

# APLICAÇÃO DE FÔRMAS TÊXTEIS TUBULARES PARA ALTEAMENTO DE CÉLULA DE DISPOSIÇÃO DE CINZAS PROVENIENTES DE USINA TERMELÉTRICA

**Eng<sup>a</sup> Emília Mendonça Andrade** – Huesker Ltda.  
emilia@huesker.com.br

**MSc. Eng<sup>o</sup> Eduardo Andrade Guanaes** – Huesker Ltda.  
eduardo@huesker.com.br

**Eng<sup>o</sup> José Carlos Vertematti** – JCV Consultoria  
jcvtecsol@gmail.com

**Eng<sup>o</sup> Thiago Ordonho Araújo** – Huesker Ltda.  
thiago@huesker.com.br

## RESUMO

O presente artigo descreve os trabalhos de dimensionamento, testes de campo e execução do alteamento de uma célula de rejeitos de uma usina termelétrica localizada na região Nordeste do Brasil. Tais rejeitos são compostos por cinzas provenientes da queima do carvão empregado para geração de energia. Os rejeitos eram acondicionados em uma célula de disposição convencional de rejeitos, a qual, segundo previsões de operação da usina, se esgotaria no ano de 2012. A solução proposta foi o uso de fôrmas têxteis confeccionadas em geotêxtil preenchidas com o próprio rejeito para realizar o alteamento do pátio de disposição, aumentando a capacidade do depósito sem que houvesse a necessidade de expansão de sua área.

**Palavras-chave:** Geotêxtil; Fôrma Têxtil Tubular; Disposição de Rejeitos; Cinzas; Dessecagem.

## INTRODUÇÃO

A combustão de carvão mineral

em plantas de geração termelétrica gera um conjunto de resíduos na fôrma de cinzas, sendo estas caracterizadas como uma mistura heterogênea de fases cristalinas e amorfas, geralmente compostas por partículas finas.

A emissão deste material à atmosfera é controlada por meio de dispositivos como depuradores e precipitadores eletrostáticos e mecânicos e a disposição em grandes áreas impermeabilizadas é a solução mais comumente adotada para destinação final destes rejeitos.

- Disposição final de cinzas provenientes da queima do carvão mineral.

A disposição dos rejeitos provenientes da combustão de carvão mineral em grandes volumes representa um desafio aos gestores de usinas termelétricas, pois por suas características físicas são facilmente carregados e, portanto, apresentam alto potencial poluente e contaminante do ar, dos solos e das águas superficiais (Nawaz,

2013). A ilustração contida na Figura 1 ilustra simplificada os mecanismos de poluição ambiental observados em áreas de disposição destes rejeitos.

Os rejeitos, compostos basicamente de cinzas, são usualmente depositados em grandes áreas de disposição, e podem ser manejados a seco ou úmidos. O trato a seco consiste no transporte das cinzas por caminhões até as áreas onde o material será depositado. Como alternativa de menor custo, as cinzas misturadas à água podem ser transportadas por meio de tubulações até a área de disposição. (Lokeshappa, B, 2003)

- Uso de FTTs (Fôrmas Têxteis Tubulares) para disposição de cinzas

O projeto de sistemas fechados em geotêxteis para dessecagem e disposição de rejeitos requer compatibilidade hidráulica entre o material de enchimento com o geotêxtil. O excesso de migração de partículas através do geotêxtil pode afetar a estabilidade interna do material, com diminuição da resistência ao cisalhamento da massa consolidada, portanto um bom desempenho na retenção de sólidos é essencial para garantir a segurança do sistema, tratando-se especialmente de alteamentos feitos com fôrmas têxteis perimetrais em diques.

Segundo Kutay *et al.* (2005), critérios de dimensionamento para sistemas de dessecagem de materiais arenosos e argilosos são amplamente discutidos na literatura, porém tais critérios não abrangem a contenção de materiais não tradicionais, como

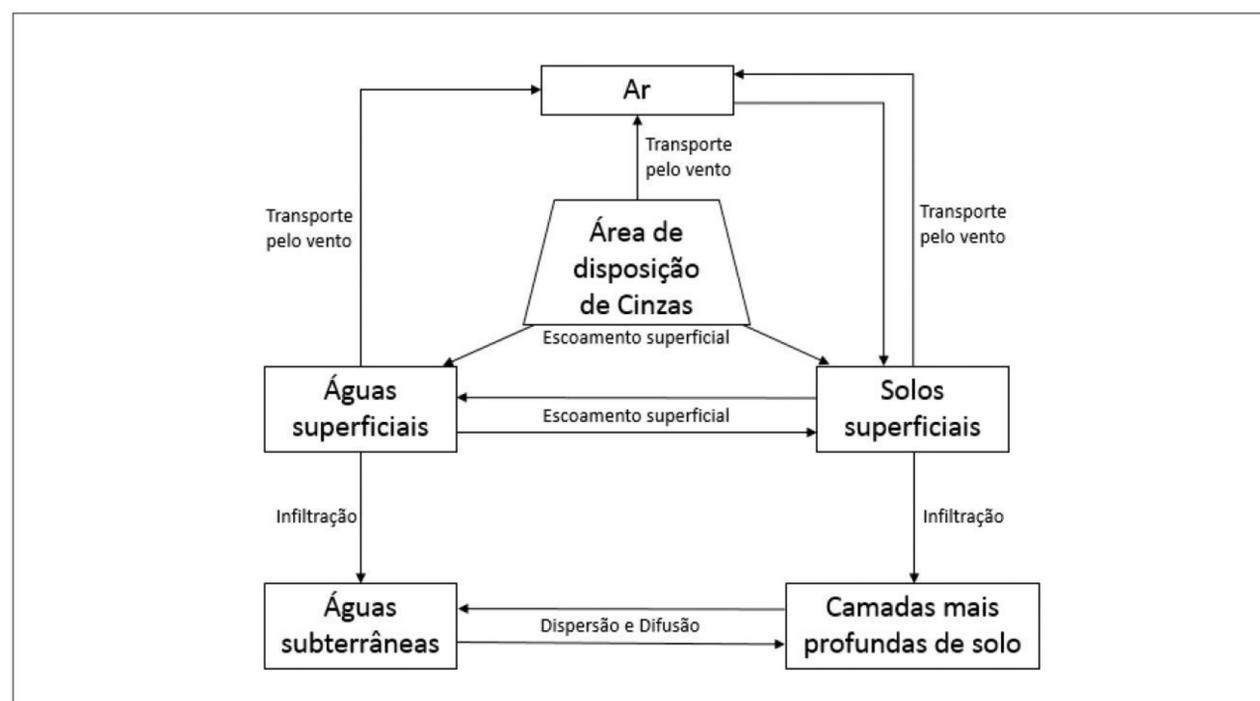


Figura 1 – Esquemática das vias de poluentes originários de áreas de disposição de cinzas provenientes da queima de carvão mineral em UTEs (Adaptado de Nawaz, 2013)

é o caso das cinzas provenientes da queima do carvão mineral, já que são materiais extremamente finos que exibem um comportamento diferente dos solos devido às diferenças na estrutura de suas partículas e composição química.

Kutay *et al.* (2005) estudou a eficiência de retenção de diversos geotêxteis tecidos e não tecidos, utilizando cinzas provenientes de uma usina termelétrica localizada na cidade de Baltimore, nos EUA. Os autores concluíram que, nestes casos, o desempenho da dessecagem é dependente da espessura e permissividade dos geotêxteis, além da umidade inicial do material de preenchimento. O estudo ainda sugere que a aplicação de fôrmas têxteis tubulares pode ser considerada uma solução para melhor aproveitamento das áreas destinadas ao descarte destes rejeitos.

Espera-se, por meio do caso relatado no presente artigo, contribuir para a melhor compreensão desta solução, de suas vantagens e das

suas limitações, além de apontar a necessidade da realização de estudos mais aprofundados a respeito do sistema.

## 1 DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento da seção transversal da fôrma têxtil tubular e da resistência à tração do geotêxtil requerida durante o preenchimento, as seguintes premissas foram consideradas:

- Trata-se de um sistema bidimensional, ou seja, as seções transversais são idênticas em termos de materiais e geometria ao longo do eixo longitudinal da fôrma têxtil;
- A perda de pressão decorrente da percolação do fluido através do geotêxtil e possíveis segregações do material de preenchimento são ignoradas;
- O geotêxtil é flexível, com espessura e gramatura negligenciáveis;
- O material de preenchimento comporta-se como um fluido hidrostático durante o preenchimento;
- Esforços de cisalhamento entre o geotêxtil e o material de preenchi-

mento não são desenvolvidos durante o preenchimento.

A formulação utilizada para o dimensionamento da seção transversal da fôrma têxtil e a resistência requerida pelo geotêxtil durante o preenchimento podem ser encontradas em Liu (1981), Kazimierowicz (1994) e Carroll (1994). O cálculo da resistência requerida pelo geotêxtil durante o preenchimento e o dimensionamento da seção transversal da fôrma têxtil foram realizados por meio do *software* GeoCOPS 2.0, cujo funcionamento é descrito em Leshchinsky (1996). Na Figura 2 é apresentada a seção transversal esquemática de uma fôrma têxtil tubular, na qual são apontados os parâmetros considerados na formulação usada para cálculo das propriedades do geotêxtil e geometria do sistema.

A resistência admissível do geotêxtil é obtida dividindo-se a sua resistência nominal pelo produto dos fatores de redução por danos de instalação, durabilidade, fluência e costuras.

O sistema foi dimensionado para uma altura final de 3 metros, com uso de um geotêxtil que apresenta resistência máxima à tração de 105 kN/m nas direções transversal e longitudinal.

Posteriormente, testes realizados em campo foram conduzidos para verificação dos parâmetros adotados no dimensionamento.

## 2 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DE FÔRMAS TÊXTEIS TUBULARES PARA ALTEAMENTO DE PÁTIO DE CINZAS

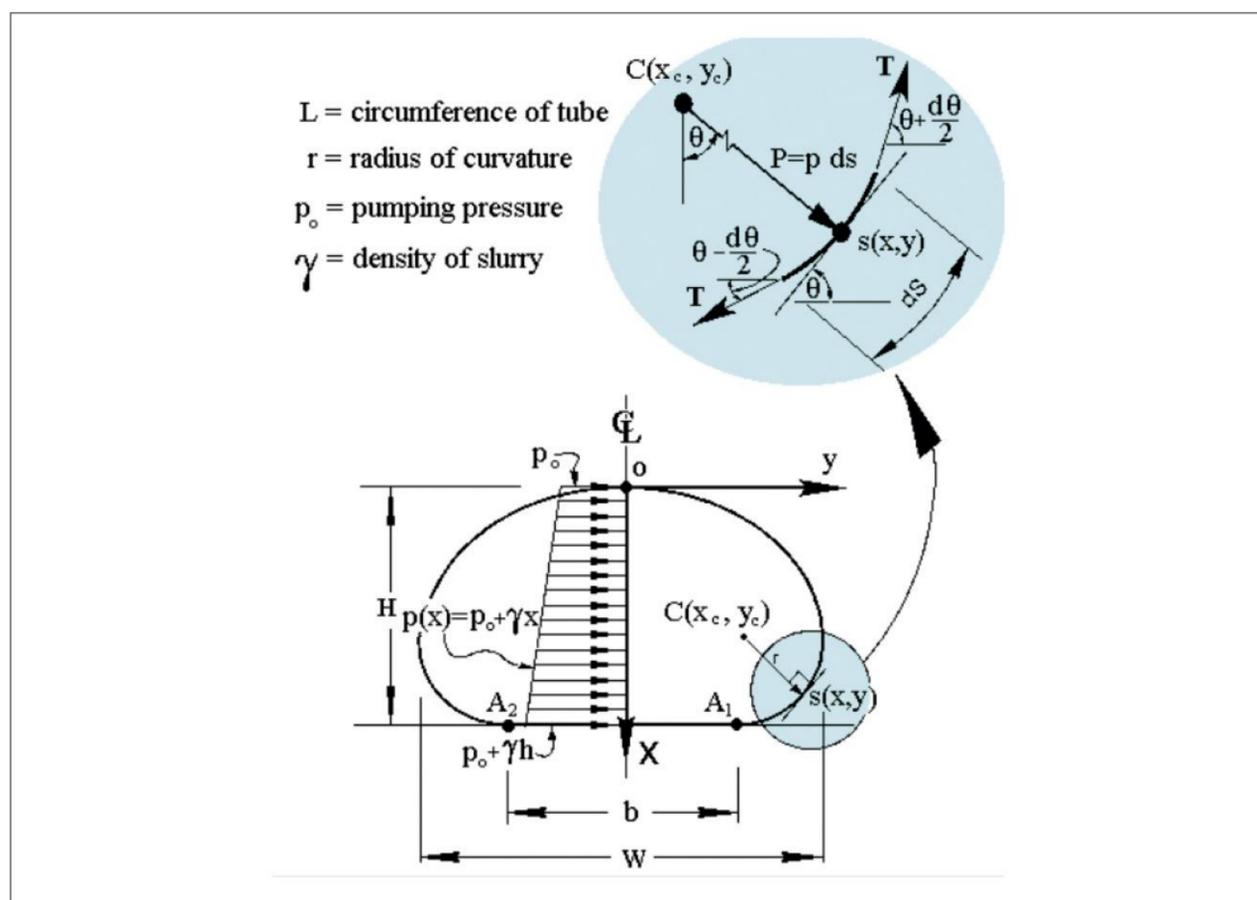


Figura 2 – Esforços atuantes em FTTs (Fôrmas Têxteis Tubulares) (Leshchinsky, 1996)

A área de disposição de rejeitos tratada neste artigo localiza-se no terreno de uma usina termelétrica do Estado do Maranhão, com capacidade instalada de geração de 360 MW. A queima do carvão mineral nesta usina gera, diariamente, cerca de 340 toneladas de rejeito composto por cinzas.

Essa UTE contava com uma célula de disposição de cinzas, com capacidade de 20.000 m<sup>3</sup>, a qual teria sua capacidade esgotada em 2012, quando iniciaram-se os estudos de alternativas para a destinação dos rejeitos após este período. Considerando a indisponibilidade de área para construção de novas células, o alteamento do depósito existente apresentou-se como única solução viável à continuidade da operação da UTE.

A aplicação de fôrmas têxteis tubulares para o alteamento no perímetro da célula foi inicialmente

considerado por se tratar de um método operacionalmente mais simples, rápido e seguro do que a construção de diques convencionais, permitindo também o uso do próprio rejeito como material de construção. Além disso, a capacidade de contenção das cinzas nas fôrmas têxteis poderia conferir maior estabilidade aos diques perimetrais. Para subsidiar e verificar o dimensionamento da solução a ser adotada foi realizada uma série de testes em campo, em escalas piloto e real, os quais visaram verificar: as características requeridas do geotêxtil a ser aplicado na confecção das fôrmas têxteis; as alturas máximas das fôrmas têxteis a serem atingidas sem comprometimento da estabilidade do sistema; as condições ótimas de preparo das cinzas para preenchimento; o método de preenchimento.

Os testes foram realizados entre



Figura 3 – Teste em campo da hidratação do rejeito de cinzas para preenchimento das fôrmas têxteis tubulares

novembro e dezembro de 2013, com fôrmas têxteis nas dimensões de 10 m de perímetro e 10 m de comprimento, confeccionadas com geotêxtil tecido em polipropileno de alta tenacidade.

Durante os testes, descartou-se o método de preenchimento a seco das fôrmas têxteis e optou-se pela mistura prévia com água para bombeamento das cinzas. O uso de agentes flocculantes foi também descartado, já que o composto formado pela mistura de cinzas com água consolidou-se no interior das fôrmas têxteis adequadamente, sem a observação de colmatagem significativa ou passagem excessiva de partículas pelo geotêxtil. A Figura 3 mostra os testes de condicionamento do rejeito e preenchimento das formas têxteis, respectivamente.

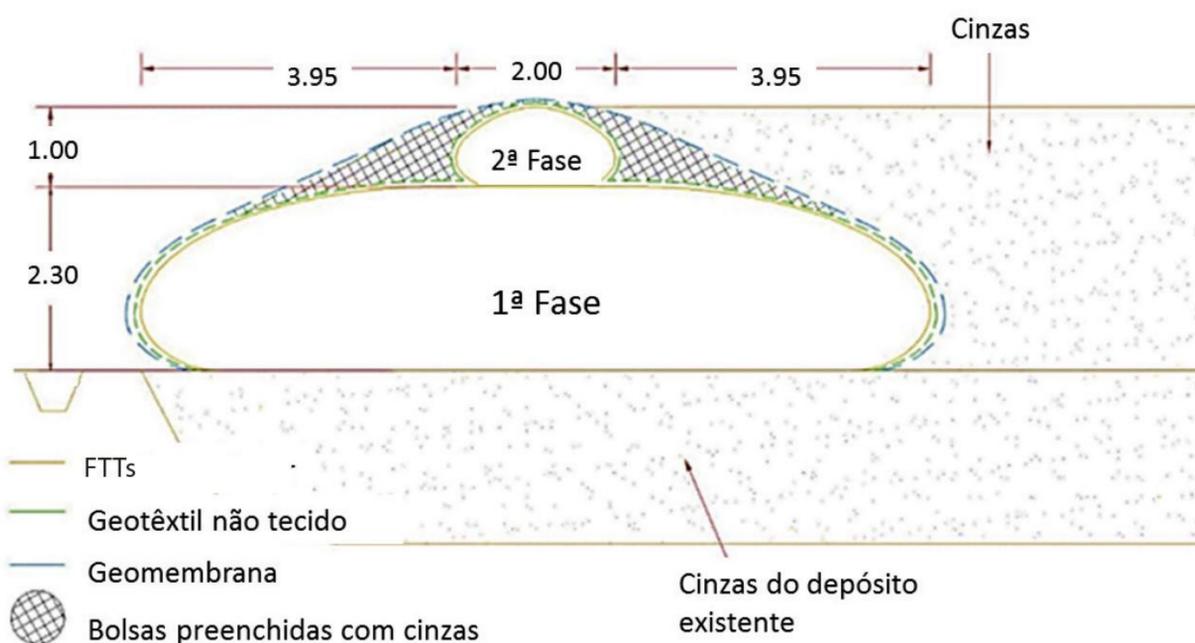


Figura 4 – Seção esquemática da disposição das linhas de FTTs (Fôrmas Têxteis Tubulares) para formação do dique com altura mínima de três metros

Verificou-se, também, que o desempenho de retenção do geotêxtil escolhido para confecção das fôrmas têxteis foi adequado, com mínima passagem de cinzas ao percolado gerado. Em média, sete dias após o preenchimento as cinzas contidas apresentavam consistência adequada à

composição dos diques perimetrais.

Durante os testes foi constatado, no entanto, que a altura desejável de 3 metros não poderia ser atingida com segurança pelo método proposto. Optou-se pela construção de um dique primário com 2,3 metros de altura e um dique secundário



Figura 5 – Primeira fase: camada inferior de fôrmas têxteis tubulares



Figura 6 – Segunda fase: camadas inferior e superior de fôrmas têxteis tubulares

com altura de 1 m a ser executado sobre o primeiro. A Figura 4 ilustra a seção transversal das fôrmas têxteis, conforme solução adotada.

As fôrmas têxteis utilizadas apresentam 22 metros de perímetro para a primeira fase de alteamento e cinco metros para a segunda fase.

A construção da primeira fase

iniciou-se no mês de dezembro de 2013, e compreendeu o uso de 24 fôrmas têxteis tubulares com 30 metros de comprimento e 22 metros de perímetro, posicionados em uma extensão total de 720 m, como mostra a Figura 5. Cada fôrma têxtil foi preenchida em cerca de 12 horas, com intervalo após quatro horas do

início do preenchimento para permitir uma consolidação inicial. A segunda fase, mostrada na Figura 6, foi construída em fevereiro de 2014, com 24 fôrmas têxteis tubulares de 30 metros de comprimento e 5 metros de perímetro.

Os diques foram finalizados com o preenchimento dos vazios entre as fôrmas têxteis com pequenas bolsas em geotêxtil também preenchidas com cinzas, como mostrado na Figura 7. Uma vez consolidada a geometria da estrutura, uma geomembrana foi então instalada para seu revestimento.

O trabalho foi concluído no ano de 2014, resultando no acréscimo de 40.000 m<sup>3</sup> a capacidade volumétrica do depósito de cinzas. Na foto de satélite mostrada na Figura 8 é possível reconhecer a posição das fôrmas têxteis no perímetro do depósito, já em operação.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em face das demandas crescentes por diferentes fontes geradoras de energia, a importância das usinas termelétricas é crescente na matriz energética brasileira, o que cria demanda por soluções cada vez mais eficientes para a operação destas instalações.

A adoção de uma solução apropriada para o aumento da capacidade da disposição final do principal rejeito gerado na UTE em estudo apresentou-se como um grande desafio à equipe responsável, dada a indisponibilidade de área necessária à construção de um novo depósito.

Desta forma, a aplicação das fôr-



Figura 7 – Preenchimento dos vazios entre fôrmas têxteis tubulares

mas têxteis tubulares apresentou-se como uma solução adequada para a rápida ampliação da capacidade do pátio de cinzas existente.

A escassez de parâmetros e métodos de dimensionamento deste sistema com lodo de cinzas gerou a ne-

cessidade de se determinar em testes de campo as limitações técnicas e os métodos de operação do sistema.

Foi possível concluir, após a observação dos testes e da obra finalizada, que a aplicação das fôrmas têxteis atendeu às necessidades do



Figura 8 – Vista da área da célula de disposição de cinzas. (Fonte: Google Maps. Acesso em 15/03/2016)

projeto, além de apresentar significativas vantagens econômicas e técnicas, devido à simplicidade do sistema e compatibilidade observada com o material de preenchimento.

Esta experiência bem sucedida revela a importância de se desenvolverem estudos que subsidiem tecnicamente o dimensionamento deste tipo de sistema, reduzindo a necessidade do embasamento em testes empíricos e disseminando a solução no meio acadêmico. ■

## REFERÊNCIAS

- Carroll, R.P. 1994. *Submerged geotextile flexible forms using noncircular cylindrical shapes*. Geotechnical Fabrics Report, IFAI. 12(8). 4-15.
- Kazimierowicz, K. 1994. *Simple analysis of deformation of sand-sausages*. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Geotextile, Geomembranes and Related Products, Singapore. 775-778.
- Kutay, M. E., A. H. Aydilek, and S. Hussein. 2005. *Dewatering fly ash slurries using geotextile containers*. GRI-18 Conference, Geosynthetics Research in Progress, GeoFrontiers Conference, ASCE.
- Leshchinsky, D. Leshchinsky, O. 1996. *GeoCoPs 2.0 Supplemental Notes*. ADAMA Engineering, USA. 24p.
- Liu, G.S. 1981. *Design criteria of sand sausages for beach defences*. The 19th Congress of the International Association for Hydraulic Research, New Delhi, India. Subject B(b), Paper No. 6. 123-131.
- Lokeshappa, B., and Anil Kumar Dikshit. 2011. *Disposal and management of flyash*. International Conference on Life Science and Technology IPCBEE. Vol. 3.
- Nawaz, I. 2013. *Disposal and utilization of fly ash to protect the environment*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology 2.10 (2013): 5259-5266.