



PROD. TEC. ITV MI – N0035/2021  
DOI: 10.29223/PROD.TEC.ITV.MI.2021.35.Torres

## RELATÓRIO TÉCNICO ITV MI

# ANÁLISE PROBABILÍSTICA E FATORES DE SEGURANÇA DAS LITOLOGIAS DA CAVA SEGUNDO OS IRA ADOTADOS

**Relatório Parcial do Projeto Modelagem Geotécnica 3D - Salobo**

Vidal Félix Navarro Torres<sup>1</sup>  
Juan Manuel Girao Sotomayor<sup>1</sup>  
Riquett Oliveira<sup>2</sup>  
Aurélio Fernando Paiva Silva<sup>2</sup>

Belo Horizonte

Novembro/2021

<b>Título:</b> Análise probabilística e fatores de segurança das litologias da cava segundo os IRA adotados	
<b>PROD. TEC. ITV MI – N0035/2021</b>	<b>Revisão</b>
<b>Classificação:</b> ( ) Confidencial ( x ) Restrita ( ) Uso Interno ( ) Pública	<b>01</b>

**Informações Confidenciais** - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

**Informações Restritas** - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

**Informações de Uso Interno** - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço.

**Informações Públicas** - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados.

#### **Nota de capa**

2 Vale S. A.

**Citar como:** Torres, Vidal Félix Navarro et al. **Análise probabilística e fatores de segurança das litologias da cava segundo os IRA adotados.** Ouro Preto: ITV, 2021. (Relatório Técnico – N0035/2021).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

T963a

Torres, Vidal Félix Navarro

Análise probabilística e fatores de segurança das litologias da cava segundo os IRA adotados. Vidal Félix Navarro Torres...[et al.] - Ouro Preto, MG: ITV, 2021.

34 p.: il.

Relatório Técnico (Instituto Tecnológico Vale) – 2021

PROD.TEC. ITV.MI – N0035/2021

DOI 10.29223/PROD.TEC. ITV.MI.2021.35.Torres

1. Análise Probabilística. 2. Cava. 3. Modelagem 3D. 4. Geotecnia. I. Sotomayor, Juan Manuel Girao. II. Oliveira, Riquetti. III. Silva, Aurelio Fernando Paiva. IV. Título.

CDD.23. ed. 622.23

## **RESUMO EXECUTIVO**

No relatório é apresentada a análise probabilística realizada nos taludes da cava Salobo para um cenário intermédio (ano 2025) e o cenário de cava final (ano 2045).

## RESUMO

O relatório apresenta análises de probabilidade de ruptura para a cava Salobo, localizada em Marabá, Brasil. Este estudo tem como objetivo estimar a condição atual de estabilidade dos taludes a cava considerando: (i) avaliação dos níveis freáticos, (ii) análises preditivas determinísticas em condições estáticas e pseudo-estáticas, (iii) variabilidade dos parâmetros por média de probabilidade de ruptura e (iv) recomendações sobre os ângulos de inclinação do projeto. Neste relatório apresentam-se resultados dos pontos (iii) e (iv).

A probabilidade de falha (PoF) na cava intermediária é geralmente baixa, exceto para uma interrampa com 9%. Por outro lado, o PoF para cava Final na zona global instável é superior a 50%, o que reforça a necessidade de mudanças nos IRAs. Foi observado que a variabilidade é impulsionada principalmente pela orientação ZC1.

Para as paredes oeste que ficam dentro do domínio SE, a mudança de altura entre rampas tem pouco impacto de FoS devido ao mecanismo de tombamento; portanto, as recomendações do IRA variam de 46° a 49° considerando alturas entre rampas entre 75m e 150m. Esta recomendação depende fortemente do ângulo de mergulho das zonas de cisalhamento e deve ser válida para conjuntos com ângulos de mergulho maiores que 60°.

Para a parede leste no domínio NW, recomendamos limitar as alturas máximas entre as rampas dependendo dos espaçamentos ZC1, porque esse mecanismo é bastante independente dos IRAs. Para minimizar os efeitos de flambagem, uma altura máxima entre rampas de 150m é recomendada para espaçamentos maiores que 15m, e um máximo de 90m para espaçamentos menores que 10m.

É importante mencionar que, devido à forte influência da orientação ZC1, a confiança de todos os resultados mostrados nesta seção depende da precisão da posição e extensão das zonas de cisalhamento ZC1 e domínios estruturais, e da precisão da orientação de ZC1 em ambos os domínios SE e NW.

**Palavras-chave:** Análise probabilística. Cava. Modelagem 3D. Geotecnia.

## ABSTRACT

The report presents the threedimensional geotechnical stability analysis for Salobo open pit mine, located in Marabá Brazil. This study aims to estimate the current stability condition of Salobo slopes considering: (i) assessment of phreatic levels, (ii) deterministic predictive analysis in static and pseudo-static conditions, (iii) variability of parameters by mean of probability of failure analysis, and (iv) recommendations on the design slope angles. This report presents the results of points (iii) and (iv).

Probability of Failure (PoF) in Intermediate Pit is in general low, except for one inter-ramp having 9%. On the other hand, PoF for Final Pit in the global unstable zone is more than 50%, which reinforces the need for changes in IRAs. It was observed that variability is mainly driven by ZC1 orientation.

For the west walls which lies inside the domain SE, the change of inter-ramp height has little impact of FoS due to the toppling mechanism; therefore, IRAs recommendations range from  $46^\circ$  to  $49^\circ$  considering inter-ramp heights between 75m and 150m. This recommendation strongly depends on dip angle of shear zones and should be valid for sets with dip angles greater than  $60^\circ$ .

It's important to mention, that due to the strong influence of ZC1 orientation, the confidence of all the results shown in this section relies on the precision of the position and extent of shear zones ZC1 and structural domains, and the precision of the orientation of ZC1 in both domains SE and NW.

**Keywords:** Probabilistic analysis. Cava. 3D modeling. Geotechnics.