

# MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL



## 1º RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO - 2023

### RISCO GEOTECNICO

### MINA DENOMINADA VIA VAI – C114



**Sifucel**  
Sílicas

**DEZEMBRO - 2023**

*“Página em branco”*

	NOME	DATA	ASSINATURA
ELABORADO POR:	ASCENSION MOREIRA	22/12/2023	<i>Ascension de Souza Moreira</i>
APROVADO POR:	GILBERTO CHARIFO	22/12/2023	<i>Gilberto Charifo</i>

*“Página em branco”*

## INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Identificação e Objetivos da Monitorização .....	7
1.1.1 Período de Amostragem .....	7
1.1.2 Reclamações .....	8
1.2 Medidas de Minimização .....	8
1.3 Apresentação da Estrutura do Relatório.....	8
1.4 Autoria técnica do Relatório .....	8
2. ANTECEDENTES.....	9
2.1 Antecedentes relacionados com os processos de AIA.....	9
2.1.2. Antecedentes relacionados com a monitorização da Geotecnia.....	9
3. DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO .....	10
3.1 Considerações gerais.....	10
3.2 Geotecnia .....	11
3.2.1 Enquadramento.....	11
3.2.2 Caracterização da área.....	12
3.2.3. Enquadramento Geológico.....	14
3.3. Características no Maciço .....	19
4. ESTUDO GEOTÉCNICO DAS VERTENTES /TALUDES .....	21
4.1. INTRODUÇÃO .....	21
4.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE DE TALUDES.....	23
4.2.1. Resultados das análises de estabilidade estatística e estabilidade dinâmica.....	25
5. CONCLUSÕES.....	27

## INDICE DE QUADROS

Quadro 1: Frequência das amostragens .....	7
Quadro 2 - Técnicos responsáveis pelo relatório.....	8
Quadro 3 - pontos de amostragem .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Quadro 4 - comparação dos valores atuais com os valores de referência – água superficial (período seco) .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Quadro 5 - comparação dos valores atuais com os valores de referência – água subterrânea (período seco) .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Quadro 6 - comparação dos valores atuais com os valores de referência – água superficial (período húmido).....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Quadro 7 - comparação dos valores atuais com os valores de referência – água subterrânea (período húmido).....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – localização do depósito de combustível dentro da área de carga .....	12
Figura 2 – Áreas de desmorte em avaliação.....	13
Figura 3 – Extratos das folhas 39-C (Alcácer do Sal) e 39-D (Torrão), da Carta Geológica de Portugal, à escala 1:50 000, incluindo a localização da área concessionada (e área de ampliação) de Castelo Ventoso. Legenda da figura: a - Aluviões; d/Ad– Dunas e areias eólicas; M <sup>4-5</sup> /Ma – Formação da Marateca; M <sup>3-4</sup> – Formação de Alcácer do Sal; M <sub>VG</sub> – Formação de Vale do Guizo. (Coordenadas PT-TM06/ETRS89).....	14
Figura 4 – Modelo digital de terreno (resolução de 25 metros) da área envolvente à concessão mineira. (Coordenadas PT-TM06/ETRS89) .....	17
Figura 5 – Excerto da carta neotectónica de Portugal continental à escala 1:1 000 000 (Cabral e Ribeiro, 1988) com a localização da concessão mineira de Castelo Ventoso. (Coordenadas PT-TM06/ETRS89). 19	
Figura 6 – Localização das frentes de desmorte estudadas .....	22
Figura 7 – Representação esquemática da análise de estabilidade de talude pelo método de Bishop: a) Superfície de deslizamento circular e definição das fatias; b) representação das forças atuantes numa fatia. ....	24
Figura 8 - Representação esquemática com a indicação da definição de <i>d</i> e <i>L</i> da equação anterior .....	24

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Identificação e Objetivos da Monitorização

A monitorização ambiental da ampliação da mina “Casal Ventoso” encontra-se contemplada no respetivo Plano de Mina e é condição da licença de exploração atribuída pelo Ministério da Economia.

Da avaliação de impactes ambientais para esta mina, no âmbito do seu licenciamento através do Estudo de Impacte Ambiental, proc. AIA/1116/2004 concluiu-se que os descritores, Qualidade do Ar, Ambiente Sonoro, Recursos Hídricos, PARP, Recursos Ecológicos e Geotecnia deveriam ser alvo de uma monitorização periódica no decorrer da atividade de exploração da mina.

Deste modo a presente Memória descritiva constitui o relatório de acompanhamento da monitorização ambiental da Geotecnia para o ano de 2023.

Na elaboração deste documento foi atendido o disposto no anexo V da portaria n.º 395/2015 de 31 de outubro, bem como a legislação específica para cada descritor ambiental. Foi igualmente atendido o disposto na Declaração de Impacte Ambiental emitida pelo Sr. Secretario de Estado do Ambiente, em 31 de maio de 2004, assim como os ofícios S08294-201312-DAIA.DPP, S06926-201311-DAIA.DPP da APA, o ofício S45798-201409-DAIA.DPP de 19-12-2013 e o ofício S024168-201704-DAIA.DPP DAIA.DPPA.00053.2013 de 28-04-2017 assim como o ofício S045971-202207-DAIA.DPP DAIA.DPPA.00053.2013 datada de 21/07/2022.

#### 1.1.1 Período de Amostragem

De acordo com as indicações o Plano de Monitorização para o ano de 2023 está associado ao descritor da Geotecnia, os trabalhos de monitorização deverão ser efetuados nos períodos indicado no Quadro 1:

**Quadro 1:** Frequência das amostragens

DESCRITOR	FREQUÊNCIA
Riscos Geotécnicos (frentes de desmontes)	anual

### 1.1.2 Reclamações

Não existem reclamações por parte da população ou por partes das entidades oficiais.

## 1.2 Medidas de Minimização

As medidas de minimização previstas e que estão a ser implementadas são:

- Garantir a inclinação dos taludes;
- Criar uma rede de drenagem;
- Garantir que a altura dos taludes está de acordo com o planeamento da lavra;

## 1.3 Apresentação da Estrutura do Relatório

O presente relatório de Monitorização seguiu a estrutura definida no anexo V da portaria n.º 395/2015 de 31 de outubro. O seu conteúdo foi adaptado ao âmbito dos trabalhos efetuados, tal como previsto nesta mesma Portaria.

O esquema de apresentação pode ser consultado no índice.

## 1.4 Autoria técnica do Relatório

O presente relatório de Monitorização foi elaborado e coordenado pela equipa técnica indicada no Quadro n.º 2.

**Quadro 2 - Técnicos responsáveis pelo relatório**

<b>TÉCNICO / EMPRESA</b>	<b>INTERVENÇÃO</b>	<b>FORMAÇÃO</b>
Ascension Moreira – Gold Fluvium, Lda	Geotecnia	Licenciatura em engenharia de Minas, pelo IST Mestrado em Geotecnia pelo IST Pós-Graduação em Higiene e segurança no trabalho, Nível 5



## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Antecedentes relacionados com os processos de AIA**

Conforme referido no Estudo de Impacte Ambiental, a monitorização ambiental visa controlar a evolução das vertentes ambientais consideradas mais sensíveis, designadamente ao ambiente Sonoro e recursos hídricos, pois face ao estabelecido pelos ofícios da APA, são necessárias a inclusão de outras informações para estes descritores.

A implementação do plano de monitorização traduz-se na avaliação contínua da qualidade ambiental da área da mina, baseada na recolha sistemática de informação primária e na sua interpretação, permitindo, através da análise expedita de indicadores relevantes, estabelecer o quadro evolutivo da situação de referência e efetuar o contraste relativamente aos objetivos e as ações específicas contempladas no Plano de Mina, baseada na recolha sistemática de informação primária e na sua interpretação, permitindo, através da análise expedita de indicadores relevantes, estabelecer o quadro evolutivo da situação de referência e efetuar o contraste relativamente aos objetivos pré-definidos. Desta forma, é possível estabelecer relações entre os padrões observados e as ações específicas contempladas no Relatório Síntese, assim como encontrar as medidas de gestão ambiental mais adequadas face a eventuais desvios que venham a ser detetados.

#### **2.1.2. Antecedentes relacionados com a monitorização da Geotecnia**

O último estudo geotécnico foi realizado no âmbito do estudo de impacte ambiental, este relatório é o primeiro a ser realizado no âmbito da monitorização definida pela DIA.

## 3. DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO

### 3.1 Considerações gerais

Conforme referido no Estudo de Impacte Ambiental, a monitorização ambiental visa controlar a evolução das vertentes ambientais consideradas mais sensíveis, designadamente qualidade do ar e ambiente sonoro.

A implementação do plano de monitorização traduz-se na avaliação continua da qualidade ambiental da área da mina, baseada na recolha sistemática de informação primária e na sua interpretação, permitindo, através da análise expedita de indicadores relevantes, estabelecer o quadro evolutivo da situação de referência e efetuar o contraste relativamente aos objetivos e as ações específicas contempladas no Plano de Mina, baseada na recolha sistemática de informação primária e na sua interpretação, permitindo, através da análise expedita de indicadores relevantes, estabelecer o quadro evolutivo da situação de referência e efetuar o contraste relativamente aos objetivos pré-definidos. Desta forma, é possível estabelecer relações entre os padrões observados e as ações específicas contempladas no Plano de Mina, assim como encontrar as medidas de gestão ambiental mais adequadas face a eventuais desvios que venham a ser detetados.

A importância das **estabilidades dos taludes a céu aberto** está associada a segurança dos trabalhadores, pois com a monitorização correta desde o início do projeto, é possível colocar medidas corretas e necessárias para ser executadas sob supervisão de pessoas qualificadas, criando assim um local de trabalho seguro para todos.

Este acompanhamento da estabilidade das vertentes é uma componente vital para qualquer mina e é essencial para o planeamento dos depósitos.

A monitorização das vertentes passa por:

- Verificação visual de possíveis deformações dos taludes, assim que é verificado alguma deformação;
- Verificar a presença de poças de água nos pés ou na crista dos taludes;

## 3.2 Geotecnia

### 3.2.1 Enquadramento

Todos os projetos de obras de engenharia civil têm aspetos geotécnicos, embora o seu grau de relevância possa variar em cada um. Tradicionalmente, a verificação de segurança geotécnica utilizada desenrola-se num quadro normativo estabelecido pelo Eurocódigo (EC) 7 (CEN, 2007) que institui uma metodologia (requisitos e critérios) para a avaliação da resistência, estabilidade, condições de serviço e durabilidade das estruturas geotécnicas. O EC 7 deve ser utilizado juntamente com o EC 0 (CEN, 2002a), que diz respeito às bases para o projeto de estruturas, com o EC 1 (CEN, 2002b) relacionado com as ações em estruturas de engenharia civil e com o EC 8 (CEN, 2004) que é dedicado ao projeto de estruturas resistentes à ação sísmica. O EC 7 encontra-se dividido em duas partes. Na parte 1 este apresenta as regras gerais do dimensionamento geotécnico e descreve os princípios gerais e os requisitos que garantem a segurança, a utilização e a durabilidade das estruturas suportadas. A parte 2 diz respeito à prospeção geotécnica e ensaios. Nestes Eurocódigos (CEN, 2002a, 2002b, 2004, 2007), as metodologias de cálculo podem considerar as fontes de incerteza através de um coeficiente de segurança global determinado com base empírica, respeitante aos métodos clássicos e determinísticos; ou introduzindo o método dos coeficientes parciais de segurança, calibrados por vezes através de análises probabilísticas de nível II ou III. Com este último, as incertezas são tratadas na origem através da introdução do valor característico e do valor de cálculo das variáveis envolvidas no dimensionamento (nomeadamente ações, resistências e grandezas geométricas).

No caso dos taludes naturais existem na natureza com um certo grau de estabilidade, pretendendo-se, por isso, avaliar a necessidade ou não de medidas de estabilização para impedir que esse grau baixe e se dê a rotura. Quanto aos taludes artificiais, executam-se análises de estabilidade quando se está perante problemas de instabilidade ou em fase de execução de projetos de taludes. Na análise de estabilidade de taludes a massa de solo ou de rocha limitada pela superfície de rotura deve ser encarada como um ou vários corpos rígidos movendo-se simultaneamente. As superfícies de rotura e superfícies de contato entre corpos rígidos podem ter diferentes formas, designadamente planar (talude infinito), circular ou mais complexas (talude finito) (as metodologias utilizadas para o cálculo determinístico na avaliação da estabilidade destes taludes encontram-se no subcapítulo 4.2).

## 3.2.2 Caracterização da área

### 3.2.2.1. Localização do projeto

A Mina de Castelo Ventoso localiza-se na união das freguesias de Alcácer do Sal (Santa Maria do Castelo e Santiago) e Santa Susana, concelho de Alcácer do Sal, distrito de Setúbal. O acesso faz-se pela IC1 – EN-120 ao km 99, mostra-se a localização da Mina de Castelo Ventoso no território nacional e o enquadramento local.

A linha de comboio do Sul atravessa o local, sensivelmente na direção norte-sul, e separa as duas áreas de intervenção. A circulação de máquinas e veículos entre estas duas áreas é assegurada por um viaduto recentemente construído no local com a devida autorização Infraestruturas de Portugal (IP).

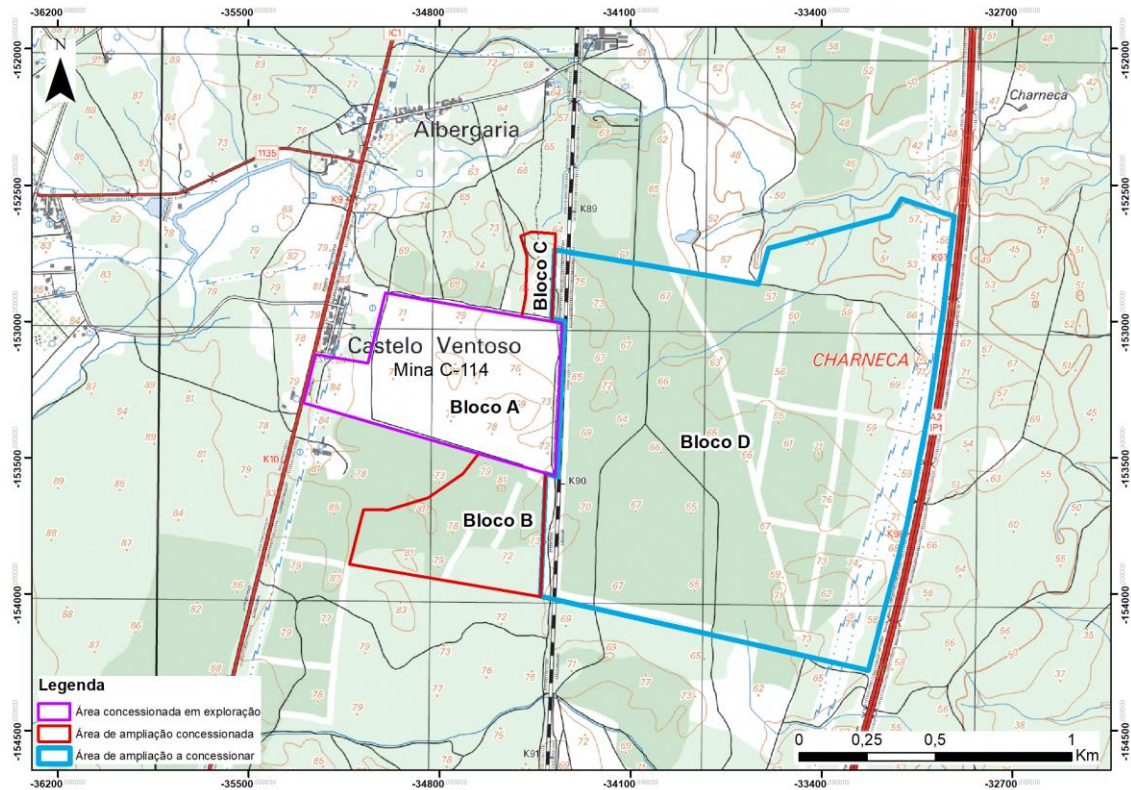


Figura 1 – localização do depósito de combustível dentro da área de carga

As frentes de lavra situam-se nos Blocos A e D.

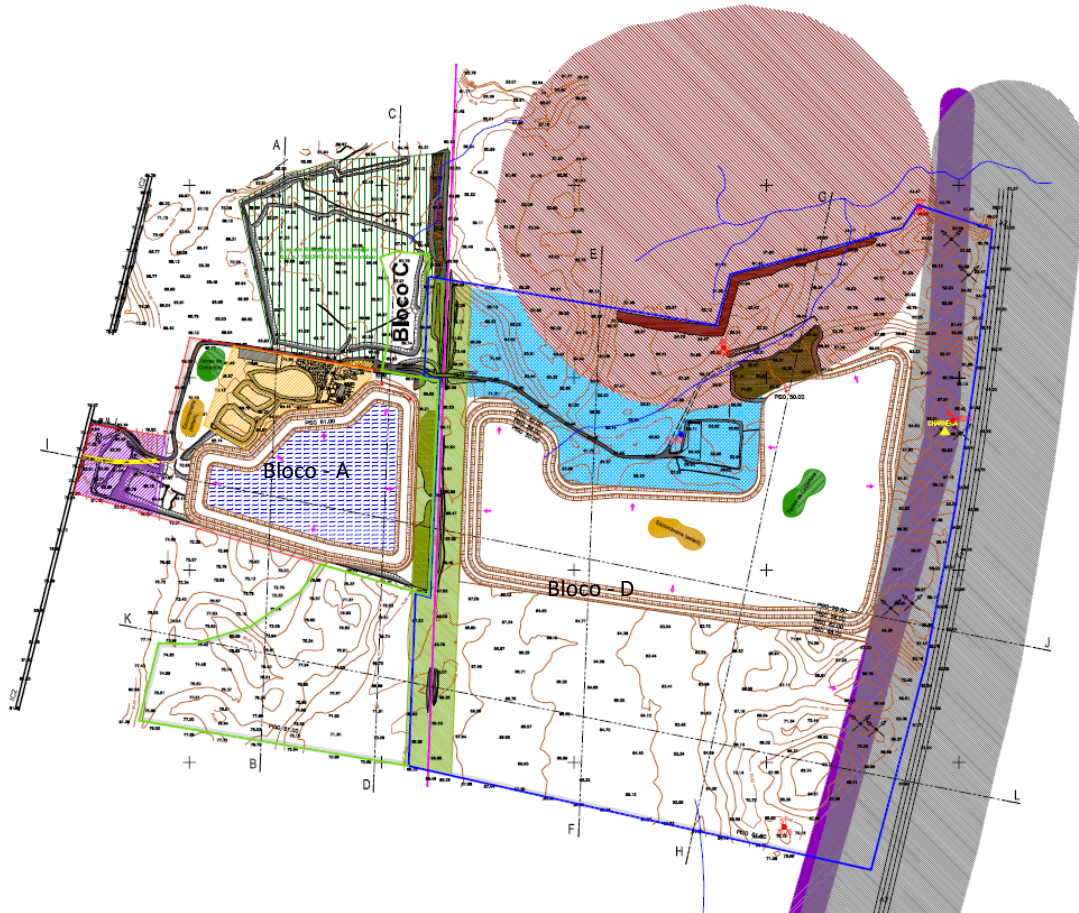


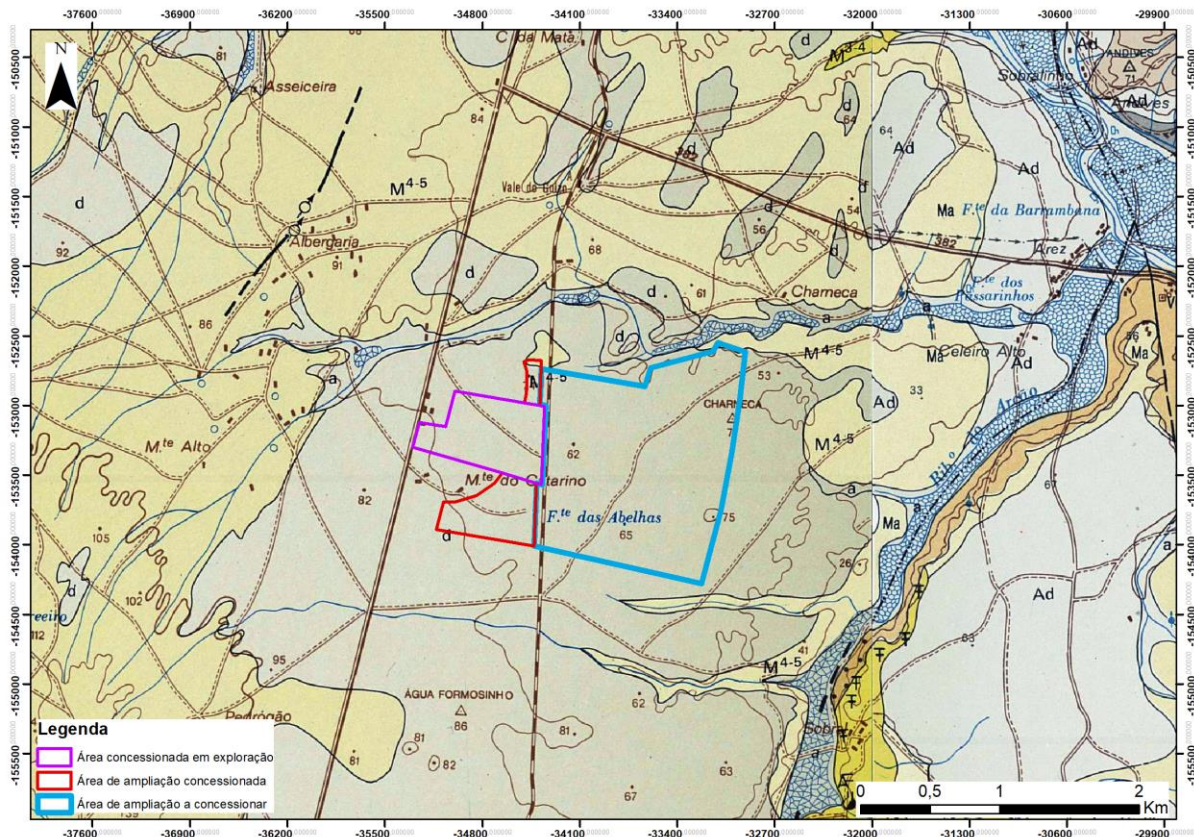
Figura 2 – Áreas de desmonte em avaliação



### 3.2.3. Enquadramento Geológico

#### 3.2.3.1. Enquadramento geológico Regional e Local

A área de implantação da Mina de Castelo Ventoso situa-se em terrenos abrangidos pela Folha 39-C – Alcácer do Sal, da Carta Geológica de Portugal, à escala 1:50 000.



**Figura 3** – Extratos das folhas 39-C (Alcácer do Sal) e 39-D (Torrão), da Carta Geológica de Portugal, à escala 1:50 000, incluindo a localização da área concessionada (e área de ampliação) de Castelo Ventoso. Legenda da figura: a - Aluviões; d/Ad- Dunas e areias eólicas; M<sup>4-5</sup>/Ma – Formação da Marateca; M<sup>3-4</sup> – Formação de Alcácer do Sal; MV<sub>G</sub> – Formação de Vale do Guizo. (Coordenadas PT-TM06/ETRS89)

Com base na observação das folhas 39-C e 39-D (Torrão) e consulta das respetivas notícias explicativas, verifica-se que na área de interesse as unidades aflorantes são compostas por sedimentos, identificados como areias eólicas e dunas (d) datados do Holocénico e ainda areias com conteúdo argiloso (Formação da Marateca) de idade Miocénica. A exposição das restantes unidades Miocénicas, na mesma figura, ocorre ao longo da linha de água 'Ribeiro de Arcão' (Figura 3). A descrição das diferentes unidades seguirá a sequência lito-estratigráfica, do topo para a base:

### **Aluviões (a)**

Estes depósitos ocupam principalmente as áreas marginais do rio Sado e seus afluentes. A destruição da cobertura vegetal nas imediações de Alcácer do Sal, envasamento do rio Sado e intensa atividade agrícola a partir do século XIX, contribuíram para a erosão e transporte desta unidade e consequente remoção do seu local de origem. No passado, as aluviões foram aproveitadas para marinhas de sal, as do “salgado de Alcácer”.

O bloqueio das águas salinas, por parte de águas doces levaram à conversão dessas marinhas de sal em campos de arroz, com intensas terraplanagens.

### **Dunas e areias eólicas (d)**

Esta zona, representa a nível nacional, uma das maiores e mais importantes coberturas dunares, estando principalmente bem desenvolvida na margem esquerda do rio Sado. A sua dimensão terá sido ainda extensa, tendo em conta os vestígios de dunas degradadas, nem sempre de fácil distinção. A sul de Valverde e a nordeste de Brejinho, as unidades dunares podem atingir cotas que excedem os 100 metros. A sua evolução ter-se-á dado até a atualidade ou até um passado próximo, uma hipótese plausível seria da relacionar a formação destas vastas zonas costeiras com períodos glaciares, mais especificamente com regressões marinhas e consequente afastamento da linha de costa.

### **Formação da Marateca (M<sup>4-5</sup>)**

É uma das formações mais bem representadas na folha n.º 39 C de Alcácer do Sal e das mais importantes pela sua expressão nas bacias do Tejo e do Sado. É caracterizada, em termos litológicos, por conglomerados (com seixos mais ou menos boleados, não excedendo, no geral, poucos centímetros de dimensão); areias grosseiras, sobretudo em níveis inferiores e com conteúdo feldspático; sucedem-se areias médias e finas, geralmente argilosas e argilas acinzentadas ou esverdeadas com predomínio de montmorilonite sobre ilites e caulinite. É o resultado da erosão do soco mais antigo, e esta formação fluvial preenche canais orientados. É nesta unidade que o conteúdo argiloso, razoavelmente constante, contrasta com as suprajacentes unidades do Holocénico. Assenta sobre a Formação de Alcácer do Sal, de fácies marinha e sobre a Formação de Vale de Guizo, de fácies continental, ou mesmo do soco Mesozóico. A espessura desta formação é variável e de difícil estimação. Com base em sondagens antigas (perto da localidade de Albergaria) é de admitir que possa alcançar os 62 metros de possança, no entanto e em resultado de paleo-relevos ou atividade tectónica mais recente, este valor pode variar. A

deposição desta formação parece corresponder a um período temporal relativamente curto (0,5 Ma), com forte sedimentação fluvial alimentada pela erosão do soco.

### **Formação de Alcácer do Sal (M<sup>3-4</sup>)**

Conservada na bacia do Sado, a Formação de Alcácer do Sal é o resultado de uma transgressão marinha datada do ciclo C6 (Serravaliano superior e Tortoniano inferior). Não ocupa significativa extensão com exceção das áreas de Alcácer do Sal (área mais relevante), Montevil, Lezíria (a oeste de Alcácer) e Ribeira do Arcão. Perto das localidades de Asseiceira e Albergaria, furos de captação encontraram depósitos marinhos a profundidades consideráveis e evidenciando uma zona deprimida a sul do afloramento do soco, em Valverde. Essa depressão pode ser resultado de paleo-relevos, de um pequeno “horst”, ou ambos. A espessura, difícil de estimar, atinge os 69 metros localmente, com base num afloramento entre a ponte de C. F., Senhor dos Mártires e a zona do Castelo), já com base em sondagens, perto de Albergaria, este valor pode aumentar para cerca de 146 metros. Junto a Alcácer do Sal, a espessura desta formação, identificada em afloramento, será de aproximadamente 70 metros. Predominam areias brancas ou amareladas de grão médio a fino e calcarenitos fossilíferos, mais ou menos arenosos; foram identificados conglomerados, mas com fraca expressão. A componente argilosa é representada, geralmente, pela montmorilonite; a caulinite é escassa.

### **Formação de Vale de Guizo (M<sub>VG</sub>)**

Presente na bacia do Sado, zona SE da bacia do Tejo e noutros locais, esta fácies continental é composta por conglomerados com calhaus não muito rolados, provavelmente do soco, na base; areias mais ou menos grosseiras, mal calibradas, por vezes arcósicas; argilas vermelhas, brancas ou esverdeadas onde predomina a montmorilonite, com concreções calcárias; níveis calcários, localmente possantes. Esta formação atinge maior expressão na folha de Torrão, onde se situa Vale de Guizo. Pouco aflorante na folha de Alcácer do Sal, esta formação terá grande desenvolvimento em profundidade.

As formações arenosas aluvionares, eólicas e as que resultam da alteração das formações detríticas miocénicas, constituem um meio permeável e conseqüentemente importantes na infiltração e escoamento subterrâneos. Em particular as areias de dunas, com elevada expressão cartográfica, constituem aquíferos livres que sustentam numerosas nascentes, algumas permanentes, mas, em geral, com pequenos caudais.



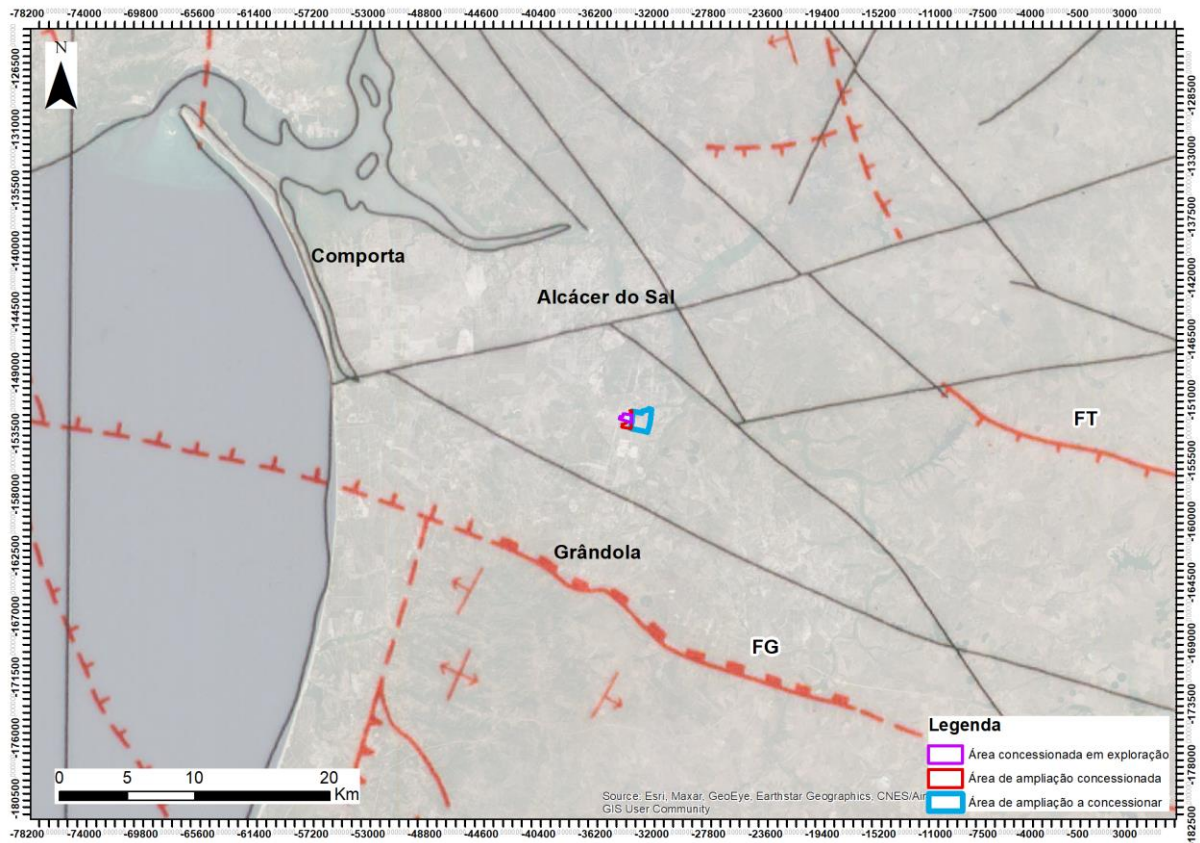


### 3.2.3.3. Tectónica

A grande exposição de dunas e solos arenosos vem dificultar, ou mesmo impossibilitar, a identificação de estruturas tectónicas, tais como falhas ou fraturas. Este fator é particularmente relevante na área de estudo onde existe vasta área ocupada pelas unidades sedimentares Cenozóicas atrás referidas. Várias falhas foram detetadas através da interpretação de afloramentos (exemplos de Valverde e Alcácer do Sal) e pela sinuosidade apresentada pelo troço do Rio Sado.

A área de estudo situa-se num bloco limitado a sul pela falha de Grândola (FG) e a Norte pela falha do Torrão (FT), conforme a Figura 5. Alguns limites geológicos, ilustrados na mesma figura, como linhas contínuas a negro, podem corresponder a falhas ativas. As estruturas tectónicas principais possuem direção, aproximadamente, NO-SE, NE-SO e N-S. Próximo à área de estudo foi identificada uma falha em Albergaria e que afeta as formações detríticas dunares e do Miocénico superior, evidenciando a sua modernidade. O dacito de Valverde, localizado a 4 km na direção norte, possui intensa rede de fraturas com direção E-O.

Em Alcácer do Sal foram observadas inclinações da ordem de 7 graus para Oeste e noutros afloramentos foram igualmente identificadas estratificações sub-horizontais. A subsidência da bacia do Sado, resultado da evolução tectónica da mesma, originou a sedimentação diferencial como se comprovou em vários testemunhos de sondagens antigos, onde níveis considerados como pertencendo à Formação de Alcácer do Sal, foram identificados perto da superfície, na Ribeira do Arcão, Montevil e Alcácer do Sal, e entre 148 a 204 m de profundidade próximo de Asseiceira e Albergaria, respetivamente.



**Figura 5** – Excerto da carta neotectónica de Portugal continental à escala 1:1 000 000 (Cabral e Ribeiro, 1988) com a localização da concessão mineira de Castelo Ventoso. (Coordenadas PT-TM06/ETRS89)

### 3.3. Características no Maciço

O projeto insere num maciço calcário cujas características geofísicas são conhecidas devido a quantidade de ensaios feitos aos produtos explorados.

Para uma melhor caracterização dos mesmos os ensaios realizados são massa volúmica ( $\rho$ ) e a massa volúmica a seco ( $\rho_{\text{seco}}$ ), assim como dos ensaios de resistências a compressão (o ensaio foi realizado na APEB em provetes cilíndricos feitos em amostras de rochas da pedreira).

Quadro 3 – Características das amostras

Amostra	Diâmetro (mm)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (kg/m <sup>3</sup> )
Areia castanha	63.00	22.66	22.64	1727.15	1718.19
Areia ranca	63.00	23.85	20.66	1632.09	1820.74
Areia cascalho	63.00	24.17	24.64	1723.03	1600.99

Quadro 4 – Resultados dos ensaios de determinação da resistência ao corte direto.

Amostra	$\sigma$ (kPa)	$\tau_{\text{máx}}$ (kPa)	$\tau_{\text{res}}$ (kPa)	$\phi$ (°)	$\tau_{\text{res}}$ (°)
Areia Castanha 1	77.02	64.48	44.27	34.14	31.91
	139.90	87.58	87.58		
	265.65	136.18	134.73		
	391.40	295.45	265.14		
Areia Castanha 2	77.02	56.78	48.60	35.00	30.32
	139.90	81.32	81.32		
	265.65	155.91	153.02		
	391.40	299.78	230.01		
Areia Branca 1	77.02	47.16	40.42	33.64	29.58
	139.90	86.62	82.77		
	265.65	153.98	149.17		
	391.40	279.09	222.79		
Areia Branca 2	77.02	27.91	22.13	29.88	29.44
	139.90	87.58	83.73		
	265.65	161.68	155.91		
	391.40	219.42	219.42		
Areia Cascalho 1	77.02	38.01	38.01	34.05	33.93
	139.90	83.24	83.25		
	265.65	179.49	176.60		
	391.40	271.39	271.39		
Areia Cascalho 2	77.02	38.50	28.87	33.90	33.78
	139.90	91.91	91.91		
	265.65	207.88	207.86		
	391.40	246.37	246.37		

## 4. ESTUDO GEOTÉCNICO DAS VERTENTES /TALUDES

### 4.1. INTRODUÇÃO

Geralmente, os taludes construídos por ações humanas são resultado de escavações, cortes em encostas ou de lançamento de aterro. O projeto de tais cortes depende, basicamente, das condições geomecânicas dos materiais e do fluxo existente ali. Sendo assim, a execução precisa ser feita de forma que a altura e a inclinação do corte garantam a estabilidade da obra.

Os taludes avaliados estão dentro da zona da corta.



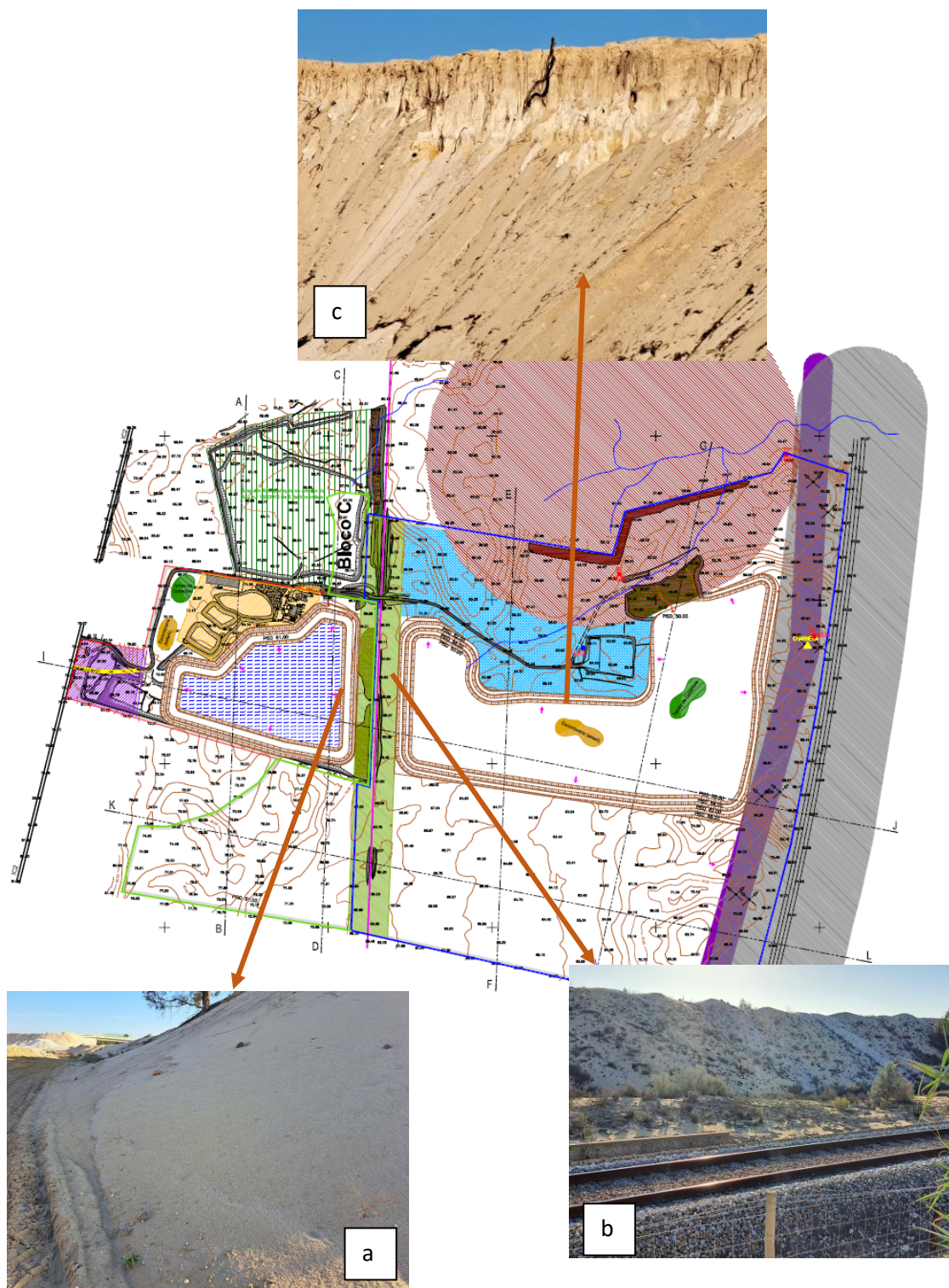


Figura 6 – Localização das frentes de desmonte estudadas

Conforme se pode verificar na carta geológica e na Figura 1, as camadas estão associadas aos estratos de Dunas e areias eólicas que estão presente na zona em avaliação tem uma inclinação de 35°, o talude a) possui uma altura de cerca de 3 metros, o talude b) possui cerca de 3 metros de altura e o talude c) cerca de 4 metros de altura, todos com uma inclinação de 35°.

## 4.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE DE TALUDES

Os métodos de cálculo para definir a estabilidade de taludes são feitos com o intuito de garantir que as forças resistentes são suficientemente maiores do que as forças que atuam no sentido de causar a rutura do maciço. Praticamente todas as formas de cálculo utilizam as definições de fator de segurança e as equações de equilíbrio estático para obtenção desses dados, sendo que os parâmetros básicos para isso são as características das forças cisalhantes, a poro pressão causada pela água e as propriedades físicas e geométricas do talude em questão.

O fator de segurança, normalmente denominado como  $F$ , é definido em termos da força cisalhante do solo de acordo com a seguinte expressão:

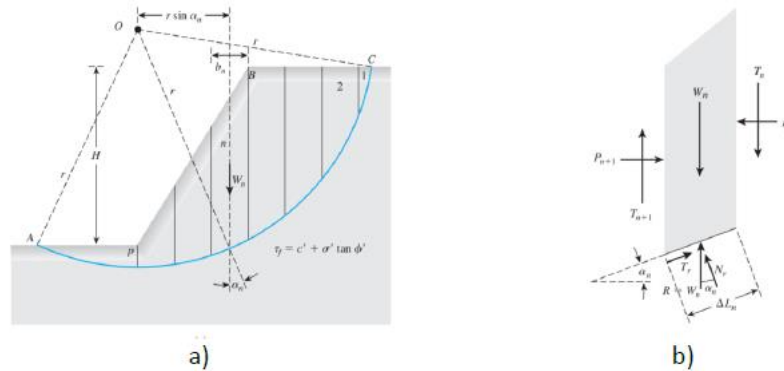
$$F = s / \tau$$

Sendo a variável  $s$  definida como a força cisalhante solicitante e a variável  $\tau$  é a força necessária para que o equilíbrio aconteça. Ou seja, a força de equilíbrio é obtida por uma força solicitante dividida por um fator de segurança determinado.

De uma forma geral, os métodos de equilíbrio limite divide a massa de solo deslizante, definida por uma determinada superfície de deslizamento, num número finito e arbitrário de fatias verticais, sendo que nas mesmas são determinadas os somatórios das forças e/ou os momentos atuantes. No entanto, a determinação destes parâmetros conduz a um problema indeterminado, pelo que, em função das hipóteses consideradas sobre as variáveis desconhecidas, foram desenvolvidos vários métodos que consideram as condições de equilíbrio de forças, de momentos ou ambos (Budhu, 2000).

No presente estudo foram considerados 3 dos mais conhecidos métodos de equilíbrio limite, nomeadamente: o Método de Bishop (1955), o Método de Jambu (1973) Corrigido e o Método de Spencer (1967).

O método de Bishop (Budhu, 2000) assume que o deslizamento do talude é efetuado por uma superfície circular (tal como representado na Figura 8 a) e, para além do peso próprio de cada fatia ( $W_n$ ) e correspondentes componentes normal e tangencial ( $N_r$  e  $T_r$ ), toma também em consideração o efeito das forças entre fatias ( $T_n, P_n, T_{n+1}, P_{n+1}$ ). O método de Bishop assume o equilíbrio dos momentos.



**Figura 7** – Representação esquemática da análise de estabilidade de talude pelo método de Bishop: a) Superfície de deslizamento circular e definição das fatias; b) representação das forças atuantes numa fatia.

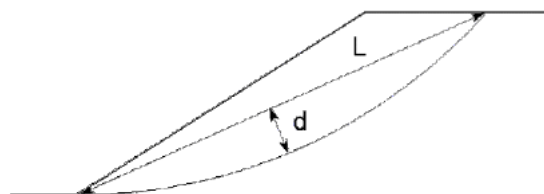
Por outro lado, o método de Jambu (1973) assume, de uma forma geral, superfícies de deslizamento não circular. Apesar de também se apoiar na divisão da massa potencialmente deslizante em fatias, este método assume o equilíbrio das forças horizontais.

$$P_{n+1} - P_n = 0$$

No método de Jambu Corrigido, o fator de segurança para a superfície de deslizamento considerada é multiplicado por um fator de modificação ( $f_0$ ), o qual é dependente da geometria do talude e dos parâmetros de resistência do solo, da seguinte forma:

$$f_0 = 1.0 + b_1 \left[ \frac{d}{L} - 1.4 \left( \frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

Onde d e L se encontram representados na Figura 8 que se segue:



**Figura 8** - Representação esquemática com a indicação da definição de d e L da equação anterior



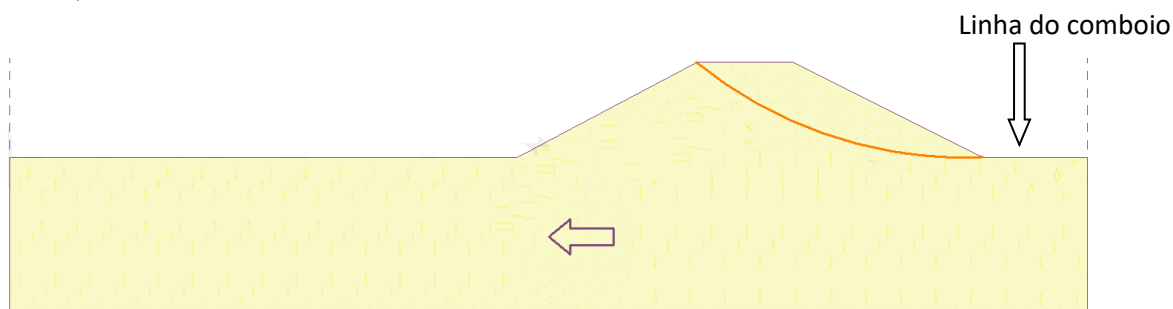
Na Equação,  $b1$  toma o valor de 0.69 para solos apenas com coesão, 0.31 para solos sem coesão e 0.50 para solos com coesão e ângulo de atrito.

Spencer (1967) desenvolveu um método que determina o fator de segurança tendo em conta as forças entre fatias ( $T_n, P_n, T_{n+1}, P_{n+1}$  representados na Figura 8 b), satisfazendo o equilíbrio de forças e momentos e o efeito direto da presença de um nível freático.

#### **4.2.1. Resultados das análises de estabilidade estatística e estabilidade dinâmica**

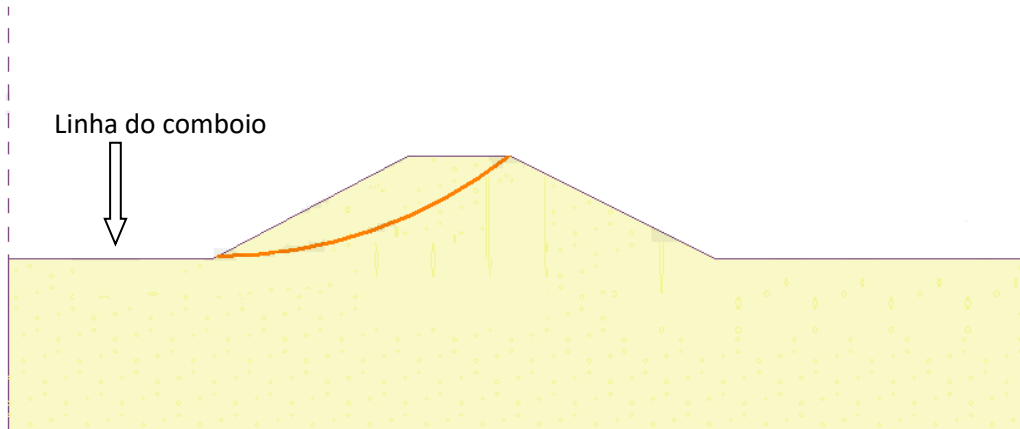
O fator de segurança expresso nas equações refere-se a uma potencial superfície de rutura que tenha sido analisada. Por isso, é necessário que uma superfície específica seja previamente assumida para que seja possível o cálculo da estabilidade do talude, é por esse motivo que vários fatores de segurança são calculados em um talude e aquele com o menor valor definirá o que é conhecido como superfície de deslizamento crítica.

Talude a)



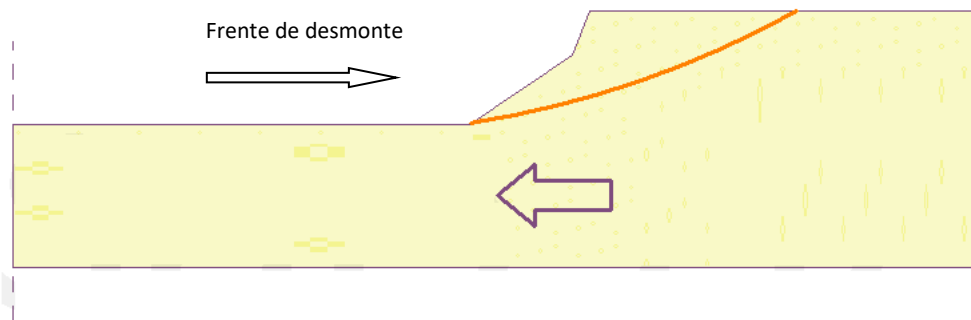
Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°	
	Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática	Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica
Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	<b>2,11</b>	<b>1,59</b>
Fator de segurança (Fs) SPENCER	<b>2,11</b>	<b>1,60</b>
Fator de segurança (Fs) JANBU	<b>2,11</b>	<b>1,60</b>

Talude b)



Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°	
	Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática	Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica
Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	<b>2,02</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) SPENCER	<b>2,02</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) JANBU	<b>2,02</b>	<b>1,54</b>

Talude c)



Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°	
	Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática	Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica
Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	<b>2,05</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) SPENCER	<b>2,05</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) JANBU	<b>2,05</b>	<b>1,54</b>

## 5. CONCLUSÕES

O presente relatório apresenta os resultados obtidos no decurso do estudo de estabilidade geotécnica no talude existente na área de implantação do depósito de combustível. A realização deste estudo considerou várias fases, nomeadamente:

1. Estudo da estabilidade estática e dinâmica dos taludes, com recurso a simulações numéricas pelos métodos de equilíbrio limite.

No que respeita aos ensaios laboratoriais, das amostras recolhidas em campo, foram efetuados ensaios de caracterização física e em particular, de determinação da resistência mecânica das unidades geológicas identificadas.

No que respeita aos ensaios de determinação dos parâmetros resistentes, verificou-se que as unidades geológicas apresentam coesão elevada uma vez que se trata de um maciço consolidado, sendo que o ângulo de atrito máximo obtido é de 35°.

Face aos resultados alcançados no trabalho laboratorial, foram avaliados dois cenários de estabilidade: Estabilidade estática e dinâmica, para cada metodologia (Bishop / Spencer / Janbu).

Relativamente às análises de estabilidade estáticas, verifica-se que os fatores de segurança são superiores ao fator de segurança mínima definido para garantir a segurança (1.5).

Relativamente às análises de estabilidade dinâmica, em função do zonamento sísmico, o qual oferece informação sobre a intensidade expectável de sismos a ocorrer na zona e que conduziram a um coeficiente sísmico de 0.25, verifica-se que este fenómeno não irá provocar a instabilidade do maciço.

Não se propõe nenhuma alteração ao plano de monitorização em vigor.

## Modelo de Ficha Resumo que acompanha o Relatório de Monitorização

### Parte A

#### Dados Gerais do Relatório

Denominação do RM	Monitorização Ambiental – Relatório de Acompanhamento 2023		
Empresa ou entidade que elaborou o RM	Gold Fluvium, Lda		
Data emissão do RM	24/12/2023	Relatório Final	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Período de Monitorização a que se reporta o RM	Ano 2023 – Geotecnia		

#### Identificação do Proponente, da Autoridade de AIA e da Entidade Licenciadora

Proponente	Sifucel, Sílicas, SA		
Autoridade de AIA	<input checked="" type="checkbox"/> Agência Portuguesa do Ambiente <input type="checkbox"/> Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo		
Entidade Licenciadora	DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia		

#### Dados do Projeto

Designação	Mina de “Castelo Ventoso” - (C114)		
Procedimento de AIA	AIA N.º 3503		
Procedimento de RECAPE	RECAPE N.º _____		
Nº de Pós-avaliação	PA N.º 926		
Áreas Sensíveis	-----		
Principais características do Projeto e projetos associados			

#### Fatores ambientais considerados no Relatório de Monitorização

<input type="checkbox"/> Socioeconomia	<input type="checkbox"/> Materiais decapados	<input type="checkbox"/> Paisagem	<input type="checkbox"/> Património
<input type="checkbox"/> Qualidade do Ar	<input checked="" type="checkbox"/> Geotecnia	<input type="checkbox"/> Fauna	<input type="checkbox"/> Ruído
<input type="checkbox"/> Recursos Hídricos	<input type="checkbox"/> Outro _____		

**Parte B**

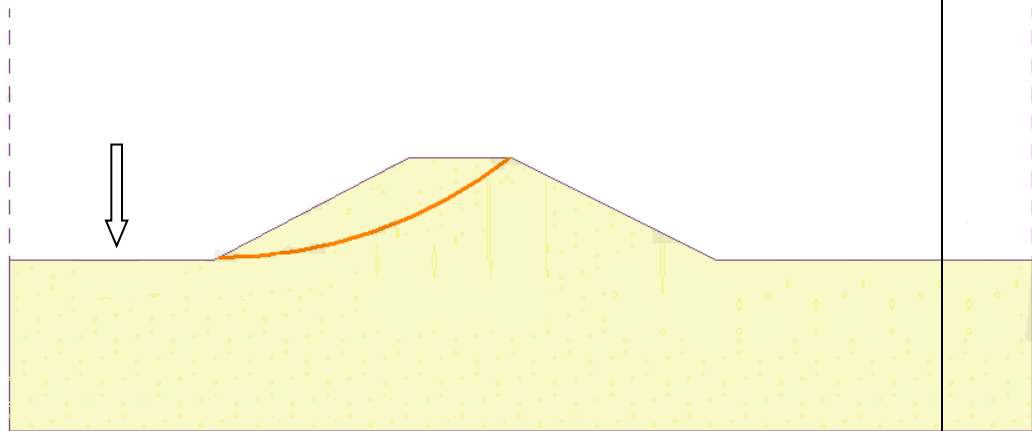
**Monitorização Ambiental – Relatório de Acompanhamento 2022**

**Dados do Relatório de Monitorização por Fator Ambiental**

**Fator Ambiental - Recursos Hídricos**

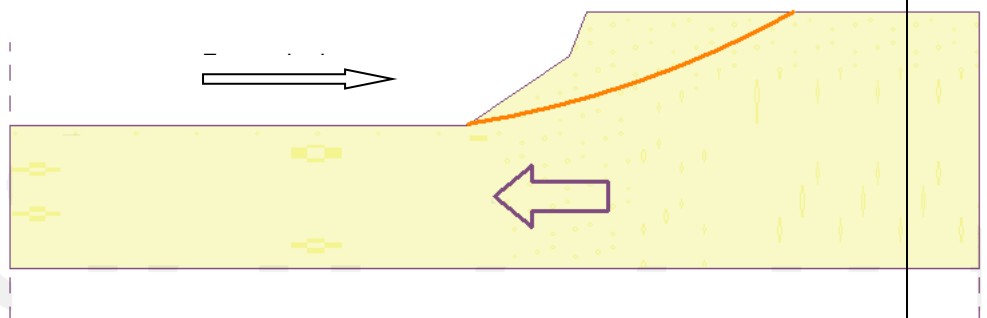
<b>Versão em Vigor do Programa de Monitorização</b>	<input checked="" type="checkbox"/> DIA	<input type="checkbox"/> RECAPE	<input type="checkbox"/> _____ / ____ / ____														
<b>Objetivos da Monitorização</b>	1. Verificação da estabilidade dos taludes de exploração																
	(...)																
<b>Fase do Projeto</b>	<input type="checkbox"/> Pré-construção	<input type="checkbox"/> Construção	<input checked="" type="checkbox"/> Exploração <input type="checkbox"/> Desativação														
<b>Período da Monitorização</b>	A monitorização realizou-se durante os períodos de: 2023																
<b>Parâmetros, N.º de Pontos e Periodicidade de Amostragem</b>	Periodicidade anual, diversas frentes de desmonte dentro das duas áreas de exploração																
<b>Principais Resultados da Monitorização</b>	Talude a)																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Componentes</th> <th colspan="2">Talude em avaliação – inclinação de 35°</th> </tr> <tr> <th>Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática</th> <th>Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fator de segurança (Fs) (BISHOP)</td> <td align="center">2,11</td> <td align="center">1,59</td> </tr> <tr> <td>Fator de segurança (Fs) SPENCER</td> <td align="center">2,11</td> <td align="center">1,60</td> </tr> <tr> <td>Fator de segurança (Fs) JANBU</td> <td align="center">2,11</td> <td align="center">1,60</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°		Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática	Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica	Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	2,11	1,59	Fator de segurança (Fs) SPENCER	2,11	1,60	Fator de segurança (Fs) JANBU	2,11	1,60
Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°																
	Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática	Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica															
Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	2,11	1,59															
Fator de segurança (Fs) SPENCER	2,11	1,60															
Fator de segurança (Fs) JANBU	2,11	1,60															

Talude b)



Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°	
	Sem sismo (kN/m) Estabilidade estática	Com sismo (kN/m) Estabilidade dinâmica
Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	<b>2,02</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) SPENCER	<b>2,02</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) JANBU	<b>2,02</b>	<b>1,54</b>

Talude c)



Componentes	Talude em avaliação – inclinação de 35°	
	Sem sismo (kN/m)	Com sismo (kN/m)
	Estabilidade estática	Estabilidade dinâmica
Fator de segurança (Fs) (BISHOP)	<b>2,05</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) SPENCER	<b>2,05</b>	<b>1,54</b>
Fator de segurança (Fs) JANBU	<b>2,05</b>	<b>1,54</b>

O presente relatório apresenta os resultados obtidos no decurso do estudo de estabilidade geotécnica no talude existente na área de implantação do depósito de combustível A realização deste estudo considerou várias fases, nomeadamente:

1. Estudo da estabilidade estática e dinâmica dos taludes, com recurso a simulações numéricas pelos métodos de equilíbrio limite.

No que respeita aos ensaios laboratoriais, das amostras recolhidas em campo, foram efetuados ensaios de caracterização física e em particular, de determinação da resistência mecânicas das unidades geológicas identificadas.

No que respeita aos ensaios de determinação dos parâmetros resistentes, verificou-se que as unidades geológicas apresentam coesão elevada uma vez que se trata de um maciço consolidado, sendo que o ângulo de atrito máximo obtido é de 35°.

Face aos resultados alcançados no trabalho laboratorial, foram avaliados dois cenários de estabilidade: Estabilidade estática e dinâmica, para cada metodologia (Bishop / Spencer / Janbu).

Relativamente às análises de estabilidade estáticas, verifica-se que os fatores de segurança são superiores ao fator de segurança mínima definido para garantir a segurança (1.5).

Relativamente às análises de estabilidade dinâmica, em função do zonamento sísmico, o qual oferece informação sobre a intensidade expectável de sismos a ocorrer na zona e que conduziram a um coeficiente sísmico de 0.25, verifica-se que este fenómeno não irá provocar a instabilidade do maciço.

CONCLUSÕES	
Eficácia das condicionantes e medidas de minimização e compensação	As medidas implementadas são eficazes.
Proposta de novas medidas, alteração ou suspensão de medidas	As medidas implementadas são as mais indicadas para garantir a estabilidade geotécnica
Recomendações	-----
Conclusões globais para o caso de RM Final	-----
Proposta de Programa de Monitorização	<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção
	<input type="checkbox"/> Alteração
	1.
	2.
	3.
	(...)
	<input type="checkbox"/> Cessação
<b>Fundamentos que sustentam a proposta <sup>(13)</sup></b>	
1.	
2.	
3.	
(...)	

Data 24/12/2023

  
 \_\_\_\_\_  
 Assinatura do responsável