



Departamento Nacional de Produção Mineral

Ministério de Minas e Energia

DNPM/AL  
Fls. 1836

**DIRETORIA DE FISCALIZAÇÃO MINERAL**  
**FORMULÁRIO DE FISCALIZAÇÃO DE LAVRA AUTORIZADA**  
**- MINA SUBTERRÂNEA -**

**1. PREPARAÇÃO DA VISTORIA**

**Objetivo**

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Acompanhamento de rotina    | <input type="checkbox"/> Modificação do Plano de Aproveitamento Econômico |
| <input type="checkbox"/> Acidente ( ) ambiental ( ) do trabalho | <input type="checkbox"/> Suspensão de lavra                               |
| <input type="checkbox"/> Denúncia                               | <input type="checkbox"/> Renúncia   |
| <input type="checkbox"/> Determinação judicial                  | <input type="checkbox"/> Outros Especificar:                              |

**Identificação da Unidade Produtiva**

Titular: Braskem S.A.

Mina:

Substância (s): Salgema

Reservas da mina:

Processo(s) DNPM nº: 006.648/65

nº: 69.037 de: 09/06/71

Título Minerário: Decreto

Município (s): Maceió

Responsável Técnico da mina:

Adolfo Pereira Sponquiado

CREA nº: 75.409/D-MG

**Levantamento de Dados Essenciais**

Data da apresentação do PAE:	14/08/69
Existem modificações do PAE	Sim( X ) Não ( ) Obs.: Apresentada em 21/03/20113
Existe Plano de Fechamento da Mina	Sim( X ) Não ( )
Existe Planejamento Anual de Lavra	Sim( X ) Não ( )
Existe Projeto Especial	Sim( ) Não ( X )
RAL entregue (ano base)	Sim( X ) Não ( )
RAL analisado	Sim( ) Não ( X )
A CFEM está atualizada	Sim( X ) Não ( ) Obs.: Cobrança em curso.
A Área já foi vistoriada	Sim( X ) Não ( ) Data da última vistoria: 30/08/13 junto com IMA
Há pendências.	Sim( ) Não ( X ) Especificar: Exigências.

**Método (s) de lavra:** É adotado o método de mineração por dissolução subterrânea (lavra ascendente). O sal é produzido em forma de solução aquosa (salmoura) com elevada concentração de NaCl (cloreto de sódio). A salmoura é obtida por meio de poços tubulares profundos, onde são instalados tubos concêntricos situados em profundidades distintas. A água captada de poços artesianos é injetada a alta pressão e temperatura pelo tubo central e, pelo tubo intermediário, a salmoura gerada é levada para a superfície, de onde é bombeada para uma planta química de cloro / soda, situada a 7,8 Km de distância, por meio de salmouraduto.

Os poços operados isoladamente, no final, terão suas cavidades separadas por um pilar de sal. Também é mantida uma laje de sal, na parte superior, conferindo estabilidade ao volume espacial gerado pela extração do sal. Depois de desativada, a cavidade ficará sempre

preenchida com salmoura, tal como na sua fase operacional. No caso de poços conjugados, os poços em geral são dispostos em linhas e entre as mesmas se deixa um maciço de sal as separando.

DNPM/AL  
Fls. 1837

Grau de mecanização: Manual ( ) Semi-Mecanizada ( ) Mecanizada ( X )

Produção de ROM/dia: 2.000 t Teor Médio: 99,99% Teor de Corte: \_\_\_\_\_

Recuperação: 40 % Relação Estéril/Minério: 0/0

Frentes de lavra em operação: 09 Turnos de Trabalho: 3

Nº de operários na mina: 7 (Nível Técnico) Nº de Técnicos na Mina: 08 (01 de Engº de Minas)

Profundidade = 1200m

#### Equipamentos:

Quant.	Discriminação	Quant.	Discriminação
10	Bombas rotativas centrífugas	01	Salmouroduto
03	Tanques de armazenamento		
09	Conjuntos de adaptadores que compõem a cabeça do poço (árvore de natal)		
01	Subestação elétrica – Recebe 69 KVA e passa para 440 KVA.		

## 2. LEVANTAMENTO NO ESCRITÓRIO DA MINA

Existe Planejamento de Lavra atualizada Sim ( X ) Não( )  
 Existem Mapas e/ou Plantas Satisfatórias Sim ( X ) Não( )  
 Existe Controle de Teores na Produção Sim ( X ) Não( )  
 Dados coletados conferem com os do RAL e do Processo Sim ( X ) Não( )

## 3. VERIFICAÇÃO EM CAMPO

Os trabalhos de verificação da localização dos poços minas foram realizados com o auxílio de equipamento receptor GPS (*Global Positioning System*) da marca GARMIN, modelo map 76, cujas leituras foram efetuadas adotando sistema geodésico SAD-69 (*South America Datum de 1969*) que é o **Datum** padrão utilizado pelo DNPM.

Nº da frente	Latitude:	Longitude:	Datum (SAD 69, etc)
Poço1 (desativado- vert)	09° 38' 09,4" S	35° 44' 52,9" W	
Poço 2	09° 37' 48,6" S	35° 44' 46,8" W	
Poço 3 (desativado)	09° 37' 50,0" S	35° 45' 00,6" W	
Poço 4	09° 37' 48,6" S	35° 44' 52,9" W	
Poço 5 (desativado- ver)	09° 38' 08,8" S	35° 44' 57,7" W	
Poço 6 (desativado)	09° 37' 50,9" S	35° 44' 43,2" W	
Poço 7 (desativado)	09° 38' 01,8" S	35° 44' 59,7" W	
Poço 8 (desativado)	09° 38' 11,9" S	35° 44' 55,6" W	
Poço 9 (ativo)	09° 37' 51,9" S	35° 45' 03,1" W	
Poço 10 (desativado)	09° 38' 05,4" S	35° 44' 54,9" W	
Poço 11 (desativado)	09° 38' 23,6" S	35° 44' 44,0" W	
Poço 12 (desativado)	09° 37' 55,1" S	35° 45' 02,3" W	
Poço 13 (desativado)	09° 37' 51,5" S	35° 44' 59,0" W	
Poço 14 (desativado)	09° 38' 17,7" S	35° 44' 47,4" W	
Poço 15 (desativado)	09° 38' 19,7" S	35° 44' 49,5" W	
Poço 16 (desativado)	09° 37' 52,3" S	35° 44' 54,4" W	
Poço 17 (desativado)	09° 37' 54,7" S	35° 44' 53,5" W	
Poço 18 (desativado)	09° 38' 06,3" S	35° 44' 58,0" W	
Poço 19 (descarte)	09° 38' 01,0" S	35° 44' 58,8" W	
Poço 20 (desativado)	09° 38' 07,7" S	35° 44' 57,4" W	
Poço 21 (desativado)	09° 38' 11,6" S	35° 44' 56,2" W	

8

DNPM/AL  
Fls. 1838

Poço 22 (desativado)	09° 38' 14,2" S	35° 44' 53,4" W
Poço 23 (desativado)	09° 38' 17,0" S	35° 44' 52,0" W
Poço 24 (desativado-dire)	09° 38' 27,4" S	35° 44' 47,6" W
Poço 25 (desativado-dire)	09° 38' 27,2" S	35° 44' 47,9" W
Poço 26 (direcional)	09° 38' 12,3" S	35° 44' 56,1" W
Poço 27 (ativo-direcional)	09° 38' 01,6" S	35° 44' 59,2" W
Poço 28 (desativado)	09° 37' 53,7" S	35° 44' 53,4" W
Poço 29 (desativado)	09° 38' 07,7" S	35° 44' 57,4" W
Poço 30	09° 38' 07,6" S	35° 44' 52,9" W
Poço 31 (ativo-direcional)	09° 38' 07,6" S	35° 44' 52,4" W
Poço 32 (vertical)	09° 37' 47,3" S	35° 45' 02,7" W
Poço 33 (direcional)	09° 37' 47,3" S	35° 45' 02,7" W
Poço 34 (ativo-direcional)	09° 38' 26,3" S	35° 44' 46,8" W
Poço 35 (ativo-direcional)	09° 38' 11,9" S	35° 44' 56,1" W

**OBS.:** OS POÇOS DE ÁGUA são um total de 9 poços, profundidade média variando de 70 a 280 metros, com uma capacidade total de captação de 550 m<sup>3</sup>/hora. Do volume de água captada 75% é utilizada no processo de dissolução na mina e 25% é bombeada por meio de adutora para a indústria.

Tipo de encaixantes:

Capa: Camada de conglomerados que começa com 300 metros de espessura e termina com 900 metros.

Existe Controle geomecânico Sim ( X ) Não ( )

Obs.: Realizado com o monitoramento por meio de SONAR.

### 3.5. Segurança na Mina

Existe CIPAMIN Sim ( X ) Não ( )  
Existe SESMT Sim ( X ) Não ( )

### 3.6 Disposição de Estéril

**OBS.:** Não existe geração de estéril. As intercalações de material insolúvel ficam depositadas na própria caverna.

### 3.7. Beneficiamento

**OBS.:** Não tem usina de beneficiamento na mina. A salmoura captada dos poços- mina é bombeada diretamente para indústria, onde após o processo de eletrólise e evaporação, é gerado uma polpa de cálcio e magnésio. Essa polpa é reinjetada nos poços desativados.

### 3.8. Instalações e Serviços

Existe Posto médico no local Sim ( X ) Não ( X ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )

OBS.: Existe posto médico na indústria que opera de forma integrada com a mina.

Existe Refeitório Sim ( X ) Não ( ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )  
Existem Instalações Sanitárias Sim ( X ) Não ( ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )  
Existem Vestiários Sim ( X ) Não ( ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )  
Existem Oficinas Sim ( X ) Não ( ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )  
Existem Escritórios Sim ( X ) Não ( ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )  
Existem Abrigos Sim ( ) Não ( X ) Satisfatório: Sim( ) Não( )  
Existe Posto de Abastecimento Sim ( ) Não ( X ) Satisfatório: Sim( ) Não( )  
Existe Almoxarifado Sim ( X ) Não ( ) Satisfatório: Sim( X ) Não( )

### 3.9 CONTROLE AMBIENTAL

#### 3.9.1 DADOS GERAIS (DNPM)

Projetos de Controle Ambiental  
☐ PCIAM ☐ RCA ☒ PCA ☐ PRAD ☒ EIA-RIMA  
☐ OUTROS Especificar: \_\_\_\_\_  
 Certificações: ☒ Sim Especificar: ISO 9000 da qualidade, 14001 da gestão ambiental e OSHA 1801 (segurança do trabalho)  
☐ Não  
 Licença ambiental válida ( ☒ ) Sim Validade: \_\_\_\_\_ ( ) Não  
 Órgão Licenciador: IMA 12-06-14  
 Outras Licenças: \_\_\_\_\_

#### 3.9.2 Caracterização da Área da Mina

☒ Urbana ☐ Rural Plano Diretor ☒ Sim ☐ Não  
☐ Intermunicipal ☐ Interestadual Zoneamento ☐ Sim ☐ Não

Distância da residência mais próxima: 10 metros  
 (como indicador de verificação do crescimento da malha urbana)

#### 3.9.3. Programas de Monitoramento

Meio	Metodologia/Equipamentos	Periodicidade
Poeira		
Gases		
Água	SIM	MENSAL
Solo		
Ruído	SIM	PERMANENTE
Vibração	SIM	PERMANENTE

Existem registros das variáveis monitoradas: Sim ( ☒ ) Não ( )

#### 3.9.4 Reabilitação de Áreas Degradadas

Plano de Reabilitação de Áreas Superficiais Degradadas

☒ Executado ☐ Em execução ☐ Não executado

**OBS.:** A recuperação se dá quando arrasa o poço-mina, tendo como fundamento a portaria específica da ANP para arrasamento de poços desativados de petróleo. A primeira etapa é a retirada da tubulação de produção, na sequência é realizada a injeção de 3 tampões de cimento especial, após o que são realizados os testes de estanqueidade, e depois é efetuado o corte do revestimento do poço a uma profundidade mínima de 2 metros da superfície, quando finalmente é soldada a boca do poço e realizada a recomposição da área.

Tipo de Recuperação:

☒ Recobrimento com solo e argila ☐ Reflorestamento  
☒ Reconformação topográfica da área ☐ Hidrossemeadura  
☐ Revegetação com espécies nativas ☐ Terraplanagem  
☐ Outros. Especificar: \_\_\_\_\_

#### 3.9.5 Disposição de Rejeitos

☐ Com Barragens ☒ Sem Barragens

**OBS:** No caso de haver barragens deve ser preenchido o Formulário de Fiscalização de Barragem.

#### 3.9.7 Técnico responsável pelo controle ambiental da mina:



Nome: ADEVAN DORTA DE MENDONÇA Qualificação: Técnico de Manutenção e ocupa a função de técnico operacional  
CREA: \_\_\_\_\_

DNPM/AL  
Fls. 1840  
P

#### 4. DOCUMENTOS GERADOS

- ☐ Notificação      Quantidade: \_\_\_\_\_
- ☐ Exigências      Quantidade: \_\_\_\_\_
- ☐ Auto de Infração      Quantidade: \_\_\_\_\_
- ☐ Auto de Interdição (    ) Total    (    ) Parcial
- ☐ Desinterdição (    ) Total    (    ) Parcial
- ☐ Auto de Paralisação

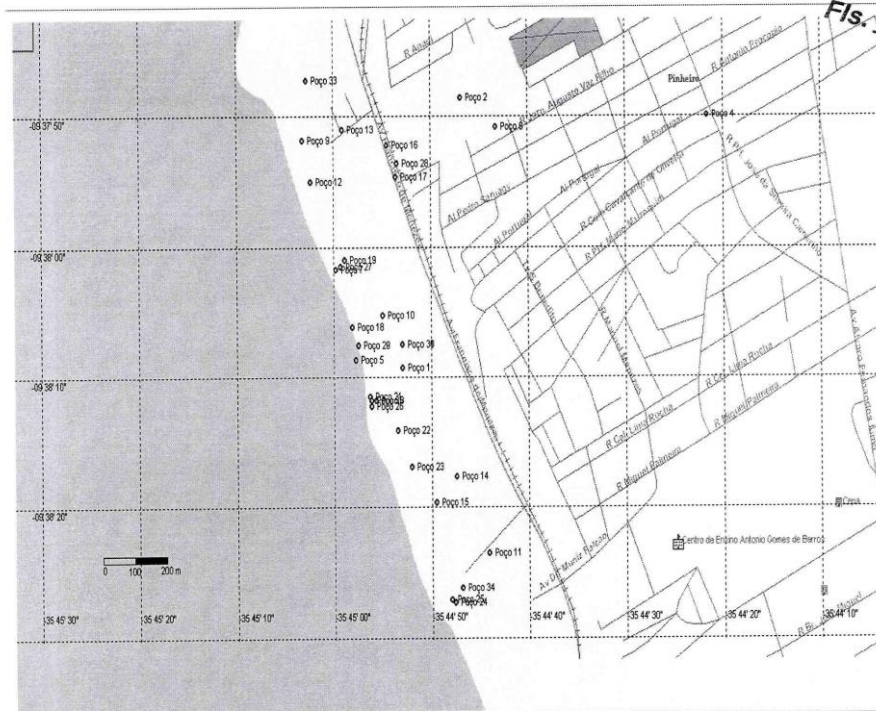
#### 5. OBSERVAÇÕES, CONCLUSÕES E DESCRIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS

Do total de 35 poços, 09 estão operando, 23 estão desativados e 03 estão para entrar em operação. A vida útil da mina é de 50 anos. A lavra é ascendente. A distância entre as cavernas é de 150m. Existe monitoramento de aquífero.

Acompanharam a fiscalização os eng<sup>os</sup> de minas Roger Romão Sampaio, Coordenador de Fiscalização da DIFIS e André Zingano, Professor de Mecânica das Rochas da UFRGS, contratado como consultor pelo DNPM para analisar o laudo técnico de mecânica das rochas apresentado pela empresa.

Mapa de Situação

P



**Responsáveis da Empresa que acompanhou a vistoria/fornecer informações:**

Nome(s): Adolfo Pereira Sponquiado  
 Profissão(s): Engº de Minas  
 CREA/CPF nº: 75.409/D-MG

**Técnico(s) Responsável (eis) pela Fiscalização:**

Nome: José Antonio Alves dos Santos

*[Handwritten Signature]*  
 Assinatura do técnico

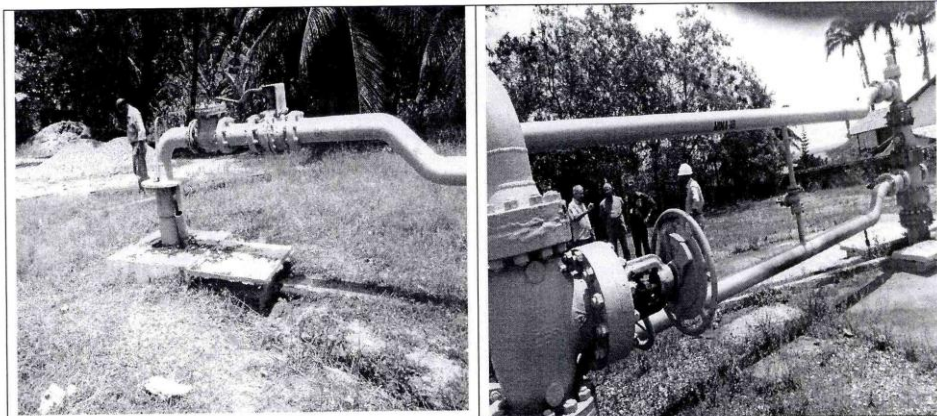
Nome: Fernando José da Costa Bispo

*[Handwritten Signature]*  
 Assinatura do técnico

Maceió, 17 de março de 2014

## Registro Fotográfico

DNPM/AL  
Fls. 1849





**RELATÓRIO TÉCNICO Nº 02/2014 - CFAM/DIFIS****Referência:** DNPM nº**Interessado:** Braskem S.A.**Assunto:** Vistoria Mina Subterrânea de Salgema – Maceió/ALAo Geo.º Walter Lins Arcoverde  
Diretor de Fiscalização**I - INTRODUÇÃO / HISTÓRICO**

Visando assessorar e apoiar demandas de fiscalização de lavra em minas subterrâneas, da Superintendência do DNPM em Alagoas, a Coordenação de Fiscalização do Aproveitamento Mineral/CFAM da Diretoria de Fiscalização, através do seu coordenador, Engº de Minas Roger Romão Cabral, juntamente com os Engenheiros de Minas José Antônio Alves dos Santos, Superintendente do DNPM/AL, e Fernando Bispo, Chefe do Serviço de Fiscalização daquela superintendência, realizou no dia 17/03/2014, uma vistoria na Mina Subterrânea de Salgema, da BRASKEM S.A, processo DNPM nº 006.648/1965, localizada em Maceió, no estado de Alagoas.

A Equipe do DNPM foi acompanhada também do professor André Zingano, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, que presta consultoria técnica ao DNPM, através de Termo de Cooperação Técnica realizada entre as Instituições, nos assuntos relacionados à subsidência e recuperação de pilares em minas subterrâneas.

A vistoria teve como objetivo específico dar assessoria técnica a Superintendência do DNPM em Maceió/AL, para análise e emissão de parecer acerca de laudo técnico de mecânica de rochas, exigido pelo DNPM para certificar que os trabalhos de lavra realizados pela Empresa BRASKEM, que explora Salgema em Maceió/AL, não estão afetando as condições geomecânicas das rochas encaixantes, das estruturas adjacentes e que a mina opera de forma segura, não representando risco à população que reside sobre essas áreas.

**II - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

No dia 17/03/2014, a equipe de fiscalização se deslocou para mina, onde são realizadas as atividades de lavra.

Na Empresa, a Equipe foi recebida pelo geólogo Adolfo Pereira Sponquiado – Gerente de Planejamento da Lavra e representantes de diversos setores, na ocasião foi apresentado um relato sobre as atividades da Empresa.

O Método de lavra adotado é por dissolução subterrânea com lavra ascendente. Os dados técnicos da atividade estão descritos no formulário de vistoria em anexo preenchido pelos técnicos da Superintendência do DNPM em Alagoas.





## Laudo de avaliação do relatório sobre a análise de estabilidade de cavernas de mineração de salgema – mina de sal de Maceió, AL – Brasken S.A.

### Descrição do relatório

O relatório foi realizado pela empresa Flodim e refere-se a análise de estabilidade das cavernas geradas pela mineração nos poços 16, 17, 30D e 31D.

A análise de estabilidade foi realizada por meio de métodos de elementos finitos em 2D e 3D axisimétricos.

O objetivos dos modelos é observar a subsidência máxima na superfície no entrono das cavernas para 30 anos após o encerramento da lavra. Esse preocupação tem lógica devido ao comportamento de fluência da rocha de sal, i.e, quando há o esforço de uma certa pressão sobre a rocha de sal, essa rocha continua deformando, mesmo quando a pressão se mantém constante.

O processo de construção dos modelos é apresentado nos itens 4.1 a 4.3, incluindo as suas geometrias, limites de borda e sequência dos modelos (páginas 15-18)

A construção dos modelos (geometria e sequência geológica) seguiu a localização das cavernas e sua forma, a qual foi baseada nas perfilagens sônicas realizadas em 2012. Os modelos foram montados em duas etapas. A primeira etapa consiste no desenvolvimento do teto e segunda é a extensão da caverna. O objetivo dos modelos foi primeiro foi simular a situação atual e na segunda etapa simular a continuidade da lavra. Também, simular a quantidade de subsidência na situação atual e futura, além de estimar a subsidência para longo prazo no período de 30 anos, conforme descrito nas páginas 17 e 18.

A sequência geológica mostrada na tabela 1 do relatório (página 8).

As propriedades mecânicas das rochas que formam o pacote rochoso desde a superfície até o fundo da camada de sal e as propriedades de fluência do sal foram compilados de relatório geotécnico da Brasken de 2007 e outro de 1998. Os autores do relatório mostram as metodologias para definição das propriedades de fluência.

As propriedades elásticas das rochas são apresentadas na tabela 2 do relatório (página 9).

As propriedades de fluência são apresentadas na tabela 3 do relatório (página 10)

No item 3.6 é mostrado o critério de estabilidade ou critério de ruptura para os modelos, em função das propriedades de deformação e fluência. Esses critérios definem nos modelos se as cavernas mostram estabilidade ou não.

Os resultados apresentados para os três tipos de modelos foram em termos de subsidência, coeficiente de dilatação do sal e fluência, campo de tensões e deformações.

Nenhum dos resultados atingiu os limites de critérios de ruptura que foram estabelecidos, mostrando, então que as cavernas estariam estáveis mesmo após 30 anos. As quantidades de subsidência ficam na ordem de milímetros (até 6mm).

## Conclusões e recomendações

O trabalho apresenta a metodologia adequada para este tipo de projeto de análise de estabilidade e simulação de comportamento de maciço.

A laudo atinge seus objetivos e contempla a exigência do DNPM, mostrando os limites de subsidência (fator mais importante da exigência) e a estabilidade das cavernas em longo prazo.

Entretanto, seria recomendado o monitoramento sistemático da subsidência em diferentes pontos da área de concessão de forma a confrontar as previsões de subsidência dos modelos.

A progressão do dano dentro das cavernas deve monitorado por meio de perfil sônico (já utilizado pela empresa) de forma a monitorar a estabilidade das paredes e teto das cavernas. É recomendado fazer uma campanha anual para os poços mais recentes (até 5 anos) e a cada dois anos nos poços mais antigos (a partir de 5 anos), dependendo do custo de perfilagem.

Fazer um mapa de levantamento planialtimétricos da área do concessão mostrando os limites das bordas das cavernas em planta e sua variação em cada campanha de perfilagem.

As quantidades de subsidência podem afetar estruturas na superfície? Essa pergunta não está clara no relatório. É recomendado que seja realizado um laudo nas estruturas de superfície de forma a verificar a qualidade das mesmas e a probabilidade de dano para a correspondente previsão de subsidência máxima.

Maceió, 18 de março de 2014

Andre Zingano  
Prof. Dr. Eng. de Minas  
DEMIN - UFRGS



