

Bianca Leone Barros¹ (bianca.barros@erobr.com); Lucas Bassan¹ (lucas.bassan@erobr.com); Lucas Upa Dafubigin Santos Mendes¹ (lucas.mendes@erobr.com); Ítalo Rodrigo Lima Barreto¹ (italo.barreto@erobr.com); Cleiton A. C. dos Santos¹ (cleiton.santos@erobr.com); Joscil Spitzner Galvao² (joscil.galvao@erobr.com)

(1) Gerência de Recursos Minerais, Ero Brasil Caraíba, (2) Gerência Geral de Geologia, Ero Brasil Caraíba

1 – Introdução:

O Vale do Curaçá

O Vale do Curaçá (CV) está localizado no cinturão Paleoproterozóico Itabuna-Salvador-Curaçá (ISC), parte norte do cráton do São Francisco, Brasil, e abriga vários depósitos de Cu [1][2]. O CV abriga o segundo maior produtor de Cu do Brasil, com produção histórica e recursos atuais medidos e indicados totalizando aproximadamente 104,7 Mt de 1,17% Cu [3].

A Mina de Pilar

- Depósito Descoberto em 1874 em meio ao sertão baiano.
- Em 29 de outubro de 1979, as atividades de operações da mina a Céu Aberto foram iniciadas;
- Em 1988, foi iniciado o processo de privatização;
- Em 1994 a mineradora entrou no Programa de Privatização Nacional com o nome Mineração Caraíba S/A;
- Em 2016 a mina de Pilar foi inundada;

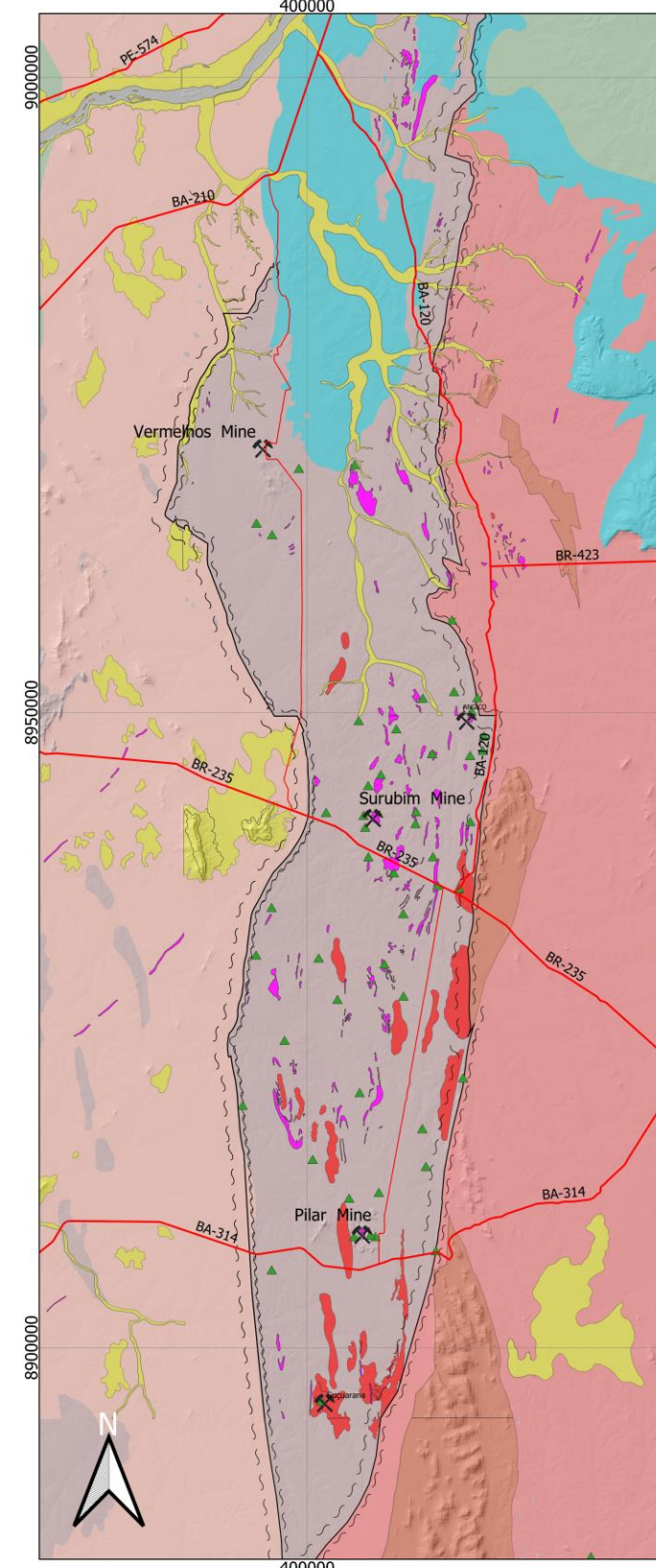


Figura 1: Mapa Geológico do Vale do Curaçá com a localização das minas em operação.

- No mesmo ano (2016), a MCSA foi adquirida pela Ero Copper Corporation
- Possui 3.181 colaboradores (entre diretos e terceirizados);

2 – Objetivos

O objetivo é a apresentação da proposta de metodologia para análise de risco de modelos curto prazo, desenvolvida para garantir maior previsibilidade e mensurar a confiabilidade dos teores esperados; Sendo objetivos específicos:

- Prever possíveis zonas de maior variabilidade e menor possibilidade de confirmação da mineralização;
- Mensurar a qualidade da sondagem executada, a complexidade geométrica e as possíveis deficiências da estimativa de teores;
- Auxiliar na definição de alvos prioritários para adensamento da sondagem de curto prazo;

3 – Definição da Metodologia

A metodologia para análise de risco foi construída ao longo de etapas que são detalhadas conforme segue:

- Definição dos parâmetros mais relevantes;
 - Os parâmetros usados para garantir a qualidade do modelo de curto prazo foram definidos: disposição da malha de sondagem na região do projeto de lavra, a continuidade geológica local e a confiabilidade da estimativa de teores;
- Quantificação da qualidade dos parâmetros chaves;
 - Os parâmetros levantados foram quantificados, sendo elaborada a forma básica de análise e composição de um índice de confiabilidade (Índice de Confiabilidade do *Stope* – ICS);
- Definição do peso de cada parâmetro;
 - Com o avanço do trabalho e as análises executadas, os pesos dos parâmetros foram revistos. A disposição da malha de sondagem foi definida como um parâmetro central e de maior peso para a análise;
- Definição das classes de confiabilidades;
 - A composição das notas atribuídas a cada um dos parâmetros permitiu a criação de intervalos de confiabilidade e subdividir os projetos de lavra em classes, conforme imagem a seguir;

CLASSE DE CONFIABILIDADE	ICS	Descrição
Classe E	Até 20 pts	Denota projetos de confiabilidade inaceitável. São casos onde não existe nenhuma garantia da existência do recurso a ser lavrado.
Classe D	de 20 a 40 pts	Atribuída a projetos onde existe baixa perspectiva da existência do recurso, sendo esperadas variações de massa e teor superiores a 50%, devido ao pouco controle sobre a diluição esperada e pobre conhecimento da distribuição dos eores na região do projeto
Classe C	de 40 a 60 pts	Atribuída a projetos onde existe razoável perspectiva da existência do recurso, mas não existe total controle sobre a sua continuidade e natureza (distribuição de teores e diluição esperada) sendo esperadas variações de massa e teor significativas (acima de 30%).
Classe B	de 60 a 80 pts	Atribuída a projetos onde existe elevado controle sobre a existência do recurso. Nesses casos, as variações esperadas podem ser levemente superiores às reportadas pela incerteza da estimativa atribuída ao <i>stope</i>
Classe A	acima de 80 pts	Atribuída a projetos onde existe total controle sobre a existência do recurso. Nesses casos, as únicas variações esperadas são provenientes da variabilidade intrínseca da mineralização na escala de produção escolhida (<i>stope</i>) que se aproxima da incerteza reportada pela Simulação Gaussiana

Figura 2: Classes de confiabilidade e descrição da situação dos projetos de lavra que se localizam em cada classe

- Definição do Impacto do projeto de lavra (baseado em plano de produção anual)
 - Cada *stope* foi classificado em diferentes classes de impacto de acordo com o metal contido no projeto em relação ao plano de produção anual;
- Composição da Matriz de Risco
 - A partir da classe de confiabilidade e do impacto no plano de Produção, foi definida a matriz de risco. O grau de risco é utilizado na definição de projetos prioritários para a destinação da sondagem e coleta de informações geológicas;

4 – Contextualização – A mina de Pilar

As envoltórias de Teor e os Projetos da Mina de Pilar

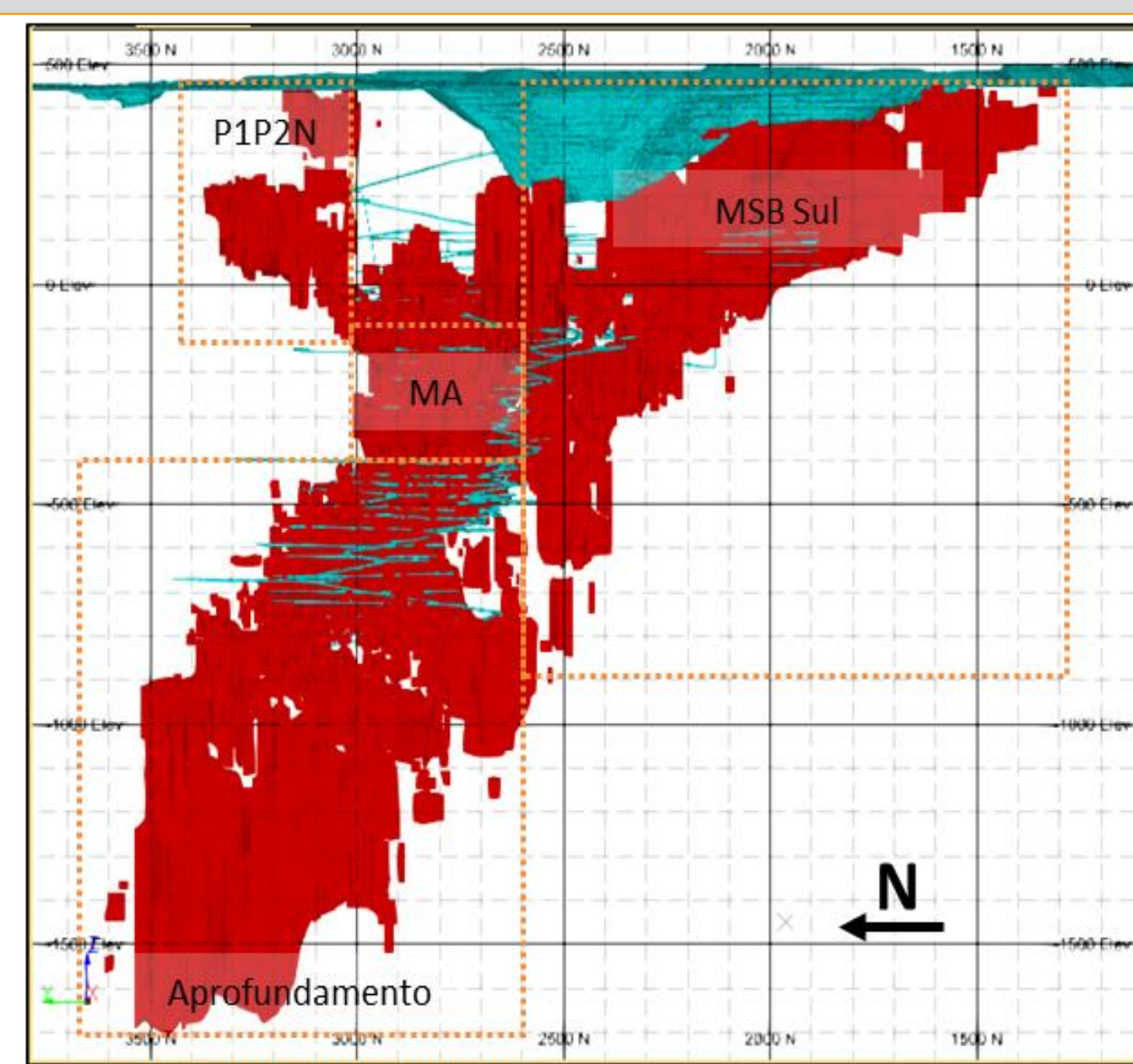


Figura 3: Vista longitudinal das envoltórias de teor da Mina de Pilar, bem como a delimitação dos projetos em operação

5 – Análise de Risco para Projetos de Curto Prazo

Abertura da Malha		Azimute dos furos		Mergulho dos furos	
0	Projeto não possui nenhum furo a uma distância inferior a 22,5 m	0	Furos paralelos ao strike: da mineralização (0 a 20°)	0	Furos paralelos ao dip: da mineralização (0 a 20°)
5	Projeto possui malha de Médio (22,5x22,5m ou 25mx25m)	2	Ângulo de interseção entre 20 e 30°	2	Ângulo de interseção entre 20 e 30°
10	Projeto com malha de detalhamento	4	Ângulo de interseção entre 30 e 45°	4	Ângulo de interseção entre 30 e 45°
15	Malha de detalhamento incompleta (faltam 2 furos)	6	Ângulo de interseção entre 45 e 60°	6	Ângulo de interseção entre 45 e 60°
20	Malha de detalhamento incompleta (falta 1 furo)	8	Ângulo de interseção entre 60 e 80°	8	Ângulo de interseção entre 60 e 80°
25	Projeto em malha de detalhamento (11,25x 15 m)	10	Ângulo de interseção normal (80 a 90°) ao plano da mineralização	10	Ângulo de interseção normal (80 a 100°) ao plano da mineralização

Continuidade Azimute		Continuidade Mergulho		Continuidade Potência	
0	Fechamento do corpo mineralizado	0	Fechamento do corpo mineralizado (base ou topo)	0	Mais de 3m de estéril Interno
5	Lentes interrompidas ao longo do strike	5	Lentes interrompidas ao longo do dip	3	De 1 a 3 metros de estéril Interno
10	Lentes contínuas ao longo do strike	10	Lentes contínuas ao longo do dip	5	Mineralização contínua ao longo da potência da lente

Diferença MM x MA		Numero de Amostras		Incerteza (SG)	
1	Diferença de teor superior a 20%	1	Blocos estimados com menos de 10 amostras	3	Incertezas superiores a 25%
2	Diferença de teor entre 20 e 15%	2	Blocos estimados com 10 a 13 amostras	6	Incertezas entre 25 e 20%
3	Diferença de teor em 15 e 10%	3	Blocos estimados com 13 a 15 amostras	9	Incertezas entre 20 e 15%
4	Diferença de teor entre 10 e 5%	4	Blocos estimados com 15 a 16 amostras	12	Incertezas entre 15 e 10%
5	Diferença de teor inferior a 5%	5	Blocos estimados com 16 amostras	15	Incertezas inferiores a 10%

Principais parâmetros utilizados na análise de risco, com as pontuações atribuídas para cada uma das situações descritas na avaliação. Além dos parâmetros que envolvem a Sondagem, a Estimativa e a Geometria, o coeficiente de variação das amostras tem sido utilizado na análise, com contribuição limitada a 5%.

6 – Análise de Risco para Projetos de Curto Prazo

Confiabilidade da Sondagem

A análise de confiabilidade da sondagem é uma etapa bastante importante para a definição do risco de um projeto de lavra. Na metodologia atual, ela representa 45% da pontuação disponível para ser atribuída ao ICS. Nesse processo são observados três aspectos principais na distribuição dos furos de sondagem. O mais relevante deles é a abertura da malha (distância média entre os furos). Além da abertura, a direção e o mergulho em que os furos foram executados podem auxiliar ou dificultar o correto desenho da geometria e estimativa local de teores. Portanto, o azimute e o mergulho dos furos também são considerados parâmetros chave.

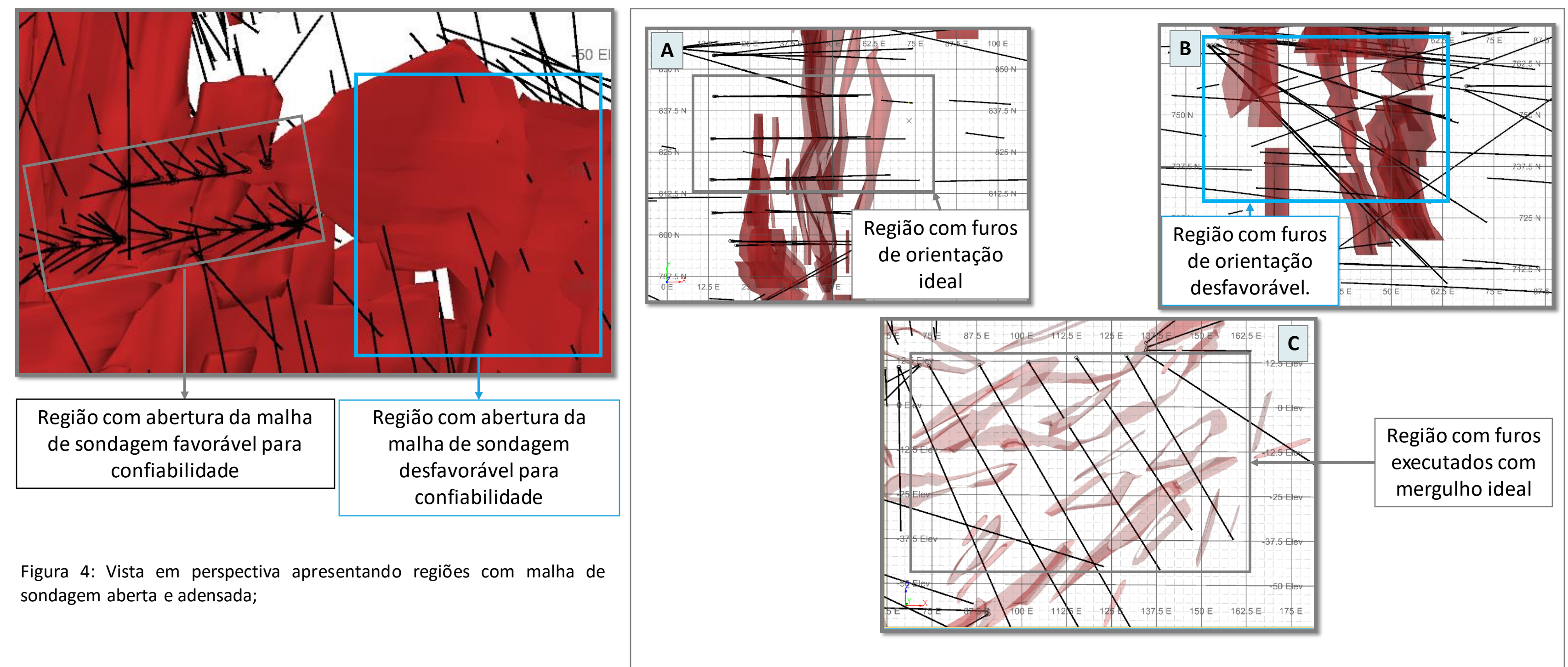


Figura 4: Vista em perspectiva apresentando regiões com malha de sondagem aberta e adensada;

Continuidade Geológica

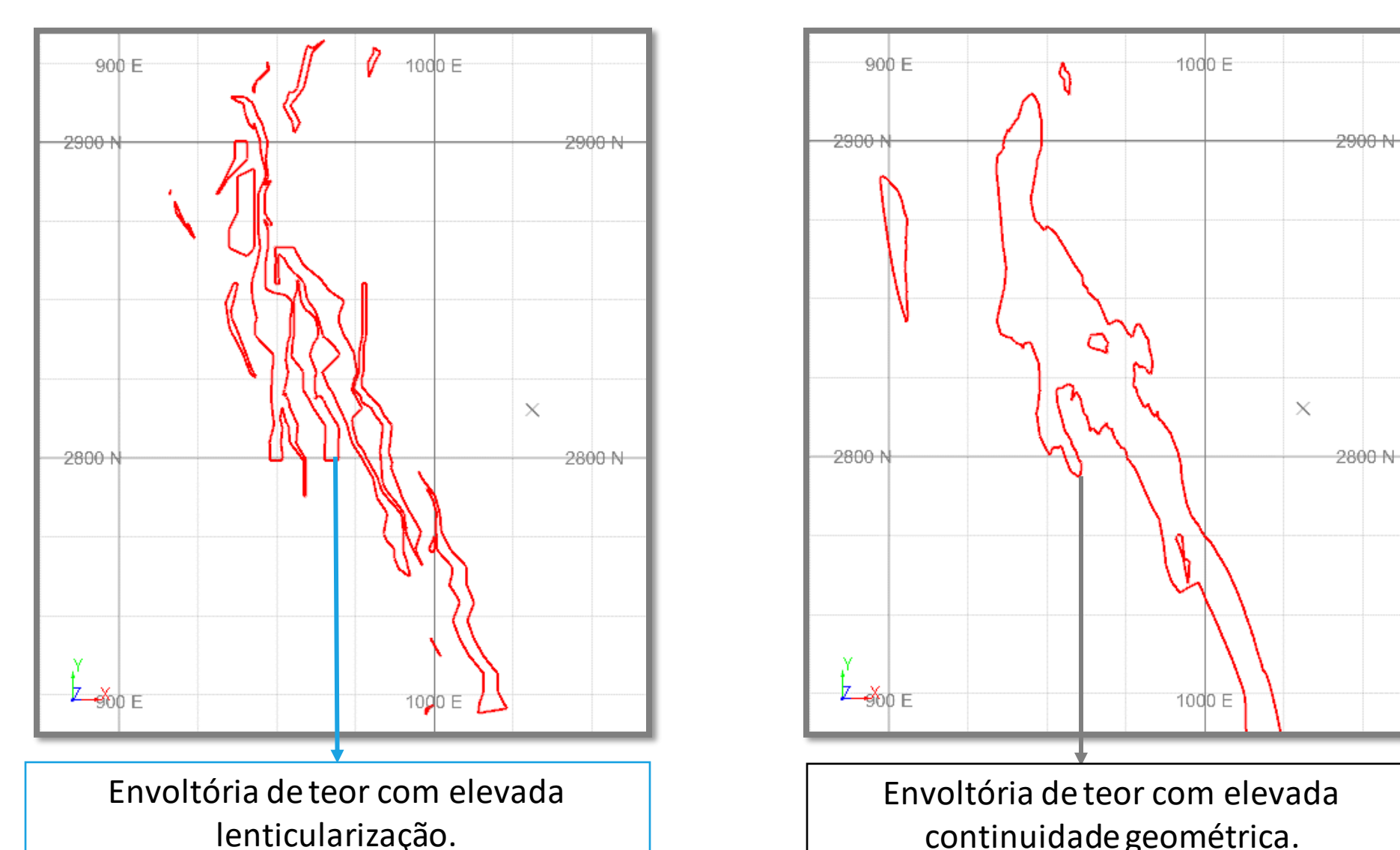


Figura 6: Vista em planta apresentando corpos mineralizados com elevado grau de lenticularização, indicando baixa continuidade geológica.

Figura 7: Vista em planta apresentando corpos mineralizados com continuidade geológica.

Confiabilidade da Estimativa de Teores

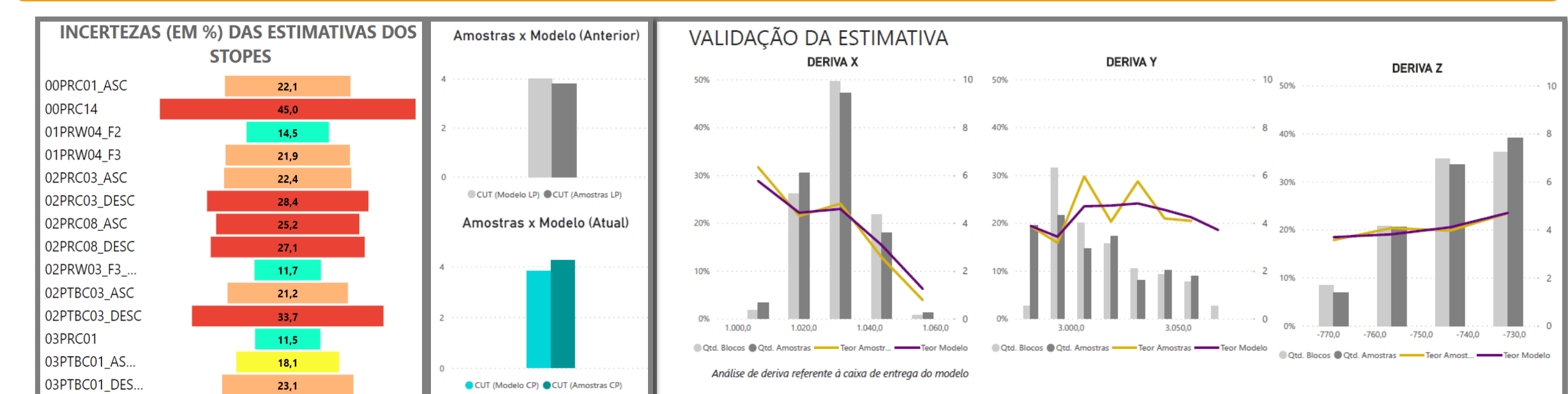


Figura 8: Diversas formas de validação da estimativa que são consideradas para compor a confiabilidade atribuída a esse parâmetro. Da esquerda para a direita tem-se: as incertezas considerando análise de dispersão dos teores baseada em cenários de simulação gaussiana, gráficos com comparativos entre a média dos teores e a média das amostras e gráficos de análise de deriva.

Legenda	Região de avaliação positiva
Envoltórias de Teor	Região de avaliação positiva
Furos de Sondagem	Região de avaliação negativa

6 - Resultados – Relatório de Entrega

Matriz de Risco – Confiabilidade x Impacto

A Matriz de Risco é composta pelo eixo horizontal que representa o impacto do *stope* no plano de produção anual e o eixo vertical que representa a classe de confiabilidade do *stope*. A análise conjunta desses dois atributos permite a identificação dos projetos de lavra com risco Crítico, Muito Alto, Alto, Moderado e Baixo, conforme disposição apresentada na matriz ao lado. Quanto maior o risco ao qual um *stope* esta submetido, maior a intervenção necessária por parte da equipe de Geologia.

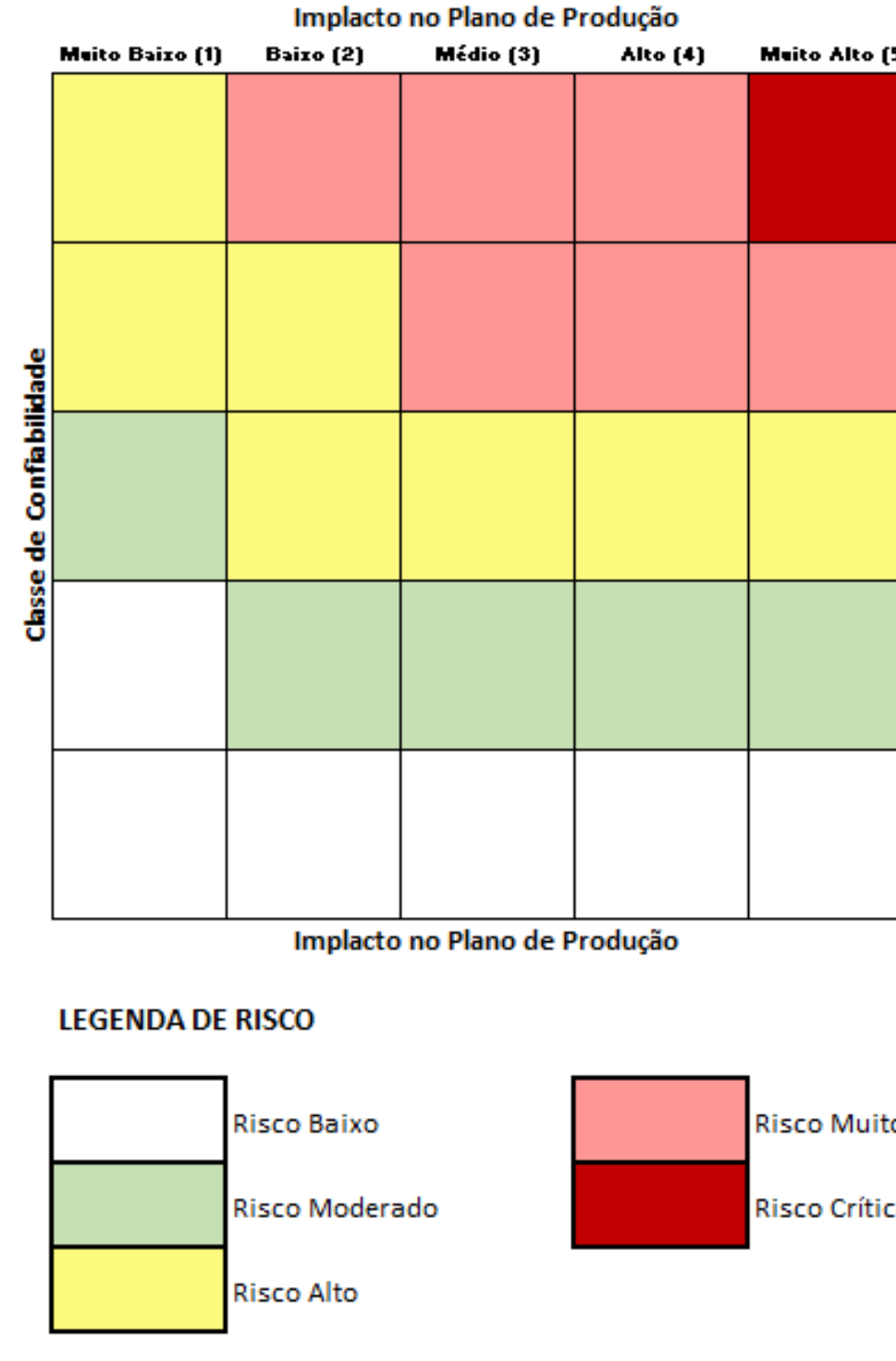
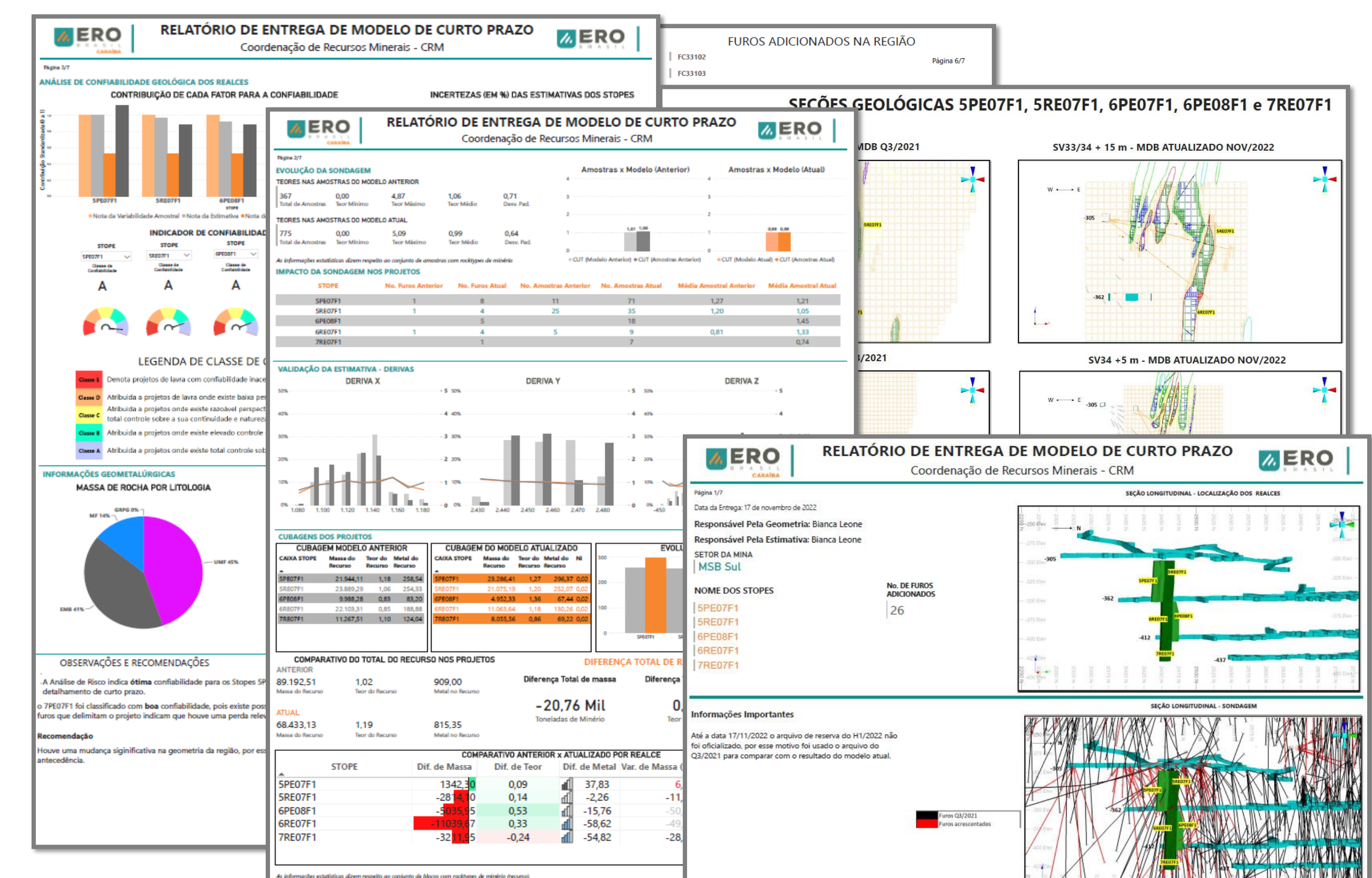


Figura 9: Matriz de risco com legenda da forma como é apresentada no relatório de entrega de modelos de curto prazo.

Ilustração dos componentes do Relatório de Entrega de Modelo CP



7 – Discussões e Conclusões

A análise de risco construída vêm sendo utilizada para a definição de projetos prioritários para a destinação da sondagem de detalhamento, bem como no apoio ao sequenciamento dos projetos de lavra, por parte da equipe de Planejamento, visando a minimização do risco do plano de Produção. Adicionalmente, o trabalho de reconciliação vem sendo conduzido para calibrar e refinar a metodologia da análise de risco.

8 – Agradecimentos

- À Ero Brasil Caraíba por patrocinar este trabalho;
- À Gerência de Recursos e à Gerência Geral de Geologia;
- À equipe de Geologia de Mina.

9 – Referências

- [1] Maier and Barnes (1999). Economic Geology, 94(2), 165-183.
- [2] Oliveira et al., (2004). Precambrian Research, 128(1-2), 143-165.
- [3] Ero-Copper (2022). Ero Copper News Release, January 6, 2022.