

TAFAREL YAN

**INTERPRETAÇÃO, ANÁLISE E RECONCILIAÇÃO DOS
PARÂMETROS OPERACIONAIS EM MINAS DE OURO COM
MINERALIZAÇÃO EM VEIOS ESTREITOS**

São Paulo

2019

TAFAREL YAN

**INTERPRETAÇÃO, ANÁLISE E RECONCILIAÇÃO DOS
PARÂMETROS OPERACIONAIS EM MINAS DE OURO COM
MINERALIZAÇÃO EM VEIOS ESTREITOS**

Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas
do curso de graduação do Departamento de
Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo.

Orientador: Engenheiro Luiz Eduardo Campos
Pignatari

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina
Chieregati

**São Paulo
2019**

2991911

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

TF-2019
y15i

H 20,19m



Escola Politécnica - EPMI



31700004665

Catálogo-na-publicação

YAN, TAFAREL
INTERPRETACAO, ANALISE E RECONCILIACAO DOS PARAMETROS
OPERACIONAIS EM MINAS DE OURO COM MINERALIZACAO EM VEIOS
ESTREITOS / T. YAN -- São Paulo, 2019.
49 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.RECONCILIACAO 2.AMOSTRAGEM 3.PROGNOSTICACAO 4.OURO
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.

8991290

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Yan Xiong Jie e Zhao Hui Zhen, e ao meu irmão, Daniel Yan, pela presença e o apoio fornecido em toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, a Profa. Dra. Ana Carolina Chierigati e o engenheiro Luiz Eduardo Campos Pignatari, por todo o auxílio no desenvolvimento deste trabalho, e pela imensa paciência com o seu orientando.

À Aura Mineral, pelo projeto desenvolvido e o fornecimento de todas as informações necessárias para o término deste trabalho.

To Ellee, for your incredible patience, for your companionship, for all the sleepless nights, and for all your support during the hard times in the development of this work.

Ao Rafael Leal de Lima Leme, meu amigo, pela imensa parceria oferecida para o sucesso deste trabalho.

Aos meus amigos, Heitor Akio Kimura e Hugo Kamigashima Kohmann, pela amizade durante esta trajetória, pela companhia, e o apoio nos momentos difíceis.

À todas as pessoas incríveis que eu conheci ao longo da minha vida.

Obrigado por me tornarem esta pessoa que eu tanto me orgulho hoje.

RESUMO

A constante diminuição da disponibilidade de ouro no planeta e o aumento da sua demanda valorizou o preço internacionalmente deste metal. Esta é uma das principais razões para o surgimento de inúmeros projetos relacionados à mineração do ouro em veios estreitos. No entanto, existe uma escassez enorme em relação ao conhecimento técnico necessário para garantir o sucesso destes projetos. Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar análises dos parâmetros operacionais de uma mina de ouro, como indicadores de reconciliação, diluições e recuperação, para demonstrar a eficiência da operação. A partir dos dados históricos fornecidos pela empresa, analisou-se o comportamento de diversos parâmetros ao longo da sua produção mensal em 2 anos de operação, tanto para os realces quanto para as galerias de desenvolvimento, uma vez que ambas as partes contribuíram para a rentabilidade final do projeto. O trabalho concluiu que o sucesso do empreendimento depende não só de apenas um, mas de diversos fatores para provar a sua efetividade. Assim, mostra que uma boa prática de reconciliação é fundamental para o sucesso de qualquer mineração.

Palavras-chaves: Reconciliação proativa. Reconciliação. Diluição. Recuperação de Minério.

ABSTRACT

The constant decrease of the availability of gold in the planet and the increase in its demand raise the metal's price internationally. This is one of the main reasons for the appearance of numerous projects related to gold mining in narrow veins. However, there is a huge shortage of the technical knowledge required to ensure the success of these projects. Thus, this paper aimed to analyze the operational parameters of a gold mine, such as reconciliation, dilution and ore recovery, to demonstrate the efficiency of the operation. From the historical data provided by the company, the behavior of several parameters was analyzed throughout its month production in 2 years of operation, for both stopes and development galleries, as both parties contributed to profitability of the project. The paper concluded that the project's success depends not only on one, but on several factors to prove its effectiveness. Thus, it shows that a good reconciliation practice is critical to the success of any mining project.

Key words: Proactive reconciliation. Reconciliation. Dilution. Ore recovery.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização da área de estudo
- Figura 2 - Esboço geológico do depósito Pau a Pique
- Figura 3 - Ilustração esquemática da sequência de lavra pelo AVOCA
- Figura 4 - Esquema do processo de reconciliação
- Figura 5 - Ilustração das etapas do modelo de reconciliação proativa
- Figura 6 - Diluição interna e externa dentro de um bloco de lavra
- Figura 7 - Modelo de bloco lavrado na mina PPQ
- Figura 8 - Vistas das seções transversais da detonação no realce
- Figura 9 - Vistas das seções transversais da detonação no desenvolvimento
- Figura 10 - Indicadores de reconciliação para os realces
- Figura 11 - Conjunto de *Mine Call Factors* calculados para os realces
- Figura 12 - Indicadores de reconciliação para o desenvolvimento
- Figura 13 - Conjunto de *Mine Call Factors* calculados para o desenvolvimento
- Figura 14 - Diluições e recuperações dos realces
- Figura 15 - Diluições e recuperações no desenvolvimento

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis que influenciam na reconciliação

Tabela 2 - Parâmetros utilizados para implantação dos modelos

Tabela 3 - Massas de ouro nos realces

Tabela 4 - Massas de ouro no desenvolvimento

Tabela 5 - Teores de ouro nos realces

Tabela 6 - Teores de ouro no desenvolvimento

LISTA DE ABREVIATURAS

MCF: Mine Call Factor

EPP: Ernesto Pau a Pique

PPQ: Pau a Pique

MM: Mine Model

MP: Mine Planning

MO: Mine Operation

MR: Mine Reconciliation

PR: Plant Reconciliation

RMU: Reconcilable Mining Unit

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	11
1.1. INTRODUÇÃO	11
1.2. OBJETIVOS	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. ÁREA DE ESTUDO	13
2.2. MÉTODO DE LAVRA BENCH AND FILL	16
2.3. RECONCILIAÇÃO	17
2.3.1. Reconciliação Reativa	19
2.3.2. Reconciliação Proativa	20
2.4. DILUIÇÃO E RECUPERAÇÃO	21
2.4.1. Diluição	21
2.4.2. Recuperação	22
2.4.3. Diluição e Recuperação na Mineração PPQ	23
3. METODOLOGIA	25
3.1. CONCEITUAÇÃO DO RMU	25
3.2. DADOS DO PROJETOS	26
4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	31
4.1. RECONCILIAÇÃO	31
4.1.1. Reconciliação para os Realces	31
4.1.2. Reconciliação das Galerias de Desenvolvimento	34
4.2. DILUIÇÃO E RECUPERAÇÃO	36
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO A - DADOS OPERACIONAIS FORNECIDOS PELA AURA MINERALS	43

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. INTRODUÇÃO

Com a constante diminuição da disponibilidade do ouro no planeta e o aumento da demanda ao longo do tempo, é esperado haver um aumento no preço do ouro internacionalmente. Em resposta a essa demanda, nota-se o surgimento de inúmeros projetos relacionados à mineração de ouro em veios estreitos. Porém, o grande problema relacionado a esses projetos é a ausência de uma interpretação adequada dos indicadores tecnológicos de lavra em minas subterrâneas. Este problema ocasionou inúmeros insucessos em inúmeros casos no Brasil e no mundo.

Um dos grandes fatores relacionados a esses insucessos está relacionado com as práticas inadequadas de reconciliação, que consistem na comparação entre as quantidades e teores de minério estimados pelos modelos de jazida, e as quantidades e teores de minério produzidos nas usinas de beneficiamento. Devido à existência de grandes discrepâncias observadas nesses valores para várias minas de ouro no mundo, faz-se necessária a adoção de medidas para minimizar esse problema, como a reconciliação.

Historicamente, a prática da reconciliação tem sido realizada de maneira reativa, comparando-se os valores de produção com os valores estimados pelos modelos e aplicando-se fatores, tais como o *mine call factor* (MCF), com o intuito de melhorar a previsão do desempenho de uma operação. Porém, segundo Morley (2003), a prática correta da reconciliação deve ser feita de maneira proativa, identificando constantemente as causas das variâncias observadas e modificando as metodologias de coleta de dados dos processos, com o intuito final de reduzir as discrepâncias dos valores até um nível aceitável.

O alvo de pesquisa deste trabalho, a mineração Pau e Pique (PPQ), está localizada no sudoeste do Mato Grosso e é operada pela Aura Minerals atualmente. Após um início de operação muito difícil em 2011, foram realizados inúmeros trabalhos de conhecimento da jazida, a fim de poder viabilizar o projeto. A operação foi paralisada no final de 2014, vendida para outra empresa, e retomada em 2017. Em 2018, o empreendimento finalmente pôde atingir um *superávit* operacional, com previsão de uma produção viável nos próximos 3 anos.

1.2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise da eficiência da mineração de Pau a Pique (PPQ), em relação à seus parâmetros desempenho, como indicadores de reconciliação, diluições, e recuperação, utilizando os dados históricos da mineração nos anos de 2018 e 2019 fornecidos pela empresa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

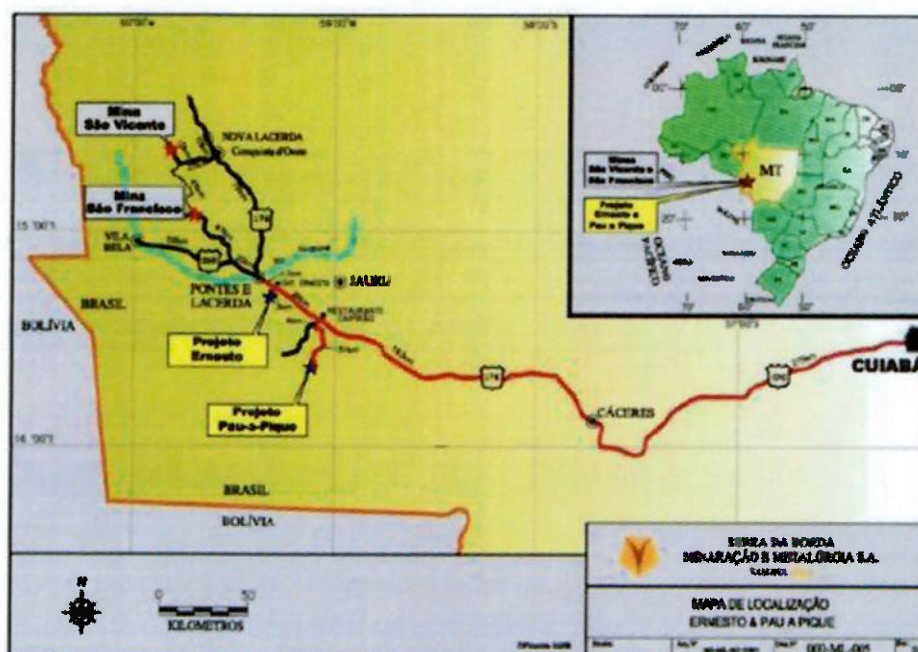
2.1. ÁREA DE ESTUDO

O projeto EPP, originalmente de titularidade da Yamana Gold (Serra da Borda Mineração e Metalurgia S/A), composto pelos depósitos Lavrinha, Ernesto, e Pau a Pique, localiza-se próximo ao município de Pontes e Lacerda, a cerca de 450km a oeste de Cuiabá/MT, ilustrado na Figura 1.

Os depósitos de Ernesto e Lavrinha são contíguos, próximos Pontes e Lacerda (cerca de 2 km). O depósito de Pau a Pique está localizado a aproximadamente 47 km a sudoeste de Ernesto e pode ser alcançado por uma estrada de terra paralela à BR-174. Atualmente, o projeto EPP é propriedade da Aura Minerals.

As pesquisas realizadas neste trabalho se concentram em uma das áreas do projeto EPP, a área de Pau a Pique (PPQ).

Figura 1 - Localização da área de estudo

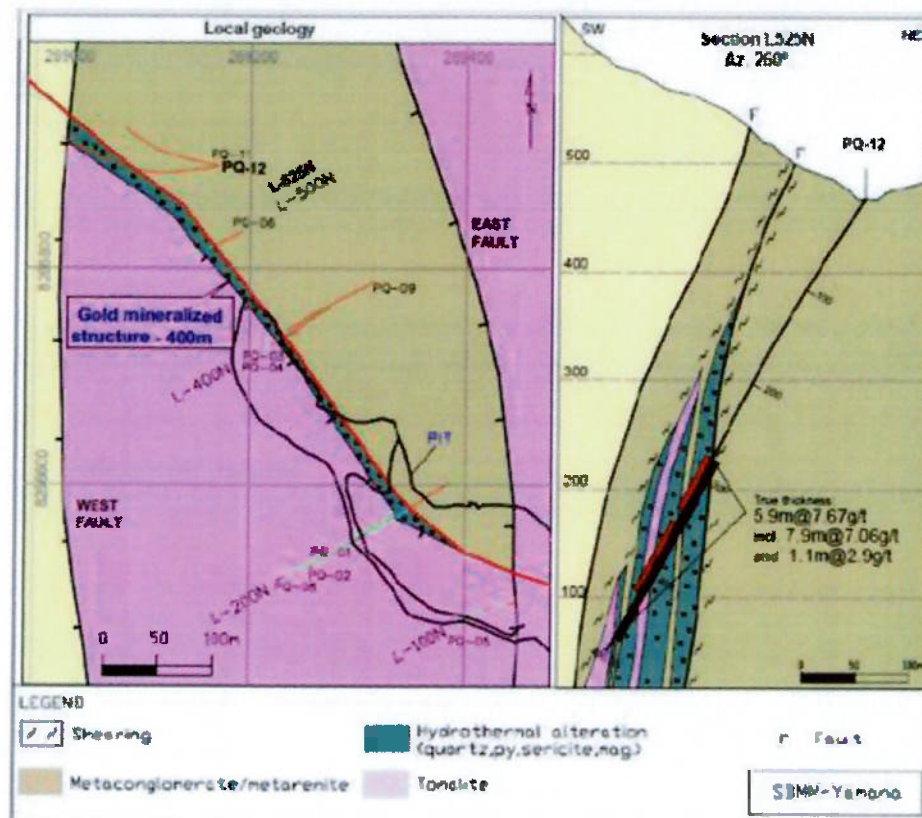


Fonte: Pignatari (2018 *apud* P&E Mining, 2016)

Dentro da a área de Pau a Pique, no passado, ocorreu uma exploração garimpeira durante o século XVIII, com as atividades iniciadas já na década de 1980, nos aluviões e coluviões em torno do depósito. A atividade ocorre até hoje em pequena escala, na forma de cooperativa. Na década de 90, a Mineração Itapuã desenvolveu um poço e algumas pequenas galerias. A exploração foi realizada pela Yamana Gold durante o período de 2005-2006, incluindo amostragem geológica, de canal e de face de zonas mineralizadas expostas por garimpeiros. (Pignatari 2018 *apud* P&E Mining, 2016).

O depósito de PPQ está situado no Cinturão Aguapeí do Médio Proterozóico (cerca de 1 bilhão de anos - GERALDES et al. 2001 *apud* P&E MINING, 2016) e é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Esboço geológico do depósito Pau a Pique



Fonte: Pignatari (2018 *apud* P&E Mining, 2016)

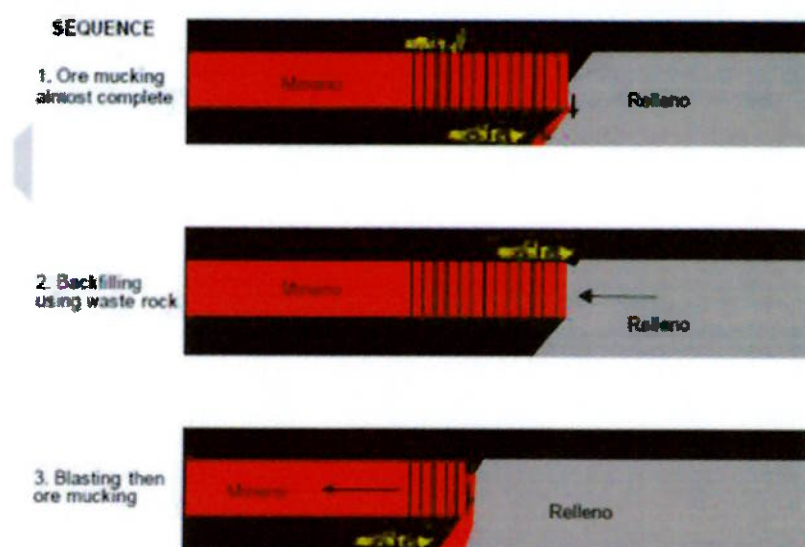
O grupo Aguapeí na área de Pau a Pique é estruturalmente marcado por falhas reversas, dobras isoclinais e forte lavagem axial penetrativa, muitas vezes crenuladas. O depósito ocorre em estreita associação com o contato do embasamento metatonalítico e os metassedimentos do Grupo Aguapeí sobrejacentes. O tonalito é metamorfoseado com uma estrutura folheada, mas preservando a textura original ígnea. Forte alteração hidrotermal e mineralização de ouro ocorrem em associação do menor contato do Grupo Aguapeí com o embasamento subjacente.

2.2. MÉTODO DE LAVRA *BENCH AND FILL*

Para a mineração de ouro em veios estreitos, como é o caso do depósito PPQ, a escolha do método de lavra considerou a geometria, a resistência e estabilidade do maciço para obter o método mais adequado. Por conta das condições desfavoráveis desta mineração, como a friabilidade da rocha encaixante, e a alta variabilidade dos teores de ouro na direção de lavra do corpo, resultou na escolha do método *Bench and Fill*, utilizado tanto na abertura dos poços, nos túneis, e nas galerias do empreendimento.

Segundo Pignatari (2018), o método de lavra *Bench and Fill*, também conhecido como AVOCA, é um método que necessita de, no mínimo, 2 subníveis (superior e inferior) em relação ao bloco de minério para operar. No nível superior, o espaço livre criado pela detonação é preenchido aos poucos, enquanto no nível inferior, é realizado a lavra utilizando equipamentos de carga. Neste esquema, os realces são lavrados em recuo, iniciando nos subníveis inferiores da mina, até os níveis superiores, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Ilustração esquemática da sequência de lavra pelo AVOCA



Fonte: Pignatari (2018)

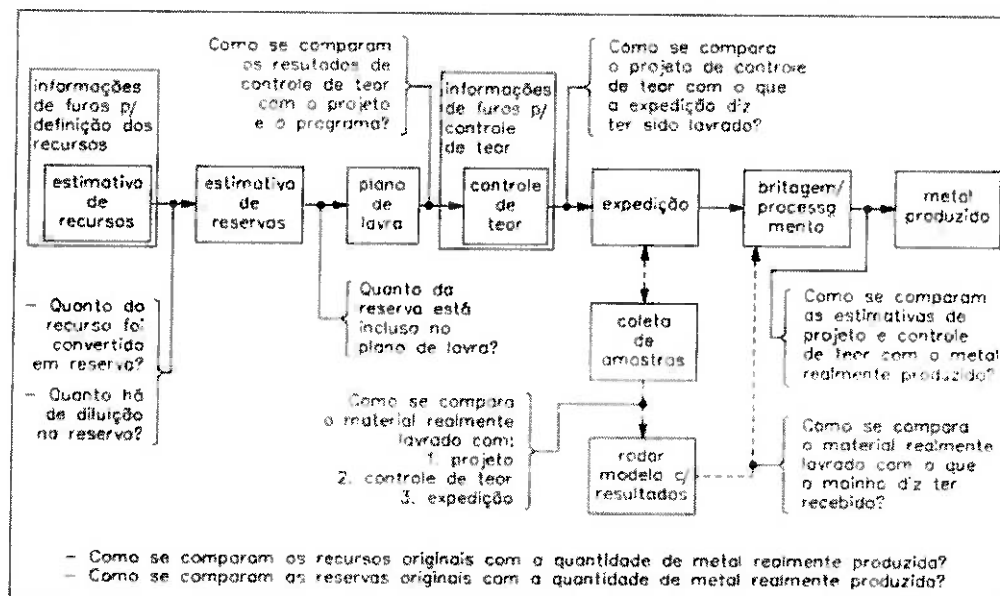
2.3. RECONCILIAÇÃO

No contexto da indústria mineral, reconciliação pode ser definida como a comparação entre uma estimativa (modelo de recursos, modelo de reservas, modelo de controle de teor) e uma medição (produção oficial da usina de beneficiamento ou da metalurgia) (CHIEREGATI, 2007). Segundo Morley (2003), os principais objetivos da reconciliação são:

1. Medir o desempenho da operação com base nas metas iniciais.
2. Garantir uma avaliação acurada dos ativos minerais.
3. Confirmar a eficiência das estimativas de massa e teor.
4. Fornecer indicadores de desempenho (em especial para o controle de teor).

Quando realizada de forma sistemática, afirma Morley & Thompson (2006), o processo de reconciliação identifica problemas de estimativa de teores e massa, amostragem, métodos de lavra, no processo e uma série de outros problemas técnicos.

Figura 4 - Esquema do processo de reconciliação



Fonte: Modificada de Morley (2003) por Chierigati (2007)

A Figura 4 esquematiza um processo que Morley (2003) define como “reconciliação proativa”. Ela consiste em responder diversas perguntas críticas que são feitas em cada etapa de operação do empreendimento mineiro. Usando uma análise mais estas respostas ser utilizadas para melhorar as estimativas de um processo iterativo.

As respostas que não são favoráveis a qualquer umas das perguntas indicam a necessidade de realizar análises adicionais, com o intuito de identificar as causas das variâncias observadas. Segundo Pitard (2001), diversas são as causas que influenciam na reconciliação, e são indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis que influenciam na reconciliação

CAUSAS	VARIÁVEIS
MODELO GEOLÓGICO	- efeito pepita <i>in situ</i> real - erros de amostragem e sub-amostragem - erros analíticos - erros de estimativa - rejeição excessiva de <i>outliers</i> - resultados da metodologia de estimativa - suposições da densidade do minério - definição dos limites do minério
MODELO DE CONTROLE DE TEOR	- efeito pepita <i>in situ</i> - erros de amostragem e sub-amostragem - erros analíticos - furos de desmonte paralelos à mineralização - resultados da metodologia de krigagem e cálculo da média - contorno do teor do minério - métodos de amostragem não acurados
LAVRA	- modelo de lavra paralelo para cruzar a mineralização - deslocamento dos limites da mineralização sobre desmonte - métodos de amostragem não acurados - métodos de transporte por caminhão não acurados - perda de finos - estimativa de massa diluição
USINA	- retenção de metal dentro do moinho - métodos de análise não acurados - ciclos do processo desconhecidos ou mal interpretados - calibração dos medidores de massa e de fluxo - sub-amostragem de laboratório inadequada - reconciliação calculada para períodos muito curtos de tempo

Fonte: Modificado de Pitard (2001) por Chieragati (2007)

Cada variável da Tabela 1 é analisada individualmente, com o objeto de permitir a tomada de ações corretivas para minimizar a diferença entre os valores estimados e os valores reais.

Portanto, a reconciliação pode ser vista como um método de validação das estimativas dos modelos de reservas e de controle de teor, permitindo o replanejamento das práticas inadequadas de amostragem, modelagem, planejamento e lavra, e o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a eficiência das operações (OMEGA GEO-CONSULTING, 2005). Deste modo, (Noppé (2004) reafirma que é possível resumir o conceito de reconciliação em três palavras: "medir, controlar e melhorar".

2.3.1. Reconciliação Reativa

Normalmente, uma prática comum, porém considerada reativa de medir a reconciliação, é dividir o teor de metal produzido pelo teor estimado pelos modelos e calcular o fator MCF (*Mine Call Factor*). Esse valor é utilizado em futuras estimativas do modelo, e procura melhorar a previsão de desempenho do processo.

Entretanto, essa não é uma melhor prática existente de reconciliação. A meta, para qualquer reconciliação, não é produzir fatores para consertar estimativas, e sim, facilitar ajustes nos procedimentos de modo que os resultados não ultrapassem dos limites admissíveis.

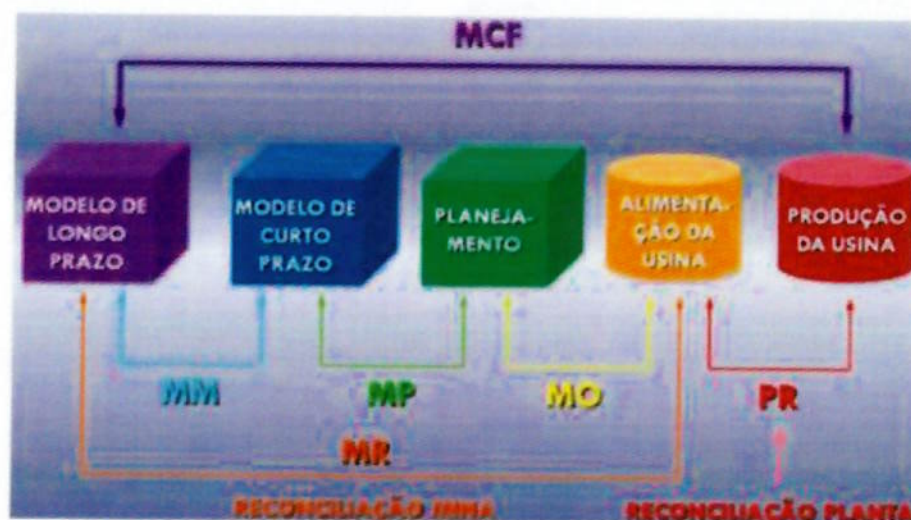
2.3.2. Reconciliação Proativa

Segundo Morley (2003) A reconciliação proativa é uma alternativa à reconciliação reativa e consiste na coleta e análise de dados críticos. Estes dados são usados para calibrar as estimativas em um processo iterativo. Os erros obtidos na análise são avaliados para tornar possível o uso de medidas corretivas para assegurar a diferença mínima entre os valores estimados e os reais. Assim, as estimativas se transformam em previsões e podem se tornar uma ferramenta poderosa auxiliar para tomar as decisões do presente. Portanto, a reconciliação proativa é uma ferramenta para corrigir a forma como os dados são coletados e não apenas consertar estimativas por meio da aplicação de fatores.

Neste novo modelo de reconciliação, Chierigati et al. (2011) esquematizou um modelo utilizando os indicadores associados, como ilustrado na Figura 5. Neste esquema, os fatores operam de modo a ilustrar o desempenho de cada etapa da mineração utilizando os indicadores:

- MCF (*Mine Call Factor*) indica a previsibilidade do modelo de longo-prazo.
- MM (*Mine Model*): indica a consistência do modelo de longo-prazo.
- MP (*Mine Planning*): indica a utilidade do modelo de curto-prazo para o planejamento.
- MO (*Mine Operation*): indica o desempenho da operação da lavra.
- MR (*Mine Reconciliation*): indica a qualidade das estimativas do modelo de longo-prazo.
- PR (*Plant Reconciliation*): indica o desempenho da operação de beneficiamento.

Figura 5 - Ilustração das etapas do modelo de reconciliação proativa



Fonte: Chieregati et al. (2011)

Cada indicador é calculado dividindo-se o valor da variável escolhida (massa ou teor) de uma etapa pelo valor da anterior.

2.4. DILUIÇÃO E RECUPERAÇÃO

2.4.1. Diluição

A diluição pode ser definida como a razão entre a quantidade de estéril lavrada e a quantidade total de minério e estéril lavrada (EBRAHIMI, 2013). Essa fórmula pode ser expressada como:

$$Diluicao = \frac{Esteril}{Esteril + Minerio}$$

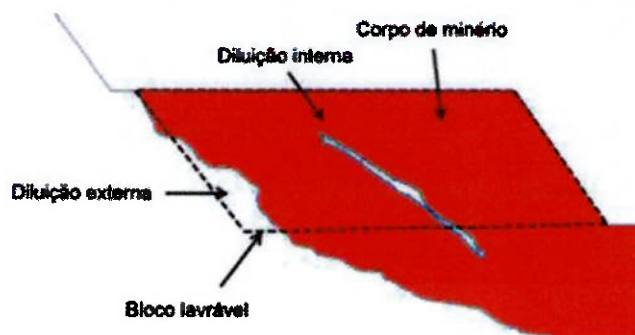
Segundo Ebrahimi (2013), a diluição pode ocorrer de duas formas diferentes: diluição interna e diluição externa.

A diluição interna ocorre quando há porções de estéril ou minério de baixo teor que não podem ser separadas dentro do bloco lavrado. Esse tipo de diluição é muito difícil, senão impossível, de ser evitada e a quantidade de diluição é diferente para cada tipo de depósito.

Já a diluição externa, varia de acordo com a geologia, a forma do corpo de minério, as técnicas de desmonte, a dimensão da operação e o tamanho do equipamento. O autor ressalta que este tipo de diluição é mais fácil de ser controlada, utilizando bons equipamentos e boas práticas da lavra.

Para facilitar o entendimento, o autor esquematiza os dois tipos de diluição na Figura 6:

Figura 6 - Diluição interna e externa dentro de um bloco de lavra



Fonte: traduzido de Ebrahimi (2013)

2.4.2. Recuperação

Segundo Crawford (2004), a recuperação é comumente relacionada à diluição como variáveis de significados opostos. Todo o material esperado no modelo planejado e não foi possível de ser lavrado é minério perdido.

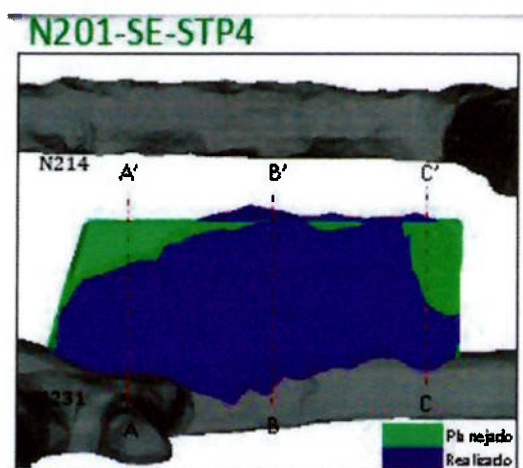
Em certos métodos de lavra, para obter uma alta recuperação, é necessário incluir minério contaminado com a sua rocha encaixante, o que aumenta a diluição do bloco lavrado. Em contrapartida, métodos de lavras mais seletivos podem reduzir a diluição do bloco lavrado, mas também implicam em uma menor recuperação.

2.4.3. Diluição e Recuperação na Mineração PPQ

Dentro do contexto da mineração PPQ, as diluições e as recuperações são identificadas e registradas após cada detonação. Cada bloco lavrado é registrado como mostra a Figura 7, e são feitos 3 cortes transversais em cada para ilustrar a vista lateral destes cortes, como mostra a Figura 8 (Realce) e a Figura 9 (Desenvolvimento). Cada região é identificada por uma cor:

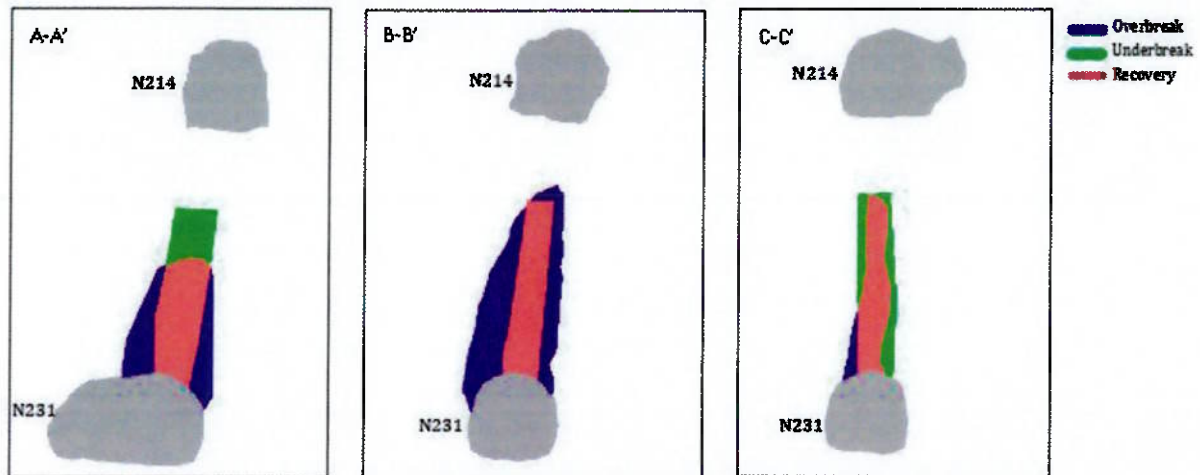
- Rosa (*Recovery*): região detonada dentro do planejado;
- Verde (*Underbreak*): região planejada não detonada;
- Azul (*Overbreak*): região detonada em excesso.

Figura 7 - Modelo de bloco lavrado na mina PPQ



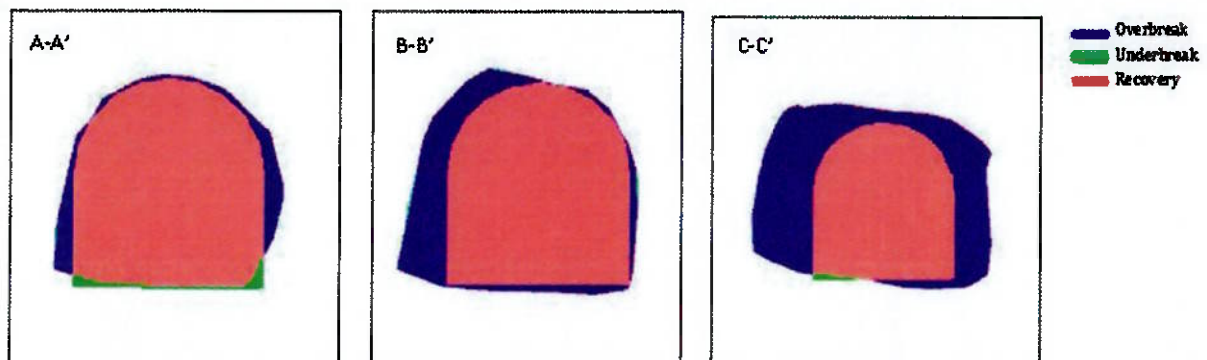
Fonte: Fornecida pela empresa

Figura 8 - Vistas das seções transversais da detonação no realce



Fonte: Fornecida pela empresa

Figura 9 - Vistas das seções transversais da detonação no desenvolvimento



Fonte: Fornecida pela empresa

De um modo geral, os cortes mostram que o material lavrado é maior do que o planejado, como mostra as regiões em cor azul das figuras. Isto ocorre por conta do uso de explosivos, e a quantidade de material acima do planejado resulta em sua diluição. Tanto o minério quanto a rocha encaixante são rocha friáveis, o que as tornam mais propensas para a quebra por conta da detonação.

3. METODOLOGIA

3.1. CONCEITUAÇÃO DO RMU

Antes de descrever os dados propriamente ditos, é importante ressaltar que, para a coleta dos dados do trabalho proposto, foi utilizado o conceito de Unidade Reconciliável de Lavra ou RMU (*Reconcilable Mining Unit*), proposto por Pignatari (2018). Segundo o autor, RMU é definido como a construção de um modelo de bloco diluído em rochas estéreis, e tenta reproduzir as condições mais condizentes propostas e assumidas da mineração estudada. A versatilidade do RMU se dá pela sua possibilidade de ser tanto lavrada quanto reconciliada com as etapas seguintes do modelo de reconciliação.

Este conceito possui grande importância para o estudo, dado que é a base utilizada para o cálculo e a análise dos recursos estudados dentro da área PPQ. Isto torna possível a utilização da porção mineral encontrada na mineração em sua forma natural, em uma unidade possível de ser quantificada para futuro estudo e planejamento, assim como a sua posterior extração.

Para este projeto, a equipe de geologia da Aura Minerals implantou os modelos de longo prazo e os de curto prazo utilizando os seguintes parâmetros:

Tabela 2 - Parâmetros utilizados para implantação dos modelos

Parâmetros	Longo Prazo	Curto Prazo
Espaçamento da malha	25 m	12,5 m x 15 m + canais
Elipsóide de Busca	28 m x 14 m x 4 m	14 m x 7 m x 2 m
Blocos	3 m x 3 m x 3 m	1 m x 1 m x 1 m

Fonte: Modificado de Pignatari (2018)

3.2. DADOS DO PROJETOS

Como procedimento padrão da empresa, são feitas planilhas anuais de dados de produção. Estes dados registram mensalmente a quantidade compreendida para cada RMU, atribuindo um código específico para cada. Elas também são classificadas pela sua finalidade (desenvolvimento da galeria ou realce). A planilha fornecida pela empresa engloba todas as etapas de mineração:

- Recurso de Longo Prazo (ou Modelo de Longo Prazo);
- Recurso de Curto Prazo (ou Modelo de Curto Prazo);
- Planejado (ou Planejamento);
- Lavrado (ou Alimentação da Usina);
- Planta (ou Produção da Usina).

Para cada uma das etapas da mineração, foi registrado o valor da tonelagem de minério, a quantidade de onças de ouro e o teor de minério. Esses dados foram, formatados, processados e organizados, e o resultado está no Anexo A.

Para facilitar o entendimento e a visualização, novas tabela foram construídas para cada finalidade e, para observar a evolução, agrupou-se os valores em relação ao seu mês de produção, como é possível observar nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Massas de ouro nos realces

Mês/Ano	Recurso de Longo Prazo (onças)	Recurso de Curto Prazo (onças)	Planejado (onças)	Lavrado (onças)	Planta (onças)
jan.-18	1.308	1.490	1.393	1.320	1.247
fev.-18	904	1.966	1.859	1.575	1.677
mar.-18	1.630	1.969	1.922	1.088	927
abr.-18	457	913	610	560	517
mai.-18	783	1.060	841	947	722
jun.-18	179	635	627	627	487
jul.-18	886	1.453	1.418	1.376	1.189
ago.-18	838	960	901	921	844
set.-18	1.123	1.319	1.237	1.212	1.060
out.-18	1.110	1.415	1.341	1.323	1.187
nov.-18	1.137	2.047	2.006	1.806	1.422
dez.-18	1.275	3.387	3.263	3.318	2.912
jan.-19	1.321	1.321	1.185	1.259	1.196
fev.-19	1.873	1.873	1.650	1.685	1.199
mar.-19	1.552	1.552	1.419	1.457	1.225
abr.-19	1.507	1.506	1.349	1.335	940
mai.-19	833	835	779	841	776
jun.-19	777	734	653	618	271
jul.-19	1.799	1.579	1.534	1.574	1.289
ago.-19	991	992	670	738	477
set.-19	1.056	1.121	603	664	491

Fonte: elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

Tabela 4 - Massas de ouro no desenvolvimento

Mês/Ano	Recurso de Longo Prazo (onças)	Recurso de Curto Prazo (onças)	Planejado (onças)	Lavrado (onças)	Planta (onças)
jan.-18	0	95	95	100	94
fev.-18	3	6	6	7	7
mar.-18	104	249	249	319	272
abr.-18	283	797	797	832	768
mai.-18	319	848	848	904	690
jun.-18	87	1.154	1.154	1.194	928
jul.-18	211	807	811	853	738
ago.-18	316	522	445	453	416
set.-18	1	366	334	327	286
out.-18	1.043	948	601	671	603
nov.-18	157	344	344	306	236
dez.-18	34	198	198	198	174
jan.-19	119	119	119	119	112
fev.-19	24	51	51	48	34
mar.-19	34	51	51	51	44
abr.-19	448	372	295	305	215
mai.-19	470	468	346	379	346
jun.-19	381	490	246	305	62
jul.-19	688	793	536	525	437
ago.-19	236	468	290	311	198
set.-19	43	109	286	175	139

Fonte: elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

Nas Tabelas 3 e 4, escolheu-se utilizar apenas o número de onças do minério de ouro, pois no modelo de reconciliação proposto, a massa de ouro é a variável de interesse. Os teores de ouro, como ilustrado nas Tabelas 5 e 6, por sua vez, foram recalculados utilizando a seguinte fórmula:

$$Teor(g/t) = \frac{Massa\ de\ Ouro(onças) \times 31,10348}{Massa\ de\ Minério(t)}$$

Tabela 5 - Teores de ouro nos realces

Mês/Ano	Teor no Curto Prazo (g/t)	Teor Planejado (g/t)	Teor Lavrado (g/t)
jan.-18	3,75	3,73	2,91
fev.-18	4,61	4,40	3,45
mar.-18	4,08	3,51	3,35
abr.-18	1,92	1,95	1,92
mai.-18	3,77	3,55	2,95
jun.-18	9,10	5,13	4,40
jul.-18	4,87	3,93	3,74
ago.-18	3,32	2,81	2,53
set.-18	4,69	3,83	3,25
out.-18	3,95	3,50	2,79
nov.-18	3,89	4,27	3,31
dez.-18	4,96	5,17	4,75
jan.-19	3,58	3,90	3,00
fev.-19	4,59	4,27	3,55
mar.-19	4,56	4,01	3,20
abr.-19	3,45	3,35	3,28
mai.-19	2,56	2,12	1,92
jun.-19	3,81	2,78	2,02
jul.-19	6,82	5,61	4,17
ago.-19	5,56	4,65	3,53
set.-19	4,69	4,17	3,38

Fonte: elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

Tabela 6 - Teores de ouro no desenvolvimento

Mês/Ano	Teor no Curto Prazo (g/t)	Teor Planejado (g/t)	Teor Lavrado (g/t)
jan.-18	3,86	2,34	2,43
fev.-18	0,76	0,58	0,78
mar.-18	2,58	2,19	2,38
abr.-18	4,96	4,07	3,82
mai.-18	4,07	2,96	2,82
jun.-18	4,25	3	3
jul.-18	5,49	3,19	3,15
ago.-18	3,69	2,24	2,04
set.-18	2,24	1,9	1,69
out.-18	5	4,19	3,89
nov.-18	4,38	2,86	2,07
dez.-18	4,25	1,96	1,59
jan.-19	4,44	1,39	1,23
fev.-19	3,9	1,2	0,96
mar.-19	4,79	1,74	1,62
abr.-19	2,48	1,77	1,63
mai.-19	4,16	1,94	1,75
jun.-19	3,81	1,37	1,99
jul.-19	3,39	3,08	2,86
ago.-19	4,14	2,57	2,21
set.-19	2,17	3,09	2,07

Fonte: elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

É importante ressaltar que o cálculo do teor foi feito apenas para os modelos de curto prazo, planejamento, e o lavrado, pois estas variáveis serão utilizadas posteriormente para o cálculo da diluição e recuperação.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

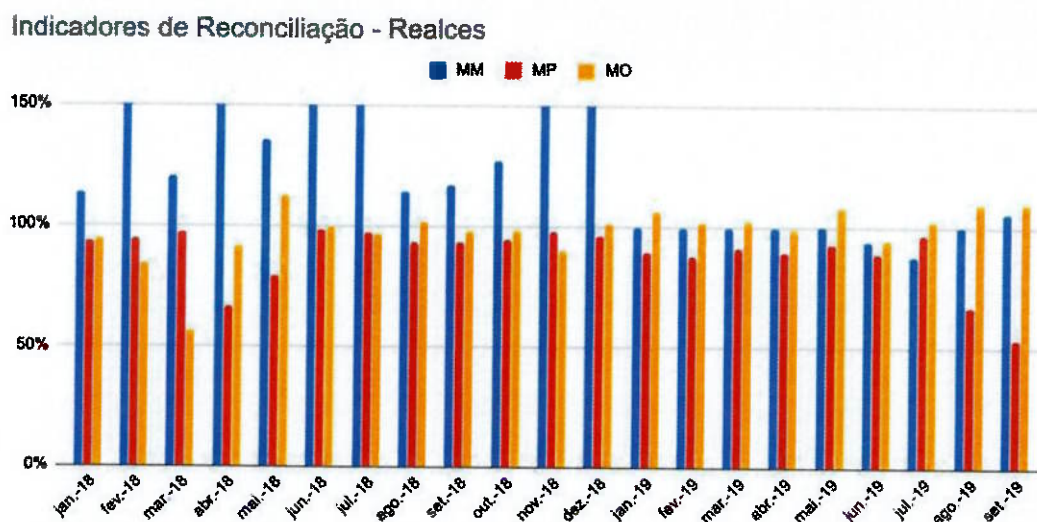
4.1. RECONCILIAÇÃO

Utilizando os conceitos abordados de reconciliação na Seção 3.2.2, foi calculado os indicadores de reconciliação, tanto para os realces quanto para as galerias de desenvolvimento.

4.1.1. Reconciliação para os Realces

O realce é a parte que contém o bloco de minério a ser lavrado. Por esta razão, é esperado um comportamento mais consistente dos seus indicadores em relação às galerias de desenvolvimento. Os indicadores de reconciliação foram calculados utilizando a Tabela 3 e construiu-se o gráfico na Figura 10, utilizando os fatores MM, MP, e MO. O intuito deste gráfico é observar a eficiência da lavra.

Figura 10 - Indicadores de reconciliação para os realces



Fonte: elaboração própria

Deste gráfico, é possível observar diversos valores do indicador MM extrapolando 100% nos meses de 2018. Isto mostra que os modelos de longo prazo foram subestimados naquele ano em relação aos modelos de curto prazo, apresentado valores inferiores de conteúdo metálico de ouro.

De uma maneira geral, os indicadores MP e MO possuem um comportamento relativamente constante ao longo dos meses, mantendo os seus valores em torno de 100%. Isto demonstra uma grande fidelidade dos modelos em relação às etapas da mineração. A constância no indicador MP mostra que os modelos de curto prazo são confiáveis para serem utilizadas no planejamento da operação, enquanto o indicador MO demonstra um desempenho da operação dentro do que foi planejado.

Para o cálculo do MCF para determinar a previsibilidade do Modelo de Longo Prazo, foram realizadas algumas modificações para ilustrar a sua efetividade, tanto em relação à mina quanto à usina de beneficiamento. Eles foram calculados da seguinte forma:

$$MCF\ Mina = \frac{Massa\ de\ Ouro\ Lavrada}{Massa\ de\ Ouro\ Longo\ Prazo} \times 100$$

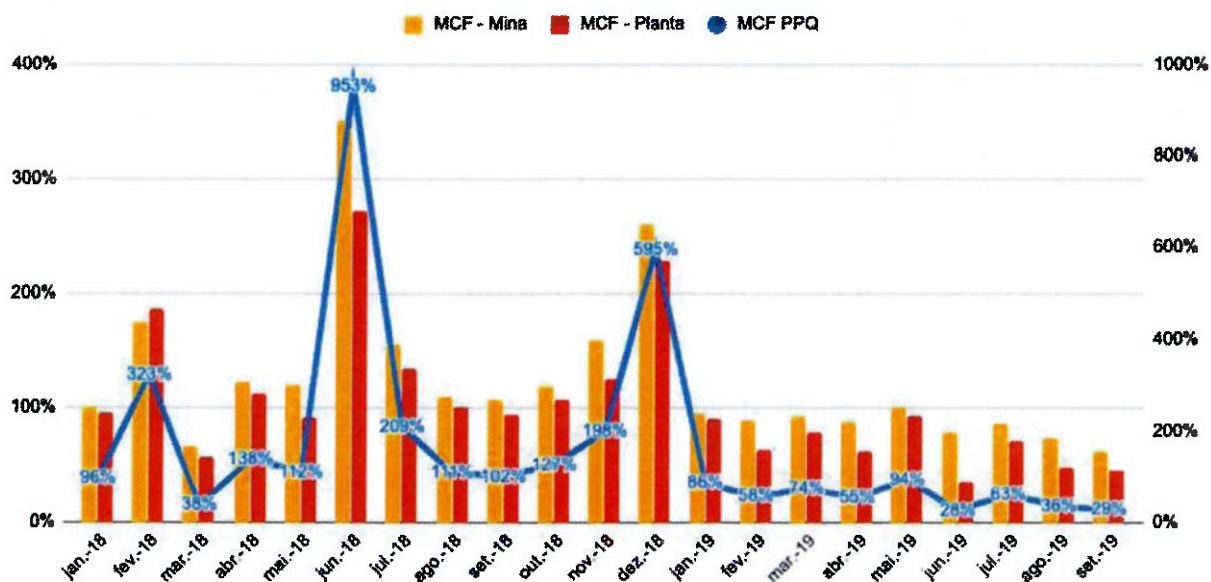
$$MCF\ Planta = \frac{Massa\ de\ Ouro\ Planta}{Massa\ de\ Ouro\ Longo\ Prazo} \times 100$$

$$MCF\ PPQ = MCF\ Mina \times MCF\ Planta$$

O MCF Mina mostra a previsibilidade das onças de ouro lavradas em relação ao modelo de longo prazo enquanto o MCF Planta mostra a previsibilidade das onças de ouro efetivamente beneficiadas na usina. O MCF PPQ, por sua vez, é utilizado para observar a previsibilidade da operação como um todo. Esses valores foram calculados com os valores da Tabela 5 e construiu-se o gráfico ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Conjunto de *Mine Call Factors* calculados para os reais

MCF - Reais



Fonte: elaboração própria

Em um nível menos detalhado, sobre o desempenho da operação, é possível observar alguns picos de valores muito maiores que os outros, como Junho-2018 e Dezembro-2018. Nestes casos, o problema ocorreu na estimativa do modelo de longo prazo, e isto implica na necessidade de uma reavaliação das práticas para estimativa do modelo de longo prazo.

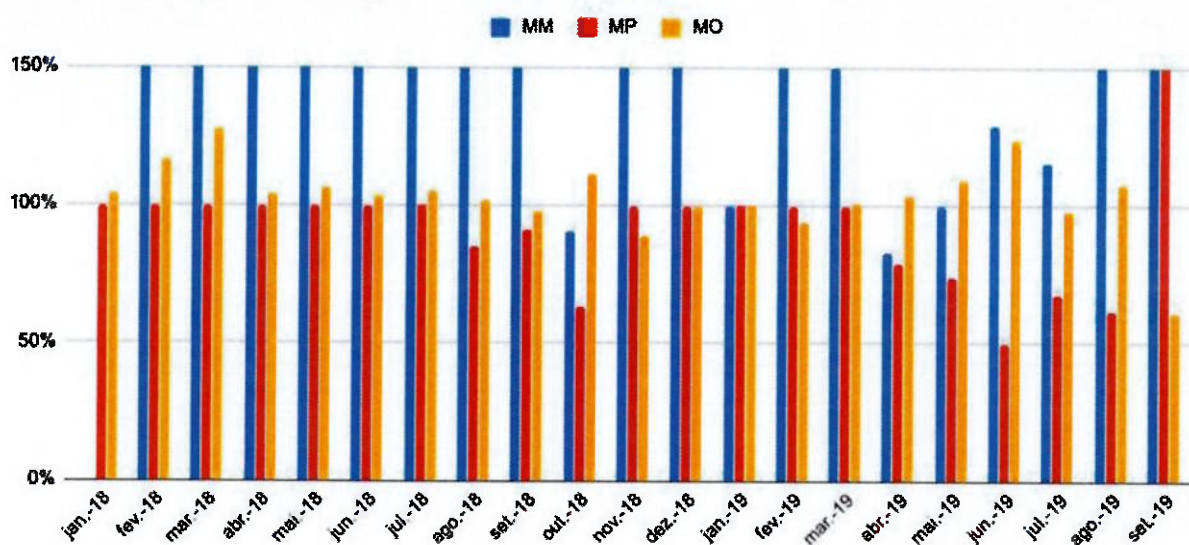
Esta mudança foi capaz de ocorrer, como pode ser observado nos números do gráfico do ano de 2019. O MCF - Mina mostra que o modelo de longo prazo proposto foi fiel à produção dentro da mina, pois os valores beiram em torno de 100%. Isto não ocorre com o MCF - Planta, o que significa uma superestimativa do modelo de longo prazo em relação à produção na usina.

4.1.2. Reconciliação das Galerias de Desenvolvimento

Na Figura 12, os indicadores de reconciliação foram calculados utilizando os dados da Tabela 4. Como já citado anteriormente, o objetivo principal das galerias de desenvolvimento não é a obtenção de minério, elas são um meio para alcançar o realce. Logo, a sua lavra é inevitável no projeto e não é esperado um conteúdo metálico rico de ouro.

Figura 12 - Indicadores de reconciliação para o desenvolvimento

Indicadores de Reconciliação - Desenvolvimento



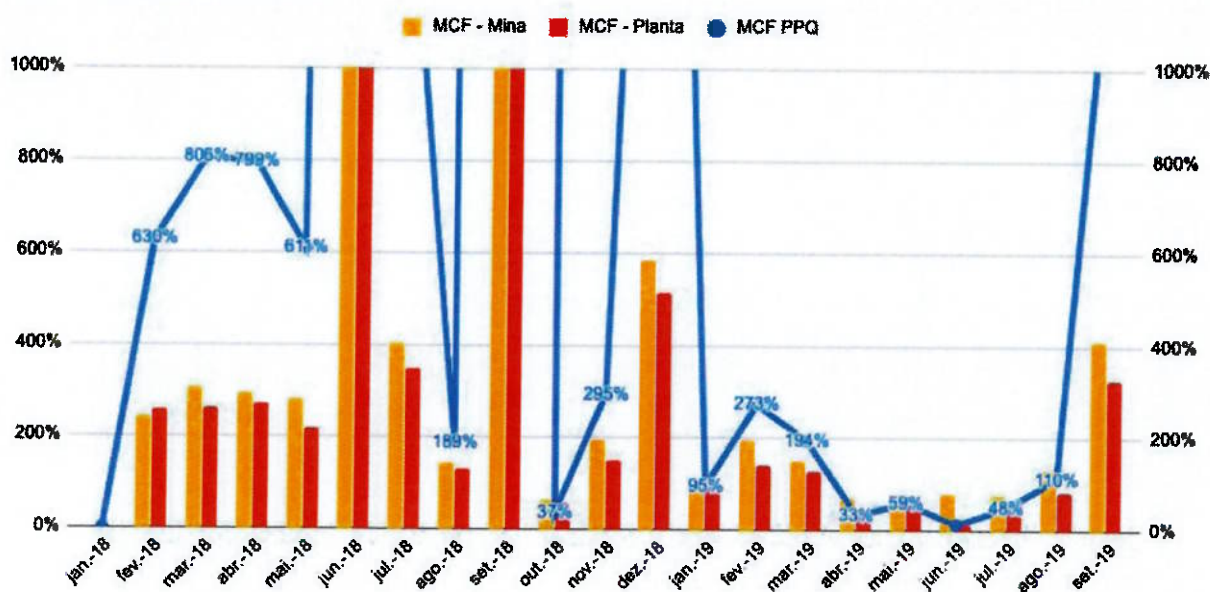
Fonte: elaboração própria

Dos dados da Tabela 4, observou-se que os conteúdos metálicos de ouro do Modelo de Longo Prazo, em sua maioria, possuem valores muito inferiores aos seus respectivos Modelos de Curto Prazo. Por essa razão, há inúmeros registros do indicador MM extrapolando 150%. No ano de 2018 em particular, apenas o mês de outubro permaneceu abaixo de 100%. Os outros indicadores do mesmo ano conseguiram manter seus valores normais em torno de 100%, o que indica

As inconstâncias nos valores do Modelo de Longo Prazo também afetam o cálculo do MCF, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Conjunto de *Mine Call Factors* calculados para o desenvolvimento

MCF - Desenvolvimento



Fonte: elaboração própria

Por conta destas altas flutuações, não é possível estabelecer sólidas conclusões a respeito dos valores de MCF para as galerias de desenvolvimento.

4.2. DILUIÇÃO E RECUPERAÇÃO

As análises das reconciliações das seções anteriores têm como objetivo avaliar o desempenho da operação em relação ao teor metálico de ouro lavrado. Além da reconciliação, é preciso também complementar essas informações com análises em relação à quantidade de estéril obtida nos blocos lavrados, como as diluições e recuperações de minério. Os cálculos destas variáveis são feitas com as seguintes fórmulas:

$$Diluicao\ Planejada = \frac{Teor\ Planejado}{Teor\ Curto\ Prazo} \times 100$$

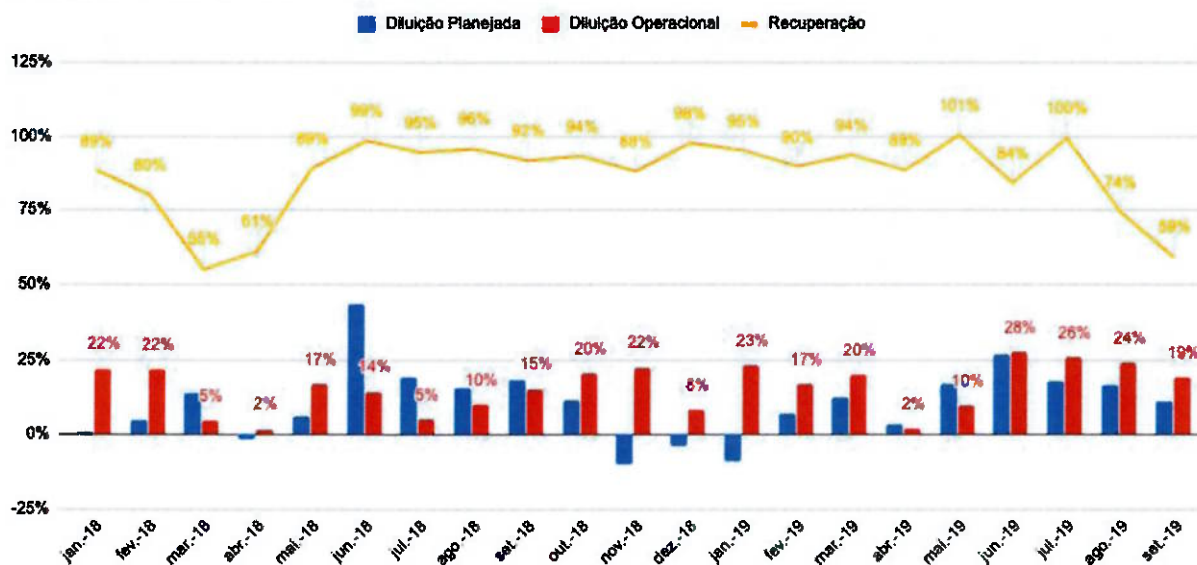
$$Diluicao\ Operacional = \frac{Teor\ Lavrado}{Teor\ Planejado} \times 100$$

$$Recuperacao = \frac{Massa\ de\ Ouro\ Lavrada}{Massa\ de\ Ouro\ Curto\ Prazo} \times 100$$

Utilizando os dados da Tabela 5 e 6, calcula-se as diluições (planejadas e operacionais) e a recuperação para os realces para construir os gráficos das Figuras 14 e 15.

Figura 14 - Diluições e recuperações dos realces

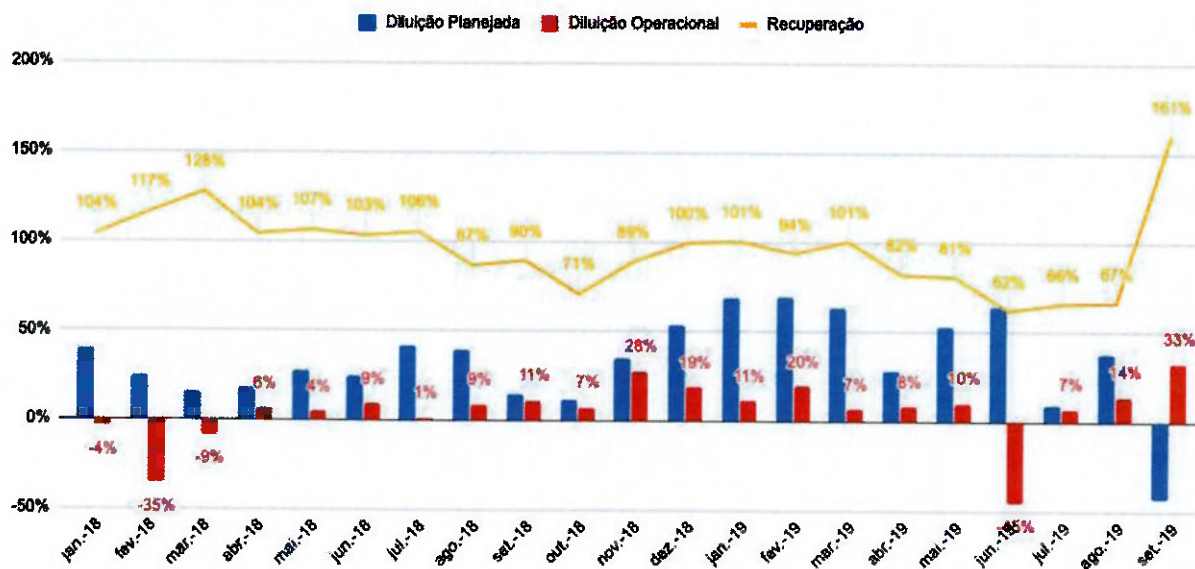
Diluições e Recuperação - Realces



Fonte: elaboração própria

Figura 15 - Diluições e recuperações no desenvolvimento

Diluições e Recuperação - Desenvolvimento



Fonte: elaboração própria

Em relação às recuperações, os valores demonstrados nos realces (Figura 14) são, em sua maioria, próximo de 100%, o que mostra uma boa precisão da previsibilidade dos modelo de curto prazo em relação ao que foi efetivamente lavrado. Além disso, a mineração também apresentou longos períodos de alta recuperação, o que é um dos indicativos de uma operação com bons indicativos econômicos.

Dentro do desenvolvimento (Figura 15), a recuperação se torna um parâmetro difícil de interpretar por conta da sua oscilações constantes. Além disso, a apresentação de diversos valores acima de 100% que o modelo de curto prazo para o desenvolvimento subestima a produção real da mineração em termo do conteúdo de ouro.

Já na parte das diluições, os realces apresentam uma diluição média de 15% ao longo do período estudado. Visto em detalhes, é possível perceber uma alta

variância nos valores. Dos 21 meses analisados, 11 valores se apresentam maiores que a média, sendo 9 deles valores acima de 20%. Isto acaba se tornando preocupante, pois a diluição é um indicativo desfavorável ao rendimento da operação. Em quase 50% dos meses, a mineração opera com um valor não desejado de diluição, o que implica em maior quantidade de estéril lavrada, e isto aumenta os custos da operação.

O desenvolvimento, por sua vez, apresentou inúmeros valores baixos de diluição. Por um lado, isto um indicativo favorável, pelos motivos mencionados no parágrafo anterior; por outro, a operação da mineração tem como foco a utilização do realce para demonstrar a viabilidade econômica da operação, não o desenvolvimento. O papel do desenvolvimento para este caso acaba se tornando um medida para amenizar as diluição relativamente altas constatadas nos realces no momento em que se considera o total lavra no mês.

5. CONCLUSÃO

Utilizando os dados fornecidos pela Aura Minerals, os gráficos e as análises realizadas, é possível concluir que, de maneira geral, a mineração PPQ possui uma operação com bons parâmetros operacionais. Nos realces, as regiões de interesse, o comportamento dos diversos indicadores favorece a operação de lavra, o principal foco de discussão neste estudo. As análises da reconciliação e da recuperação, proporcionaram uma validação das boas práticas que a empresa realizou ao longo dos anos, e demonstrou uma boa previsibilidade dos modelos, como indica os modelos de curto e longo prazo.

Apesar disso, ainda há a necessidade de melhorias que podem ser realizadas dentro do projeto, como é o caso da diluição. As inúmeras oscilações deste indicador, observadas ao longo do período analisado não é uma consequência desejada de modo geral. Um dos motivos que se atribui a essas oscilações é a condição geotécnica desfavorável, tanto do minério quanto da rocha encaixante. A prática do uso de explosivos, apesar de possuir um baixo custo de operação, impacta diretamente na diluição da operação. Por ser um minério de fácil quebra, requer um desmonte mais cuidadoso para ser capaz de controlar a diluição variada existente na operação.

Por fim, é válido ressaltar que as análises feitas neste trabalho contribuíram para entender melhor a importância de uma boa prática de reconciliação dentro de um empreendimento mineiro. O uso otimizado da reconciliação proativa permite a reavaliação de diversas frentes possíveis dentro do empreendimento, como o modelo geológico proposto, o modelo de controle de teor do controle, os métodos e a prática da lavra, e isto pode garantir o sucesso do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIEREGATI, A.C. **Reconciliação pró-ativa em empreendimentos mineiros.** Tese de doutorado. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil, 2007. 201 p.

CHIEREGATI, A.C.; PIGNATARI, L.E.C.; DELBONI JR, H. **Novo modelo de reconciliação para a indústria do ouro.** REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 64(2), 237-243, abr. jun./2011

CRAWFORD, G. D. **Reconciliation of reserves: part 2.** Pincock Perspectives, Dilution and ore Recovery, n. 50. p. 1-4, jan. 2004.

EBRAHIMI, A. **The importance of dilution factor for open pit mining projects.** 2013. Disponível em:
<www.srk.com.au/files/File/papers/dilution_factor_openpit_a_ebrahimi.pdf>

GERALDES, M.E. VAN SCHMUS W.R., CONDIE K.C., BELL S., TEIXEIRA W., BABINSKI M. **Proterozoic geologic evolution of the SW part of the Amazonian Craton in Mato Grosso state, Brazil.** Precambrian Research, 111; 2001. p91-128.

MORLEY, C. 2003. **Beyond reconciliation: a proactive approach to using mining data.** In: Large Open Pit Mining Conference, 5th, págs. 185-192, Kalgoorlie, Australia.

MORLEY, C., THOMPSON, K. **Extreme Reconciliation - A Case Study from Diavik Diamond Mine.** 6th International Mining Geology Conference, Canada, 2006, p. 21-23.

NOPPÉ, M. 2004. **Reconciliation: importance of good sampling and data QA-QC**. In: Mining and Resource Geology Symposium, Queensland, Australia. Disponível em: <<http://snowdengroup.com/Files/GradeControl-1.pdf>>.

OMEGA GEO-CONSULTING 2004. **On mine-to-mill reconciliation**. Omega Geo-Consulting Pty Ltd, Australia. Disponível em: <<http://www.omegaggeo.com/pdfs/omega-tp-10.pdf>>

PIGNATARI, L.E.C. 2018. **Operacionalização dos recursos, reservas e reconciliação em minas de ouro com mineralização em veios estreitos**. Qualificação de mestrado. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil, 2018. 77p.

PITARD, F. F. **A strategy to minimize ore grade reconciliation problems between the mine and the mill**. In: Mineral Resource and Ore Reserve Estimation: the AusIMM Guide to Good Practice, p. 557-566, Ed. A.C. Edwards, The Australian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, Australia. 2001.

Month/Year	Origin	Area	Long Term Resource		Short Term Resource		Planned		Excavated		Plant						
			One Grade Ounces (t)	One Grade Ounces (Oz)	One Grade Ounces (t)	One Grade Ounces (Oz)	One Grade Ounces (t)	One Grade Ounces (Oz)	One Grade Ounces (t)	One Grade Ounces (Oz)	One Grade Ounces (t)	One Grade Ounces (Oz)					
mai.-18	Development	N160CROSSCUT	0	0.00	0	112	0.65	2	571	0.13	2	741	0.54	13	717	0.43	10
	Development	N160NW	19	3.08	2	201	1.63	10	284	1.15	10	410	0.88	12	396	0.69	9
	Development	N160SE	0	0.00	0	142	1.17	5	237	0.70	5	341	0.63	7	330	0.50	5
	Development	N180NW	731	3.92	92	904	8.12	236	1,061	6.92	236	1,055	7.00	237	1,020	5.52	181
	Development	N180SE	0	0.00	0	1,951	4.91	308	2,061	4.65	308	2,266	4.61	336	2,192	3.64	256
	Development	N224NWP3	0	0.00	0	246	2.91	23	725	0.99	23	747	0.95	23	722	0.75	17
	Development	N224SEP1	141	2.50	11	547	2.95	52	635	2.54	52	698	2.25	50	675	1.78	39
	Development	N248SEP3	1,199	4.15	160	1,232	4.03	160	1,731	2.87	160	2,119	2.65	180	2,049	2.09	138
	Development	N248SEP1CROSSCUT	163	1.89	10	214	3.24	22	317	2.18	22	252	2.38	19	243	1.88	15
	Development	N248SEP3CROSSCUT	238	4.60	35	360	1.72	20	722	0.86	20	749	0.70	17	724	0.55	13
jun.-18	Development	ESTOQUE DE BAIKO TEOR	576	0.50	9	576	0.50	9	576	0.50	9	576	0.50	9	557	0.39	7
	Slopes	N214_231NW - Slope7	2,944	3.98	376	3,793	4.49	548	4,005	3.63	468	3,432	3.81	421	3,319	3.01	321
	Slopes	N214_231NW - Slope8	1,155	4.11	152	1,808	5.27	306	2,059	3.94	261	2,738	3.58	315	2,647	2.82	240
	Slopes	N231_248NW - Slope5	889	4.22	121	1,343	1.99	86	557	2.26	41	1,821	1.78	104	1,761	1.40	79
	Slopes	N231_248NW - Slope6	942	4.40	133	1,795	2.08	120	747	2.99	72	1,978	1.68	107	1,912	1.32	81
	Development	N160NW	0	0.00	0	822	1.36	36	999	1.12	36	944	1.20	36	950	0.93	28
	Development	N160SE	0	0.00	0	1,056	1.92	65	1,166	1.74	65	1,290	1.69	70	1,299	1.31	55
	Development	N180NW	129	5.11	21	1,365	16.29	715	1,779	12.50	715	1,978	11.04	702	1,992	8.52	546
	Development	N180SE	0	0.00	0	1,153	3.48	129	1,463	2.70	129	1,417	2.60	118	1,427	2.00	92
	Development	N224SEP1	190	2.59	16	564	2.81	51	666	2.38	51	656	2.47	52	661	1.91	40
jun.-18	Development	N224SEP3	20	1.70	1	280	3.08	28	359	2.40	28	411	2.14	28	414	1.65	22
	Development	N248SEP1CROSSCUT	109	2.09	7	17	2.79	2	243	0.20	2	334	1.14	12	337	0.88	10
	Development	N248NWP1	36	1.85	2	81	2.75	7	257	0.86	7	283	1.05	10	285	0.81	7
	Development	N248SEP1	33	2.67	3	20	2.53	2	244	0.21	2	346	0.60	7	349	0.46	5
	Development	N248SEP3CROSSCUT	0	0.00	0	167	2.20	12	350	1.05	12	906	0.95	28	913	0.73	22
	Development	N248SEP3	2	2.91	0	200	3.14	20	605	1.04	20	893	1.09	31	899	0.84	24
	Development	N248NWP3	0	0.00	0	589	2.75	52	822	1.97	52	1,013	1.93	63	1,020	1.49	49
	Development	BAIXO TEOR/RASPAGEM PISO	2,128	0.53	36	2,128	0.53	36	2,128	0.53	36	2,128	0.53	36	2,143	0.41	28
	Slopes	N214_231NW - Slope8	366	4.15	49	297	6.12	58	695	2.61	58	900	2.02	58	906	1.56	45
	Slopes	N231_248NW - Slope9	1,022	0.16	5	1,069	5.70	196	1,513	3.86	188	2,251	2.60	188	2,267	2.00	146
Slopes	N231_248NW - Slope10	1,232	3.15	125	805	14.71	381	1,592	7.43	380	1,279	9.25	380	1,288	7.14	296	

Month/Year	Origem	Area	Long Term Resource		Short Term Resource		Planned		Excavated		Plant						
			Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)		Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)		Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)		Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)		Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)						
jul.-18	Development	N160NW/SE	1,204	3.88	150	3,118	5.05	506	4,460	3.50	502	4,969	3.25	519	4,861	2.87	449
	Development	N180NW	0	0.00	0	493	11.76	186	1,325	3.99	170	1,373	4.81	212	1,343	4.25	183
	Development	N224SE	500	3.78	61	640	3.29	68	793	2.71	69	625	2.64	53	611	2.33	46
	Development	N248SE	0	0.00	0	321	4.57	47	1,339	1.63	70	1,460	1.47	69	1,428	1.30	60
	Stopes	N231_248NW - Slope11	7,982	3.45	886	9,270	4.87	1,453	11,208	3.93	1,418	11,454	3.74	1,376	11,205	3.30	1,189
ago.-18	Development	N160-NW	469	2.90	44	1,116	6.96	250	1,743	3.08	173	2,228	2.50	179	2,228	2.29	164
	Development	N160-SE	1,109	3.09	110	1,109	3.09	110	2,020	1.70	110	2,253	1.55	112	2,253	1.42	103
	Development	N224-SE-P4	2,004	2.52	162	2,178	2.32	162	2,420	2.09	162	2,420	2.09	162	2,420	1.91	149
	Stopes	Slope-N231/248-SE	2,906	2.28	213	2,013	2.67	172	4,230	1.93	262	4,230	1.93	262	4,230	1.77	241
	Stopes	N214-NW	594	12.30	235	582	12.50	234	393	18.49	234	393	18.49	234	393	16.95	214
	Stopes	Slope-N224/248-SE-P2/P3	3,451	3.52	391	6,395	2.69	554	5,337	2.36	405	6,684	1.97	424	6,684	1.81	389
set.-18	Development	N140-SE-LD	0	0.00	0	2,868	1.54	142	2,423	1.42	110	2,612	1.26	106	2,612	1.10	93
	Development	N140-SE-LE	6	6.23	1	674	2.45	53	815	1.77	46	888	1.61	46	888	1.41	40
	Development	XCUT1-N140	0	0.00	0	303	1.06	10	298	0.77	7	301	0.76	7	301	0.66	6
	Development	N160-NW	0	0.00	0	1,218	4.09	160	1,465	3.22	152	1,761	2.65	150	1,761	2.32	131
	Development	N214-SE	0	0.00	0	24	0.31	0	180	0.40	2	180	0.40	2	180	0.35	2
	Development	XCUT-N248-P4	0	0.00	0	0	0.00	0	270	1.80	16	270	1.80	16	270	1.58	14
	Stopes	N160/180	0	0.00	0	3,739	4.68	563	3,961	4.17	530	4,555	3.55	520	4,555	3.11	455
	Stopes	N388	939	3.54	107	939	3.54	107	939	3.54	107	1,080	3.02	105	1,080	2.64	92
	Stopes	N224-SE-P1	718	2.69	62	677	4.93	107	1,064	3.14	107	1,224	2.67	105	1,224	2.34	92
	Stopes	N248-NW-P3	360	3.76	44	360	3.76	44	360	3.76	44	414	3.20	43	414	2.80	37
	Stopes	N248-SE-ASC-P2	3,537	4.31	490	1,149	5.48	202	1,456	3.89	182	1,733	3.20	178	1,733	2.80	156
	Stopes	N248-SE-DESC-P2	3,582	3.42	394	913	4.17	123	1,096	3.13	110	1,260	2.67	108	1,260	2.33	95
	Stopes	N248-SE-ASC-P3	285	2.92	27	978	5.52	174	1,174	4.14	156	1,350	3.53	153	1,350	3.08	134

Month/Year	Origin	Area	Long Term Resource		Short Term Resource		Planned		Exceeded		Plant						
			One Grade Ounces (t) (9t)	One Grade Ounces (oz) (10z)	One Grade Ounces (t) (9t)	One Grade Ounces (oz) (10z)	One Grade Ounces (t) (9t)	One Grade Ounces (oz) (10z)	One Grade Ounces (t) (9t)	One Grade Ounces (oz) (10z)							
out.-18	Development	N140-1-NW	2,733	8,27	727	2,220	2,81	201	926	2,97	88	1,007	2,82	91	985	2,59	82
	Development	N140-2-NW	1,281	6,24	257	2,173	6,13	428	851	8,18	224	1,148	7,49	277	1,124	6,88	248
	Development	N140-SE	0	0,00	0	307	0,82	8	127	0,69	3	121	0,71	3	118	0,65	2
	Development	N160-NW	0	0,00	0	615	7,35	145	775	4,94	123	952	4,39	134	931	4,03	121
	Development	N224-SE-P5	0	0,00	0	98	4,69	15	195	2,35	15	234	1,96	15	229	1,80	13
	Development	N224-NW-P5	0	0,00	0	383	6,06	74	765	3,03	74	918	2,52	74	888	2,32	67
	Development	XCUT2-N140	202	8,18	53	255	8,31	68	510	3,99	65	612	3,46	68	599	3,18	61
	Development	GTR-N140	143	1,43	7	158	1,69	9	315	0,81	8	378	0,71	9	370	0,65	8
	Slopes	STP1-N140/160	0	0,00	0	4,869	3,84	601	4,383	3,98	560	4,783	3,71	571	4,678	3,40	512
	Slopes	STP1-N224-SE-ASC-P1	0	0,00	0	1,224	3,66	144	1,591	2,78	142	2,052	2,05	135	2,007	1,89	121
	Slopes	STP1-N248-SE-ASC-P3	0	0,00	0	65	4,04	9	98	2,70	9	108	2,45	9	106	2,25	8
	Slopes	STP1-N248-SE-DESC-P3	0	0,00	0	101	4,79	16	172	2,82	16	198	2,45	16	194	2,25	14
	Slopes	STP2-N248-SE-ASC-P2	0	0,00	0	955	6,70	206	1,910	3,28	202	2,578	2,29	190	2,522	2,10	170
	Slopes	STP1-XCUT1-N140/160-NW-DESC	3,979	8,19	1,048	1,960	2,87	181	1,570	3,27	165	1,962	2,61	165	1,919	2,39	148
nov.-18	Slopes	STP2-N160/180-SE-DESC	0	0,00	0	1,427	4,03	185	1,507	3,77	163	2,214	2,44	174	2,166	2,24	156
	Slopes	STP1-N214-SE-ASC	366	3,04	36	388	3,61	45	504	2,55	41	630	2,04	41	616	1,87	37
	Slopes	STP1-N214-NW-ASC	330	2,46	26	144	6,26	29	187	3,95	24	234	3,16	24	229	2,90	21
	Development	N140-SE	857	5,69	157	1,189	4,63	177	1,726	3,19	177	2,123	2,31	157	2,051	1,84	122
	Development	N140-NW	0	0,00	0	1,254	4,14	167	2,009	2,58	167	2,472	1,87	149	2,368	1,49	115
	Slopes	N140/160-SE-1	0	0,00	0	2,593	3,11	259	1,406	5,62	254	1,632	4,36	229	1,577	3,55	180
	Slopes	N140/160-SE-2	0	0,00	0	5,246	3,18	537	3,879	4,22	526	4,503	3,27	473	4,351	2,66	373
	Slopes	N231/214-SE	1,179	3,13	119	1,241	3,27	130	1,771	2,24	128	2,056	1,74	115	1,986	1,42	91
	Slopes	XCUT2-N140/160-NW	3,040	4,58	447	3,398	4,51	492	3,295	4,55	482	3,825	3,53	434	3,696	2,88	342
	Slopes	XCUT1-N140/160-NW	2,831	4,51	382	2,741	4,76	420	2,853	4,48	411	3,312	3,48	370	3,200	2,83	291
	Slopes	N231/214-NW	1,087	5,44	190	1,132	5,74	209	1,404	4,54	205	1,630	3,69	184	1,575	2,87	145

Month/Year	Program	Area	Long Term Resource			Short Term Resource			Planned			Excavated			Plant		
			One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)	One Grade Quince (ft)
abr.-19	Development	XCUT-N105	362	3.34	39	361	3.24	38	400	2.44	31	459	2.43	36	450	1.74	25
	Development	N105-NW	450	3.18	46	378	2.47	30	437	2.10	30	460	1.83	27	451	1.31	19
	Development	N105-SE	783	3.80	97	606	3.84	75	652	3.54	74	712	2.75	63	698	1.98	44
	Development	N125-NW	2,325	2.21	185	2,188	1.85	130	1,499	1.43	69	1,680	1.46	79	1,657	1.05	56
	Development	N125-SE	802	3.14	81	812	3.02	79	1,871	1.31	70	1,923	1.28	79	1,885	0.92	56
	Slopes	N201-SE	318	2.00	20	318	2.00	20	509	1.25	20	585	1.08	20	574	0.78	14
	Slopes	STP1-GTR-N160/180-NW	6,293	3.80	769	6,293	3.80	768	5,593	3.74	672	5,631	3.49	632	5,521	2.51	445
	Slopes	STP2-GTR-N160/180-NW	3,406	3.03	331	3,406	3.02	331	3,295	2.60	275	3,466	2.71	301	3,398	1.94	212
	Slopes	STP3-N190-SE	3,861	3.28	407	3,861	3.28	407	3,652	3.43	402	3,556	3.51	401	3,487	2.52	283
mai.-19	Development	N105-NW	1,012	3.73	121	907	5.98	174	1,149	2.10	78	1,339	2.14	92	1,318	2.01	85
	Development	N105-SE	1,064	3.80	130	199	3.00	19	801	0.57	15	1,030	0.53	18	1,014	0.50	16
	Development	N125-NW	757	3.62	88	890	1.75	50	1,135	0.79	29	1,424	0.75	34	1,401	0.70	32
	Development	N125-SE	573	2.21	41	514	8.23	136	644	6.55	136	741	6.01	143	729	5.63	132
	Development	N201-SE	76	9.42	23	350	2.01	23	994	0.73	23	1,182	0.67	26	1,163	0.63	24
	Development	N201-SE (Abrt)	199	3.75	24	199	3.75	24	252	2.96	24	320	2.33	24	315	2.18	22
	Development	N105-NW (Abrt)	442	2.97	42	442	2.97	42	560	2.35	42	711	1.85	42	633	1.72	35
	Slopes	STP4-GTR-N160/180-NW	8,133	2.26	590	8,133	2.25	589	8,211	2.02	533	9,275	2.11	628	9,131	1.97	580
	Slopes	STP1-N160-NW-ASC	734	6.38	150	734	6.53	154	1,354	3.63	154	2,142	2.03	140	2,108	1.91	129
	Slopes	STP1-N231-SE-ASC	1,301	2.21	92	1,301	2.21	92	1,837	1.55	92	2,210	1.03	73	2,176	0.96	67
Jun.-19	Development	N100-SE	679	6.44	141	701	0.60	14	1,339	0.18	8	234	0.75	6	89	0.40	1
	Development	N105-NW	624	3.93	79	945	5.71	173	817	1.04	27	931	1.34	40	356	0.71	8
	Development	N105-SE	168	3.57	19	27	0.41	0	174	0.06	0	36	1.81	2	14	0.97	0
	Development	N125-NW	432	2.23	31	589	3.18	60	1,492	1.15	55	1,774	1.00	57	678	0.53	12
	Development	N125-SE	1,577	2.13	108	1,609	4.56	236	1,213	3.90	152	1,329	4.34	185	508	2.31	38
	Development	N201-SE	0	0.00	0	22	2.34	2	157	0.32	2	162	1.02	5	62	0.54	1
	Development	N224-NW	63	0.16	0	62	1.91	4	306	0.07	1	198	1.34	9	76	0.72	2
	Development	N224-SE	36	2.26	3	45	0.79	1	77	0.41	1	106	0.32	1	41	0.17	0
	Slopes	STP2-N160-NW-ASC	190	8.14	50	190	7.87	48	234	4.42	33	734	1.11	26	1,140	0.31	12
	Slopes	STP2-N180-NW-DESC	869	3.64	102	869	3.24	91	894	3.05	88	1,422	1.92	88	2,208	0.54	39
	Slopes	STP4-N180-SE-ASC	2,160	2.70	187	2,160	2.68	186	1,458	3.07	144	1,741	2.84	159	2,703	0.80	70
	Slopes	STP1-N201-SE-ASC	567	8.78	160	513	6.41	106	1,252	2.57	104	1,372	1.54	83	2,130	0.53	37
	Slopes	STP2-N201-SE-ASC	538	3.81	66	792	3.47	88	1,277	2.04	84	1,161	1.61	60	1,803	0.46	26
	Slopes	STP2-N231-SE-ASC	1,406	4.71	213	1,468	4.56	215	2,192	2.85	201	3,105	2.02	202	4,821	0.57	89

Month/Year	Origem	Area	Long Term Resource		Short Term Resource		Planned		Estimated		Plant						
			Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)	Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)	Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)	Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)	Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)	Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)	Ore Grade Ounces (t) (g/t) (Oz)								
jul.-19	Development	GM-N125-NW	2.246	3,78	273	2.052	6,21	410	1.770	5,20	296	2.251	4,25	308	2.222	3,59	256
	Development	GM-N125-SE	1.002	3,11	100	1.180	2,50	95	1.479	1,23	59	844	1,13	31	833	0,95	25
	Development	GM-N100-SE	1.897	5,17	315	4.038	2,23	289	2.162	2,61	182	2.610	2,22	186	2.576	1,87	155
	Stopes	STP2-N160-NW-ASC	596	6,29	121	596	4,88	93	701	4,06	91	893	3,32	95	875	2,78	78
	Stopes	STP3-N160-NW-ASC	2.315	7,99	594	2.315	7,49	557	2.448	7,04	554	3.237	5,58	581	3.171	4,67	476
	Stopes	STP2-N180-NW-DESC	740	5,67	135	567	3,02	55	855	2,00	55	1.459	1,17	55	1.429	0,98	45
	Stopes	STP3-N180-NW-DESC	1.828	9,88	581	1.814	8,53	497	1.995	7,37	473	2.543	5,94	485	2.491	4,96	398
	Stopes	STP3-N201-SE-ASC	989	6,82	217	1.211	6,22	242	1.367	5,43	239	1.657	4,30	229	1.623	3,60	188
	Stopes	STP4-N201-SE-ASC	849	5,53	151	702	5,91	133	1.130	3,36	122	1.956	2,03	128	1.916	1,70	105
	Development	GM-N100-SE	216	6,27	44	866	5,84	163	850	2,38	65	1.138	2,02	74	1.106	1,32	47
ago.-19	Development	GM-N125-NW	1.714	3,50	193	2.130	3,58	245	2.472	2,59	206	3.015	2,23	216	2.931	1,46	138
	Development	GM-N125-SE	0	0,00	0	519	3,59	60	183	3,24	19	221	2,99	21	215	1,96	14
	Stopes	STP4-N180-NW-DESC	2.573	4,93	408	2.573	4,98	412	2.742	4,02	354	4.235	2,55	347	4.115	1,70	225
	Stopes	STP4-N180-NW-ASC	2.982	6,09	583	2.982	6,06	580	1.746	5,63	316	2.270	5,35	390	2.206	3,56	253
set.-19	Development	GM-N125-NW	196	1,85	12	218	4,99	35	332	2,17	23	345	1,84	20	341	1,48	16
	Development	GM-N100-SE	0	0,00	0	703	1,27	29	462	2,06	31	392	2,02	25	387	1,63	20
	Development	GM-N224-SE	182	2,12	12	373	1,73	21	1.041	5,46	183	953	2,83	87	940	2,28	69
	Development	GM-N224-NW	263	2,19	19	264	2,87	24	1.042	1,48	50	929	1,41	42	917	1,14	34
	Stopes	STP1-N180-NW-ASC	1.012	6,15	200	998	6,84	219	958	6,36	196	1.640	4,06	214	1.615	3,05	158
	Stopes	STP4-N180-NW-ASC	5.947	4,48	856	5.603	4,57	824	1.951	5,42	340	2.304	5,10	378	2.269	3,83	279
	Stopes	STP1-N338-SE-ASC	0	0,00	0	828	2,92	76	1.584	1,32	67	2.173	1,03	72	2.140	0,77	53

Month/Year	Origin	Area	Long Term Resource			Short Term Resource			Planned			Excavated			Plant		
			Ore Grade (t)	Ore Grade (wt)	Ounces (Oz)	Ore Grade (t)	Ore Grade (wt)	Ounces (Oz)	Ore Grade (t)	Ore Grade (wt)	Ounces (Oz)	Ore Grade (t)	Ore Grade (wt)	Ounces (Oz)	Ore Grade (t)	Ore Grade (wt)	Ounces (Oz)
dez.-18	Development Development Slopes Slopes	N140-NW N201-SE XCUT2-N140/160-NW N180/160-SE	0 510 7413 0	0,00 2,06 5,35 0,00	0 34 1,275 0	1,046 405 10,409 10,811	4,34 4,00 3,43 6,44	146 52 1,148 2,239	1,590 1,546 9,551 10,092	2,86 1,05 3,62 6,63	146 52 1,112 2,151	1,963 1,909 9,845 11,882	2,31 0,85 3,53 5,76	146 52 1,117 2,200	1,887 1,835 9,463 11,421	2,11 0,78 3,22 5,26	128 46 981 1,931
jan.-19	Development Slopes Slopes Slopes	N201 N140/160-NW GTR-N160/180-NW N160/180-SE	831 2,573 2,394 6,500	4,44 2,74 6,34 2,90	119 227 488 606	831 2,573 2,394 6,500	4,44 2,74 6,34 2,90	119 227 488 606	2,666 3,208 2,616 3,630	1,39 2,11 5,65 4,22	119 218 475 492	3,015 4,743 3,625 4,710	1,23 1,50 4,27 3,52	119 229 498 533	2,945 4,626 3,535 4,593	1,18 1,46 4,16 3,43	112 217 473 506
fev.-19	Development Development Slopes Slopes Slopes	N201 XCUT-N125 N140/160-NW GTR-N160/180-NW N231/214-NW	113 108 4,134 7,774 784	5,74 1,03 4,95 4,47 3,90	21 4 658 1,116 98	299 108 4,134 7,774 784	4,94 1,03 4,95 4,47 3,90	47 4 658 1,116 98	1,185 138 4,861 5,146 2,019	1,24 0,81 4,21 5,41 1,51	47 4 658 894 98	1,387 165 6,929 5,919 1,909	1,00 0,56 3,00 4,83 1,60	45 3 668 918 98	1,335 159 6,669 5,697 1,837	0,74 0,42 2,22 3,57 1,18	32 2 476 654 70
mar.-19	Development Slopes Slopes Slopes Slopes	N201 N140/160-NW N140/160-NW-FECH STP1-N180-SE STP2-N180-SE GTR-N160/180-NW	204 2,836 3,104 1,201 2,724 721	5,16 5,98 2,70 1,92 6,28 4,87	34 546 269 74 550 113	331 2,825 3,104 1,201 2,724 721	4,79 6,01 2,70 1,92 6,28 4,87	51 546 269 74 550 113	908 3,820 2,856 1,076 2,423 848	1,74 4,44 2,59 1,97 5,85 4,13	51 545 238 68 456 113	985 5,552 3,874 1,099 2,645 975	1,62 3,12 2,08 2,04 5,39 3,52	51 557 269 72 458 110	962 5,422 3,783 1,073 2,583 952	1,41 2,69 1,79 1,76 4,64 3,03	44 468 218 61 385 93