

16ª EDIÇÃO

CURSO TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E CONTENÇÕES



CURSO GRATUITO - PRESENCIAL - DE 05 A 21 AGOSTO 2026

Realização



Co-Realização



Apoio Institucional



BRASFIX

CONSULTRIX

Diálogo
ENGENHARIA

MGEA

engemix

PRIME MUD

ZF

APLICAÇÃO DE LAMA BENTONÍTICA EM OBRAS DE FUNDAÇÕES, HDD e ÓLEO GÁS

16ª Edição do curso de Tecnologia e Engenharia aplicada em obras de Fundações e Contenções.

Local: **Universidade Presbiteriana de Engenharia Mackenzie**

Dia: 07/08/2026

Horário: 15:00 hs

Apresentação

William Santos | Prime Mud Solutions

- Engenheiro de Petróleo e Gás com especialização em Fluidos de Perfuração.
- **HDD Academy** - Especialização em Perfuração Direcional Horizontal (HDD).
Arizona State University, Scottsdale,AZ - 2025
- **Mud School** - Escola Americana de Fluidos de Perfuração, Schlumberger, Mi-Swaco.
Houston,TX (E.U.A) - 2010.
- **Well Control** - Especialização em Controle de Poços Verticais de Petróleo.
Schlumberger/Number ID: A371629 - 2010
- **Mud Engineer** Brasfix Fundações (Geofix / Brasfond) - Projetos de Perfuração Direcional (HDD) grande porte.
- **Tradutor / revisor técnico livro HDD** - Perfuração Horizontal Direcional - Guia das melhores práticas - capítulo Fluidos de Perfuração - ABES 2018.
- **Consultor/autor da proposta para norma do fluido estabilizante** para construção Civil (Fundação) - NBR 6122/2019.
- **Autor da primeira norma Brasileira do capítulo Fluido de Perfuração** para projetos de Perfuração Direcional Horizontal (mini-HDD) - NBR 17004 - Jan/23.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. **O que é Bentonita ?** Processo de fabricação, tipos de argilas.
2. **Fluido Bentonítico/Perfuração para outros mercados**, HDD e Óleo e Gás;
3. **Funções do Fluido Estabilizante** / Testes de campo.
4. **Construção Civil** - Mecanismo de estabilização do Fluido Estabilizante Bentonítico em projetos de Fundações / NBR-6122/19.
5. **Mud lab** - Demonstração prática do equipamento Filtro Prensa API;
6. **Principais Obras** de Fundações;

1- FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

- O que é bentonita ?
- Funções
- Processo de Produção
- Testes

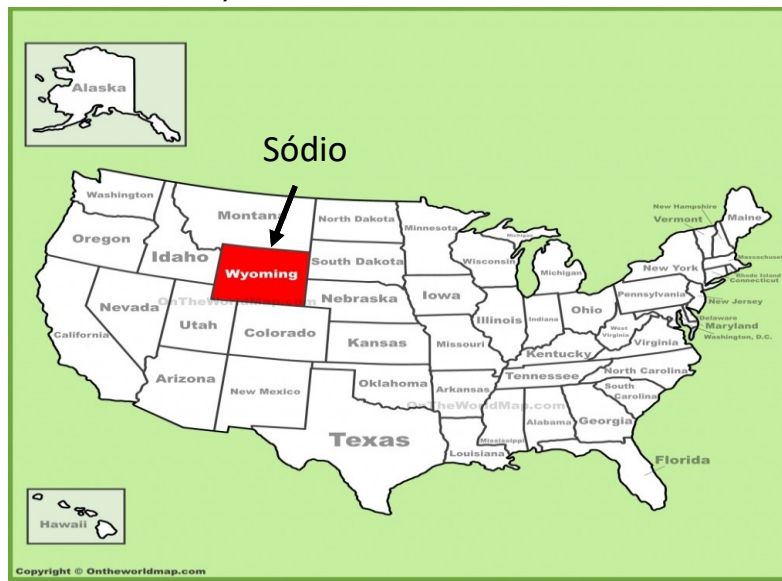
FABRICANTE DE BENTONITA MONTMORILLONITA



- A **Bentonisa** é um grupo industrial, fundado em 1976 pelo pioneiros da descoberta das primeiras jazidas de bentonita no Brasil (PB).
- Fornecemos bentonitas cálcica, sódica, ativadas e aditivadas, cujas especificações atendem os requisitos de dezenas de processos industriais, com destaque para os segmentos de **Construção Civil, Perfuração Direcional, pelotização, fundição, agronegócio, nutrição animal, petcare e cosméticos**.

O QUE É BENTONITA ?

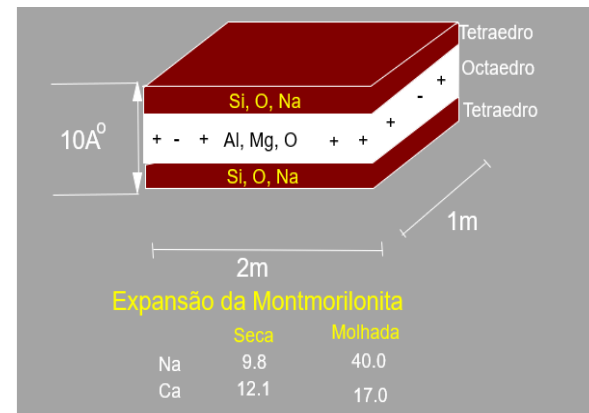
- A bentonita é um material argiloso geológico que é composto principalmente por um grupo mineral chamado montmorilonita. Geralmente é criado a partir de cinzas vulcânicas que foram desintegradas pela água. Os **Dois minerais mais comuns da bentonita são o cálcio e o sódio**. Esse tipo de material tem tantos usos que ganhou o apelido de "a argila de 1.000 usos".
- A bentonita sódica natural na região de **Wyoming** ocorre em rochas do cretáceo e terciário. A bentonita é uma rocha composta essencialmente de uma argila cristalina.
- Esses minerais geralmente são feldspatos (ortoclásio e oligoclásio), **biotita, quartzo, piroxênio, zircônio e vários outros tipos de minerais, característicos de rochas vulcânicas** (Elzea e Murray, 1995; Luz et al., 2001a).
- **Estado de Wyoming, EUA**
- **Distrito Mineiro, Elzea e Murray**



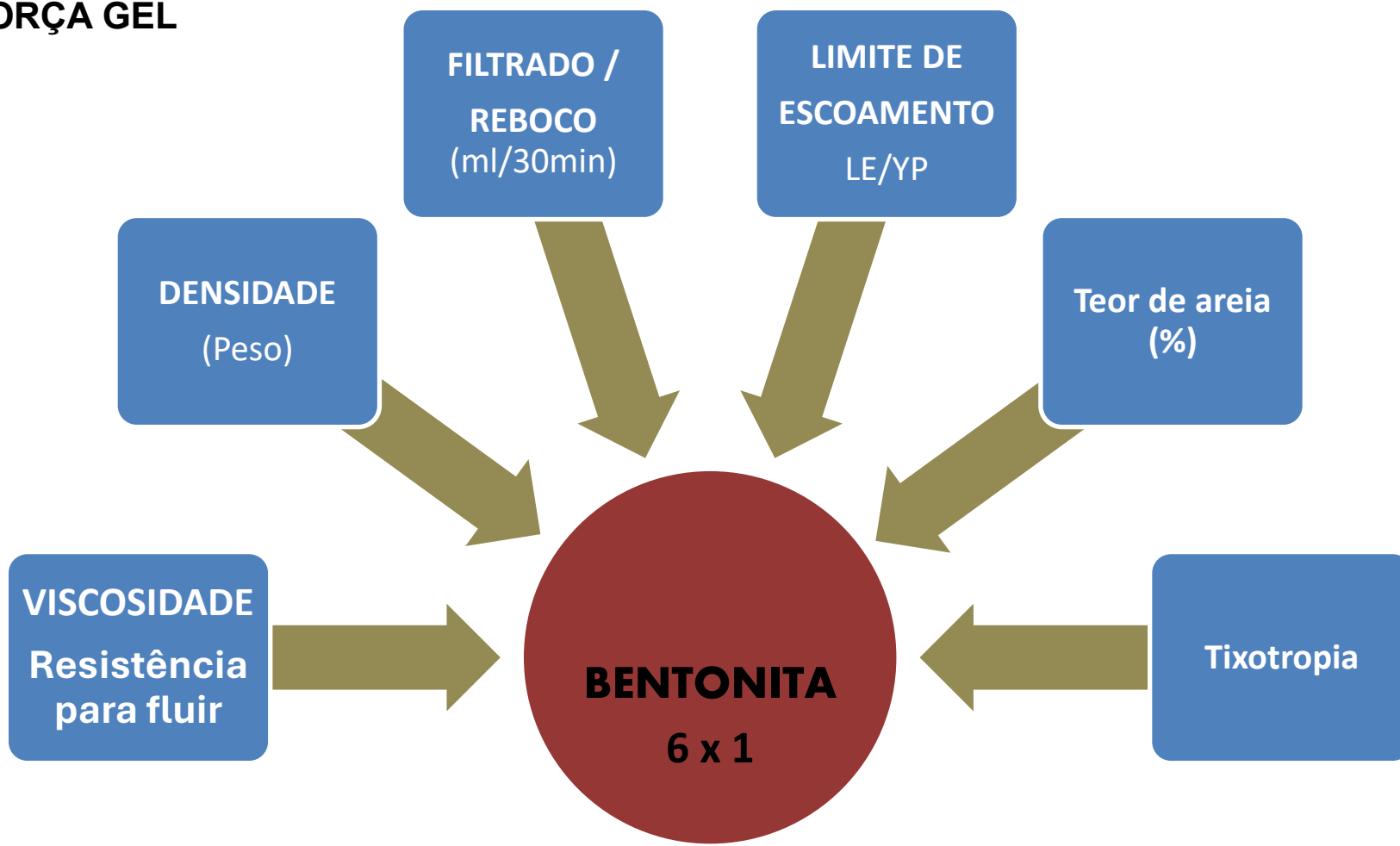
O QUE É BENTONITA ?

Mineralogia e Geoloia

- **As bentonitas das minas de Boa Vista-PB** apresentam-se cobertas por uma camada de solo argiloso, variando de 1 a 15 m. Nos níveis onde é feita a lavra, **as argilas se apresentam em camadas de cores variadas, por vezes formando estratificações ou zonas uniformes.** Localmente, essas argilas recebem as denominações de: **chocolate; verde lodo e bofe** (Luz et al., 2001b).
- A bentonita pode ser **cálcica ou sódica**, e apresenta uma característica física muito particular: **expande várias vezes o seu volume, quando em contato com a água, formando géis tixotrópicos.**
- **O termo bentonita** (argilomineral) também é usado para designar um produto com **alto teor de esmectita, família de argilas com propriedades semelhantes.**
- **Esmectita** é o termo dado a um grupo de minerais constituído por: **montmorilonita, beidelita, nontronita, hectorita e saponita**. Cada um desses minerais forma uma estrutura similar, mas cada um é quimicamente diferente. A **nontronita**, por exemplo, **é uma esmectita rica em ferro** e a **hectorita é rica em lítio**. **O mineral mais comum nos depósitos econômicos do grupo da esmectita é a montmorilonita.**
- **Os minerais CÁLCIO e SÓDIO são mais abundantes.** Do ponto de vista estrutural, os argilominerais da bentonita são constituídos de unidades empilhadas que compreendem camadas de sanduíches de **íons coordenados octaedralmente entre duas camadas de íons coordenados tetraedralmente.**



- **VISCOSIDADE**
- **DENSIDADE** - peso da lama
- **FILTRADO / CAKE**
- **LIMITE DE ESCOAMENTO**
- **FORÇA GEL**



- **A lavra da bentonita** na região é feita a céu aberto, normalmente usando o método de lavra por tira(strip mining).
- A lavra de cada tipo de **bentonita depende muito do uso que se requer do produto** a ser obtido (lama de perfuração, areia de fundição, pelletização de minérios de ferro etc.).
- **O processamento da bentonita** consiste de **britagem > secagem > moagem > ensacamento**. **Os diferentes tipos de argila bentonítica** provenientes da frente de lavra são estocados em pilhas no pátio da usina.
- Dependendo do produto que se deseja obter, é feita a **blendagem (blend)** no próprio pátio e a seguir a bentonita é submetida a britagem e secagem em forno rotativo, onde a umidade é reduzida de 30 para 10%. O produto da **secagem** é submetido a **moagem em moinho** tipo Raymond em circuito fechado, obtendo-se um produto com granulometria abaixo de 200 mesh.



PROCESSO DE PRODUÇÃO BENTONITA



- **Mina a céu aberto distante 12 Km da fábrica**, a extração ocorre de forma seletiva por litotipo de argila.
- Maquinário empregado na extração são tratores de esteiras e PC-retro escavadeira.
- É transportada em caminhão basculante até a fábrica e empilhadas separadamente.



ESTOCAGEM DE ARGILA - SELEÇÃO MP

- A estocagem de matérias primas são efetuadas em pilhas individuais de acordo com o litotipo da argila.
- **ARGILA VERDE LODO**
- **ARGILA BOFE**
- **ARGILA CHOCOLATE**



FORMULAÇÃO - BLEND DE BENTONITAS

- **Blend de argilas** para atendimento à determinados requisitos de acordo com as características físico-químicas das argilas.
- Os blends são executados com a pá carregadeira com combinações de conchas pré-determinados.



MECANIZAÇÃO

- Processo de diminuição granulométrica da argila através de desintegração, laminação e homogeneização.
- Determinação do teor de umidade da argila após o desintegrador e após o laminador.



ATIVAÇÃO

1. **Transformação** de uma bentonita originalmente **cálcica em sódica ativada**.
2. **Ativação é a substituição do íon cálcio da bentonita no estado natural, pelo íon sódio, proveniente do Carbonato de Sódio (barrilha).**
3. **Adição da solução de barrilha leve (Na^2CO^3) de acordo com o percentual estabelecido.**
4. **Determinação do teor umidade** da argila antes e depois da ativação para apuração final do percentual de ativação.



- **NATURAL:** Mais comum para a região devido grandes períodos de sol.

A secagem natural se faz por espalhamento da bentonita ativada/curada por caminhão do tipo caçamba, com auxílio de um trator permite que o equipamento nivele o material para uma secagem homogênea. São determinados o teor de umidade para controle do ponto ideal de secagem.

- **MECÂNICA:** Apenas nos períodos de chuvosos.

A secagem mecânica se dá a partir de um cilindro giratório aquecido por uma câmara de combustão alimentado por biomassa onde acontece a queima.

São determinados o teor de umidade para controle do ponto ideal de secagem.



MOAGEM

- Processo de **redução do tamanho das partículas** sólidas (cominuição).
- **A moagem**, constitui-se na última etapa do processo de fabricação, onde o material adquire a forma granulométrica desejada e é embalado.
- Nesse processo é realizado inspeções periódicas de 2 em 2 horas para verificação da granulometria do material.



LABORATÓRIO P/D

- Laboratório equipado para realização das análises periódicas de acompanhamento do processo e de inspeção final dos produtos.
- **Viscosidade**
- **Densidade**
- **Filtrado**
- **Teor de areia**
- **Inchamento**
- **Reologia**
- **Rendimento**



ESTOCAGEM

- Após embalados os materiais são etiquetados e armazenados em lotes separados, aguardando a liberação para expedição.
- Os lotes são analisados de acordo com os **requisitos estabelecidos para cada aplicação.**



EXPEDIÇÃO

- **Processo de embarque** e carregamentos de caminhões para atendimento aos clientes.
- Após analisados os lotes são liberados pelo controle de qualidade no documento pedidos para expedição.



2 - FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

Outros mercados

FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

Petróleo e Gás

- Poços de Petróleo
- 1.500 - 6.000 mts prof.
- Fluido de Perfuração
- WBM (Base água)
- OBM (Base óleo/paraf)



Drilling Mud Function

Eng.Mahammed Aboholi

Eng.Mahammed

@

Hotmail.com

FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

HDD - Perfuração Direcional



Principais projetos

- **Projeto Brasfix / Concremat - Cubatão/SP.** gasoduto 2.134 mts para escoamento de gás do pré-sal - **Maior gasoduto terrestre do Brasil.**
- **Projeto HDD Hydro - Tomé Açu-PA.** Mineroduto 244 km, Barcarena x Paragominas, 02 HD's 550 mts, duto aço 24 pol, perfuração em rocha/arenito sob rio, para escoamento da poupa bauxita/alumínio.

PET CARE

- A **Bentonita** é utilizada em **areia sanitária** para eliminar odores dos dejetos de animais de estimação.
- **Urina ácida - Forte odor.**
- Granulado Higiênico com função anti-bacteriana.
- Simula as condições reais do solo, respeitando seus sentidos e instintos.
- **Mercado de alto consumo** de Bentonita.



FOOD

- **A Bentonita montmorilonita pode ser utilizada como aditivo para ração animal. Usado em rações para animais ruminantes, rações para galinhas, rações para coelhos e rações para suínos, atrasar o tempo de passagem dos alimentos pelo trato digestivo dos animais.**
- **A Montmorilonita é alcalina, pode neutralizar o ácido do trato digestivo e aumentar o apetite dos animais.**
- **A Bentonita montmorilonita é um agente removedor de mofo e remove micotoxinas de rações e matérias-primas.**

SKIN CARE

- **Argila Branca**, possui pH próximo da pele, seu principal benefício é clarear a pele e absorver a oleosidade sem desidratar.
- **Argila roxa** rica em magnésio, indicado para reduzir brilho, rugas expressão e na formação de colágeno.
- **Argila rosa** rica em silicato de alumínio, indicado para pele sensíveis e reduzir gordura localizada.



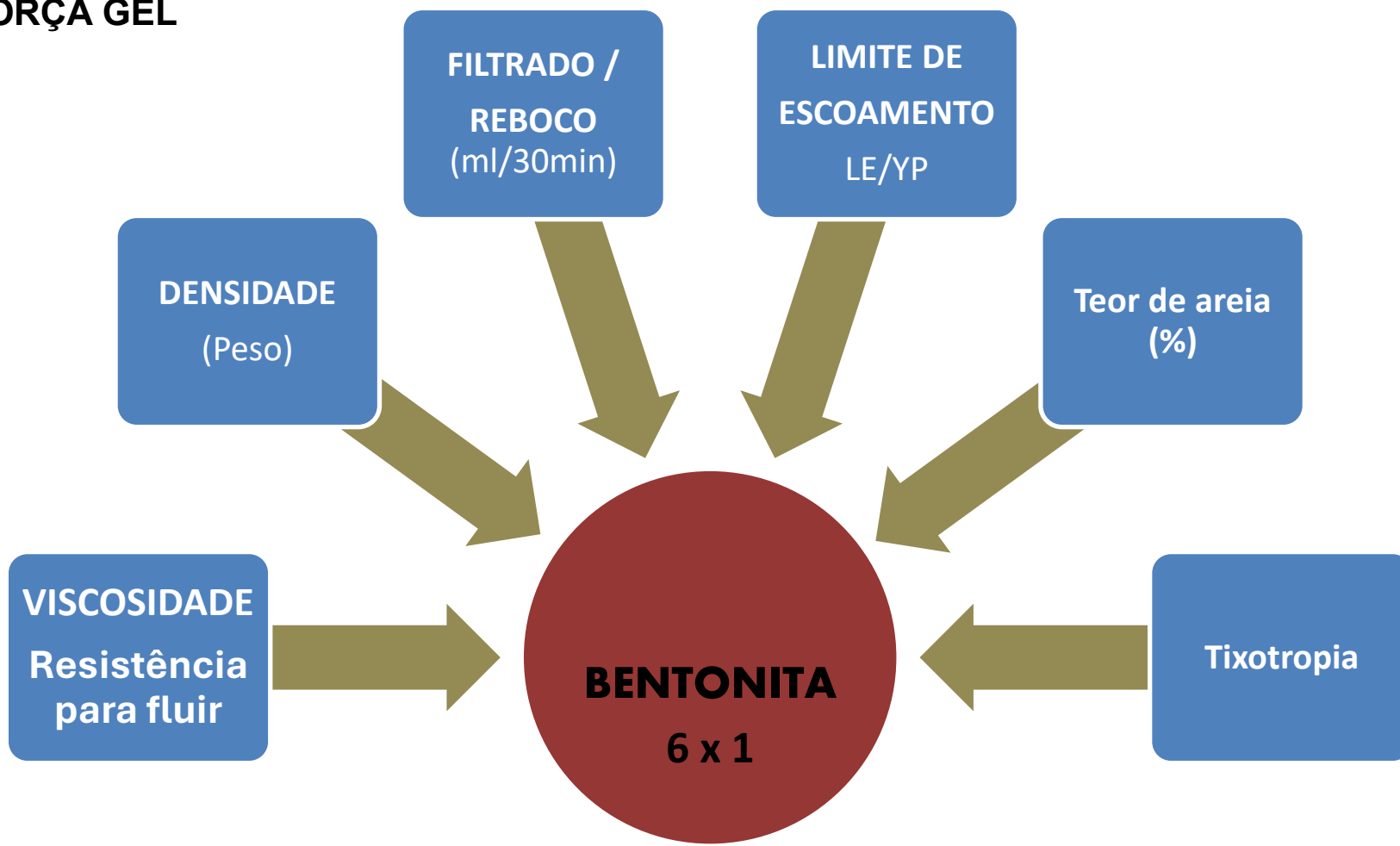
3 - FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

- O que é Fluido de Perfuração / Estabilizante ?
- Funções
- Propriedades
- Testes

FLUIDOS DE PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

- **Fluido de Perfuração / estabilizante pode ser polimérico, bentonítico ou misto.**
- O fluido de perfuração é uma **mistura complexa de aditivos com funções específicas, composto por água + argila + polímeros e outros aditivos**, são **usados para estabilizar e limpar o poço**, resfriar e lubrificar a broca, durante a perfuração/escavação de poços, além de inibir solo argilosos do tipo expansivo/reactivo/plástico.
- Os Fluidos de Perfurações também são usados para **controlar a pressão hidrostática e estabilização de poços/estacas**, prevenindo o colapso das paredes do poço.
- **MARCO DO FLUIDO O&G:** Em 1900, Beaumont, Texas, E.U.A - **Perfuração vertical rotativa**, 317 m profundidade.
- **MARCO DO FLUIDO HDD:** Em 1971, (Cherrington), **Sondas adaptadas**, primeira travessia, Rio Pajero, California (180 m, 4 pol).

- VISCOSIDADE
- DENSIDADE - peso da lama
- FILTRADO / CAKE
- LIMITE DE ESCOAMENTO
- FORÇA GEL



PRINCIPAIS FUNÇÕES DO FLUIDO DE PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

- 1. Estabilizar as paredes do poço (Filtrado, cake, densidade);**
- 2. Suspender e transportar os sólidos perfurados;**
- 3. Controlar as pressões da formação;**

4 - FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

Construção Civil / Fundação

APLICAÇÃO DE FLUIDO BENTONÍTICO EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES

- O Fluido estabilizante pode ser bentonítico, polimérico e misto, conforme **NBR-6122/2019**.
- Na construção Civil, a **principal função do Fluido estabilizante é a estabilização do solo, através da pressão hidrostática do Fluido estabilizante + filtrado e reboco (filter cake).**

FLUIDO BENTONÍTICO - NBR- 6122/2019

Recomendações

A bentonita possui 4 (três) propriedades físico-químicas para estabilização das paredes e limpeza da estaca: **Densidade, Viscosidade, Filtrado/reboco (cake) e LE/Gel.**

Lama Bentonítica (padrão API 13A)

PARÂMETROS LAMA BENTONÍTICA PARA PERFURAÇÃO		
PROPRIEDADES	VALORES	EQUIPAMENTOS PARA ENSAIO
DENSIDADE	1,025 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
VISCOSIDADE	30 s/qt a 90 s/qt	Funil Marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
TEOR DE AREIA	Até 3 %	Baroid sand content ou similar

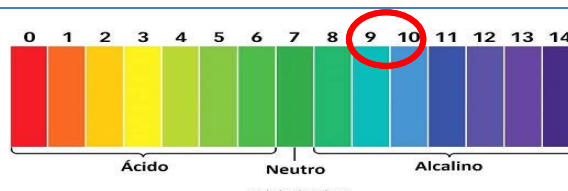
A lama bentonítica, depois de misturada, deve ficar em repouso por 12 h para sua plena hidratação e deve possuir as características, confoma tabela acima.

ÁGUA DE PREPARO: Para a mistura do fuido estabilizante, a água de preparação deve ter as seguintes características recomendadas: **a) o pH deve estar entre 7 a 11** e pode ser medido in situ com ftas medidoras ou portáteis; **b) a dureza da água (excesso Ca+/Mg+) entre 0 - 120 ppm. Caso contrário, a água deve receber tratamento com barrilha leve (carbonato de sódio) antes de iniciar a confecção do fuido.**

Lama Polimérica

PARÂMETROS POLÍMEROS PARA PERFURAÇÃO		
PROPRIEDADES	VALORES	EQUIPAMENTOS PARA ENSAIO
DENSIDADE	1,005 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
VISCOSIDADE	35 s/qt a 110 s/qt	Funil Marsh
pH	9 a 12	Indicador de pH
TEOR DE AREIA	Até 4,5 %	Baroid sand content ou similar

Ao contrário da bentonita, **cada polímero tem uma função específica**, portanto a indicação do fluido polimérico deve observar o tipo de solo escavado. O fluido deve conter um ou mais polímeros para **densidade, viscosidade e reboco (cake)**, em proporções e tipos (por exemplo: **PHPA** (poliacrilamida), **Goma Xantana**, **PAC** (celulose polianiónica), **CMC** (carboximetilcelulose) que dependerão do tipo de solo perfurado e deve possuir as características, conforme tabela acima.



FUNÇÕES / ESPECIFICAÇÃO DA LAMA BENTONÍTICA

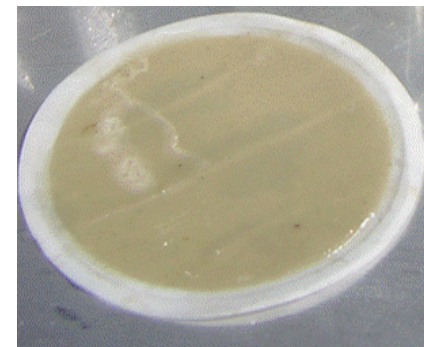
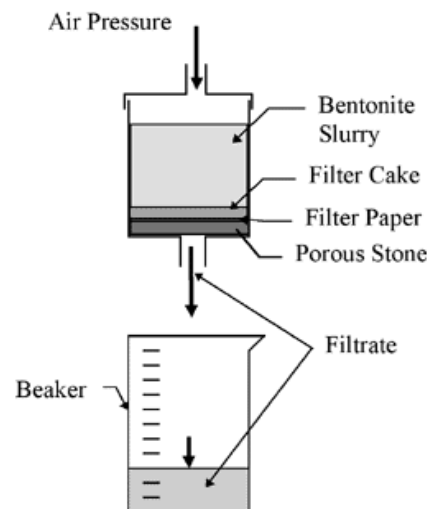
- **AGENDE TIXOTRÓPICO** (estático / dinâmico)
- **RÁPIDA HIDRATAÇÃO** (T min).
- **VISCOSIDADE** (segs/qt).
- **DENSIDADE** (gr/cm³) - pesos da Lama.
- **FILTRADO API** (< 15 mL/30 min) API.
- **REBOCO DE BAIXA PERMEABILIDADE** < 2,5mm.
- **FORÇA GEL** (lb/100ft²) – Capacidade de manter suspenso os sólidos perfurados/escavados.

PRINCIPAIS TESTE DE CAMPO DA LAMA BENTONÍTICA * NBR-6122/19

- **Filtro Prensa API** (ml/30 segs) , cake (mm)
- **Viscosidade** Marsh (segs/qt)
- **Densidade** (lb/gal, g/cm³)
- **Teor de areia** (%areia)
- **Ph**

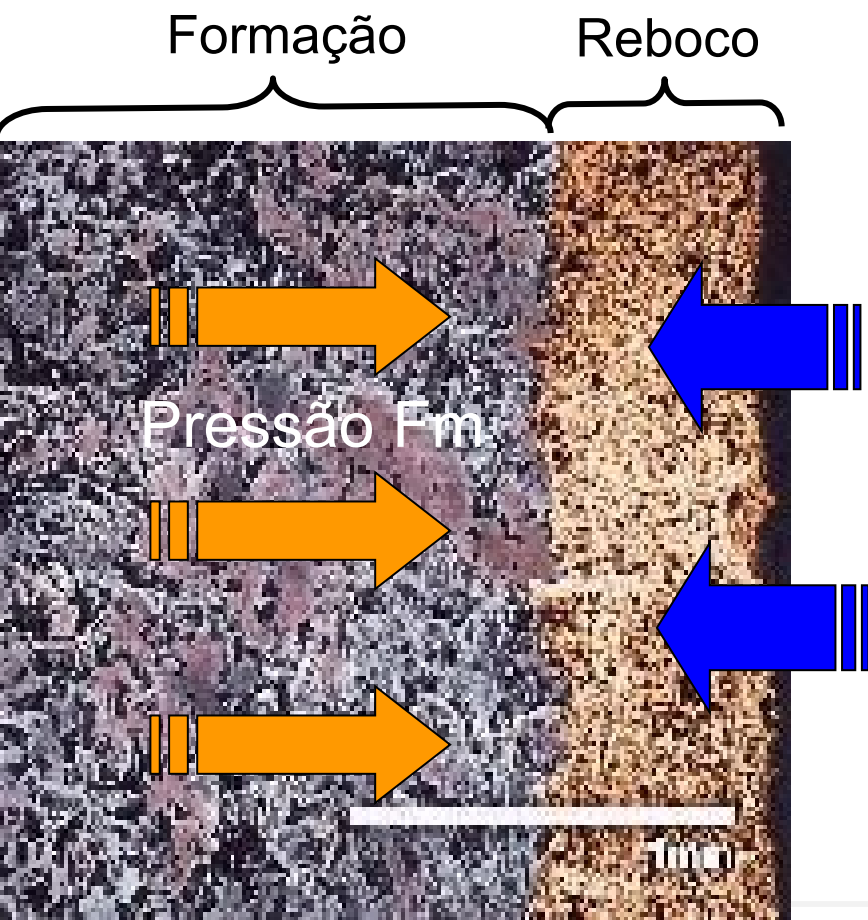
EQUIPAMENTOS MUD LAB / FIELD

- **Filtro Prensa API** (mL/30 segs) , cake (mm)
- **Balança Densimétrica** (gr/cm³)
- **Funil Marsh** (segs/qt)
- **Phmêtro, fitas**



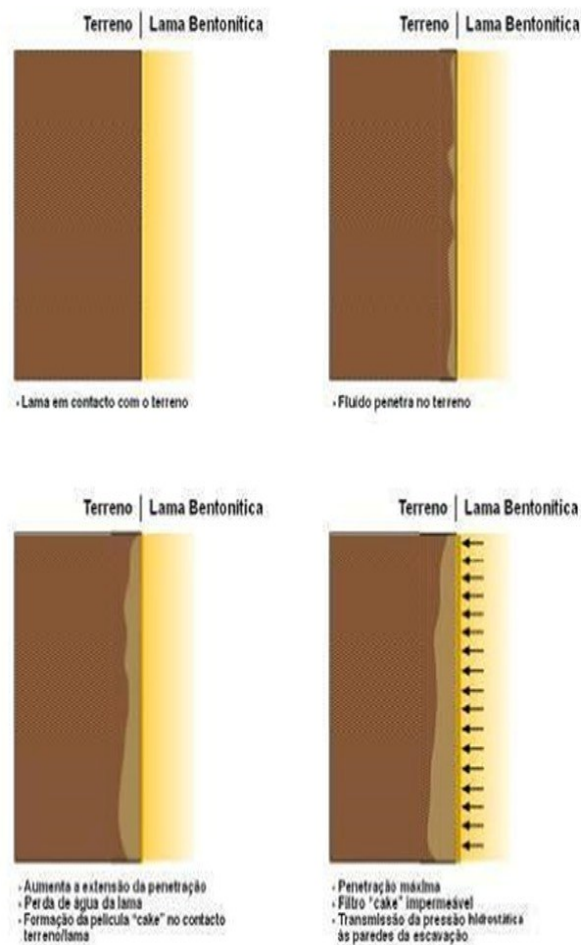
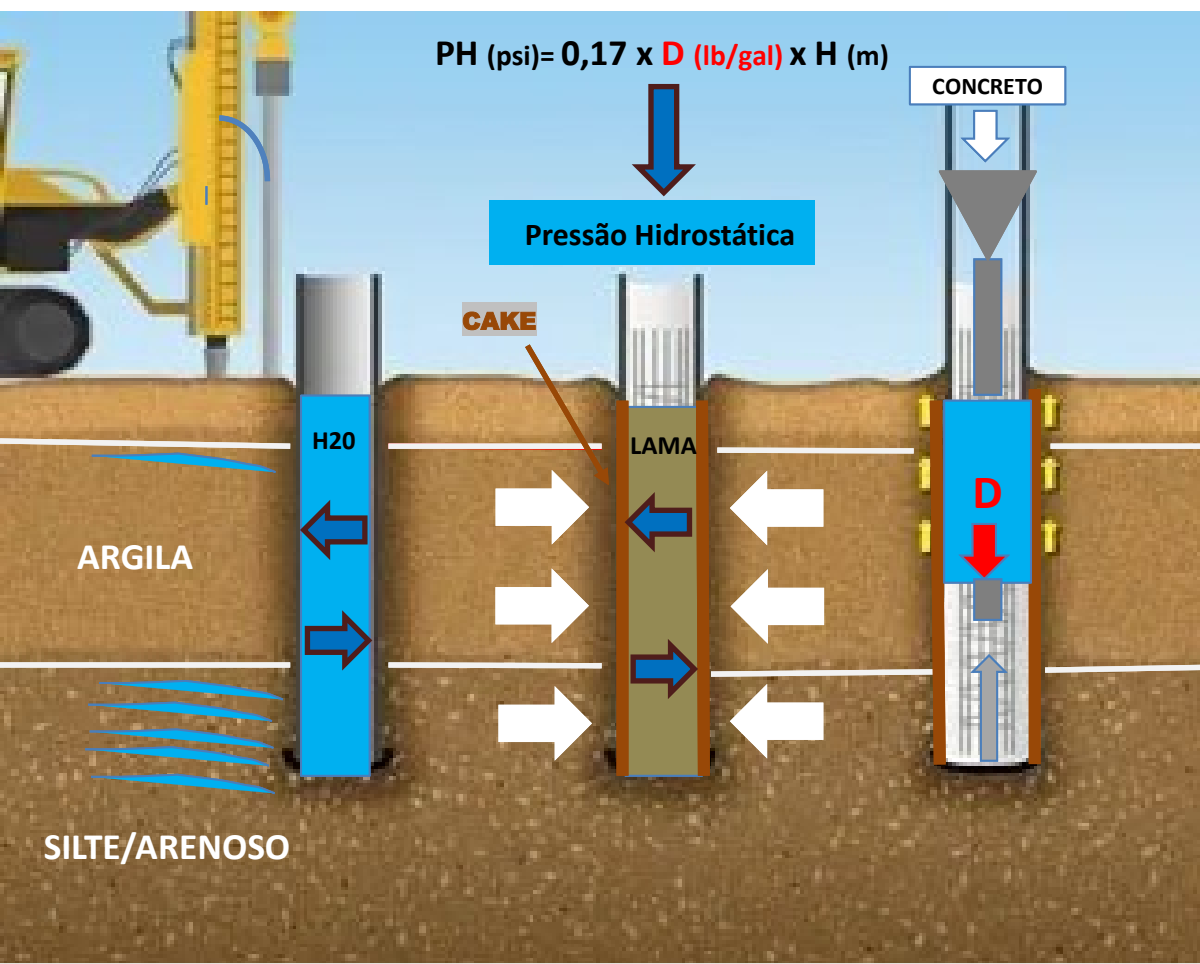
MECANISMO DE ESTABILIZAÇÃO DO SOLO

1. Pressão Hidrostática
+
2. Estabilização química, filtrado + cake



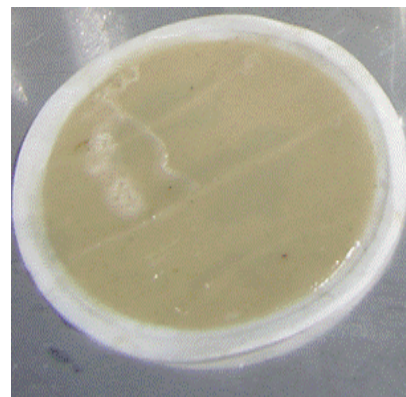
MECANISMO DE ESTABILIZAÇÃO DO SOLO

1. Pressão Hidrostática
2. Estabilização química, filtrado + cake



6 - Equipamento Filtro prensa API

- **Demonstração equipamento Filtro prensa** para aferição de teste de Filtrado (ml/30 min) conforme norma API 13 B1, equipamento filtro prensa API (filter press API), parâmetros de estabilidade do solo;
- Interpretação dos resultados, filtrado (ml) e recobo (cake) mm;
- **Norma Petrobrás N-2604: Filtrado API < 18 ml, 2 mm;**



DESCARTE E APLICAÇÃO DE FLUIDO BENTONÍTICO EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES

TRATAMENTO DA LAMA BENTONITA - CLASSIFICAÇÃO P/ RESÍDUO CLASSE II B (NBR 10004)

Ao final da obra a lama precisa ser descartada, por tempo de re-uso, descarte por contaminação e etc, a lama bentonítica terá dificuldades para manter e reestabelecer suas propriedades físico-químicas (pH, cake, viscosidade, etc.), por isso, **deverá ser descartada.**

Este descarte no passado era feito sem qualquer critério, pois se entendia que a lama não era contaminante, como realmente não é. O que acontece é que ela é cria capas impermeáveis onde for descartada.

Embora a **bentonita seja um mineral / material não inerte**, o fato de ser misturada com água formando a lama bentonítica, esta é “impermeabilizante” e, **neste estado, não atende à classe II B da NBR 10004:2024.**

Portanto, **necessita ser tratada antes de ser lançada em bota-fora.**

A NBR 10004:2024 classifica os resíduos em:

- a) Resíduos classe I – Perigosos ao meio ambiente**
- b) Resíduos classe II – Não perigosos ao meio ambiente**
 - Resíduos classe II A – Não inerte (dissolve, modifica)
 - Resíduos classe II B – Inerte (não sofre alteração)

CICLO DO FLUIDO BENTONÍTICO EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES

1. **Processo de reciclagem** da lama bentonítica > retirada de sólidos (areia/rocha) incorporados na lama retornada da escavação;
2. **Lama transferida** para recicladora (mud cleaner);
3. **Lama reciclada** transferida para tanques de decantação;
4. **Tanques de tratamento**, correção das propriedades (viscosidade, pH, cake, etc);
5. **Bombeado para a escavação**, ciclo contínuo;
6. **Material retido** na reciclagem, classe II B;
7. **Floculação > separação > Lama + água + sólidos**, classificado como classe II B, inerte;



5 - FLUIDOS PERFURAÇÃO / ESTABILIZANTE

Principais obras Construção Civil / Fundação

PRINCIPAIS OBRAS DE FUNDAÇÃO

Aplicação de Fluido Estabilizante Polimérico

Empresa Geofix / Projeto Odebrecht / Santos-SP - 09/2012

Execução de estaca escava utilizando Fluido Estabilizante polimérico, 48-58 mts profundidade, 1.600 mm.

Desafios: Estabilização, Areia fina/grossa > argila marinha forte odor > Influxo água salobra do lençol freático.



PRINCIPAIS OBRAS DE FUNDAÇÃO

Aplicação de Fluido Estabilizante Polimérico

Empresa Geofix – Campo Belo/SP - 05/2012

Projeto no Bairro do Campo Belo/SP, execução de estaca escavada, Clam shell e **Fluido Estabilizante polimérico**, 30 mts profundidade, diâmetros 80/120/140 mm.

Desafios: Argila plástica / Silte arenoso.



PRINCIPAIS OBRAS DE FUNDAÇÃO

Aplicação de Fluido Estabilizante Bentonítico

Empresa Geofix / Praia do Leblon/RJ - 09/2012

Projeto de execução de Parede Diafragma, solo arenoso, 2,5 x 0,8 x 17 (mts), 34 m³ de Fluido estabilizante bentonítico, 33 kg/m³. FEB > Bentonita ativada > Bentonita adt

Desafios: Influxo de água, dificuldade estabilização.



PRINCIPAIS OBRAS DE FUNDAÇÃO

Aplicação de Fluido Estabilizante Polimérico

Projeto Porto do Açu-RJ - Empresa OGX - 09/2013

Projeto de execução de estaca escavada e estaca quebra-maré utilizando Fluido Estabilizante misto para construção do pier off-shore, 60 mts profundidade, 1.600 mm.

Desafios: Estabilização estaca, influx de água salobra, poço aberto.



OBRIGADO A TODOS OS PARTICIPANTES

Honrado a GEOFIX pelo convite !

“ A Engenharia é uma ciência exata e apaixonante, toda evolução começa pela infraestrutura do País”.

Se Deus nos concedeu sabedoria e oportunidade para atuar na Engenharia, devemos devolver tudo que a Engenharia nos deu, contribuindo com a sociedade, escolas e sempre disseminar o conhecimento verdadeiro em prol da Engenharia”.

William Santos | Mud Engineer
PRIME MUD SOLUTIONS
(11) 9 4144-9267