazenamento de informações, processos automatizados e relatórios em tempo real. Esta empresa mesmo com cerca de 200 funcionários, enxergou a necessidade de agregar valor ao negócio por meio da inovação de controles e isso mostra que pequenas empresas necessitam destas melhorias tanto quanto as grandes empresas.

Segundo Stair (2016), o uso do ERP está crescendo mais rapidamente entre as empresas menores. De acordo com este autor, a receita anual total dos revendedores de ERP está crescendo a uma taxa de 5,6% ao ano para clientes com 100 funcionários ou menos, e caindo continuamente a uma taxa de 2,4% entre as empresas com 5 mil funcionários ou mais. Este fato é explicado pela facilidade de instalação de sistemas em computadores mais simples, que antigamente era permitida somente em máquinas caras e robustas, que apenas grandes empresas poderiam adquirir. Os custos de aquisição de um ERP são justificados pelos benefícios que ele propõe, como redução de etapas e melhorias no processamento de dados, quadro de pessoal ideal e redução de desperdícios de tempo e recursos para maior agilidade e melhor tomada de decisão.

2.4 – Reconciliação

As práticas de reconciliação consistem na comparação entre uma medição e uma estimativa (Chieregati, 2007). Na indústria mineral esse processo é de extrema importância para o conhecimento das diferenças entre o que se planeja produzir e o que de fato é produzido. Geralmente o que é praticado, segundo a autora, é a aplicação de fatores de mina nas estimativas de recursos para se reduzir as diferenças apresentadas no processo de reconciliação. Este fator é denominado MCF (*Mine Call Factor*) e expressa a diferença entre o que é estimado pelos modelos de recursos e o que é produzido na indústria de beneficiamento. Algo muito interessante escrito por Chieregati, 2007 e que vem ao encontro do tema desta dissertação é que uma reconciliação reativa, onde se aplica fatores de correção às estimativas, pode mascarar as causas dos erros responsáveis por discrepâncias entre o que é estimado e o que é medido ao longo do processo produtivo. A metodologia deste trabalho propõe um sistema capaz de identificar e conhecer com rapidez os números praticados durante o processo de produção. O estudo de caso tem por objetivo identificar com celeridade as verdadeiras causas de discrepâncias entre plano e realidade, o que, de acordo com Chieregati

2007, colaboraria para os processos de reconciliação pró-ativas, permitindo tomadas de decisão e planos de ação mais assertivos e efetivos, focando nos problemas chave, que mais impactam a reconciliação.

CAPÍTULO 3 - INOVAÇÃO NA MINERAÇÃO

3.1 Práticas Atuais de Inovação

A inovação vem sendo pauta necessária no setor da mineração nos dias atuais. O cenário é de aumento de produtividade e redução de custos e para isso, a inovação em termos de transformação digital se faz imprescindível no que diz respeito ao acesso às informações de forma eficaz, antecipação de falhas e corretas tomadas de decisão.

Segundo uma empresa referência em prestação de serviços de tecnologia da informação na América Latina (SONDA, 2017), o setor de mineração tem caminhado na direção da inovação em busca por tecnologia. Essa evolução tem tomado a direção de melhorias dos aspectos que agreguem segurança para os trabalhadores, sustentabilidade para as regiões onde a mineração se instala e inovação de processos para ganhos de produtividade. Atualmente existe uma grande tendência de transformação tecnológica na mineração, e dentro deste cenário está a "Tomada de Decisão baseada em Dados" e a "Segurança Digital da tecnologia da informação" (SONDA, 2017).

A busca por maior agilidade no acesso à informação para tomada de decisão tem sido foco no que diz respeito a processos inovadores na mineração atualmente. Essa busca está alinhada com a necessidade de centralização de informações em uma plataforma única e segura que represente e possibilite a visualização rápida de indicadores chave para o negócio, colaborando com a tomada de decisões. A Segurança Digital é outro aspecto crucial e vem sendo pauta estratégica no que diz respeito à inovação na mineração (SONDA, 2017).

3.2 Momento da Inovação nas Empresas

Segundo Helder (2015), o desenvolvimento da indústria minero-metalúrgica e a sua competitividade passam pelo desenvolvimento da PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) com novos padrões produtivos, novas tecnologias/processos e implementação de uma gestão orientada para a excelência e sustentabilidade. O setor mineral deve desenvolver a sua cultura de inovação, de forma que o processo de mudança seja bem-sucedido, sustentável e com resultados desejáveis. O aumento da produtividade que torna a indústria mais competitiva pode ser alavancado por uma mão de obra mais eficiente e/ou pelo uso de novas tecnologias.

Um exemplo de empresa que passou por um processo de inovação em termos de gerenciamento de dados foi a Vale S.A. Ela é uma empresa brasileira classificada com uma

das maiores produtoras de minério de ferro e níquel do mundo. A empresa assume a terceira posição no ranking das 50 maiores mineradoras do mundo, ficando atrás da australiana BHP e da anglo-australiana Rio Tinto.

Diante da dimensão em termos de tonelagem e cifras movimentadas a nível mundial, a Vale enxergou a necessidade de investimento em tecnologia da informação para melhoria de desempenho. Um novo sistema de gestão, denominado "*Gestão da Produção Vale - Mineração (GPV-M)*", cuja tela ilustrativa é mostrada na Figura 8 vem sendo desenvolvido desde 2014 e está sendo aplicado nas unidades da empresa no Brasil, unificando 17 sistemas de gestão da produção. Este ERP que está sendo implantando pela Vale, tem como objetivo a maximização de lucro mediante três maneiras: redução de custos com TI, redução de impactos operacionais devido à maior acessibilidade de informações para antecipação de falhas e tomada de decisão (Nogueira, 2017).

Segundo uma reportagem publicada pela revista "*In The Mine*" (IN THE MINE, 2017), uma das grandes vantagens da unificação dos 17 sistemas, é a padronização de conceitos e indicadores. A partir do GVP-M será possível ter melhor gestão de indicadores da empresa como um todo, sendo possível a realização de benchmarking interno e compartilhamento das melhores práticas dentro das diferentes unidades da empresa por meio de um banco de dados único. Segundo a mesma reportagem, a Vale espera economizar cerca de US\$ 70 milhões de dólares até 2020 com o GPV-M.



Figura 8 - Sala de controle GVP-M (Sistema de gestão da produção Vale - Mineração). Fonte: <<https://www.inthemine.com.br/site/vale-unifica-17-sistemas-de-gestao-de-producao>>

3.3 Softwares de Mercado para Gestão de Indicadores e seus Desafios

Nas últimas três décadas, empresas de mineração, na busca por melhores práticas, agilidade e confiabilidade nos processos, direcionaram seus investimentos em tecnologia para softwares nas áreas de geologia, planejamento e operação de mina. O que antes estava restrito somente a grandes operações, com softwares desenvolvidos especificamente para determinados depósitos, hoje está também disponível para um maior número de minerações menores, com grande aceitação e com diferentes aplicabilidades no setor (YAMAMOTO, 2001).

As principais aplicabilidades da inovação em softwares incluem processamento de dados geológicos, modelagem de depósitos minerais, avaliação de recursos e reservas, planejamento de mina, programação e controle da produção. As etapas que compõem o processo de produção mineral são consideradas complexas e representam alto risco em se tratando de banco de dados. O que é necessário enfatizar quando se trata de risco é que, mesmo com uma base de dados confiável, organizada e auditável, assume-se que operacionalmente, durante o processamento e divulgação de recursos e reservas, por exemplo, há um erro associado.

Atualmente, existem algumas opções disponíveis no mercado de softwares de mineração, para fins específicos, como gerenciamento de produção e frota, modelagem geológica, avaliação de recursos, planejamento de mina, etc.

Nota-se, na prática, que mesmo caminhando na vertente da necessidade e importância da inovação no que diz respeito à transformação digital, empresas do setor da mineração investem em melhorias digitais por meio de softwares pouco flexíveis, não customizáveis, caros e complexos, mas não dispõem energia, tempo e recurso para a gestão da implantação e para o processo da mudança. Como parte do projeto de aplicação do software desenvolvido como objeto deste trabalho, ocorreu a etapa da busca por uma solução mais inovadora que substituísse os controles em planilhas eletrônicas. Algumas empresas foram avaliadas e a seguir será dada uma abordagem sobre o descritivo de cada software e os pontos relevantes do que diz respeito a investimento, aquisição e implantação.

3.3.1 Smart Mine UG - Hexagon Mining

A história da empresa Hexagon começou há mais de 200 anos pela incorporação de empresas de referência no ramo da metrologia industrial e medição (HEXAGON, 2018). A

empresa foi fundada em 1992 na Suécia e oferece produtos e suporte de tecnologia por meio do desenvolvimento de soluções inteligentes. No ramo da mineração, a Hexagon se propõe a desenvolver soluções que otimizem processos, agregando segurança, melhorando a produtividade e reduzindo custos. A Hexagon, para uma maior abrangência no mercado da mineração, oferece soluções por função (planejamento de mina, operação e segurança), por porte da mina, pelo tipo da mina (céu aberto ou subterrânea) e por tipo de minério. Ao que se remete esta dissertação de mestrado, serão abordadas algumas funções do software Smart Mine UG (Figura 9).

Este software oferece uma gama de ferramentas para gerenciamento de processos de mina subterrânea, como planejamento de mina, modelagem geológica, dimensionamento e controle de frota, assim como a gestão da produção em geral. A partir de computadores de bordo acoplados aos equipamentos e conectados em tempo real a uma sala de controle localizada na superfície, é possível realizar o provisionamento mais eficaz de recursos para o ciclo produtivo e ter controle da produção com maior precisão.



Figura 9 - Tela ilustrativa do software Smart Mine UG da empresa Hexagon.
Fonte: <https://hexagonmining.com/products/all-products/smartmine-ug>

3.3.2 Reconcilor - Snowden Group

A Snowden começou suas atividades em 1987 em Perth, na parte ocidental da Austrália, mediante a prestação de serviços geológicos de consultoria para a indústria local (SNOWDEN, 2018). Atualmente oferece serviços relacionados à avaliação de recursos e reservas, planejamento de mina, gerenciamento de dados, desenvolvimento de softwares e gerenciamento de projetos. Está presente também em Brisbane e Johannesburgo.

O produto oferecido pela Snowden que teria o potencial de atender algumas das necessidades de mudança nos controles da Mina Cuiabá é um software chamado Reconcilor (Figura 10).

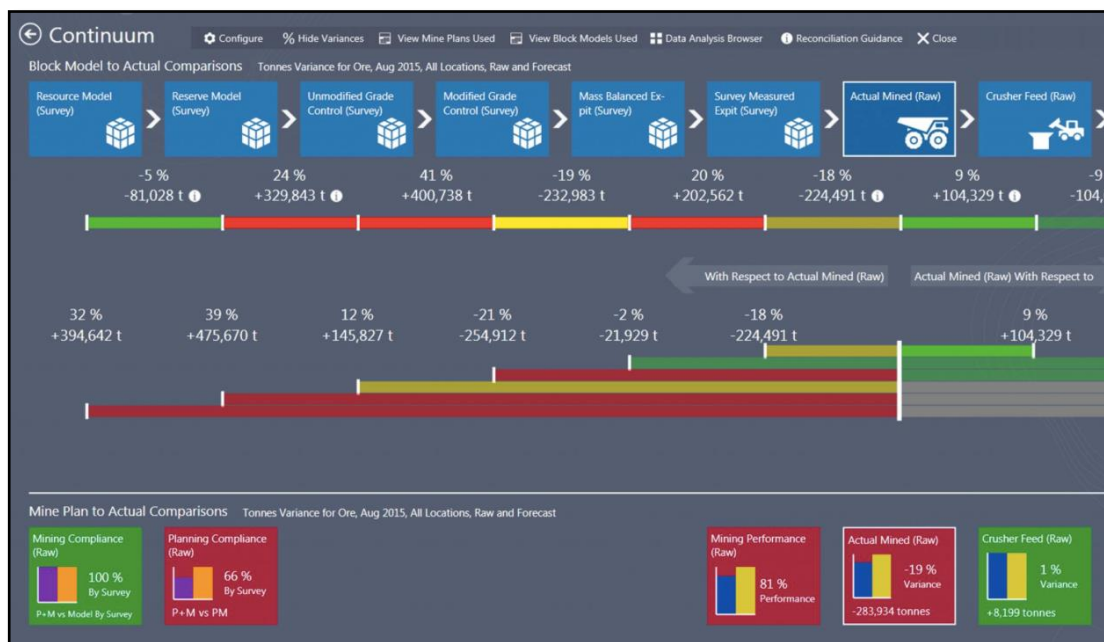


Figura 10 - Tela ilustrativa do software Reconcilor da empresa Snowden. Fonte: <https://snowdengroup.com/software/reconcilor/>

Este software tem como principal função e objetivo o processo de reconciliação. Este processo consiste, segundo Fouet (2009), na comparação entre uma estimativa (tonelagem e teor) e uma medição obtida por amostragem de dados oficiais de movimentação da produção da mina e da planta metalúrgica. No processo de reconciliação ocorre a comparação entre modelos de recursos, modelo de reservas, modelos de controle de teor (modelos com alta densidade de furos de sondagem), massa/teor executados pela mina e massa/teor executados pela planta.

A proposta do software é a integração de dados de geologia (massa e teor dos modelos de recursos), planejamento de mina (massa e teor dos modelos de reservas), dados operacionais (massa e teores executados pela mina) e dados da planta metalúrgica (massa e teores executados pela planta). Mediante essa integração é possível mensurar as diferenças em cada etapa do processo, mapear e rastrear as principais diferenças existentes, facilitando a atuação mais eficaz, caso necessário, de um plano de ação para melhorias de aderência entre o que foi proposto para o acionista e o que foi de fato executado.

No caso da mina Cuiabá, a decisão pela não aquisição deste software *Reconcilor* se deu pelo fato de que, apesar da necessidade por ferramentas mais avançadas no controle da reconciliação, era primeiramente necessário encontrar uma maneira mais eficaz para controle de informes de massa produzida e teores praticados diariamente.

O Software *Reconcilor* exige a alimentação de dados que demandam tempo para elaboração e obtenção das informações através de softwares específicos para que ele forneça as análises a que se propõe. No caso da mina Cuiabá, os controles operacionais necessitavam evoluir para que os dados de massa e teor produzidos diariamente, denominados "Actual Mined" no processo de reconciliação, pudessem então ser controlados.

Em se tratando da alimentação dos dados de outros campos com as informações do modelo de recursos ("Resource Model") e modelos de reserva ("Reserve Model") seria simples e prático se 100% do que foi planejado pudesse ser executado. No entanto a complexidade no processo de produção de uma mina subterrânea obriga gestores a praticarem planos de ação diferentes dos que foram planejados para cumprimento da produção.

Para a mina Cuiabá o gargalo estava exatamente na eficácia de obtenção dos dados de massa e teor provenientes de diferentes frentes de lavra para previsibilidade da planta metalúrgica. Adquirindo o *Reconcilor* a mina estaria com uma ferramenta avançada, porém com baixa taxa de utilização. A comparação entre modelos de longo e curto prazo da geologia e do planejamento de mina seria mais um dado a ser arquivado diante da necessidade por melhorias nos informes de produção.

3.3.3 Ore Controller - Datamine

A empresa *Datamine* foi fundada em 1981 e foi pioneira nas ferramentas de modelagem 3D e estimativa de recursos, tornando-se uma grande líder no mercado de softwares de geologia e planejamento de mina (DATAMINE, 2018). A empresa conta com uma grande variedade de softwares que atendem o ciclo da mineração, que vai desde a exploração com o gerenciamento de dados amostrais à operação de mina, oferecendo também ferramentas para avaliação de recursos e planejamento de mina.

No que remete ao assunto desta dissertação, será dada uma abordagem sobre as ferramentas oferecidas pelo *OreController* (Figura 11). Este software, de interface amigável e fácil utilização, através de um banco de dados, permite acesso por vários usuários simultaneamente visando à organização e à separação de tarefas com o intuito de facilitar as rotinas e colaborar com o controle de qualidade do minério. O *OreController* oferece

ferramentas que colaboram com o controle de diluição por meio da combinação entre o modelo de blocos geológico e o plano de fogo; disponibiliza ferramentas de precisão para marcação de blocos de lavra diretamente pelo operador, evitando a exposição de pessoas; formula relatórios padronizados permitindo ganhos de tempo aos usuários.

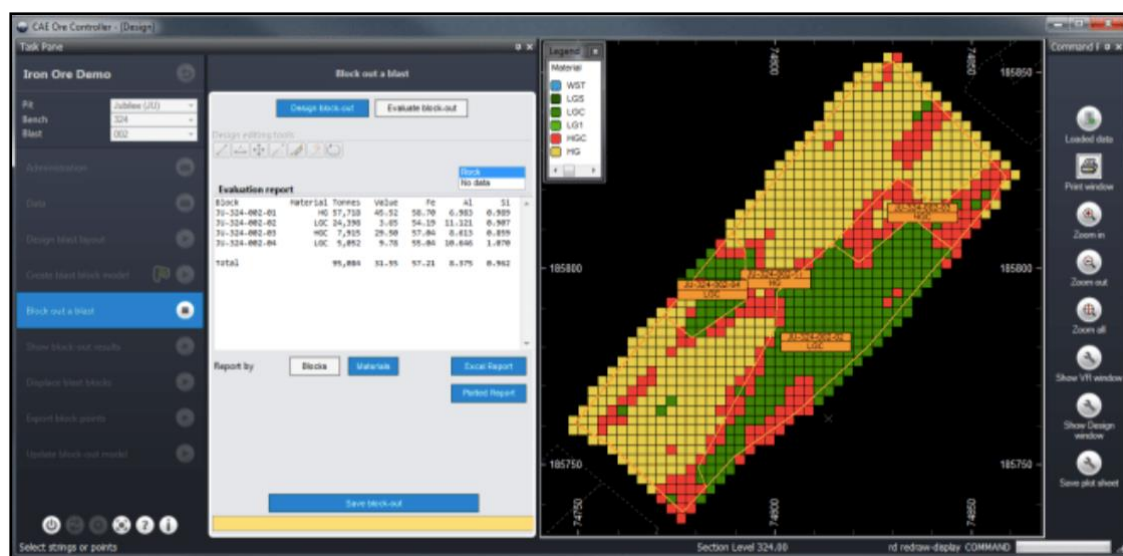


Figura 11 - Tela ilustrativa do software Ore Controller da empresa Datamine. Fonte: <http://www.dataminesoftware.com/ore-control/>

No caso do Ore Controller, seria interessante a aquisição desta ferramenta, uma vez que a empresa (AngloGold Ashanti) já utiliza o software Datamine para os processos de modelagem geológica, avaliação de recursos e planejamento de mina. No entanto, a equipe de gestão do controle de qualidade do minério enxergou a necessidade de algo mais simples e customizável para a realidade do processo. A equipe necessitava de uma resposta mais rápida e livre de riscos da informação para os teores que estavam sendo alimentados na planta metalúrgica. Portanto, seria mais uma ferramenta adquirida e não plenamente utilizada.

3.3.4 Desafios na Implantação de Softwares de Mercado

A maioria dos softwares oferecidos pelo mercado exigem alto investimento e na maioria dos casos, não permitem personalização de acordo com processos particulares de cada mina. As interfaces, ferramentas e rotinas já vêm pré-definidas, já projetadas independentemente da mina em que serão instaladas.

Tal fato dificulta a usabilidade do software diante de uma realidade de processo incompatível com a realidade adquirida nos softwares "de prateleira". Este engessamento é

um dos fatores que, com a aquisição de um software pouco customizável, colabora com o fracasso no processo de implantação da mudança.

Fatores como estes, além de não proporcionarem o alcance do objetivo de transformação digital, gera desperdício, mantendo a empresa, mesmo com recurso provisionado para a inovação, estacionada no patamar de controles ultrapassados, arriscados e demorados em relação as tomadas de decisão.

O setor de mineração é reconhecido no geral por ser um ambiente de inovação lento devido a fatores-chave como a resistência de colaboradores às mudanças, mentalidade antiga e necessidade de alto investimento para aquisição de softwares robustos e complexos. Como resultado, as empresas continuam com seus controles antigos, usando planilhas eletrônicas desprotegidas e limitadas, sem levar em consideração que os custos envolvidos com a falta de segurança e organização da informação podem ser muito maiores do que o investimento para manter um sistema de banco de dados confiável e de fácil manuseio para gerenciamento e controle.

Por outro lado, as empresas que decidem romper a barreira de resistência na migração para um sistema customizado, e adquirem o chamado "software de prateleira", normalmente enfrentam desafios relacionados à gestão da mudança. Não são raras as situações de resistência de funcionários antigos, que diante do dinamismo do setor de mineração, no primeiro obstáculo, diante de um software robusto, complexo, e pouco flexível, retornam aos seus controles antigos, muitas vezes em planilhas eletrônicas. A implementação e migração de controles antigos para softwares de gerenciamento modernos requer intensa gestão de processo de mudança, que envolve tempo e treinamento intenso.

Diariamente, por turno, em uma mina subterrânea de ouro, por exemplo, é necessário controlar a massa produzida e sua proveniência (lavra, desenvolvimento, realce, pilha, etc.) em função da variabilidade da tonelagem, dos teores e dos contaminantes. Tais informações são extremamente relevantes para a empresa caso haja uma possível discrepância entre o minério que a mina informou ter enviado a planta, e o minério que a planta efetivamente recebeu. Discrepâncias que podem estar relacionadas a tonelagem, teor de ouro e contaminantes que impactam a recuperação do metal, interferindo no cumprimento de metas de produção prometidas para o acionista.

Os softwares de mercado, por possuírem ferramentas avançadas que abrangem os controles de mina subterrânea em quase sua totalidade são considerados inovadores. No entanto, na prática, é importante ressaltar alguns pontos relevantes no que diz respeito à aquisição e implantação destes softwares:

- Resistência à mudança por parte da equipe;
- Tempo para implantação e treinamento de equipe frente à rotina dinâmica e intensa de trabalho;
- Grande quantidade de ferramentas complexas e pouco utilizadas;
- Consciência do processo de mudança e migração para processos inovadores;
- Preparação da alta gerência para o processo de mudança e incentivo à transformação tecnológica;
- Alto custo de aquisição do software;
- Não possibilidade de personalização ou alto custo para tal

3.4 Controles Atuais na Mineração

É evidente a evolução da mineração nas últimas décadas em se tratando do uso de softwares específicos como modelagem geológica e planejamento de mina. A inovação em softwares que antes se restringia a grandes empresas contendo grandes jazidas, hoje já atinge uma grande parte do setor mineral por oferecer maior qualidade, agilidade e confiança nos resultados.

Segundo Yamamoto (2001) as tarefas que constituem estimativas de recursos e reservas, por exemplo, envolvem alto risco em se tratando dos resultados obtidos. Ou seja, mesmo com softwares avançados, sempre há um erro associado, e sem uma base de dados confiável, este erro pode ser incrementado ao longo do processamento de dados.

Atualmente é percebido que o setor minerário apresentou grande preocupação com a evolução dos processos no que diz respeito a softwares estimadores de recursos e planejamento de mina. No entanto, no que diz respeito à organização dos números gerados diariamente, necessária para a gestão do negócio e para melhores práticas que trazem retorno para o acionista, existem ainda grandes oportunidades de melhoria no setor.

A Figura 12 mostra o fluxo que vai desde a prospecção geológica até a etapa da produção, deixando explícita a quantidade de dados gerados em cada fase. Em cada uma destas etapas, dados são gerados e necessitam ser armazenados e controlados para a continuidade e a gestão do processo.



Figura 12 - Etapas do processo de mineração e suas respectivas gerações de dados.

A Figura 13 mostra um fluxo de informações que descreve o que acontece na maioria das operações de mineração hoje em dia. Os dados são gerados a partir de softwares específicos de cada área (Planejamento de Mina, Geologia e Produção), cada qual com o seu estilo particular de gestão e armazenamento de dados. Os números, na maioria das vezes, são armazenados em planilhas eletrônicas arquivadas em suas respectivas áreas e os usuários que necessitam da informação necessitam encontrar as planilhas de interesse na rede.

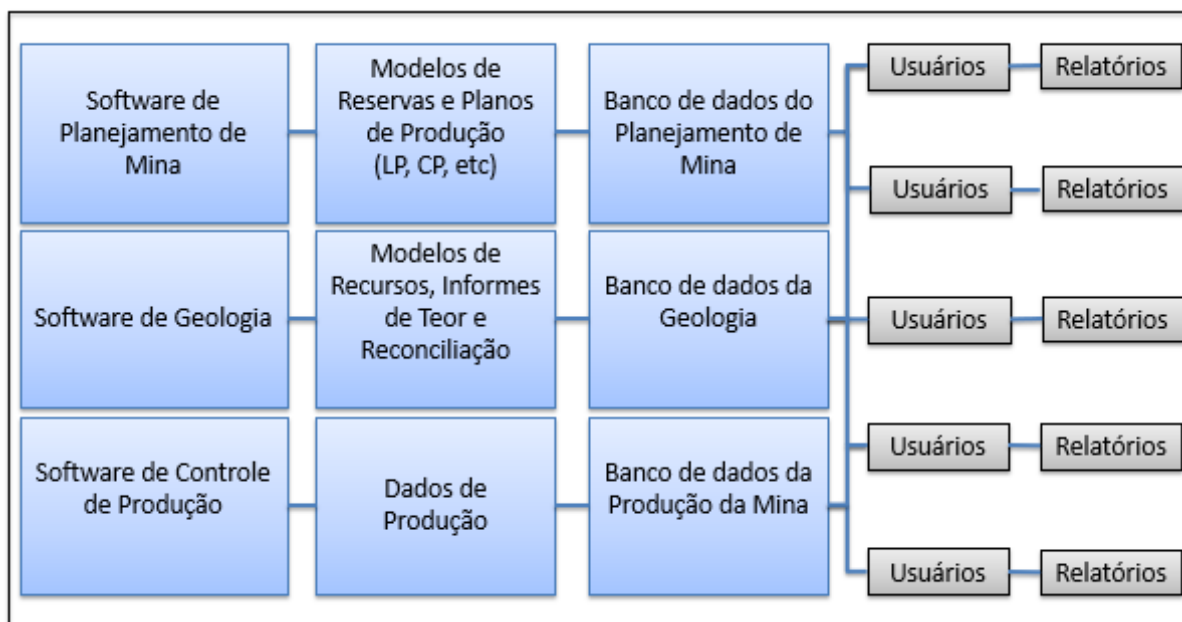


Figura 13 - Fluxo de informação realizado na maioria das minas atualmente.

O que se percebe atualmente é que em algumas operações não existe uma base de dados única consolidada que poderia concentrar resultados de forma padronizada, a fim de facilitar, organizar e oferecer acesso a informações de forma online e em tempo real para seus usuários. Tomando como exemplo o trabalho a ser apresentado a seguir nesta dissertação de mestrado, a gerência enxergava a necessidade de padronização e melhoria e chegou a adquirir sistemas caros e complexos visando a uma evolução nos controles. Contudo, encontraram-se desafios nos processos de implantação da mudança, o software adquirido para tal caiu em desuso e as planilhas eletrônicas voltaram a ser utilizadas.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA E APLICAÇÃO

Neste capítulo será dado um contexto sobre a metodologia com foco na aplicação a um estudo de caso, apresentando o seu fluxo operacional e metas importantes a serem consideradas para sucesso da implantação da proposta desenvolvida. Diante de todo o conteúdo apresentado nos capítulos anteriores, um software personalizado para o desafio da mina Cuiabá foi concebido para que repostas mais rápidas e seguras pudessem ser disponibilizadas para embasar tomadas de decisões no processo de produção de ouro.

Nos itens subsequentes, será dada uma breve explanação sobre a mina Cuiabá, sua importância para o mercado de ouro e o processo de implantação do novo sistema de coleta de dados, controle de produção e gestão de indicadores proposto.

4.1 AngloGold Ashanti - Mina Cuiabá

4.1.1 Contexto da Empresa

A AngloGold Ashanti é considerada a terceira maior mineradora do mundo em produção de ouro. A empresa produziu 3,4 MOz no ano de 2018, ficando atrás da americana Newmont Goldcorp (5,1 MOz) e da canadense Barrick Gold (4,53 MOz) (Mining, 2018). Com sede em Johannesburgo, na África do Sul, a Anglo está presente em 9 países, por meio de 18 operações, localizadas na América do Sul, África Continental, África do Sul e Oceania (AGA, 2018). No Brasil, a AGA possui 5 minas em operação pertencentes as unidades de Crixás (Mineração Serra Grande em Goiás), Santa Bárbara (Minas Córrego do Sítio I e II) e Sabará (Minas de Cuiabá e Lamego), ambas unidades no estado de Minas Gerais.

4.1.2 Síntese Histórica da Mina Cuiabá

As primeiras atividades realizadas na Mina Cuiabá datam do século XVIII, as quais eram limitadas praticamente a técnicas de exploração aluvionar. Há registro que em 1740 a família Dias e Gomes realizou as primeiras explorações na região da atual Mina Cuiabá (RIBEIRO-RODRIGUES, 2007).

Diante do potencial aurífero e da escassez do ouro aluvionar, a busca por reservas subterrâneas se fez necessária e para tal, havia a necessidade de tecnologia. Este fato permitiu que empresas estrangeiras investissem no Brasil e fizessem concessões de direito minerário. Foi neste momento que a inglesa Saint John Del Rey Mining Company adquiriu em 1834 a

mina Morro Velho, localizada na cidade de Nova Lima – Minas Gerais e em 1877 a Mina Cuiabá.

Em 1975, a Morro Velho associou-se à Anglo American, o que permitiu uma extração de ouro em escala industrial de 1200 toneladas por dia de minério. Em 1993, a Anglo American transferiu os ativos para o seu braço europeu, a Minorco. Em 1999 todos os direitos foram adquiridos pela AngloGold. Em 2004, houve a fusão entre a AngloGold e a Ashanti Goldfields, provocando a alteração do nome para a atual AngloGold Ashanti.

Em 2005 foi iniciado o projeto de expansão da mina Cuiabá para 3.800 toneladas de minério por dia e durante os períodos de exploração na região da mina, estima-se, pelos registros que foram produzidos um montante de 156 toneladas de ouro.

4.1.3 Métodos de Lavra

A Mina Cuiabá é a operação subterrânea de maior relevância da AngloGold Ashanti Brasil sendo detentora da maior parcela produtiva, com cerca de 300 KOz produzidas por ano.

Até 2012 a mina operava somente por meio do método de lavra “Corte e Enchimento” (Cut and Fill) que consiste na realização de cortes verticais de até 3 m de altura ao longo do mergulho do corpo de mineral. Após cada corte é realizado o enchimento do piso com estéril permitindo novos cortes sucessivos e o avanço da lavra. Uma das características positivas desse método é a seletividade, pois cortes curtos permitem maior controle de estabilidade do maciço.

A partir de 2012, na busca por maior produtividade e segurança, houve uma migração para o método “Sublevel Stopping”. O layout deste método em Cuiabá consiste em painéis de lavra com 60 m de altura divididos em 4 interníveis de até 15 m de distância (Figura 14).

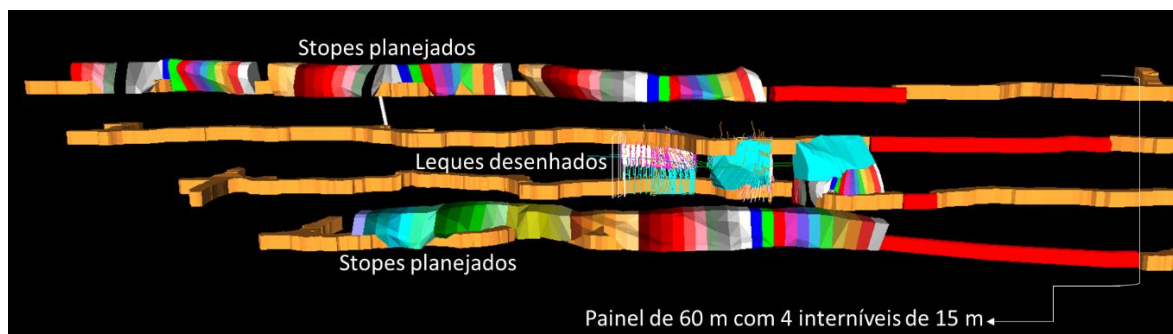


Figura 14 – Painel ilustrativo do método Sublevel Stopping com interníveis e áreas de lavra

A sequência típica de lavra do método sublevel é de baixo para cima, começando no internível mais inferior e sendo concluída no nível superior (último corte). A lavra é realizada com perfuração longa ascendente e descendente que conecta os interníveis. O desmonte dos furos de produção acontece após a abertura da face livre (slot) e a operação de limpeza do minério é realizada por carregadeira com controle remoto, eliminando a exposição de pessoas ao vão lavrado (realce) aberto (Figura 15).

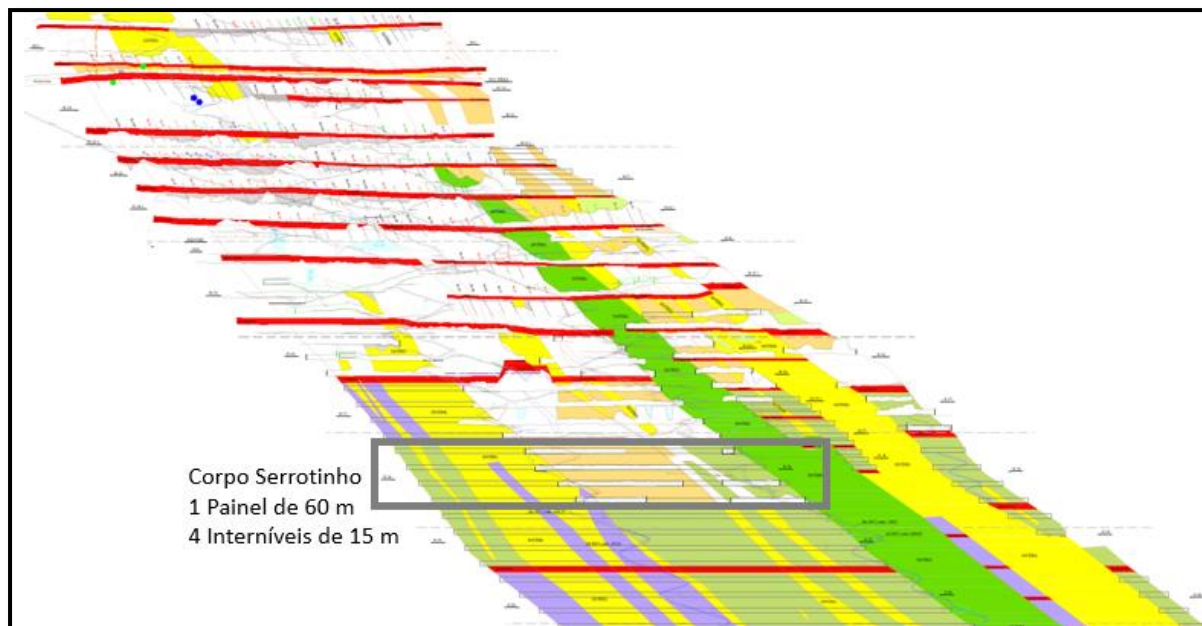


Figura 15 – Perfil da Mina Cuiabá com painéis de lavra método Sublevel Stopping

4.1.4 Processo Produtivo e Controle de Teor

A Figura 16 mostra as etapas que compõem o ciclo produtivo do empreendimento, desde a sondagem exploratória até o processamento do ouro. Ao longo de toda cadeia produtiva é requerido e indispensável o controle de teor e a reconciliação com a missão, por meio de uma operação segura, da redução dos custos e da maximização dos lucros.



Figura 16 – Macroprocesso de produção – Mina Cuiabá

Um dos desafios deste método é o controle que o método exige, uma vez que a perfuração é longa e os desmontes geram grande quantidade de material com avanços rápidos.

Dentre todas as metas traçadas para o negócio, duas delas assumem tamanha importância para o sucesso da Mina Cuiabá. Alinhadas com a missão do empreendimento, a redução da diluição operacional e o aumento da recuperação de ouro no processo impactam diretamente nos números planejados para esta operação. A Figura 19 mostra o tamanho do desafio traçado para a mina Cuiabá em relação à diluição da lavra e à recuperação na planta em 2017 e 2018. Essas metas estão muito alinhadas com a necessidade da excelência dos controles de teor e reconciliação, que vai de encontro com a necessidade de um sistema robusto, dinâmico, que agregue maior agilidade e possibilidade na tomada correta das decisões.

Como mostrado na Figura 17, a diluição em 2017 estava em torno de 17% e uma meta foi traçada para que se realizasse em 2018 cerca de 12% de diluição nos processos de lavra. Cuiabá, como mostrado no gráfico da Figura 17 ainda lançou um programa de desafio para a excelência operacional para se atingir somente 9% de diluição. Para recuperação de ouro na planta, o objetivo foi passar de 82% para 87% de ouro recuperado no final do processo.

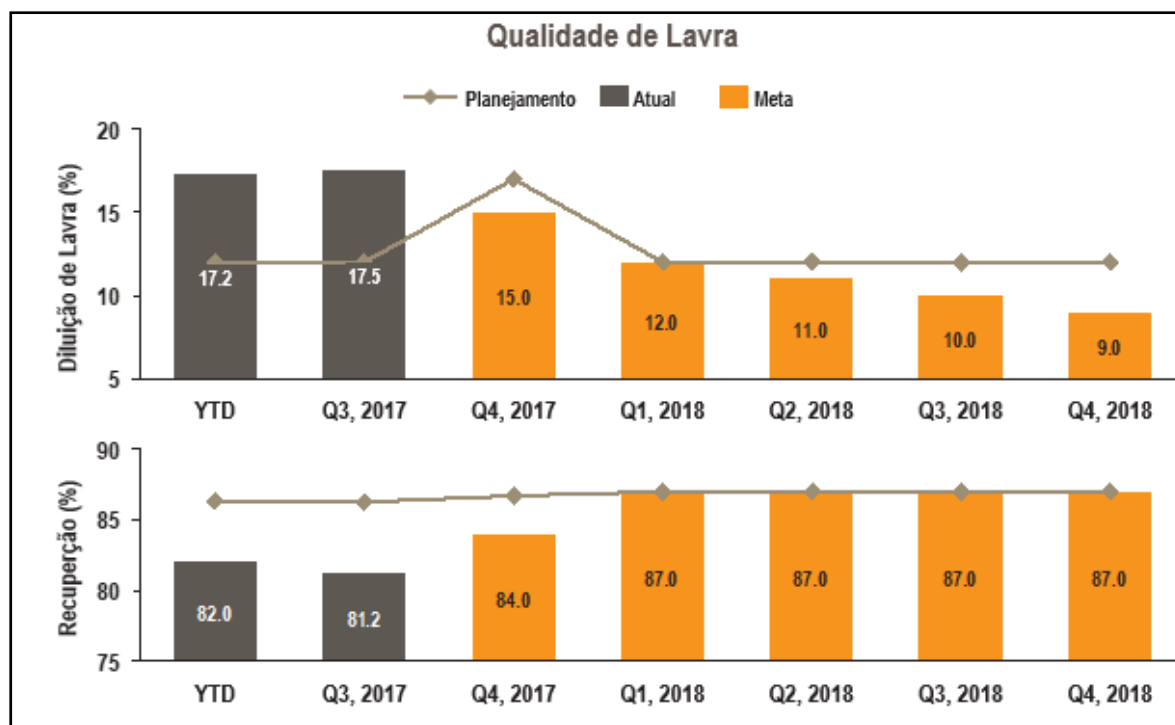


Figura 17 – Meta Diluição Operacional e Recuperação de Ouro

Mesmo diante desta meta, na prática, em 2018 a diluição realizada girou em torno de 24% na mina Cuiabá. A explicação para este resultado negativo é que depois do desenvolvimento e implantação do sistema objeto desta dissertação, que agregava maior confiabilidade dos números na mina, a operação de lavra foi compelida a atuar de forma mais ativa, adotando, por exemplo, uma maior frequência de levantamentos topográficos por meio de escaneamento dos realces. Este fato possibilitou uma maior exatidão na medição da diluição real praticada. A disponibilização dos números de forma mais rápida e precisa colaborou com um maior controle da operação frente à diluição além de mudanças na execução de projetos e melhorias para aumento da qualidade da perfuração e desmonte.

4.1.5 Análise de Sensibilidade da Diluição

Trazendo as responsabilidades destas duas metas (menor diluição e maior recuperação) para o sistema proposto nesta dissertação, chama-se a atenção para agilidade e eficácia na disponibilização da informação. Tomando-se como exemplo um informe semanal que aponte um alto teor planejado em uma determinada frente de lavra, no entanto, na planta metalúrgica estão sendo reportados baixos teores. Imediatamente líderes operacionais avaliam possíveis motivos para a baixa aderência entre o plano e a execução e descobrem, através de

escaneamento topográfico, a existência de diluição em uma das frentes de lavra. A lavra então é paralisada e o projeto de perfuração é revisto, porém, levou-se uma semana para se descobrir a ocorrência desta diluição por meio do procedimento antigo de informe de produção e teor. Trazendo um pouco essa situação para a realidade financeira operacional, 1 milhão de toneladas planejadas a um teor de 10 g/ton representa um lucro de R\$ 1,6 bilhões no ano (**Error! Reference source not found.**). Neste exemplo, sabe-se que 1 onça equivale a 31,1035 g, assume-se na linha 1 que não há diluição e que os custos de produção giram em torno de R\$ 140,00 por tonelada. Nas linhas subsequentes vão sendo adicionadas diferentes taxas de diluição e calculados os impactos diretos nos custos operacionais e a penalização nos lucros.

Diluição (%)	Toneladas (ton)	Teor g/ton	Conteúdo Metálico (g)	OZ	Receita (MR\$)	Custo (R\$)	Lucro (MR\$)
0%	1,000,000	10.0	10,000,000	321,507	R\$ 1,800,441,565	140,000,000	1,660,441,565
10%	1,100,000	9.1	10,000,000	321,507	R\$ 1,800,441,565	154,000,000	1,646,441,565
20%	1,200,000	8.3	10,000,000	321,507	R\$ 1,800,441,565	168,000,000	1,632,441,565
30%	1,300,000	7.7	10,000,000	321,507	R\$ 1,800,441,565	182,000,000	1,618,441,565
40%	1,400,000	7.1	10,000,000	321,507	R\$ 1,800,441,565	196,000,000	1,604,441,565
50%	1,500,000	6.7	10,000,000	321,507	R\$ 1,800,441,565	210,000,000	1,590,441,565

Tabela 3 - Tabela Análise Sensibilidade Diluição X Custo X Lucro

Como mostrado na **Error! Reference source not found.**, na medida em que a diluição vai aumentando, os custos de produção, por estarem diretamente relacionados à tonelagem produzida, também aumentam. A diluição quando não bem controlada, calculada e reportada a tempo de tomada de decisão, representa perda de valor para o empreendimento. Para o caso apresentado o teor desse painel ainda é relativamente elevado e aparentemente o lucro ainda é elevado, mesmo com diluições altas, mas no caso de realces marginais onde foi investido recurso para desenvolvimento, pode ser que o resultado seja negativo.

A produção anual de Cuiabá com 1 milhão de toneladas de minério e com teores médios que já alcançaram a casa dos 10 g/t de ouro, quando sofre uma diluição de 50%, ou seja, assume-se 500 mil ton a mais que o planejado e com nenhum teor (0 g/t), a produção passa a representar 1,5 milhões de toneladas com um teor médio de 6,7 g/t. Nestes casos, antes e depois da diluição, irá conter a mesma quantidade de ouro, porém para obtenção do metal, na situação com maior tonelagem e menor teor os custos serão mais elevados (Figura 18).

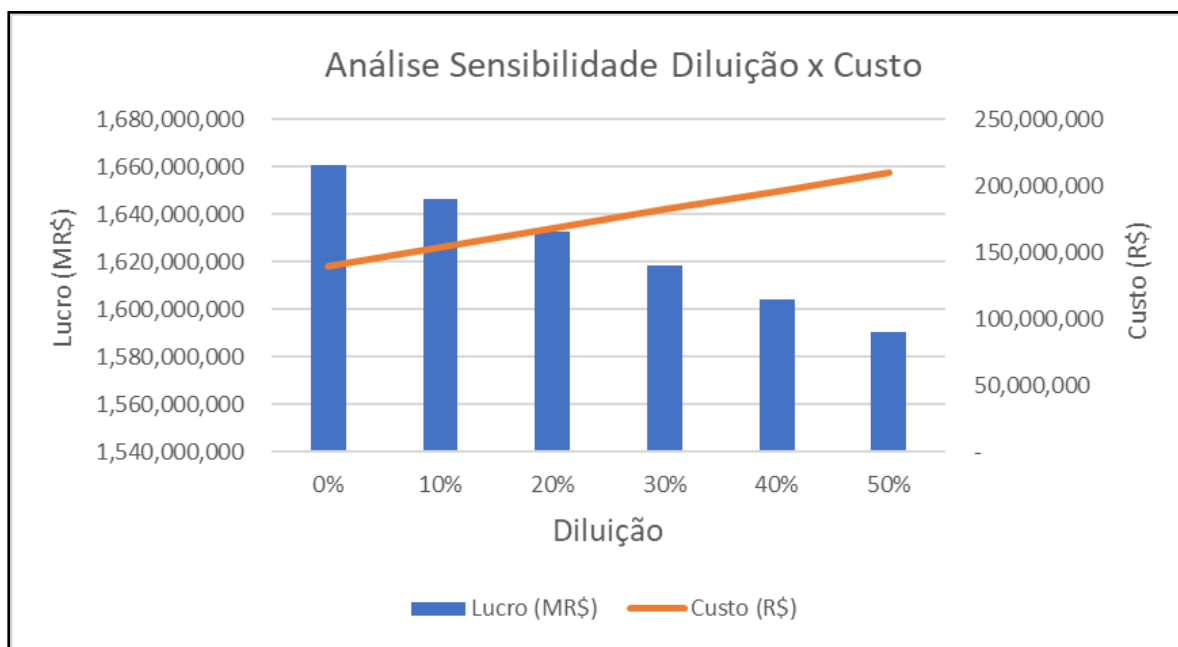


Figura 18 – Gráfico Análise Sensibilidade - Diluição x Custo de Produção

A gestão da informação quando realizada com resiliência colabora diretamente com a tomada de decisão das equipes a fim de se evitar a diluição. Por meio do rápido e correto repasse das informações operacionais, o sistema proposto se mostra extremamente eficiente e necessário para o sucesso do empreendimento.

Em se tratando da meta de recuperação de ouro, a contribuição do sistema de controle de produção acontece por meio do rápido conhecimento do tipo do material enviado para a planta. A presença de material carbonoso contido em xistos afeta diretamente a recuperação. Um fluxo de informação correto colabora com este alinhamento e tomada de ação por parte da planta metalúrgica em se antecipar e receber este tipo de material.

4.1.6 Rotina Operacional e Fluxo da Informação

A tarefa de controle de qualidade do minério é atribuída à gerência de Geologia de Mina. Um dos objetivos desta atividade é garantir que o teor planejado, o qual foi estimado por técnicas geoestatísticas seja obtido na planta de concentração, conforme as metas estabelecidas no orçamento da empresa. Para isso, no processo de controle de teor, as seguintes etapas eram realizadas:

- Toda segunda-feira pela manhã, a equipe de planejamento de mina emitia um relatório com as áreas onde a produção na semana anterior (de segunda a domingo) ocorreu. Estes dados eram obtidos pelo setor de despacho, diretamente do software "SmartMine";
- De posse desta folha impressa com as áreas lavradas (cerca de 10 frentes de lavra e 20 frentes de desenvolvimento), as equipes de produção, planejamento de mina, mecânica de rochas e geologia percorriam estas áreas para verificação dos seguintes fatores:
 - Aderência entre o que foi planejado na semana e o que foi lavrado;
 - Verificação de imprevistos operacionais que porventura impactaram a produção;
 - Confirmação da marcação de leques marcados pela topografia;
 - Situação da lavra pela verificação de "Overbreak" (Diluição) e/ou "Underbreak" (Minério supostamente detonado e não desmontado);
 - Situação da pilha de estoque dentro e fora da mina.
- Após verificação dos locais onde houve produção, mediante as informações de cada área visitada, a equipe de geologia de mina realizava o cálculo dos teores da lavra (métodos Sublevel Stopping e Corte & Enchimento), do desenvolvimento e das pilhas de minério. Tais informações eram alimentadas numa planilha eletrônica chamada "Teores Diários" (Figura 19).

11 Gal. / Gal. Sul		MODELO LP				
Nível / Corpo	Área (m2)	Au i.s.(g/t)	S i.s. (%)	Bloco	Program.	
Levto = 270612 (BL-02 ao LIG) 290410 (BL-08 ao 10B) 200509 (BL-1D)						
11 GALINHEIRO (GAL SUL + EXTENSÃO) MAPA AMOSTRAGEM						
		92.3	0.80	1.50	BL-01D	
		195.9	0.60	1.81	BL-02	
		285.6	3.36	2.86	BL-03	
		276.3	4.59	4.27	BL-04	
		252.8	3.90	4.49	BL-05	
		218.0	1.44	2.43	BL-06	
		154.7	1.19	1.57	BL-07	
AREA DE 3.8m						
ESTÉRIL	229.0	0.80	1.03	BL-LIG		
	212.1	2.07	1.93	BL-08		
	335.2	5.31	4.51	BL-09		
	92.1	5.37	7.60	BL-10A		
	323.0	6.66	6.35	BL-10B		

Figura 19 - Planilha eletrônica utilizada antes da implantação do novo sistema - "Planilha Teores Diários". Fonte: AngloGold Ashanti.

- Após visita na mina pela manhã para verificação do que foi produzido no período, teores lavrados eram calculados e inseridos na planilha “Teores Diários”. Em seguida um relatório era elaborado e enviado até as 14:00 da segunda-feira para que a equipe de planejamento compilasse as informações. Este relatório, realizado através do Microsoft Word, continha o teor planejado na semana e a comparação com o teor ROM (teor produzido pela mina), juntamente com as justificativas de prováveis discrepâncias. A alimentação da planilha “Teores Diários” se fazia necessária para que outras áreas, que faziam referências com algumas células desta planilha, pudessem alimentar seus respectivos controles, também em planilhas eletrônicas.

4.2 Necessidade da Mudança

Com o desenvolvimento e aprofundamento das minas de um modo geral, a zona com altos teores vai se exaurindo. Como uma forma de maximização de lucros, o planejamento de mina tende a direcionar a lavra para regiões de mais alto teor e para corpos de maior espessura. A Mina Cuiabá, com produção em escala industrial, foi iniciada em 1975, segundo relatórios de recursos e reservas da empresa, a média dos teores da mina saíram de 10 g/t para 5,5 g/t. Fatores como diminuição de teor e diminuição da espessura dos corpos implicam em necessidade de melhorias de procedimentos, como por exemplo, os controles de diluição.

É muito comum, e até rotineiro, haver discrepâncias entre teores planejados e teores praticados. As diferenças são habituais, contudo, as informações que respondem por tais diferenças precisam estar também rotineiramente ao alcance da equipe de controle de qualidade para que ações sejam rapidamente tomadas a fim de se garantirem os números planejados.

A necessidade por ferramentas mais ágeis que explicassem possíveis diferenças entre teores ROM (frente de lavra) e FEED (alimentação da usina) era notória na Mina Cuiabá. A realidade da mina não condizia com o período de uma semana para que as causas de desvios pudessem ser apresentadas.

Como explanado no item 3.3, foi feita uma busca por softwares no mercado que pudessem oferecer soluções para os desafios enfrentados na Mina Cuiabá. Contudo, após conhecer algumas opções de sistemas oferecidos por empresas de tecnologia da informação e confrontá-los com a real necessidade da mina, optou-se pela personalização de um sistema contendo as principais informações que deveriam ser apresentadas de maneira rápida e eficaz.

Os seguintes desafios foram inicialmente observados:

- A existência de controles feitos em planilhas eletrônicas sem um formato de banco de dados tornava o processo moroso e suscetível a erros, o que agregava à baixa capacidade de tomada de decisão quando ocorria uma falha no sistema;
- O período de uma semana para que o teor da produção fosse calculado e disponibilizado em uma planilha eletrônica dificultava a rápida tomada de decisão;
- A geologia, para que pudesse informar os teores, aguardava a área do planejamento de mina compilar dados de produção a partir do acesso ao software de controle de produção (Smart Mine), gerando gargalo no processo de liberação da informação;
- Dados mensais eram separados em diferentes abas, o que dificultava análises trimestrais e anuais, por exemplo;
- Dados existentes em planilhas eletrônicas das áreas de produção, planejamento de mina e planta metalúrgica necessitavam ser copiados e colados na planilha "Teores Diários", agregando risco de integridade de dados e consumindo tempo de usuários no processo;
- Vários usuários de outras áreas criavam referências na planilha "Teores Diários" que era armazenada no drive do departamento de geologia. Havia, portanto, risco de violação e/ou possíveis erros associados à facilidade de acesso aos dados;
- A planilha "Teores Diários" se tornou muito grande e pesada devido à quantidade de macros e links realizados, e por consequência, apresentava lentidão quando tinha seus dados acessados;
- A Planilha "Teores Diários" não permitia que mais de um usuário tivesse acesso aos dados simultaneamente, o que é uma restrição do próprio Excel. Este fato gerava conflitos de tempo aos usuários que necessitavam realizar seus informes e relatórios para seus respectivos departamentos;
- A planilha foi desenvolvida por um colaborador que não pertencia mais à equipe da empresa e não havia nenhuma diretriz ou tutorial sobre como lidar com ela no caso de erro em macros e scripts. Apenas algumas pessoas sabiam trabalhar com os detalhes da planilha "Teores Diários". Portanto, havia o risco de perda de dados e desafios na continuidade das atualizações caso houvesse alguma falha na planilha.
- A ocorrência de desvios entre teores planejados e realizados na planta geravam demandas por justificativas por parte da gerência e a organização dos dados para

elaboração de relatórios em períodos específicos estava morosa e não atendia ao prazo necessário para a ação;

- Para que gráficos e relatórios específicos fossem realizados, os dados necessitavam ser copiados e colados em outra planilha eletrônica. Este fato agregava o risco de integridade de dados e morosidade na elaboração.
- Não havia padronização de relatórios e gráficos. A necessidade por agilidade nas ações exigia um padrão para que uma rápida interpretação pudesse ser dada diante de prováveis problemas. Padronização remete a controle, a confiabilidade e relatórios mais automatizados agregariam grande benefício para os problemas enfrentados na Mina Cuiabá.

4.3 Desenvolvimento do conceito e primeiras ações

4.3.1 Processo de Mudança

Diante dos desafios apresentados no item 4.2, a primeira ação a ser tomada foi a integração dos dados em uma planilha dinâmica única, em formato de banco de dados (Tabela 4).

PLANILHA RECONCILIAÇÃO CB - 2015					
ROM (APONTADO)					
ANO	MÊS	DATA LIMPEZ	ÁREA	SUB-ÁREA	GEOMETALURGIA
2015	JUNHO	01/06/15	N10.1 GAL 1º SN	BL-10A	XISTO GRAFITOSO
2015	JUNHO	01/06/15	N10.1BAL - 1º SUB. LE TBSA	N10.1BAL - 1º SUB. LE TBSA MIN	BIF SULFETADA
2015	JUNHO	01/06/15	N10.2 BAL - 1º SUB.LE TBSA	N10.2 BAL-1º SUB.LE MIN	BIF SULFETADA
2015	JUNHO	01/06/15	N11 GAL 1º SN	N11 GAL 1º SN LE MIN	XISTO SULFETADO
2015	JUNHO	01/06/15	N13 FGS 1º SN	N13 FGS 1º SN LD MIN	BIF SULFETADA
2015	JUNHO	02/06/15	N10.1 GAL 1º SN	BL-10A	XISTO GRAFITOSO
2015	JUNHO	02/06/15	N10.1BAL - 1º SUB. LE TBSA	N10.1BAL - 1º SUB. LE TBSA MIN	BIF SULFETADA
2015	JUNHO	02/06/15	N10.2BAL - 3º SUB. LE TBSA	N10.2BAL - 3º SUB. LE TBSA MIN	XISTO GRAFITOSO

Tabela 4 - Dados de controle de teor organizados em formato de banco de dados.

Campos extras foram adicionados ao banco de dados para que mais informações pudessem ser alimentadas como por exemplo, litotipos lavrados, que agregavam bastante valor para a planta metalúrgica em função da recuperação do ouro no processo. Por exemplo, a presença de xisto grafitoso no ROM tinha efeitos prejudiciais à recuperação metalúrgica e o conhecimento prévio da entrada deste material na planta era fundamental para a preparação do circuito.

Os controles que antes eram reportados semanalmente passaram a ser relatados diariamente possibilitando a geração de gráficos realizados automaticamente e facilitando a gestão da produção planejada em relação à produção executada (Figura 20).

Por meio destes dados com apropriação diária foi possível informar e medir a aderência entre o planejado e o executado por período e por área de forma mais imediata. Gestores que antes se reuniam uma vez por semana para discutir a produção, passaram a receber e a acessar os informes de maneira mais frequente, possibilitando questionamentos a tempo de uma mudança de estratégia visando ao cumprimento de metas. Um elemento importante mostrado no gráfico da Figura 20 é a possibilidade de identificar massas e teores que serão enviados para a planta. Por exemplo, na penúltima frente de produção (N16 SER 2º SN), observa-se que estão planejadas cerca de 755 toneladas provenientes desse realce, com elevado teor ouro (15,11 g/t) e enxofre (12,79%). Diante dessa informação, a equipe da planta já se anteciparia e prepararia o processo para evitar perdas de recuperação de ouro. Por meio da análise desse gráfico também se pode evidenciar a quantidade produzida por frente, onde áreas com produções muito maiores que as planejadas podem estar com alta taxa de diluição e ações devem ser tomadas de forma rápida para atender metas de teor. Por meio desses apontamentos, nota-se também uma alta produção proveniente da frente FGS (Corpo Fonte Grande Sul) a qual contém muito material carbonoso, permitindo a antecipação dos ajustes de planta de beneficiamento ideais para recebimento deste tipo de material.

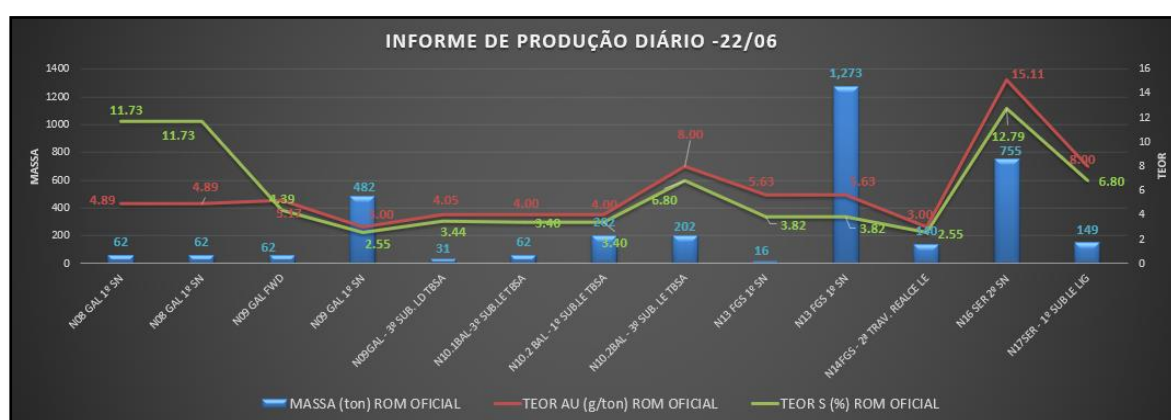


Figura 20 – Exemplos de gráficos de controle diário – Informe Diário de Produção

Outro fator relevante e que agregou agilidade e segurança no repasse de informações foi o resgate da produção diária diretamente do software "Smart Mine". Esta ação evitou retrabalho na área do planejamento de mina e melhorou a integridade dos dados mediante a redução de etapas no processo.

A migração de diversas planilhas para um banco de dados consolidado já havia surtido efeito positivo no quesito tempo, integridade e confiabilidade nos apontamentos. Em função disso, tomadas de decisão por parte da operação, diante dos informes de produção mais frequentes, agregaram maior estabilidade operacional por meio do conhecimento prévio de grandes movimentações de massa em áreas críticas da mina, por exemplo. Foi possível ter maior controle da produção em determinadas áreas e seus respectivos teores de ouro e enxofre. (Figura 20). A recuperação de ouro na planta foi melhorada com a previsibilidade de recebimento de material com teores de enxofre e carbono (xisto) elevados. Anteriormente à essa mudança de frequência de informes diários de produção, que só foi possível com a melhoria do banco de dados, a planta metalúrgica obtinha informações do material enviado de forma muito tardia. Portanto, não era possível se preparar para o recebimento de xisto grafitoso, por exemplo, resultando em perdas na recuperação de ouro na etapa de flotação. No entanto, alguns fatores ainda necessitavam de melhoria. Mesmo que em um banco de dados único, o controle ainda era feito em uma planilha eletrônica em Excel, contendo todas as limitações apresentadas pelo software. Os dados de produção, planejamento e planta ainda necessitavam ser copiados e colados, agregando risco de integridade de dados exigindo, despendendo tempo de usuários.

4.3.2 Linguagem de Programação

Diante de uma necessidade ainda maior de dinamismo e segurança para as informações, um projeto de personalização de sistema próprio para a realidade da Mina Cuiabá foi elaborado. A planilha com o formato de banco de dados serviu de base para o projeto da nova plataforma. A opção pelo desenvolvimento do banco de dados foi o software Microsoft Access, o qual compõe um dos aplicativos do sistema Microsoft Office e funciona como um gerenciador de dados. O Access é uma ferramenta de implantação e design de aplicativo de banco de dados usado para controle e gerenciamento de informações. Ele funciona a partir da criação de um banco de dados relacional o qual é dividido em grupos de dados menores a fim de eliminar redundâncias e facilitar o gerenciamento (ACCESS, 2016). O sistema foi inicialmente concebido para utilizar o Access, contudo, com o aumento do volume de dados, a plataforma do software foi preparada para uma futura migração do Access para o Microsoft SQL Server. Este sistema, assim como o Microsoft Access é um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) e sua principal função é a de armazenar e apresentar dados solicitados por outras aplicações de software, inclusive via internet. O SQL permite a

criação de tabelas relacionadas evitando redundâncias e fornecendo integridade relacional a fim de manter a precisão dos dados (SQL, 2018).

Uma vez definida a plataforma de utilização do banco de dados, a linguagem de programação escolhida para elaboração do sistema foi o CSharp (C#). Esta linguagem foi desenvolvida pela Microsoft como parte da plataforma .NET e tem uma sintaxe parecida com o Java e C++ (CSHARP, 2018).

4.4 Software Controle de Produção e Gestão de Indicadores

4.4.1 Processo de Idealização do Software

O sistema proposto consiste na criação e customização de rotinas de importação/exportação e armazenamento de dados das áreas de produção, planejamento de mina, geologia e processo metalúrgico que compartilhe um único banco de dados, sobre o qual usuários tem níveis de acesso para consultas e emissão de relatórios padronizados, conforme mostrado na

Figura 21.

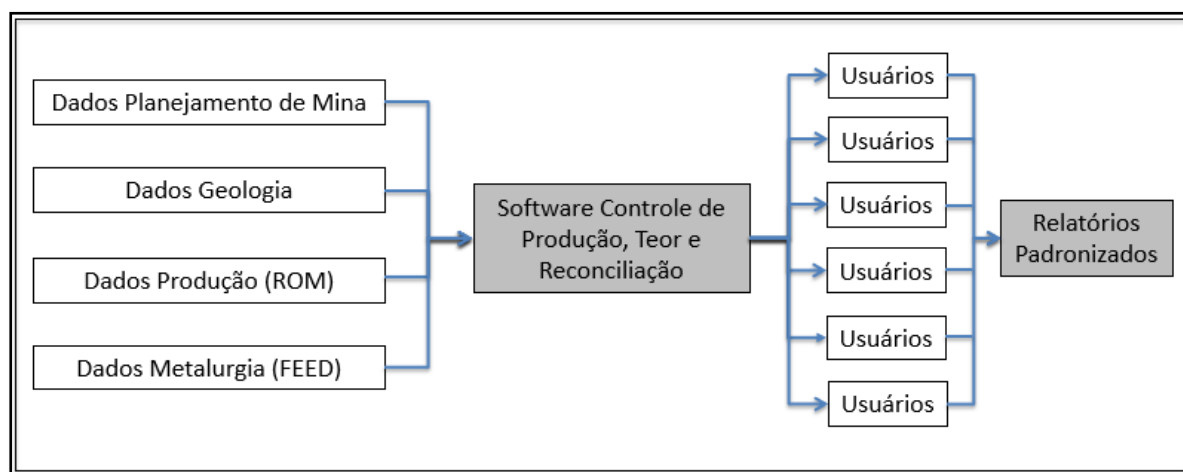


Figura 21 - Fluxo da informação para customização da metodologia proposta.

Da proposta do novo sistema de organização e disponibilização de informações, é possível que dados provenientes das áreas de interface (planejamento, geologia, produção da mina e planta) se concentrassem em uma única base, facilitando a concatenação de informações para efeito de comparação e gestão de indicadores, mantendo-as seguras e livre de redundâncias.

A nova plataforma proposta permitiria e facilitaria o acesso de usuários às informações de interesse. De uma forma padronizada, usuários não mais procurariam

informações na rede local, nas diversas áreas, mas sim, teriam o sistema como um único acesso aos dados, cujas informações seriam transmitidas mediante relatórios customizados.

4.4.2 Tela Inicial e Acesso ao Sistema

A

Figura 22 mostra a tela inicial do sistema, em formato "Dashboard". Este termo em inglês, quando traduzido para o português significa "Painel de Controle" e refere-se a um formato de tela que favorece a visualização consolidada dos principais indicadores de desempenho (KPI's). Esta tela com informações relevantes é vinculada a um banco de dados de atualização constante (FIRICAN, 2017).

Segundo BARTH (2007), poucas definições e pesquisas acadêmicas são encontradas para o termo "Painel de Controle" apesar do crescente interesse das empresas sobre o assunto. Diante das várias definições encontradas, em comum, todas elas atribuem o termo a uma ferramenta de auxílio essencial aos tomadores de decisões por permitir o monitoramento dos principais KPI's em uma única interface.

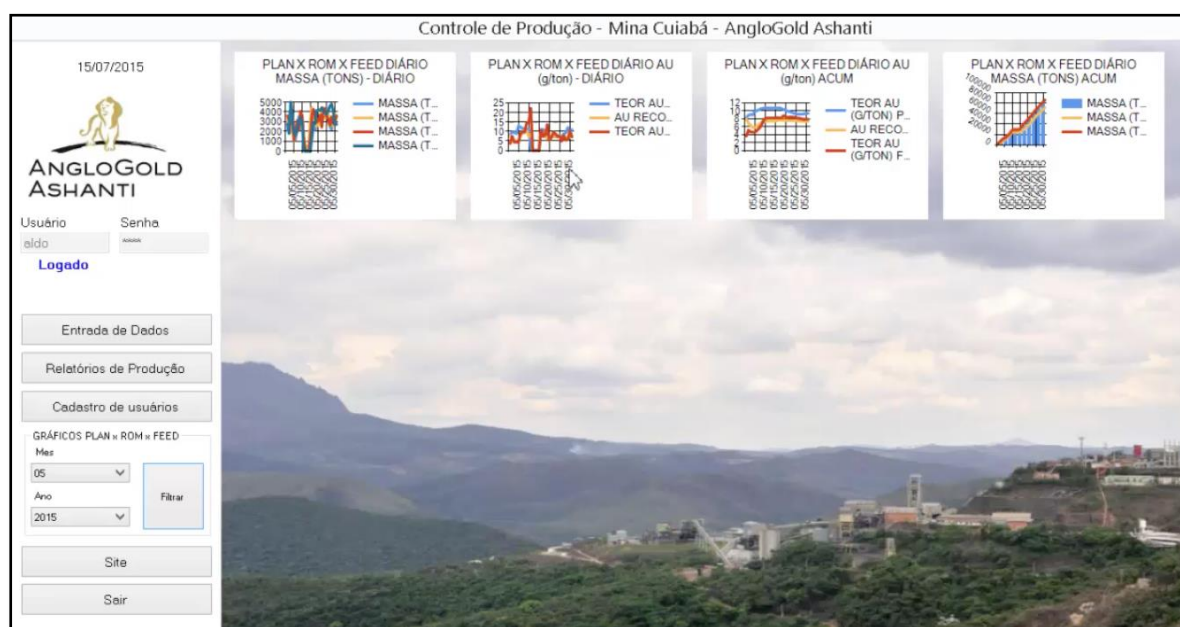


Figura 22 - Tela inicial do sistema "Controle de Produção e Gestão de Indicadores".

4.4.3 Acesso e Cadastro de Usuários

Para acesso ao sistema e às informações, usuários devem ser previamente cadastrados de acordo com o perfil, definindo níveis de permissão de acesso de cada um, sendo possível que "administradores" importem e insiram dados, e "usuários" somente possam

visualizá-los, sem permissão de edição das informações. Para cada usuário, independentemente do perfil, uma senha é cadastrada. Essa ferramenta de restrição e controle de acesso agrega maior segurança e garantia de integridade de dados.

4.4.4 Informações da Tela Inicial

Na tela inicial do sistema (Figura 22), estão presentes gráficos de comparação entre o que é planejado, o que é produzido pela mina e processado pela planta para efeitos de reconciliação visual (PLAN X ROM X FEED) rápida, que diariamente são de interesse do corpo técnico e gerencial.

No Dashboard do sistema (tela inicial) foram programados, por serem considerados relevantes para efeito de acompanhamento diário da produção, os seguintes gráficos:

- PLAN X ROM X FEED DIÁRIO (MASSA TONS) - Gráfico contendo informações da massa em toneladas planejada (PLAN), produzida pela mina (ROM) e executada pela britagem (FEED) diariamente. Neste gráfico é possível avaliar a aderência entre a massa (eixo vertical) planejada, produzida, transportada pelo poço (Shaft) e a que foi processada pela planta a cada dia (eixo horizontal). Pequenas discrepâncias são comuns para efeito de processo, mas grandes diferenças podem ser rapidamente visualizadas (Figura 23). Anteriormente não se tinha a visibilidade diária de forma rápida, integrada e compartilhada desta reconciliação de massa no processo produtivo. A partir desta nova forma de apresentação e frequência dos números foi possível levantar questionamentos em relação à eficiência do transporte de massa proveniente das frentes feito por caminhões, quantidade de material empilhado no pátio, produtividade do transporte vertical e controles de umidade. Controle de aderência em dias de parada de movimentação também podem ser detectados com a nova ferramenta. Um exemplo de uma situação vivenciada através do gráfico da Figura 23, notou-se que no dia 28/5 um alto teor esperado não foi executado pós processamento. Pelo gráfico diário, observou-se que uma grande massa foi processada na moagem diferentemente da massa planejada, executada pela mina e transportada pelo poço. A justificativa foi o processamento não planejado de um estoque de baixo teor que ficava próximo à planta de beneficiamento e que foi reportado no mesmo dia através do novo software.

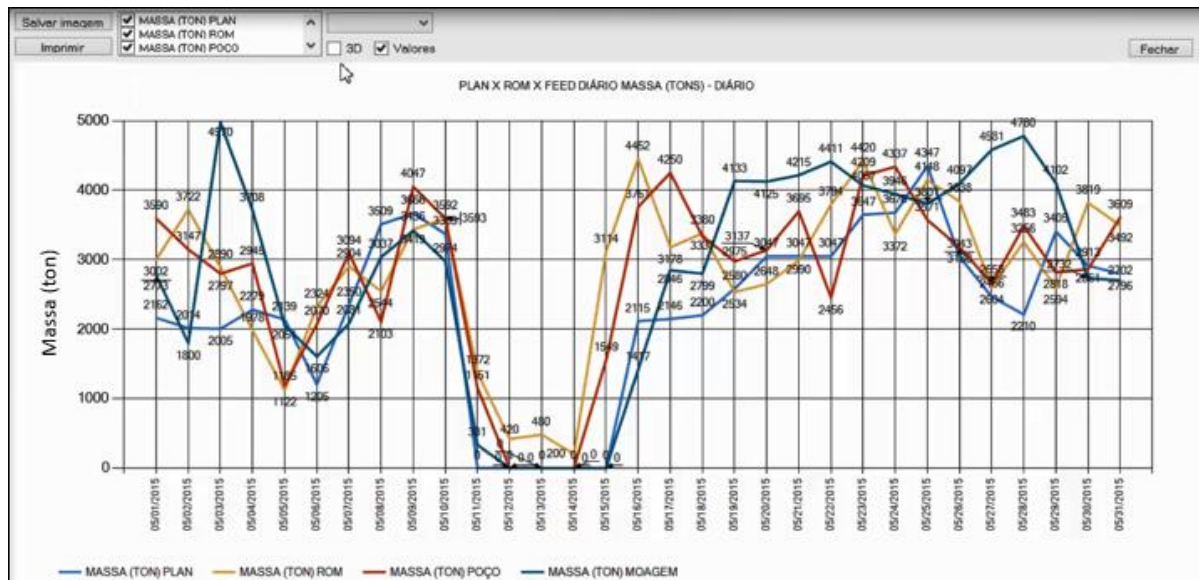


Figura 23 - Gráfico de produção (ton) comparativo entre planejamento, mina e planta.

- PLAN X ROM X FEED ACUMULADO (TON) - Neste gráfico é possível acompanhar a evolução e eventuais discrepâncias entre a produção planejada e a realizada observadas no gráfico diário. O desafio de uma aderência diária num processo de mina é complexo, contudo, dentro de um período maior, a produção poderia ser acompanhada e ações tomadas caso uma linha de tendência não pudesse ser enxergada para o cumprimento das metas.
- PLAN X ROM X FEED DIÁRIO (AU G/TON) - Gráfico contendo informações do teor planejado no dia, do teor executado pela mina (teor ROM) e realizado pela planta (FEED GRADE). A visualização diária deste gráfico só foi possível pela mudança de procedimento dos informes de teor. Anteriormente o cálculo era feito uma semana após a produção, o que não condizia com os "reports" diários feitos pela planta em relação aos informes de teores processados (FEED GRADE). É importante ressaltar que somente uma produção sem a retomada de estoques poderia servir de comparação diária entre ROM e FEED, contudo, no caso da mina Cuiabá, em no mínimo dois dias os estoques são consumidos. Isto significa que teores planejados pela mina poderão ser reconciliados com teores executados pela planta em no mínimo dois dias. Estes teores diários, diante dos gráficos apresentados no "Dashboard" já eram esperados na planta neste intervalo pelo corpo técnico e por gerentes. Caso não fossem, ações de rastreo poderiam ser tomadas rapidamente.

- PLAN X ROM X FEED ACUMULADO (AU G/TON) - Para efeitos de reconciliação, um gráfico com teores acumulados é o mais viável. Segundo CHIEREGATI, (2007), períodos muito curtos de tempo representam uma das causas para problemas observados na reconciliação. Contudo, na mina Cuiabá, quando uma frente de lavra rica era lavrada, já era de se esperar que os teores planejados iriam ser executados pela planta em no máximo dois dias. No gráfico apresentado na Figura 24 é possível acompanhar diariamente (eixo horizontal) os teores (eixo vertical) planejados (linha azul), teores calculados e reconciliados pela geologia com inclusão de diluição (linha amarela) e teores praticados na planta (linha vermelha). Neste gráfico é possível gerenciar, num período de 30 dias o comportamento do teor de ouro durante o processo desde a lavra até a metalurgia. Anteriormente não era possível obter essa informação de forma automática e integrada. Cada área, diante das informações contidas em planilhas na rede, realizava seus controles, seus gráficos e seus relatórios. Após o software de controle de produção, reconciliação e teor, a base de dados era única, com redução de redundâncias e riscos na informação.

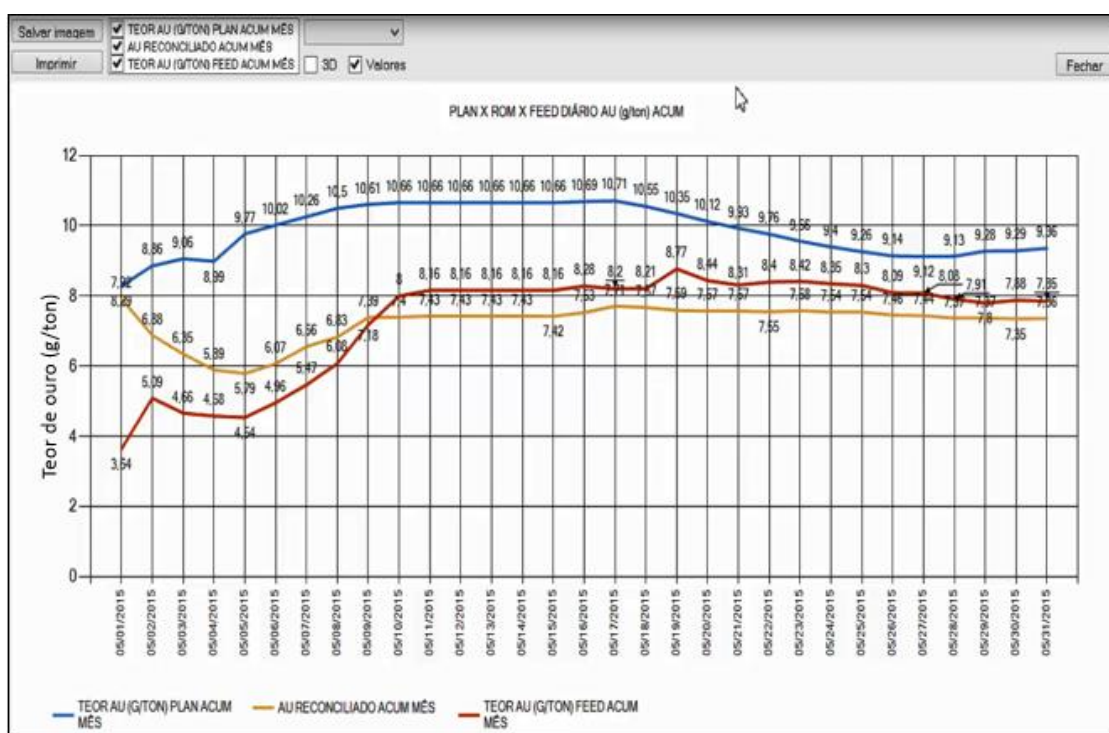


Figura 24 - Gráfico de teor de ouro acumulado em um determinado período comparando teores planejados, produzidos e processados

- As causas das discrepâncias entre teores planejados e realizados acumulados, diante do acompanhamento diário de teores, poderiam ser melhor rastreadas com a presença dos gráficos em "Dashboard". A previsibilidade e as ações se tornaram mais eficientes por meio desta ferramenta.

4.4.5 Importação e Inserção de Dados

A criação de um sistema na mina Cuiabá representava um avanço no gerenciamento de dados e indicadores. A utilização de um sistema que concentrasse informações de diferentes áreas do processo de onde usuários pudessem rapidamente, de forma segura, obter dados de única fonte foi de grande aceitação por parte dos líderes.

Para que a ideia fosse viabilizada entre a nova proposta e a maneira com que o controle e os informes de teor eram feitos, um equilíbrio teve que ser adotado entre a antiga maneira de gerenciamento e o novo método.

Mesmo que usuários tivessem deixado de acessar planilhas eletrônicas para retirada de informações, as planilhas ainda eram utilizadas para composição e compilação no sistema. Grande parte dos setores da empresa utilizavam planilhas e eliminá-las em sua totalidade seria um processo contínuo, demorado e que agregaria um certo risco. O sistema foi vislumbrado e concebido pelo setor da geologia, no entanto os informes de teor dependiam de outros setores como planejamento de mina, produção e planta, cujos números eram controlados através do Excel.

Diante disso, três planilhas precisaram ser alimentadas no sistema para compilação de dados conforme mostrado na Figura 25.



Figura 25 - Tela de entrada de dados do novo sistema

- Plano Mensal (PLAN) - Informação retirada no planejamento de mina e inserida no sistema uma vez ao mês. Esta ação ocorria após validação e disponibilização do plano

pela equipe do planejamento para a equipe técnica e gerentes. Essa ação de inserção da planilha no sistema evitava que mudanças no plano ocorressem sem formalização (por lapso, deslize ou até mesmo por violação), permitia o gerenciamento da aderência entre o planejamento e a produção e media o quanto a mina necessitava passar por adequação do plano original.

- Produção Diária da Mina (ROM) - Informação retirada diariamente do software de controle de produção. Esta planilha era gerada por exportação de dados diários do sistema "Smart Mine" e continha apenas os campos "Área" e "Produção (ton)" pelo próprio formato do software. Esta restrição impedia que o controle de qualidade discriminasse a produção e o teor em outras subdivisões. Um script, durante a programação do novo sistema, pelas próprias informações contidas no campo "Área" realizava a separação da produção em outros campos para discriminação dos teores, tais como:
 - Subárea - Em caso de produção pelo método "Corte e Enchimento", havia discriminação do Bloco Lavrado;
 - Nível - Fornecia informação de qual nível a produção ocorreu. Favoreceria o cálculo do teor por nível na mina, que já possuía dezoito níveis;
 - Corpo - A mina possuía corpos separados e por meio do campo "Área" era possível fazer a subdivisão automaticamente pela informação contida;
 - Subnível - Cada nível da mina era subdividido em até 4 subníveis;
 - Método - A forma com que a "Área" lavrada era retirada do SM não vinha especificada separadamente. No entanto, a informação existia, e um script durante a programação foi feito para reconhecer o método e discriminar em outro campo se a produção era proveniente da Lavra ou do Desenvolvimento. Essa informação era extremamente relevante para efeito de cálculo de diluição e porcentagem da massa proveniente de cada método;
 - Stope - Da mesma forma que o método de lavra, a informação da massa proveniente dos diferentes realces também vinha contida no campo "Área" e foi possível apresentar essa informação separadamente;
 - Lado - A lavra e o desenvolvimento na mina Cuiabá, após o emboque do desenvolvimento, ocorriam para o "Lado Direito" (LD) e "Lado Esquerdo"

(LE) e discriminar esse campo também facilitava o informe de teor e o controle de qualidade. Os teores e as espessuras dos corpos variavam de um lado para o outro;

- Bloco - A lavra no método "Corte e Enchimento" ocorria em blocos e cada qual possuía sua massa e seu teor.

A Figura 26 mostra como a mina era organizada espacialmente para cálculos de massa e teor por região conforme discriminado anteriormente.

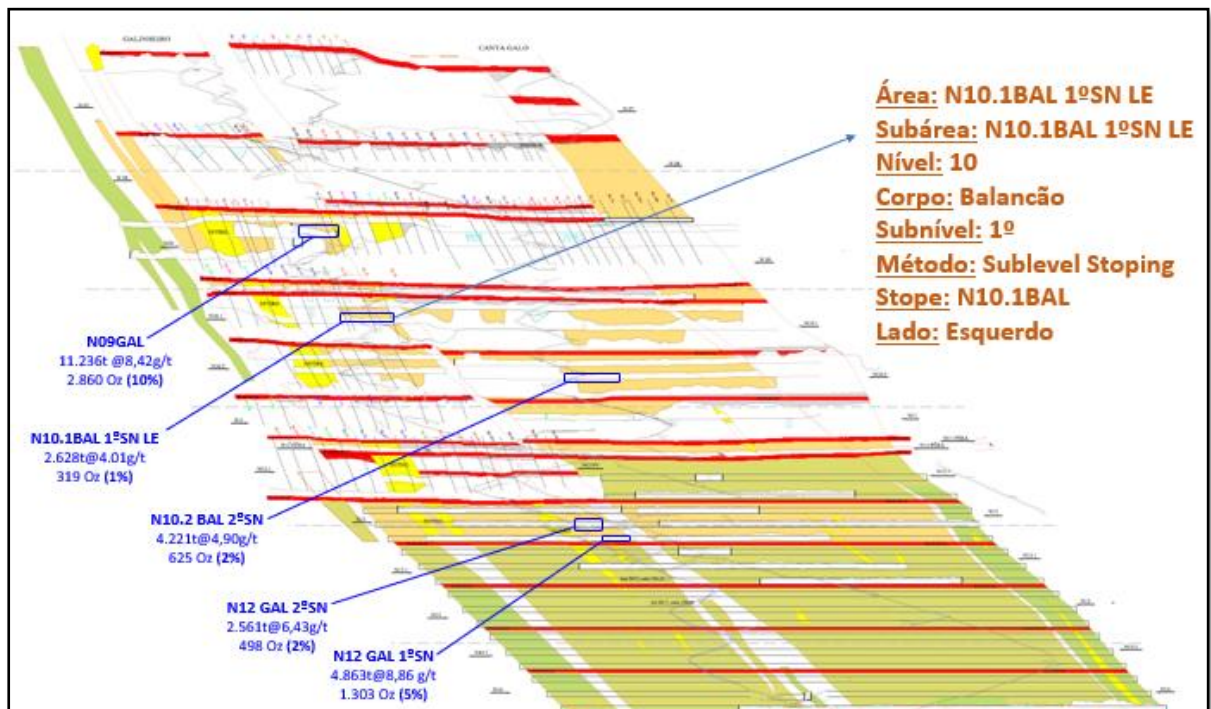


Figura 26 – Layout da Mina Cuiabá discriminando o padrão de localização e nomenclaturas

Produção Diária Planta (FEED) - Informações diretamente gerenciadas na planilha eletrônica (Figura 27

ANGLOGOLD ASHANTI	ANÁLISE DE PRODUÇÃO				MINA: CUIABA				MES: DEZEMBRO				DIAS ORÇAD. = 31			
	BUDGET				PROGRAMADO				REALIZADO				Influência de cada realce na Ton. e Teor orçados totais			
	TON.	TON	TEOR g/t		TON.	TON	TEOR g/t		TON.	TON	TEOR CORRIG.		Ton.	Var.	Teor	Var.
ACUM.	DIA	IS	ROM	ACUM.	DIA	IS	ROM	ACUM.	DIA	IS	ROM	Esperada	(%)	Esperado	(%)	
LOC A I S																
07 FONTE GRANDE SUL																
07 BALANÇO																
07 CANTA GALO								8,420	272	5,48	4,93	34,526	32,25	6,60	(8,79)	
PRODUÇÃO NIVEL 07								8,420	272	5,48	4,93		32,25		(8,79)	
08 GALINHEIRO								1,311	42	8,56	7,70	27,417	5,02	7,16	0,32	
08 BALANÇO																
08 FONTE GRANDE SUL																
08 SERROTINHO																
PRODUÇÃO NIVEL 08								1,311	42	8,56	7,70		5,02		0,32	
09 GALINHEIRO								5,291	171	12,07	10,86	31,397	20,27	7,76	7,33	
09 BALANÇO - CGA																
09 FONTE GRANDE SUL																
09 SERROTINHO																
PRODUÇÃO NIVEL 09								5,291	171	12,07	10,86		20,27		7,33	

Figura 27 – Tela ilustrativa da planilha eletrônica contendo informações de dados da planta metalúrgica utilizada como entrada de dados no novo sistema

-). Deste controle eram importados para o sistema, dados como a massa (ton) alimentada na planta, o teor de alimentação (FEED GRADE) e a recuperação do processo.

ANGLOGOLD ASHANTI	ANÁLISE DE PRODUÇÃO				MINA: CUIABA				MES: DEZEMBRO				DIAS ORÇAD. = 31			
	BUDGET				PROGRAMADO				REALIZADO				Influência de cada realce na Ton. e Teor orçados totais			
	TON.	TON	TEOR g/t		TON.	TON	TEOR g/t		TON.	TON	TEOR CORRIG.		Ton.	Var.	Teor	Var.
ACUM.	DIA	IS	ROM	ACUM.	DIA	IS	ROM	ACUM.	DIA	IS	ROM	Esperada	(%)	Esperado	(%)	
LOC A I S																
07 FONTE GRANDE SUL																
07 BALANÇO																
07 CANTA GALO								8,420	272	5,48	4,93	34,526	32,25	6,60	(8,79)	
PRODUÇÃO NIVEL 07								8,420	272	5,48	4,93		32,25		(8,79)	
08 GALINHEIRO								1,311	42	8,56	7,70	27,417	5,02	7,16	0,32	
08 BALANÇO																
08 FONTE GRANDE SUL																
08 SERROTINHO																
PRODUÇÃO NIVEL 08								1,311	42	8,56	7,70		5,02		0,32	
09 GALINHEIRO								5,291	171	12,07	10,86	31,397	20,27	7,76	7,33	
09 BALANÇO - CGA																
09 FONTE GRANDE SUL																
09 SERROTINHO																
PRODUÇÃO NIVEL 09								5,291	171	12,07	10,86		20,27		7,33	

Figura 27 – Tela ilustrativa da planilha eletrônica contendo informações de dados da planta metalúrgica utilizada como entrada de dados no novo sistema

Como parte da ideia de flexibilização e adequação à realidade de cada mina, de cada processo, a customização se fez necessária para a criação dos seguintes campos para inserção manual de dados:

- Litologia - Este campo foi inserido no banco de dados em função da necessidade de conhecimento prévio do material que estava sendo enviado para a britagem. Altas concentrações de xisto grafitoso impactavam na recuperação do ouro no processo de flotação, e esta antecipação de informação litológica colaborava com os ajustes no processo.
- Leque I - Para que a massa e o teor pudessem ser calculados em somente uma determinada parte do estope lavrado, o leque inicial deveria ser informado. O

planejamento de mina possui massa e teor de cada leque, e assim uma comparação em onças planejadas e lavradas por cada parte específica do estope poderia ser feita.

- Leque F - Usando a mesma ideia da necessidade de criação do leque inicial, o campo "Leque F" determinada o fim do intervalo desejado para cálculo de massa e teor.
- Situação - Neste campo, o usuário, no caso o geólogo responsável por controle, cálculo e divulgação do teor, alimentava o campo "Situação" objetivando informar e medir se o cálculo estava sendo feito com base em levantamentos topográficos. Quando um estope ou galeria não passavam pelo processo de topografia, os teores eram informados sem os fatores de diluição (overbreak) e sem perdas (underbreake). Este campo foi considerado de suma importância para o processo de controle de teor, e representava um indicador de gestão de eficiência topográfica. Sem a medição do que realmente foi lavrado, assumia-se que o que foi desenhado pelo planejamento, foi realmente retirado, o que na prática acontece raramente.

4.4.6 Filtros e Acesso às Informações

Durante o processo de definição dos principais KPIs a serem controlados e reportados no processo de controle de qualidade de teor, os seguintes filtros se fizeram necessários no novo sistema (Figura 28):

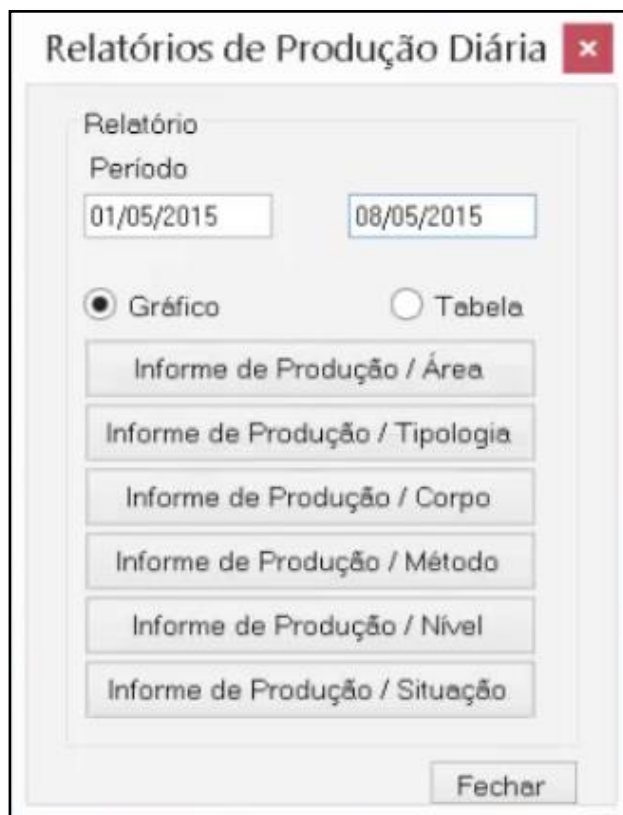


Figura 28 - Tela com os principais filtros utilizados na mina Cuiabá pelo controle de qualidade de teor.

- Informe de Produção por Área – Este indicador mostra a aderência entre as áreas com produção planejada e realizada. Auxilia na visualização da concentração da produção por localidade dentro da mina. Áreas mais próximas aos britadores eram priorizadas nos períodos de fechamento do mês, mesmo que não estivessem no plano de lavra;
- Informe de Produção por Tipologia – Este indicador aponta possíveis problemas de recuperação de minério na planta metalúrgica em função da presença do xisto grafitoso, por exemplo. Este controle dava previsibilidade para adequações prévias na planta que pudessem colaborar com o processo de retirada do ouro;
- Informe de Produção por Corpo – Uma grande concentração de lavra em corpos com mais baixo teor dentro do mês explicava piores resultados na planta. Estratégias de mudanças em função da disponibilidade de equipamentos, por exemplo, eram praticadas e explicadas pelos indicadores de produção por corpo;
- Informe de Produção por Método – Diferentes métodos de lavra possuem diferentes produtividades, e este informe de produção explicava oscilações de produção;

- Informe de Produção por Nível – A lavra em níveis mais profundos é, em sua maioria, mais complexa, contudo era possível visualizar demandas por mais infraestrutura em determinados níveis a fim de se cumprirem os planos de produção;
- Informe de Produção por Situação – Este indicador mostrava a confiabilidade das informações em função dos processos de reconciliação. Áreas reconciliadas, com levantamentos topográficos do que foi lavrado, permitiam informes de teor mais acurados, com menores discrepâncias em relação ao que era amostrado na planta;

Estes informes de produção poderiam ser obtidos através de gráficos ou tabelas. No gráfico exibido pela Figura 29 é possível visualizar a produção realizada por área (eixo horizontal) em um período desejado, juntamente com os teores de ouro e enxofre.

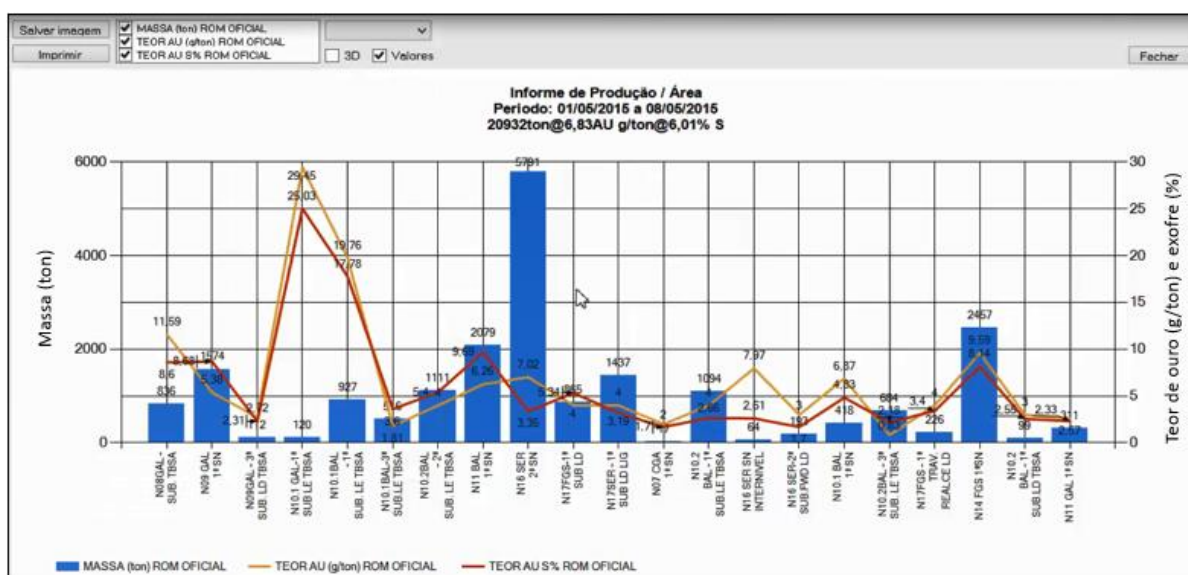


Figura 29 - Gráfico de Produção por área extraído do sistema "Controle de Produção e Gestão de Indicadores".

No eixo vertical, através das barras azuis, observa-se a produção em massa (ton), onde a linha amarela mostra o teor de ouro (g/ton) e a vermelha, enxofre (%). Neste gráfico (Figura 29) é possível visualizar de forma automática a produção no período de 7 dias, de aproximadamente 6 mil toneladas a um teor de 7,02 g/t de ouro numa frente muito importante do plano mensal (N16 SER 2º SN).

Anteriormente ao sistema, em caso de ocorrência de diferenças entre teores planejados e realizados, o levantamento de áreas onde pudessem ter ocorrido alguma diluição, por exemplo, era um processo que demandava tempo e possuía maior probabilidade de conter erros.

No caso da produção por área, o cálculo do teor (ouro e enxofre) total da produção em um determinado período era feito pela somatória da ponderação entre cada área por seu respectivo teor, dividido pela produção total no período conforme mostrado nas equações 1 e 2:

$\frac{\sum Au.ProdA}{ProdT}$	Eq (1)
-------------------------------	--------

Onde:

Au – Teor de ouro em g/t

ProdA - Produção da área no período em toneladas

ProdT – Produção total da mina no período em toneladas

$\frac{\sum S.ProdA}{ProdT}$	Eq (2)
------------------------------	--------

Onde:

S – Teor de enxofre em %

ProdA - Produção da área no período em toneladas

ProdT – Produção total da mina no período em toneladas

No caso do filtro da produção e teor (ouro e enxofre) por tipologia, por corpo, por método e por nível, os gráficos e tabelas em um determinado período eram obtidos da mesma forma que no filtro de produção por área, assim como os cálculos dos teores de ouro e enxofre.

O filtro relacionado ao informe de produção por situação é um indicador da quantidade de massa produzida reconciliada, ou seja, cujo teor calculado e informado foi feito com base em levantamento topográfico, considerando overbreak e underbreak e não somente em teores planejados.

4.5 Implantação e Desafios

O processo de desenvolvimento do novo sistema de controle de qualidade de teor e gestão de indicadores da Mina Cuiabá gerou grande expectativa por parte do corpo técnico e

gerentes. Um sistema que conseguisse acelerar o tempo de cálculo e envio de relatórios foi algo muito positivo.

Desde a percepção da necessidade de migração dos controles que envolviam várias planilhas, em vários setores, através da planilha "Teores Diários" (Figura 19) para um banco de dados único (**Error! Reference source not found.**), foram contabilizados três meses. A partir daí os controles já estavam concentrados em um só arquivo e a gestão das informações tornou-se um pouco mais organizada. Esta primeira mudança poderia ter acontecido em um prazo menor, no entanto, como vários usuários coletavam informações desta planilha "Teores Diários" através de referências a células e planilhas, a mudança foi realizada de forma gradual, até a migração completa.

Resumidamente, a Figura 30, exhibe na linha do tempo, todas as etapas pelas quais o projeto de inovação na mina Cuiabá passou em relação à inovação de controles e gestão de indicadores. Desde o levantamento da necessidade da mudança ao início de utilização do novo sistema passaram-se cerca de 12 meses. Este tempo, para um projeto de inovação na mineração, é considerado curto diante do caminho percorrido envolvendo processos e pessoas.

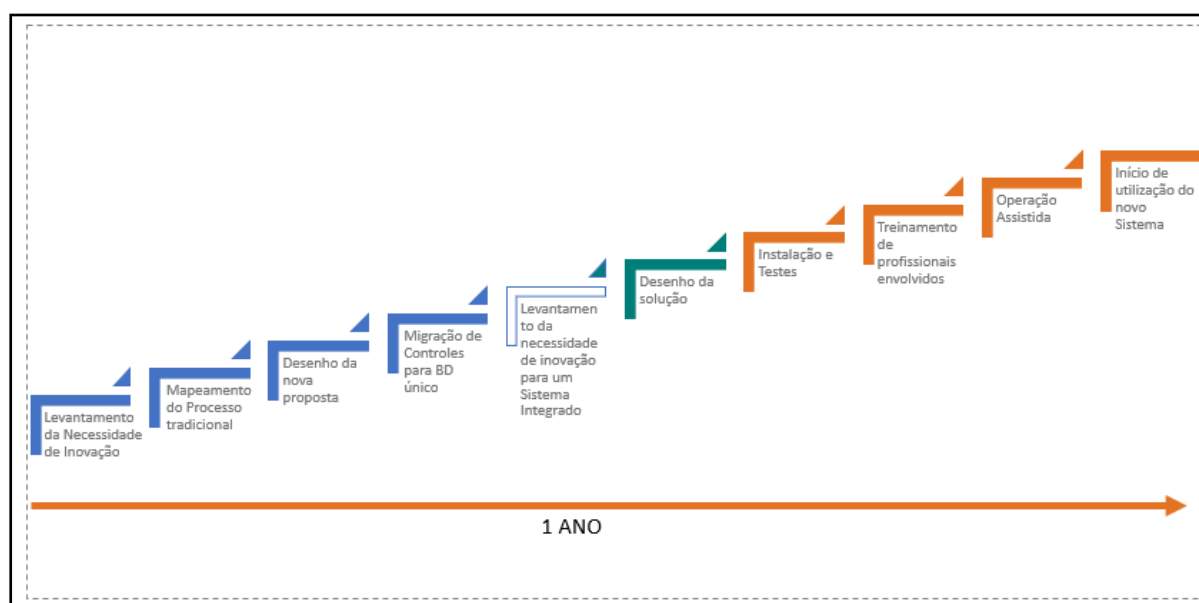


Figura 30 – Etapas do projeto desde a concepção até a implantação

4.6 Melhorias após a criação de banco de dados único e pós sistema

Após criação de um banco de dados único e concentração de informações observaram-se os seguintes ganhos:

- Menor tempo para coleta, cálculo e divulgação das informações;

- Menor quantidade de etapas e menor necessidade de pessoas no processo;
- Geólogos e Engenheiros, diante do dinamismo do processo de gestão de indicadores e do controle de qualidade, puderam se concentrar em outras atividades importantes para o processo produtivo;
- Maior integridade de dados, conseqüentemente menor risco para a informação com restrição de usuários e eliminação de redundâncias;
- De posse de informações rápidas e seguras, gestores passaram a se dispor de tempo hábil para tomada de decisões importantes;
- Inclusão de campos como informações de litologia enviada para a planta em prol da recuperação metalúrgica quando da presença de xisto grafitoso, por exemplo.

Mesmo com as melhorias de um banco de dados único, a criação de um sistema se fazia necessária e sua implantação agregou ainda mais dinamismo, segurança e eficiência no processo. Através do sistema, foram obtidos, além das melhorias citadas acima, os seguintes ganhos:

- Maior flexibilidade de arquivamento de informações antes restritas nas planilhas eletrônicas. Este fato, além de agregar segurança permitiu análises em períodos anuais, o que antes era restrito em função da quantidade de dados por planilha;
- Foram atribuídos níveis de acesso aos dados categorizando em administradores e usuários, permitindo somente aos administradores a edição (inserção e exclusão) de informações, agregando maior segurança à base de dados;
- Acesso simultâneo a vários usuários e administradores. Anteriormente, através das planilhas eletrônicas, somente um usuário de cada vez poderia manusear dados;
- Melhorias na eficácia do fluxo da informação com a instalação do sistema em todas as máquinas de todos os usuários. Anteriormente ao sistema, gerentes e engenheiros aguardavam a informação da produção por e-mail. Depois do sistema, a informação ficava disponível assim que alimentada no sistema.

Em um workshop sobre inovação composto por gerentes de todas as unidades da AngloGold Ashanti no Brasil realizado em Sabará/MG, o *Sistema Controle de Produção e Gestão de Indicadores* foi apresentado como um dos projetos inovadores da mina Cuiabá. Conforme mostrado na Figura 31, antes da implantação do sistema, já em um banco de dados

único, o processo de controle de qualidade e disponibilização dos resultados passavam pelas seguintes etapas:

1. Compilação de Dados de produção provenientes de planilhas eletrônicas do sistema de despacho (SmartMine) em outras planilhas eletrônicas;
2. Validação e checagem de dados em linhas e colunas da planilha;
3. Alimentação de informações previamente calculadas (toneladas, teor, litologia, etc.);
4. Validação dos resultados;
5. Geração de tabelas dinâmicas;
6. Geração de gráficos e seus ajustes;
7. Envio de relatórios por e-mail.

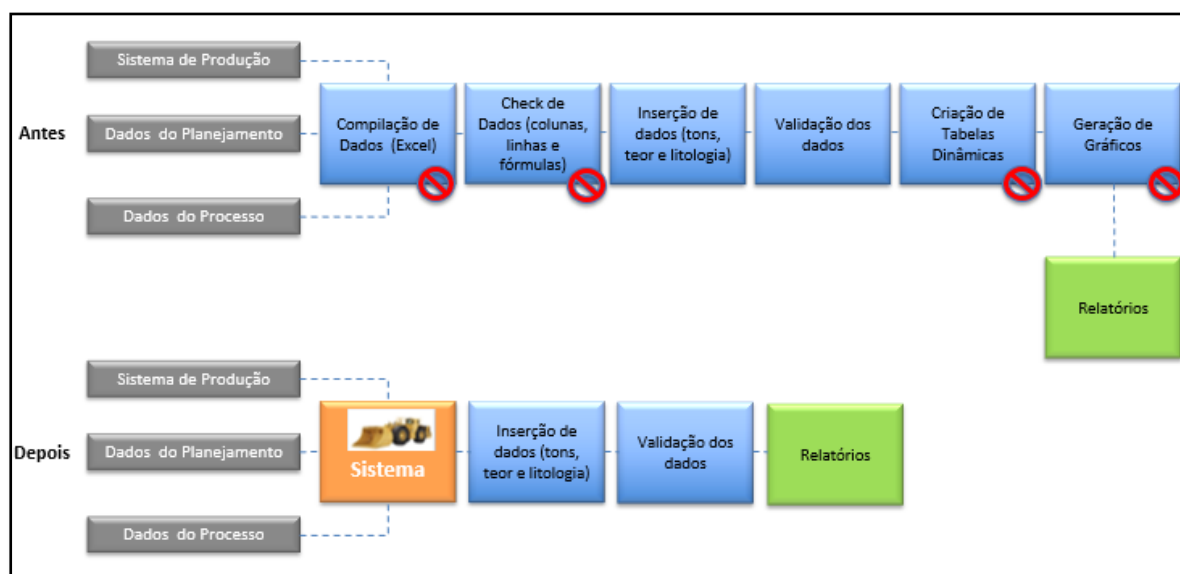


Figura 31 – Fluxo de processo apresentando as mudanças e os benefícios do novo sistema

Após implantação do sistema, segundo apresentação no WorkShop por parte da equipe de geologia da mina Cuiabá, houve uma redução de **60%** de tempo na disponibilização das informações. Dados do planejamento, produção e metalurgia puderam ser concentrados, correlacionados, validados e disponibilizados com qualidade, de forma padronizada e ágil.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

A proposta de metodologia apresentada nesta dissertação de mestrado, aliada aos benefícios adquiridos através do estudo de caso aplicado na mina Cuiabá, evidenciam a importância da inovação e automatização de processos frente a uma realidade de baixos teores e custos elevados, no caso de diversas operações de mineração atualmente. A coleta e o tratamento dos dados precisam ser dinâmicos, seguros, confiáveis e de fácil acesso e disponibilização para uma gestão compartilhada, rumo ao cumprimento de metas estabelecidas.

A geração de ideias inovadoras precisa ser motivada por parte de gestores. O que se percebe na prática, diante de uma rotina intensa de produção, é que equipes técnicas, mesmo que tenham enxergado formas de como fazer diferente, estão focadas em cumprir tarefas diárias e, portanto, o tempo para materialização de projetos se torna escasso o que acaba por resultar no arquivamento de boas ideias.

O treinamento de equipes na parte de tecnologia da informação muito colabora com os processos de inovação. No estudo de caso objeto desta dissertação, a parte de programação foi a etapa que demandou maior tempo. Isso porque o programador não entendia de processos de mineração e porque o geólogo não entendia de programação. Uma equipe técnica com conhecimentos, mesmo que básicos em TI, demandaria uma energia muito menor do que a sinergia necessária para realização do sistema entre o programador e o geólogo. A questão do custo também se enquadra neste quesito treinamento e encorajamento da equipe técnica, e está aliada ao momento da mineração.

O que se observou também com este estudo de caso, diante de várias tentativas de evolução de processos de controle de qualidade e gestão de indicadores na mina Cuiabá, foi que diferentes minas possuem diferentes processos e particularidades desde a pesquisa à produção do bem mineral. A personalização de sistemas é o caminho mais rápido e de melhor custo benefício para migração e evolução de processos, comparado à aquisição de softwares proprietários, complexos e que não permitem personalização para cada realidade.

A inovação precisa ser encorajada por parte de gestores e nem sempre a alocação de recursos é suficiente para que isto aconteça. O encorajamento, o treinamento e a motivação de equipes são a base para a melhoria contínua de organizações, frente a uma realidade de baixos teores e altos custos, e as equipes necessitam cada vez mais estar alinhadas com essa necessidade.

A criação deste sistema foi um divisor de águas em se tratando de banco de dados, acessibilidade de usuários, padronização de relatórios, risco da informação e tomadas rápidas de decisão em função do cumprimento de metas. A personalização de um sistema de gerenciamento de dados e indicadores de produção na Mina Cuiabá permitiu a desburocratização e agilidade no processo de compilação de dados de produção. Por meio da redução de 60% no tempo para disponibilização da informação, foi possível tornar relatórios mais completos em termos de análises e gráficos de acompanhamento da produção e teor, assim como agregou maior padronização e menor risco na informação.

Por meio de controles mais dinâmicos e completos, retratados em tempo hábil para gerenciamento de processos importantes e cruciais como diluição e recuperação na lavra, foi possível mudar rotinas como o aumento do levantamento topográfico de realces pós detonação para se ter conhecimento do exato teor praticado e enviado para a planta. A previsibilidade por meio de informes diários de produção colaborou com a recuperação na planta através do prévio conhecimento da mineralogia a ser enviada. Materiais carbonosos e com alto teor de enxofre necessitavam de uma preparação específica para melhoria dos processos metalúrgicos.

O novo sistema permitiu atuação na causa dos problemas e não nos efeitos por meio de ações como aumento da frequência no levantamento dos realces, evolução da qualidade da e revisão dos planos de perfuração e desmonte. Estas ações quando implantadas resultaram na diminuição da diluição e aumento da recuperação de lavra e consequentemente melhoraram a aderência na reconciliação entre os teores planejados e executados.

TRABALHOS FUTUROS

Pensando em uma evolução do sistema, um esboço de ferramentas incrementais para a mina Cuiabá foi desenhado. Além das funcionalidades existentes, mantendo o critério de uma interface intuitiva simples e de fácil visualização dos resultados, foram propostas as seguintes atualizações:

- Criação de uma tela contendo um resumo informativo, mostrando os principais pontos de atenção frente às metas estabelecidas;
- Programação de formulários para inserção dos planos de longo prazo e curto prazo diretamente no sistema ao invés de importação de planilhas eletrônicas;

- Interface direta com o sistema de despacho da mina, eliminando assim a etapa de exportação do SM e importação para o sistema de gestão;
- Criação de telas para cada área específica (Mina, Geologia e Planta);
- Melhorias de layouts de gráficos e tabelas;
- Criação de informações sobre "Reconciliação" para inserção de dados de underbreak, overbreak (diluição) e recuperação total da lavra no realce. Através destes formulários, o cálculo do teor reconciliado (com utilização de levantamento topográfico) e da massa do realce passará a ser automático. Retratos das telas do software utilizado para cálculos poderão estar disponibilizados no sistema para validação visual por parte de equipes técnicas e gestores. Esta ferramenta permitirá rastreabilidade e memórias de cálculos de reconciliação para contemplar futuras auditorias e registro de procedimentos.

REFERÊNCIAS

ABBC, 2010. **Gestão de Riscos**. Acesso em: Outubro/2018. Disponível em: <http://abbc.org.br/arquivos/risco_operacional_planilhas_2.pdf>

ACCESS, 2016. Disponível em: <<https://support.office.com/pt-br/article/v%C3%ADdeo-o-que-é-o-access-f2338765-ff59-4cfc-b8ba-74059fcb1874>>

AGA, 2018. Acesso em: Outubro/2018.
Disponível em: <<http://www3.anglogoldashanti.com.br/negocios/Paginas/Mineracao-de-Ouro.aspx>>

BARTH, K. B. **Melhoria de sistemas de medição de desempenho através do uso de painéis de controle para a gestão da produção em empresas de construção civil**. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS. 2007.

CHIEREGATI, A. C. **Reconciliação pró-ativa em empreendimentos mineiros**. Edição Revisada. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2007.

CSHARP, 2018. Acesso em: Outubro/2018.
Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework>>

DATAMINE, 2018. Disponível em: <<https://www.dataminesoftware.com/about/>>. Acesso em: Outubro/2018.

FIRICAN, G. Best Practices for Powerful Dashboards". In: **Business Intelligence Journal**. V22. 2017

FOUET, T.; RISKE, R.; MORLEY, C.; COOK, A.; CONTI, D.; CENTOFANTI, J. **Standardising the Reconciliation Factors Required in Governance Reporting**. Seventh International Mining Geology Conference. Perth, Australia. 2009.

HELDER, M. PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação na Mineração. In: Revista In The Mine. 2015. Acesso em: Outubro/2018. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/pdi-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-na-mineracao/>

HEUSER, C. A. **Projeto de Banco de Dados**. 6ª Edição. 2010

HEXAGON, 2018. Disponível em: <<https://www.hexagonmi.com/about-us/about-hexagon-manufacturing-intelligence/our-history>>. Acesso em: Outubro/2018.

IN THE MINE, 2017. Vale unifica 17 sistemas de gestão de produção. In: **Revista In The Mine**. 2017. Acesso em: Outubro/2018. Disponível em: <<https://www.inthemine.com.br/site/vale-unifica-17-sistemas-de-gestao-de-producao/>>

ISO GUIDE 73. **International Organization for Standardization**. 2009. Disponível em: <www.iso.org/standard/44651.html>. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informação Gerenciais**. 7ª Edição. São Paulo. 2007.

LAUDON, Kenneth; LAUDON, Jane K. **Sistemas de Informações Gerenciais**. 9ª Edição [S.l.]: Pearson. p. 163,164. 2010.

LIBBY, D.C. As minerações estrangeiras em Minas: o escravo e o sistema fabril. População e mão-de-obra na província de Minas Gerais. (1830-1889). São Paulo: USP, 1987, p.265-359. (Tese de Doutorado).

MICROSOFT EXCEL, 2018. Acesso em: outubro/2018. Disponível em: <<https://support.office.com/pt-br/article/especificações-e-limites-do-microsoft-excel-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3>>

MINING.COM, 2018. Acesso em: abril/2020. Disponível em: <<https://www.mining.com/featured-article/top-10-biggest-gold-mining-companies/>>

NADER, B.; TOMI, G.; PASSOS, A. O. Indicadores-chave de desempenho e a gestão integrada da mineração. In: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.65, n.4, p. 537-542. 2012.

NOGUEIRA, B. Vale investe em tecnologia da informação para melhorar desempenho. 2017. In: **Revista Mineração e Sustentabilidade**. Acesso em março de 2018. Disponível em: <<http://revistaminerao.com.br/2017/05/08/vale-investe-em-tecnologia-da-informacao-para-melhorar-desempenho/>>

PORTER, M. E., MILLAR, V. How information gives you competitive advantage. Harvard Business Review. p.149-160. 1985.

RIBEIRO-RODRIGUES, L.C; OLIVEIRA, C.G.; FRIEDRICH, G. **The Arquean BIF-hosted Cuiabá Gold deposit, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** Ore Geology Reviews, v.32, p. 543-570, 2007.

SACHS, P. F. T. **Cadeia de valor mineral e tecnologia da informação: alinhamento estratégico como gerador de eficácia em empresas de mineração.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2009.

SAP, 2018. **SAP: A 46-year history of success.** Disponível em: <<https://www.sap.com/corporate/en/company/history.1981-1990.html#1981-1990>> Acesso em Outubro/2018.

SILVA, J. J.; RAMOS, R. A.; ALVARO, A. **Curso Essencial de VBA.** 2007. Disponível em: <<https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/download/119/118>> Acesso em outubro/2018.

SNOWDEN, 2018 Acesso em: Outubro/2018.
Disponível em: <<https://snowdengroup.com/about-us/>>

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de Sistemas de Informação.** Tradução da 9ª edição norte-americana. 2010.

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de Sistemas de Informação.** Tradução da 11ª edição norte-americana. 2016.

SONDA, 2017. **Confira as 7 maiores tendências de tecnologia na mineração.** Disponível em: <<https://blog.sonda.com/tendencias-de-tecnologia-na-mineracao/>> Acesso em outubro/2018.

SQL, 2018. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2019>>. Acesso em: Outubro/2018.

YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e Classificação de Reservas Minerais.** Editora da Universidade de São Paulo. 2001.