

# FECHAMENTO DE MINAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

revegetação e conservação de ecossistemas

**Pablo Guenther Soares**

Eng. Florestal, MSc; bolsista PCI – CNPq / CETEM

&

**Zuleica C. Castilhos, DSc**

COPM/CETEM

Rio de Janeiro / RJ

Lançamentos: livro • Banco de Dados

**RECURSOS MINERAIS E COMUNIDADE**  
impactos humanos • socioambientais • econômicos

14 • novembro • 2014 • 9 às 17h • Local: Auditório do CETEM

# Constituição Federal

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

[...]

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

# Diretrizes e recomendações para o fechamento de mina (IBRAM, 2013)



1. O planejamento do fechamento deve começar desde a concepção do projeto de uma nova mina.
2. A empresa deve planejar o fechamento de minas em atividade.
3. O planejamento do fechamento deve envolver as partes interessadas externas e internas.
4. Os resultados do planejamento devem ser registrados em planos de fechamento e outros documentos correlatos.
5. A empresa deve estimar todos os custos associados ao fechamento de uma mina.
6. A empresa deve acompanhar o desenvolvimento socioeconômico local.
7. O plano de fechamento deve ser atualizado sempre que houver modificações substanciais no projeto da mina ou nas condições do entorno.

# Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD x Plano de Fechamento de Mina

Estudo comparativo

Plano de Fechamento (coluna 1)	PRADs (coluna 2)
⇒ <b>Introdução e descrição do projeto</b>	√
• Ocupação do solo	√
⇒ <b>Objetivos para o fechamento</b>	<b>X</b>
⇒ <b>Banco de dados ambientais</b>	√
⇒ <b>Obrigações legais (ou de outra natureza)</b>	√
• Estatutos básicos e regulamentações	√
• Autoridade responsável	√
• Instrumentos reguladores	√
⇒ <b>Envolvimento de todos os interessados</b>	<b>X</b>
• Identificação de todos os interessados	X
• Consulta à comunidade	X
⇒ <b>Avaliação de riscos</b>	<b>X</b>
• Existência de passivo ambiental herdado	X
• Riscos futuros	X
• Análise de custo / benefício	X
⇒ <b>Critérios de fechamento</b>	<b>X</b>
⇒ <b>Custos de fechamento</b>	<b>X</b>
• Provisões financeiras	X
• Garantias financeiras	X

# (continuação)

Plano de Fechamento (coluna 1)	PRADs (coluna 2)
⇒ <b>Plano de ações para o fechamento</b>	<b>X</b>
• Recursos humanos / distribuição de responsabilidades	X
• Reabilitação progressiva	√
• Descomissionamento	√
• Remediação	√
• Avaliação geotécnica	√
• Conformação do relevo	√
• <b>Revegetação</b>	√
• Conformação estética	√
• Herança cultural / valor histórico	√
• Saúde e segurança pública	√
• Plano de manutenção e monitoramento para o pós-fechamento	X
⇒ <b>Monitoramento</b>	√
• Superfície (estruturas remanescentes e fontes potenciais de contaminação)	√
• Documentação, relatórios e registros	√
⇒ <b>Abandono de habitações e equipamentos</b>	<b>X</b>

# Atividades no Plano de Fechamento de Mina não contemplados em PRADs

- Objetivos para o fechamento
- Envolvimento de todos os interessados
  - Identificação de todos os interessados
  - Consulta à comunidade
- Avaliação de riscos
  - Existência de passivo ambiental herdado
  - Riscos futuros
  - Análise de custo / benefício
- Critérios de fechamento
- Custos de fechamento
  - Provisões financeiras
  - Garantias financeiras
- Plano de ações para o fechamento
  - Recursos humanos / distribuição de responsabilidades
  - Plano de manutenção e monitoramento para o pós-fechamento
- Abandono de habitações e equipamentos

# Plano de Fechamento x PRAD

- PRAD no Brasil é parte do Estudo de Impacto Ambiental - EIA;
- “Plano conceitual do Fechamento de Mina”
- Planos de fechamento e PRADs: instrumentos distintos e complementares.
  - PRAD: componente do Plano de Fechamento
- Sobrecarga burocrática incluir PRADs nos EIAs
- Plano de fechamento na fase de licenciamento (LIMA et al, 2006)

# EIA → plano de fechamento de mina

“ O EIA forma a base de dados para a elaboração de um plano conceitual de fechamento de mina, o qual deverá ser atualizado, periodicamente, de modo a atender às mudanças (sejam elas tecnológicas, de tipo de minério ou de caráter legal) que a mina irá passar ao longo de sua vida útil.”

# Plano de Fechamento x PRADs

## ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA completo

- Plano de Lavra

- EIA/RIMA

- Plano de fechamento de mina:

  - Plano de Descomissionamento

  - PRAD

# Técnicas gerais aplicadas na revegetação de áreas mineradas: estudos de caso



# Recobrimento do solo



*Retorno do horizonte superficial do solo - adição de matéria orgânica e fonte de propágulos.*

# Recobrimento do solo



Processo de revegetação do estéril após recomposição topográfica e retorno de horizontes superficiais do solo.



# Poços de Caldas/MG













# Porto Trombetas, Oriximiná – PA

- Mineração Rio do Norte S. A. – MRN
- EMBRAPA Agrobiologia
- Universidade Federal de Viçosa – UFV



Foto: Mineração Rio do Norte S. A. *Environment Report*. Dezembro 1998

# Porto Trombetas, Oriximiná – PA



1985



1997

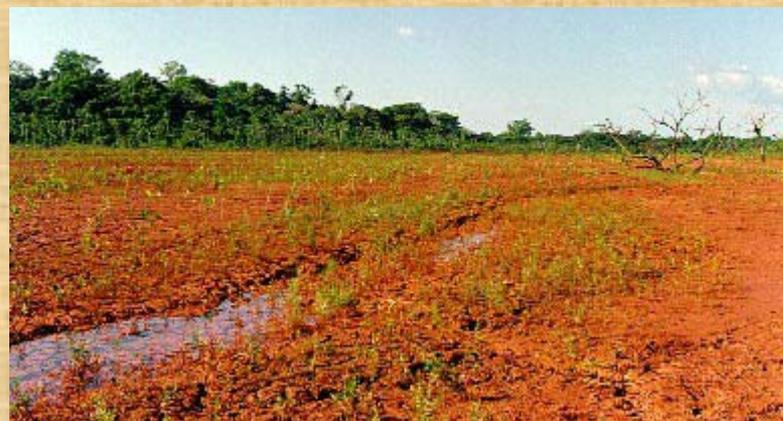
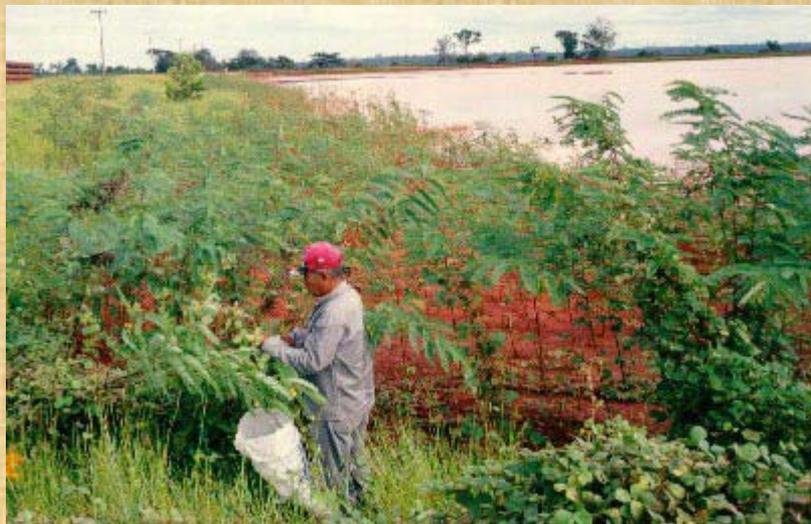
# Hidrossemeadura



Porto Trombetas, Oriximiná/PA



# Hidrossemeadura



# Porto Trombetas, Oriximiná – PA



Hidrossemeadura de espécies leguminosas arbóreas e arbustivas e espécies nativas da região, 11 meses após o semeio

# Viveiro mudas florestais



# Viveiro mudas florestais



# Manejo e conservação de solos tropicais



**Recuperação  
Ambiental**

# Predição e controle da drenagem ácida

- Material “inerte” ou pouco reativo:
  - (não apresenta na sua composição nenhum mineral que possa sofrer transformação quando exposto ao oxigênio atmosférico)

Recomposição topográfica +  
revegetação



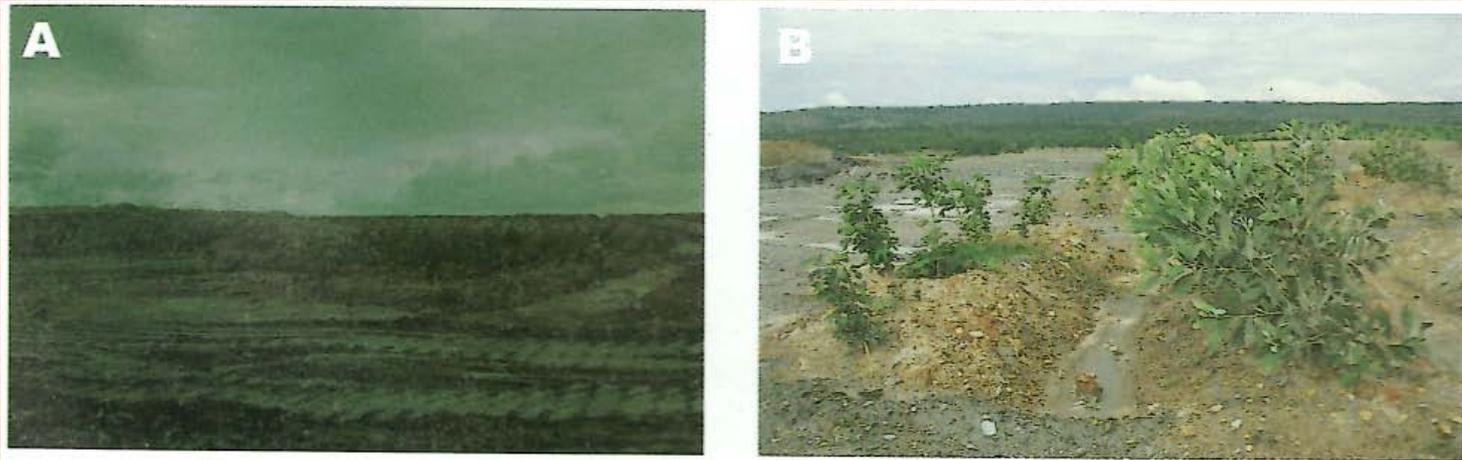
*Exemplo de material não-reativo.  
Depósito de rejeito de minério de ferro  
em processo de revegetação.*

# Predição e controle da drenagem ácida

- Material reativo
  - Minerais que possam sofrer oxidação na presença de oxigênio atmosférico e água;
  - Material radioativo;
  - Rejeito que tenha sofrido tratamento ácido ou básico;
  - Altas concentrações de algum elemento tóxico.

# Predição e controle da drenagem ácida

- Selamento;
  - Filmes plásticos ou concreto
  - Deposição do material sobre rochas impermeáveis e/ou argilas compactadas e posterior recobrimento
- Inundação;
  - Tanques de deposição
- Neutralização do substrato;
  - Correção do pH com a adição de carbonatos ou reagentes ácidos
  - Evitar solubilização de metais pesados ou outros elementos potencialmente tóxicos.



*Área contendo material reativo.*

*A - Vista geral e B - detalhe mostrando leras para selamento superficial.*

# Simbiose leguminosas + bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>

## Benefícios da inoculação

Dentre os benefícios da inoculação de sementes de leguminosas com rizóbios, é possível destacar:

- **Aporte de nitrogênio ao sistema agrícola**  
Com exemplo, a inoculação da soja com a estirpe BR29 e feijão-caupi com BR3267 ou BR3262, recomendadas pelo MAPA, contribui para a substituição de adubos nitrogenados sintéticos. O uso do inoculante representa uma economia anual estimada de mais de 6 bilhões de dólares na cultura da soja e de cerca de 8 milhões de reais para o feijão-caupi.
- **Recuperação do meio ambiente**  
Mudas de espécies leguminosas arbóreas cultivadas em viveiros crescem com mais vigor e chance de sobrevivência no campo quando são inoculadas com estirpes eficientes de rizóbios (ex.: BR 3617 para *Acacia mangium*). A Embrapa Agrobiologia dispõe de tecnologia de inoculação de espécies arbóreas com rizóbios para uso em programas de recuperação de áreas degradadas que buscam a restauração da comunidade vegetal.
- **Produção de biomassa vegetal**  
A inoculação de leguminosas para uso como cobertura do solo e adubação verde com estirpes de rizóbios eficientes (ex.: BR 2001 para *Crotalaria juncea*) favorece a produção de biomassa vegetal, resultando no ingresso e ciclagem de nutrientes e proteção do solo. Leguminosas como crotalária e mucuna, quando adequadamente noduladas, produzem mais de cinco toneladas de matéria seca por hectare com ingresso de N acima de 120 kg/ha.



Lavoura de feijão-caupi  
Foto: Jéni Zilli (Embrapa Agrobiologia)

## Fixação Biológica de Nitrogênio

legenda e crédito de foto da CAPA:  
Detalhes de uma cultura de *Rhizobium* sp.  
Fernanda Dourado (Embrapa Agrobiologia)

## Insumos Biológicos para Plantas Leguminosas

Coleção de Culturas de *Microorganismos Johanna Döbereiner* da Embrapa Agrobiologia contribui para a produção de inoculantes no Brasil



projeto gráfico: Christine Soraine (Embrapa Agrobiologia)

**Embrapa Agrobiologia**  
Rodovia BR 465, km 7 | Bairro Ecologia  
Seropédica, RJ | CEP 23891-000  
Tel.: (21) 3441-1500 | Fax: (21) 2682-1230  
[www.crpab.embrapa.br](http://www.crpab.embrapa.br)

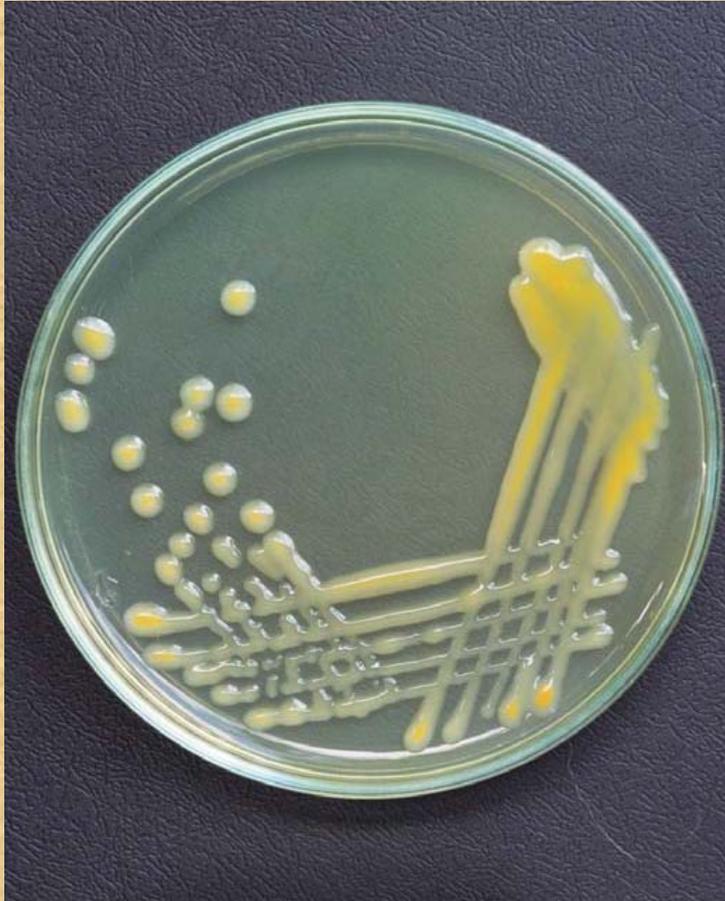
Tiragem: 3.000 exemplares  
agosto / 2012



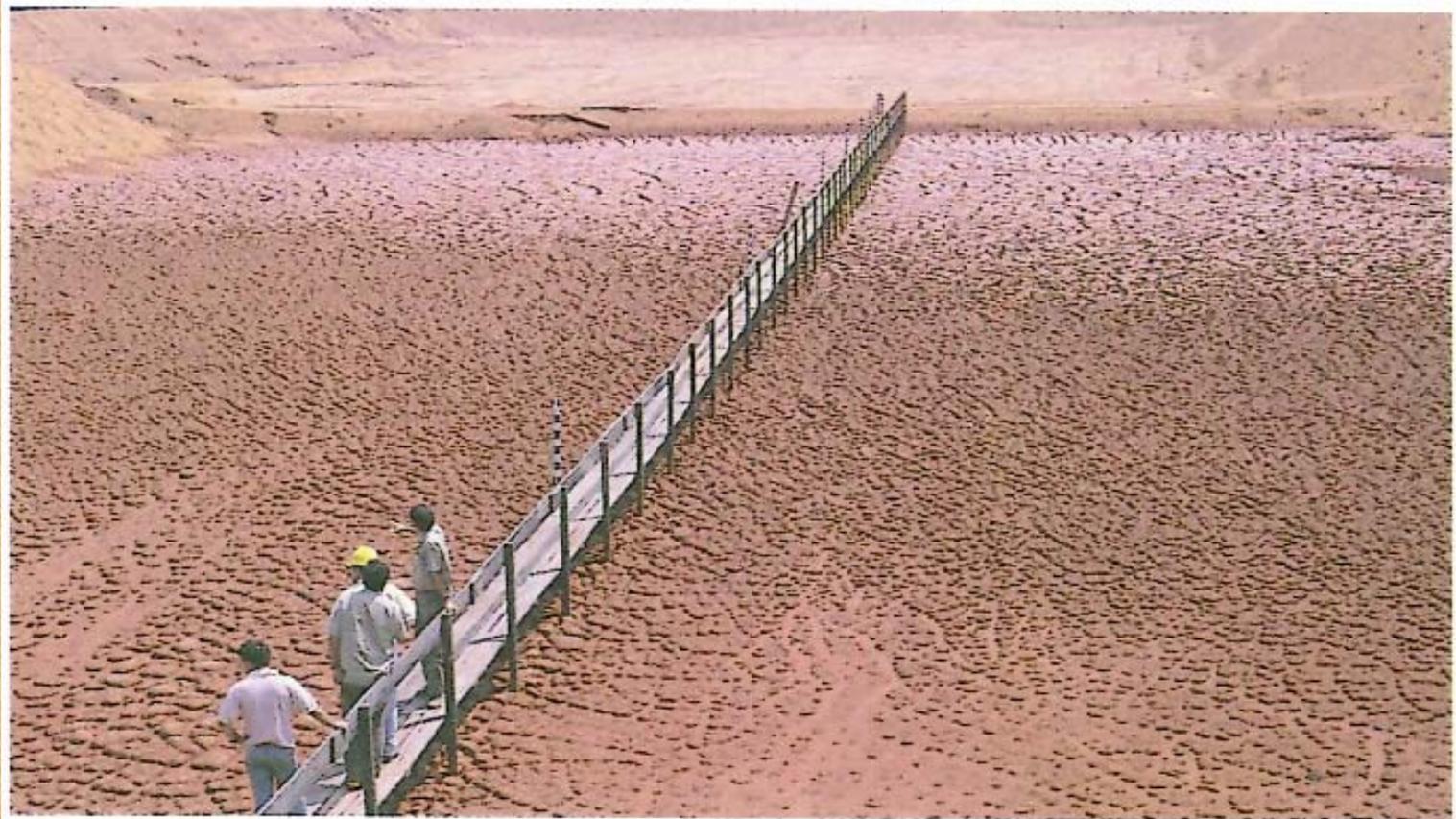
Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Simbiose leguminosas + bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>



# Porto Trombetas, Oriximiná/PA



*Foto 1. Tanque de depósito de rejeito da lavagem de bauxita, em Porto Trombetas-PA.*

# Porto Trombetas, Oriximiná/PA



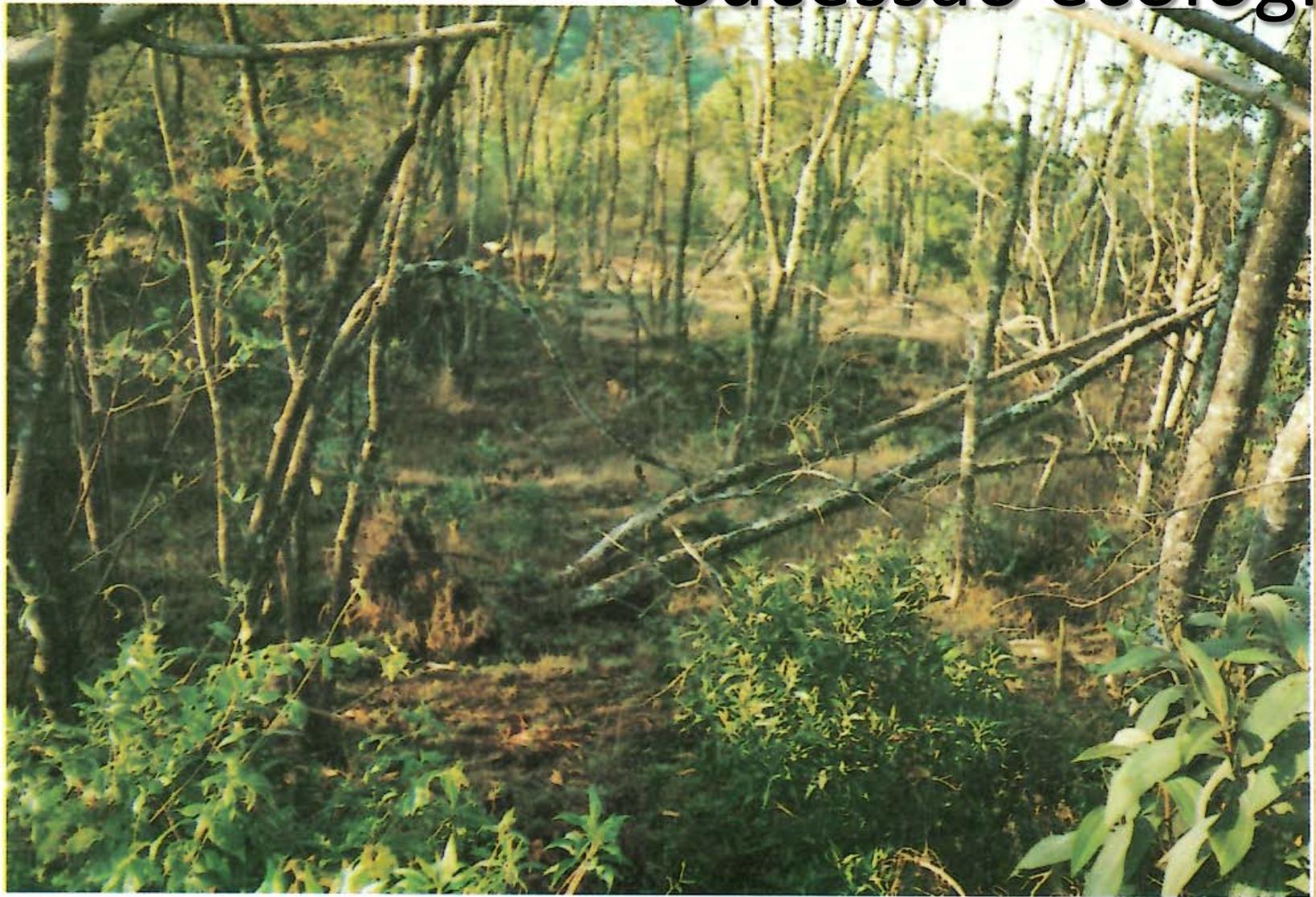
*Foto 2. Três meses após o plantio de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas.*

# Porto Trombetas, Oriximiná/PA



*Foto 3. Treze meses após o plantio.*

# Sucessão ecológica



*Fragmento florestal implantado para reabilitação de área minerada. É observado o declínio de **Mimosa scabrella** (bracatinga) e a formação de sub-bosque arbustivo-arbóreo vigoroso. Poços de Caldas - MG.*

# Referências Bibliográficas

- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC / ESAL / FAEPE / ABEAS, 1988. 236p.
- DIAS, L. E. & MELLO, J. W. V. (eds). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. 251p.: il. 1998.
- LIMA, H. M.; FLORES, J. C. C. & COSTA, F. L. **Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo**. REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto, 59(4): 397-402, out. dez. 2006.
- SÁNCHEZ, L.E.; SILVA-SÁNCHEZ, S.S.; NERI, A.C. **Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina**. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2013. 224 p.

# Agradecimentos

Aos organizadores do evento, pelo convite.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

[pgsoares@cetem.gov.br](mailto:pgsoares@cetem.gov.br)