

Fundação Gorceix Treinamento, P&D e Inovação

Conceitos Fundamentais e Inovações em Co-Produtos e Disposição de Rejeitos no Setor Mineral



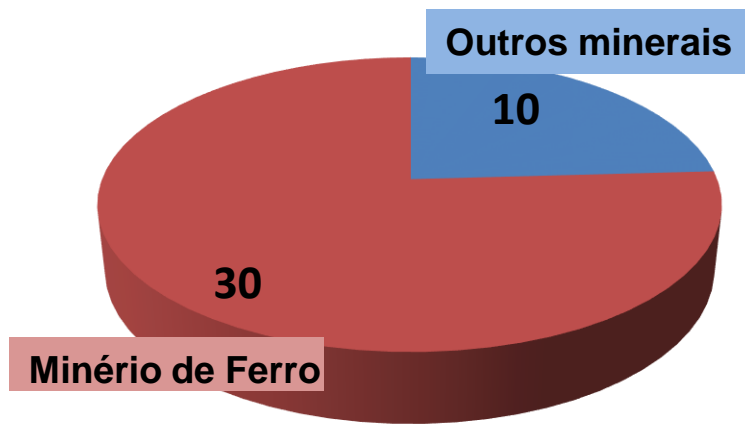
DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Setor Mineral Brasileiro



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

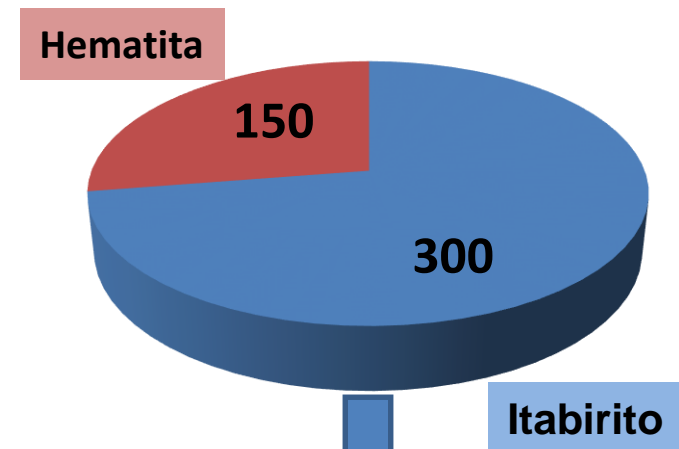
Exportação Típica (Bilhões de US\$)



5% PIB Brasil

Sustenta 10M de pessoas

Produção de Minério de Ferro por Origem (Mt/a)



250 a 300 Mt/a de rejeitos

Passivo de 3Bm³

A Origem dos Rejeitos



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Rocha Hematítica: $\gg \text{Fe}_2\text{O}_3$

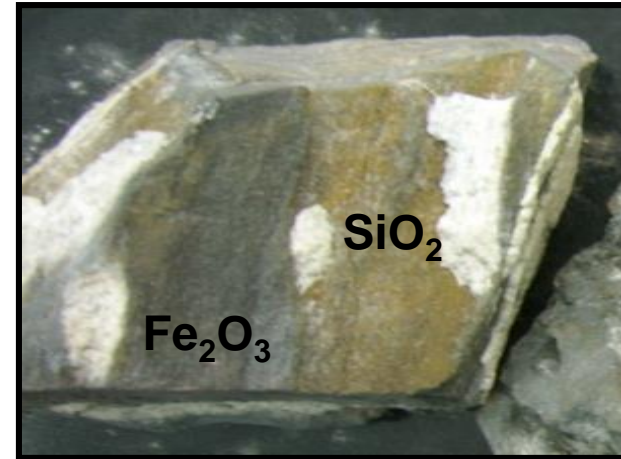


Rejeito quase nulo



Carajás

Rocha Itabirítica: $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$



50% Rejeitos



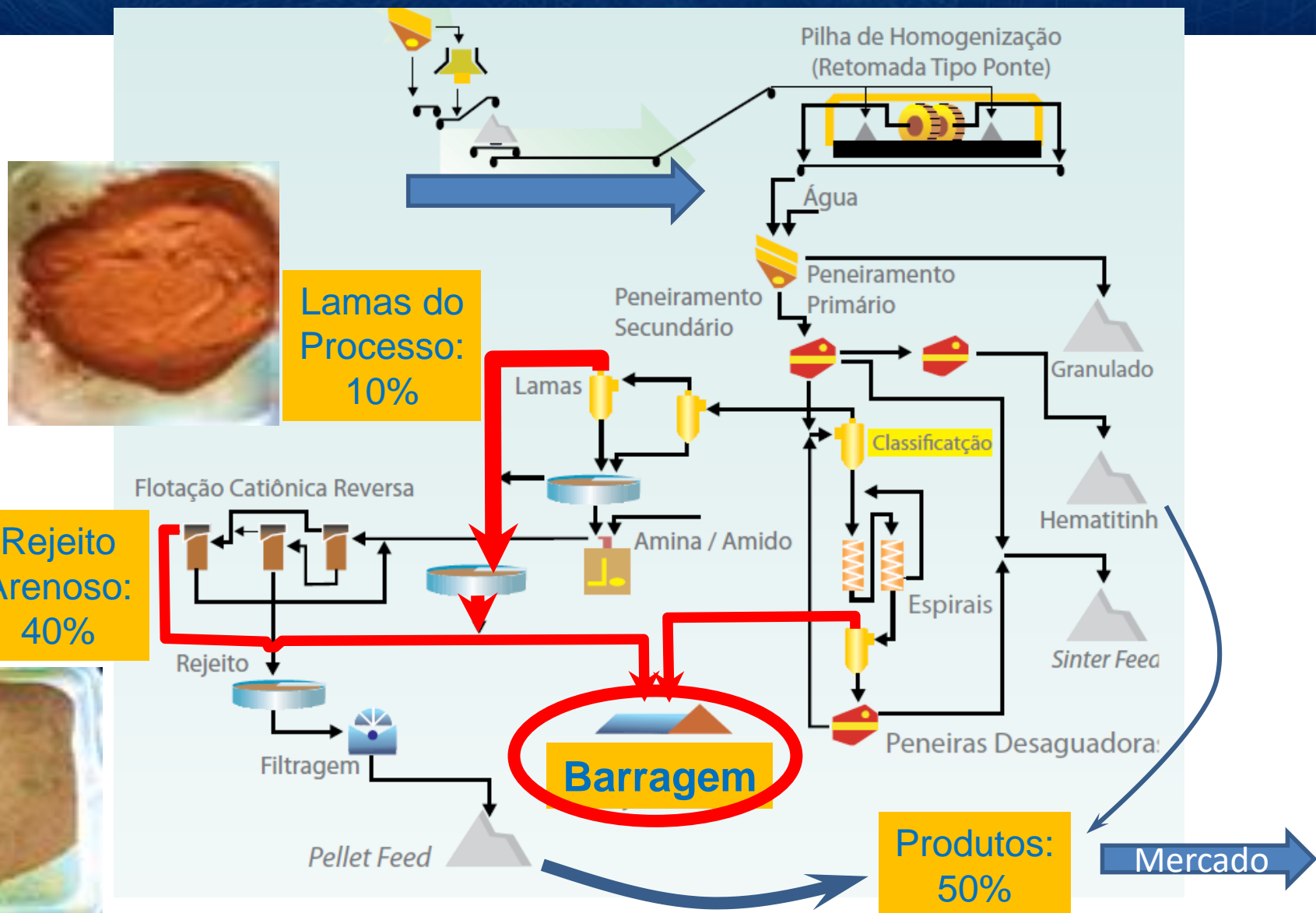
**Minas Gerais
Hoje!**

Como é o Processo???

Beneficiamento Típico de Itabiritos



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA



AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora." Contato: fgabriel@gorceix.org.br

O Problema da Disposição Conjunta

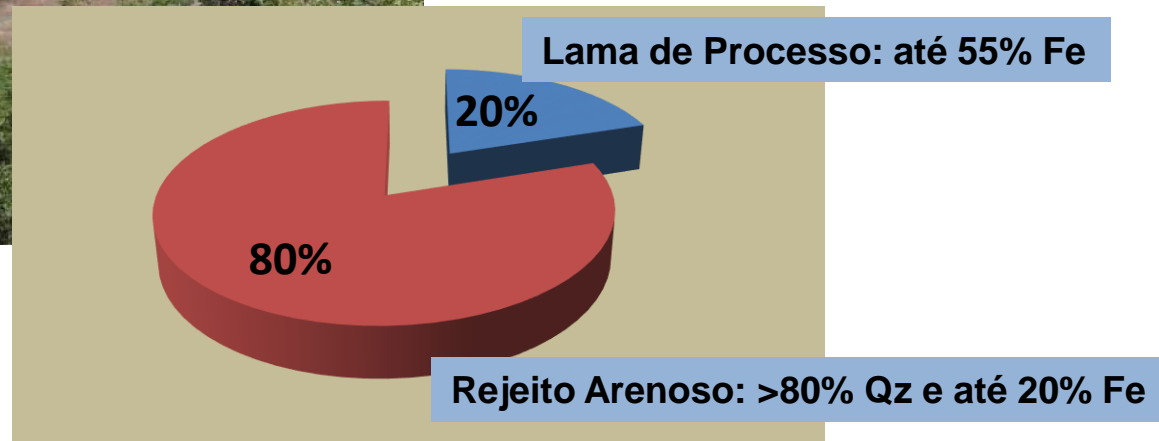


DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Rejeito Arenoso + Lama de Processo



Lama de Barragem

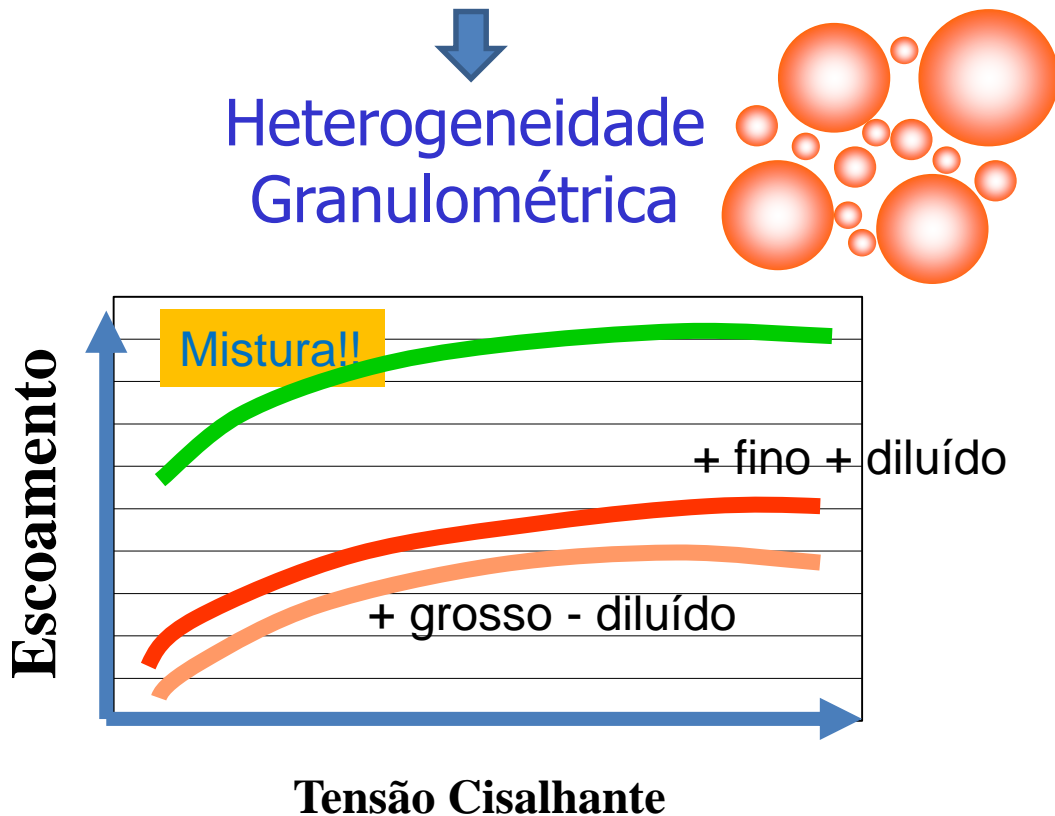


AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora." Contato: fgabriel@gorceix.org.br

Rejeito Arenoso + Lama de Processo



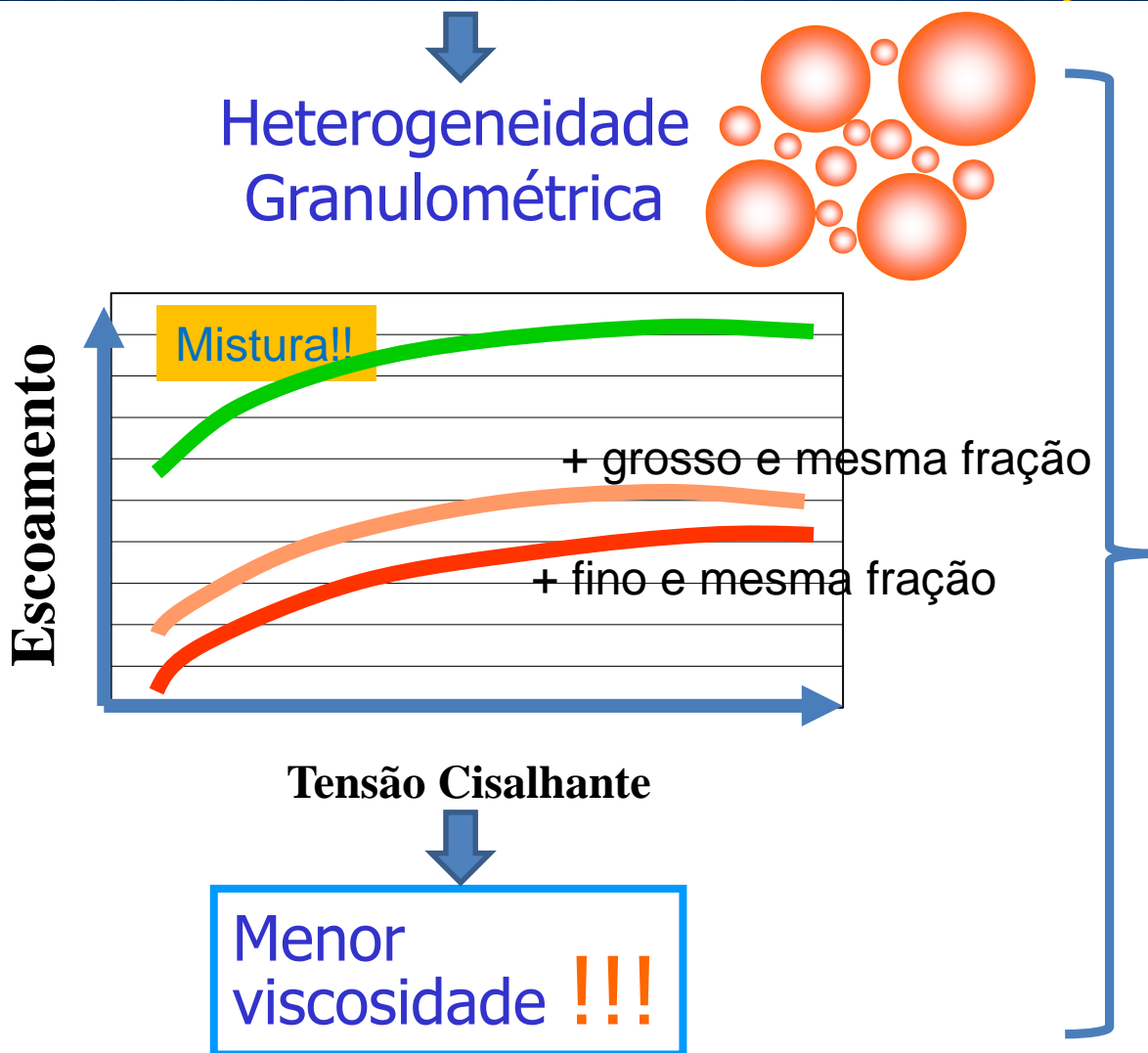
DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA



Lama com
Maior
Escoamento
Quando
Depositada

Rejeito Arenoso

+ Lama de Processo (com mesma fração de sólidos)

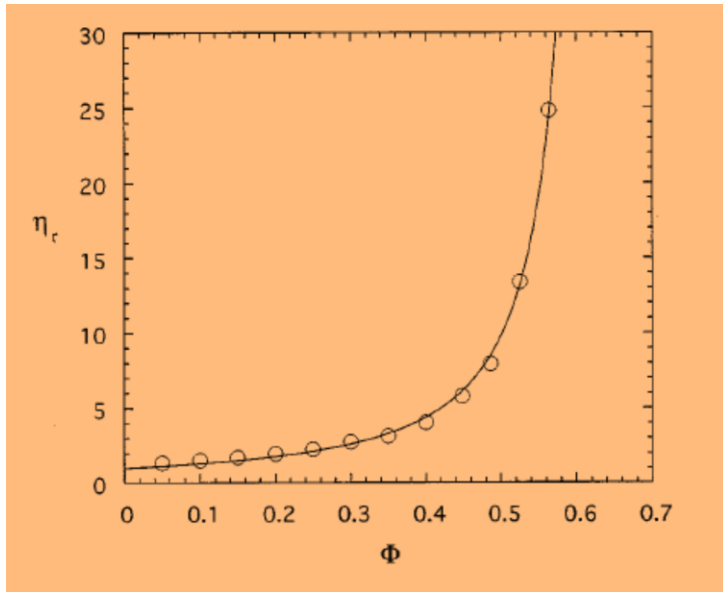


Facilita
liquefação de
barragens
e pilhas

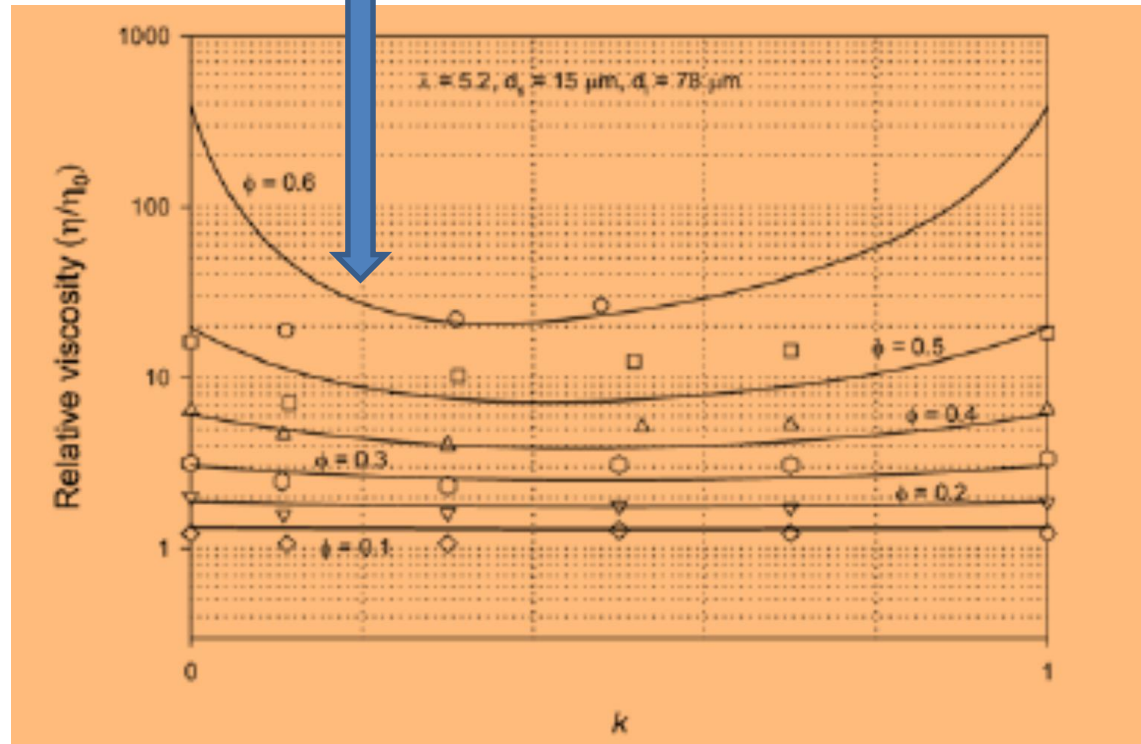
Fração de sólidos, ϕ Fração de finos, k



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA



© 1997 by The Society of Rheology, Inc.
J. Rheol. 41(6), November/December 1997



Korea-Australia Rheology Journal
Vol. 23, No. 2, June 2011 pp. 105-111
DOI: 10.1007/s13367-011-0013-7

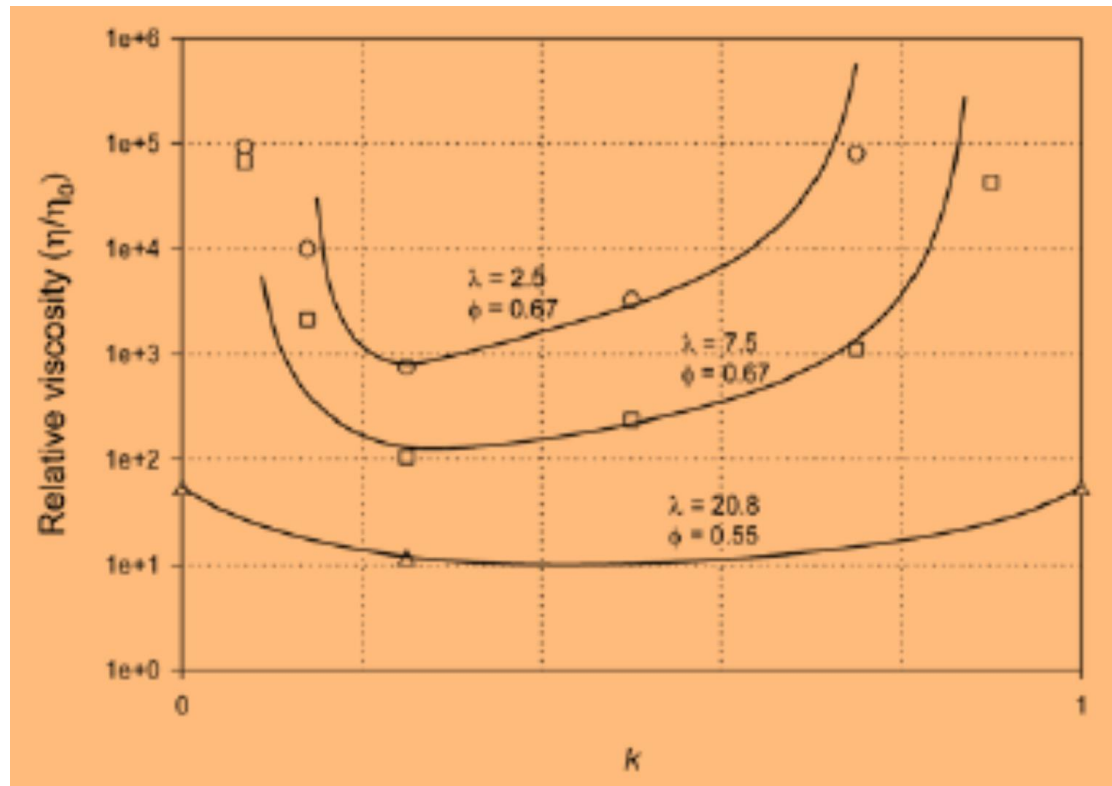
**Na curva acima, para alta fração de sólidos:
20% de finos => viscosidade cai 15x**

AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora." Contato: fgabriel@gorceix.org.br

Razão de tamanho, λ



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA



Korea-Australia Rheology Journal
Vol. 23, No. 2, June 2011 pp. 105-111
DOI: 10.1007/s13367-011-0013-7

**Nas curvas acima, para alta fração de sólidos:
 λ sobe 3x \Rightarrow viscosidade cai 10x**

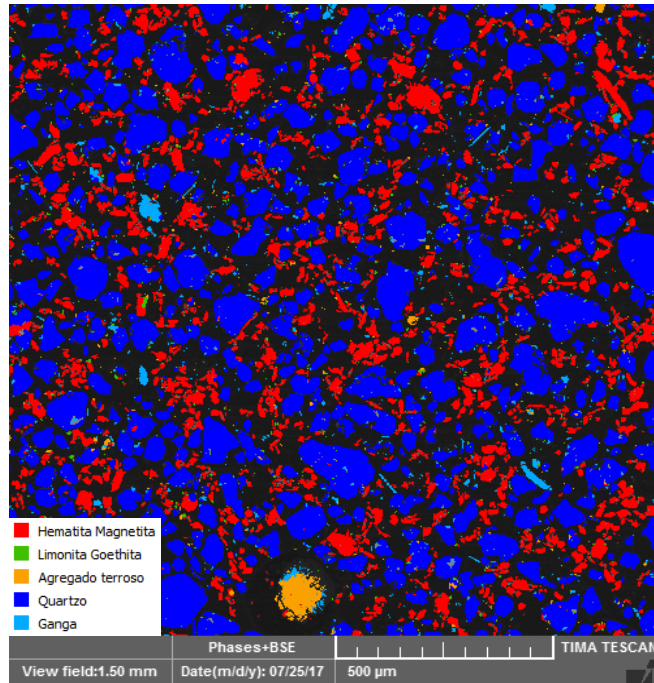
AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora." Contato: fgabriel@gorceix.org.br

Solução Futura: Não Misturar e ???



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Rejeito Arenoso

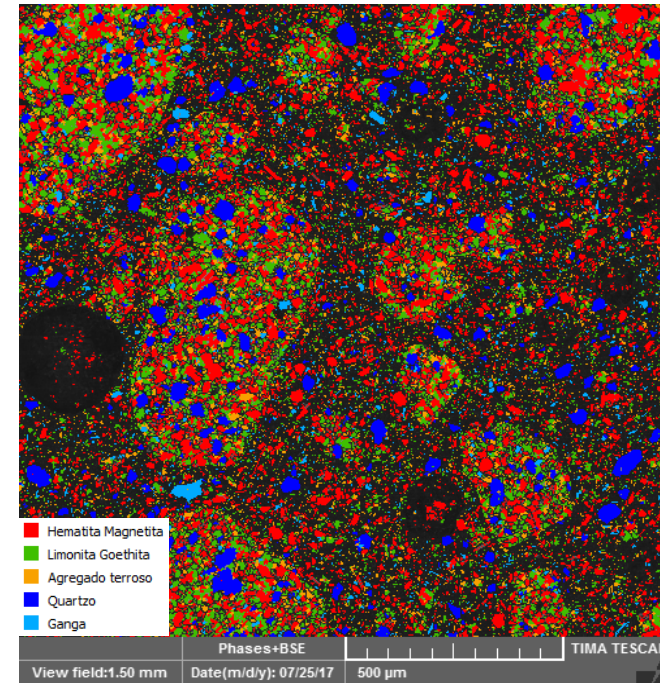


Maior Granulometria ($>30\mu\text{m}$)
Muita Sílica



Recuperável?

Lama de Processo



Fino Demais ($<20\mu\text{m}$)
Muito Ferro



Recuperável?

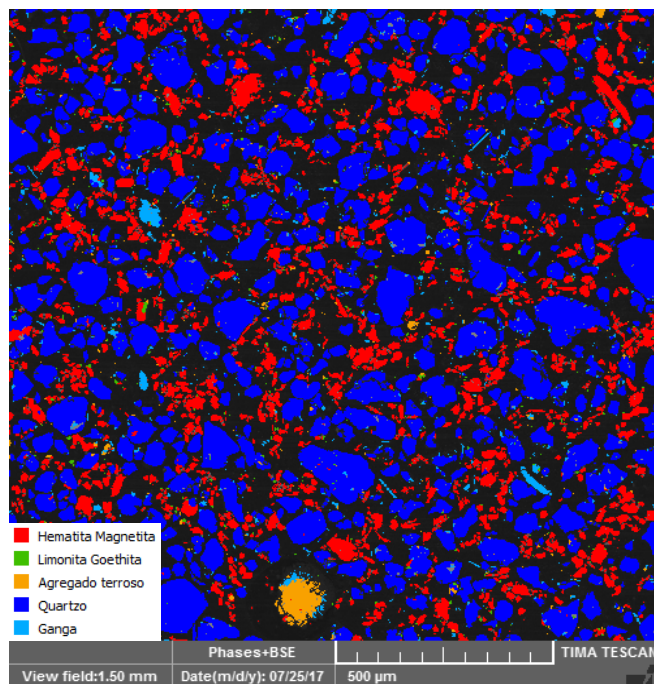
AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora." Contato: fgabriel@gorceix.org.br

Para o Rejeito Arenoso



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Rejeito Arenoso



Maior Granulometria (>30µm)
Muita Sílica



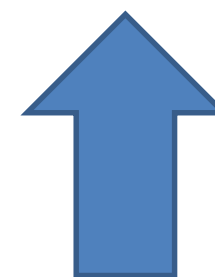
Geração Anual no QF: >250Mt/a
Construção Civil em MG: <20Mt/a



Construção Civil Não é Solução Geral:
Volume e logística inviáveis!!!
(pode ser usado em obras locais)

Soluções Prováveis (isoladas ou combinadas):

Empilhar a seco
Empilhar a seco com material estéril
Empilhar em confinamento
Empilhar com aglomerante
Empilhar em estruturas de contenção
(Material facilmente drenável)
(A sociedade aceitaria novas barragens?)



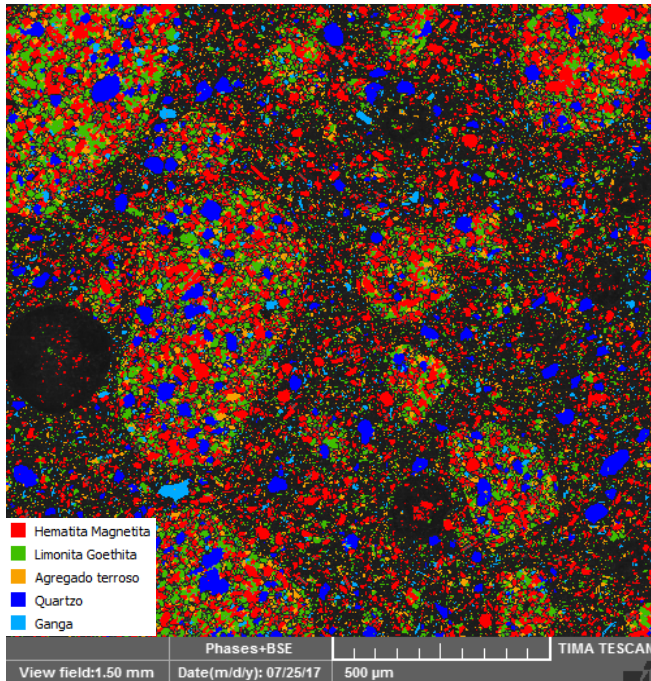
Empilhar em
Grande escala

Para a Lama de Processo



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Lama de Processo



Fino Demais (<20µm)
Muito Ferro



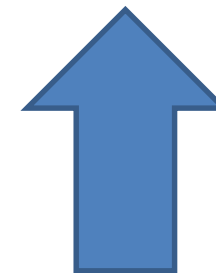
Geração Anual no QF: ≈50Mt/a
Fe₂O₃ recuperável: até 20Mt/a



Material restante: 30Mt
Higroscópico e não drenável!!!
Demanda propantes O&G: > 100Mt/a

Soluções Prováveis (isoladas ou combinadas):

Recuperar Fe
Aditivar pelotas (apenas AF)
Produzir mini-pelotas para sinter-feed
Produzir Propantes



Gerar produtos
e co-produtos

Para as Barragens Existentes



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Iniciado em algumas barragens:



Monitoramento de deslocamentos
e pressão da água (inclinômetros, interferômetros a laser
Acelerômetros, câmeras, radares e piezômetros)

O que fazer com isso?



Monitoramento Crítico
(vem tarde demais)



Alimentar modelos em todas as barragens,
JUNTAMENTE COM CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL DEPOSITADO



Cálculos de esforços no dique:

**Em tempo Real
e
Preditivos**

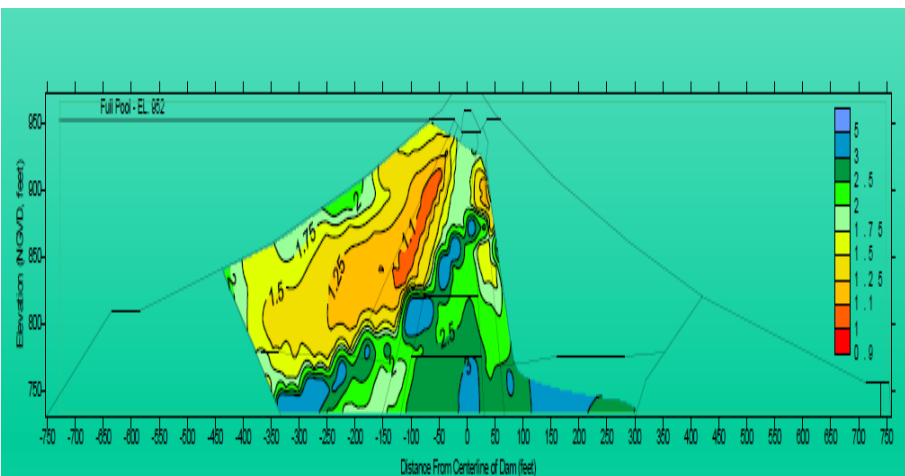
Para Manter, Descomissionar ou Descaracterizar uma Barragem



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Modelo dinâmico:

Forças em tempo real
Simulação de sismos
Deflexões nas paredes
Tensões críticas
Liquefação



Fator de segurança em dique com simulação de sismos

Liquefação?

**NOVAS TECNOLOGIAS
JÁ COMPROVADAS!!!**



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

RECUPERAÇÃO DE FERRO EM LAMAS SRF ou COLUNA

Maiores eficiências para rejeitos ultrafinos => geração de pellet-feed em concentrado com Fe até 65%

RECUPERAÇÃO DE FERRO EM LAMAS TRATAMENTO TERMOQUÍMICO

Solução a seco e eficaz também com fração goetítica => geração de pellet-feed em concentrado com Fe até 65%

MINI-PELOTAS PARA SINTER-FEED CONCENTRADO DA LAMA ATÉ COM TEOR DE Fe < 62%

Solução para abastecimento de mercado local

BARRAGENS E PILHAS DE REJEITOS CÁLCULO E SIMULAÇÃO DE ESFORÇOS

PREVISIBILIDADE EM BARRAGENS ATÉ SUA DESCARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE PILHAS

DESAGUAMENTO DE LAMAS CENTRÍFUGA MINERAL

Eficiência e alta disponibilidade

AGLOMERAÇÃO COM LAMA ADITIVAÇÃO DE ATÉ 6% DE LAMA EM PELOTAS AF

Solução para unidades com pelotização e lama no estado de entrega

PRODUÇÃO DE PROPANTES MICRO-PELOTIZAÇÃO DE LAMA

Abastece mercado de óleo e gás, com demandas de propante no faturamento hidráulico superiores à geração de lama no QF

PILHAS DE REJEITOS EMPILHAMENTO A SECO CONFINADO

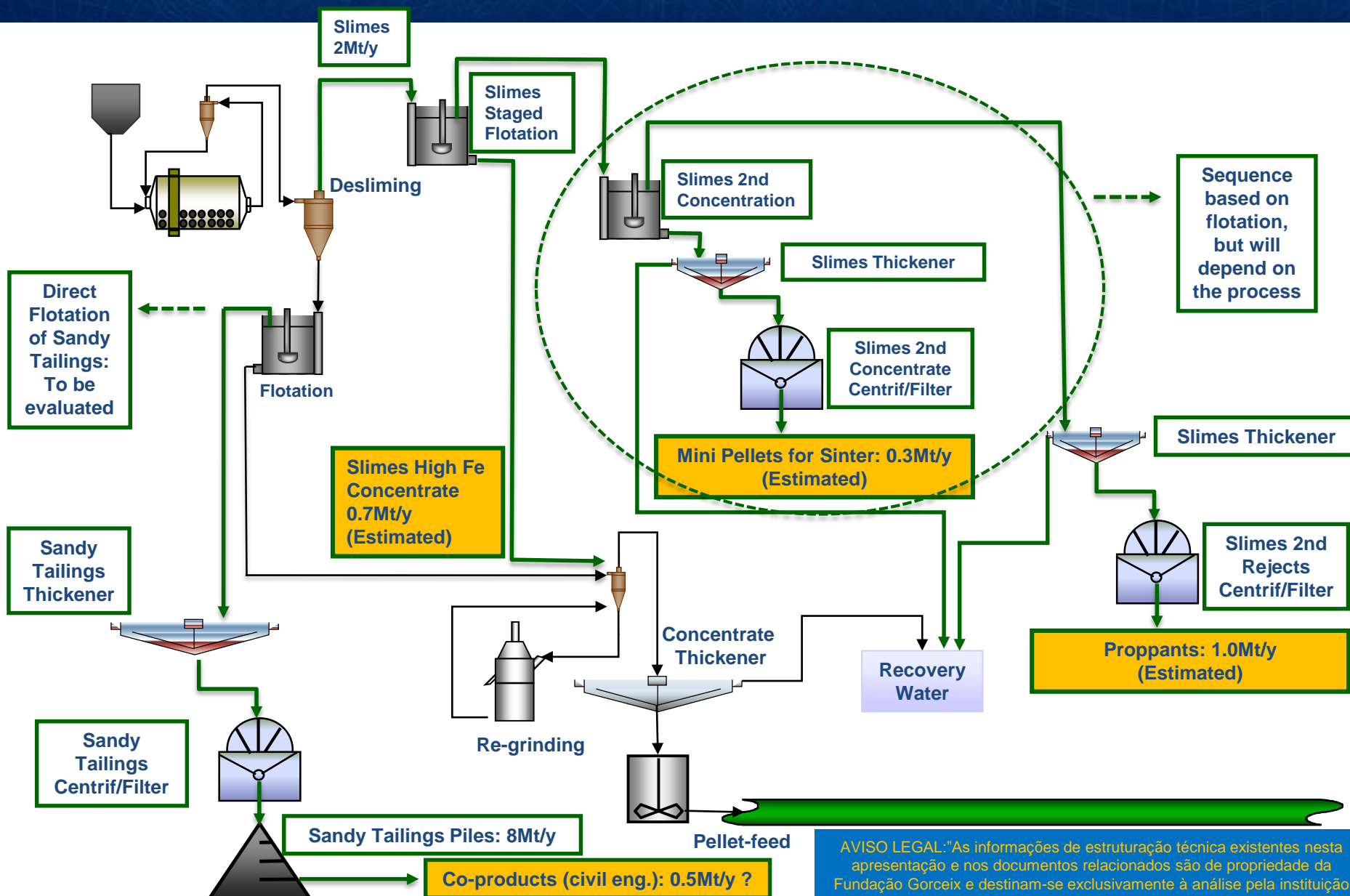
REDUÇÃO DE ÁREA DE EMPILHAMENTO

- 1. Não misturar lama de processo e rejeito arenoso**
- 2. Dispor do rejeito arenoso em pilhas confinadas**
- 3. Gerar produtos e co-produtos com 100% da lama de processo**
- 4. Amostrar e modelar os depósitos por Física de Sistemas Complexos e por Métodos de Elementos Finitos (imediato para barragens com alteamento)**

Processamento de Rejeitos: (Exemplo p/ 10Mt/a)



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA



AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora." Contato: fgabriel@gorceix.org.br

Contatos

DEPEC/Fundação Gorceix
Fernando Gabriel Araujo (fgabriel@gorceix.org.br)



AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora."

Contato: fgabriel@gorceix.org.br



DEPEC | GORCEIX
DEPARTAMENTO
DE PESQUISA EM
ENGENHARIA E
EDUCAÇÃO CONTINUADA

Obrigado

AVISO LEGAL: "As informações de estruturação técnica existentes nesta apresentação e nos documentos relacionados são de propriedade da Fundação Gorceix e destinam-se exclusivamente à análise pela instituição receptora."

Contato: fgabriel@gorceix.org.br