

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CAROLINA VIDAL ACCIOLY

USO DE ARGILAS ESMECTÍICAS
EM LAMAS PARA EXECUÇÃO DE PAREDES
DIAFRAGMA

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.) à comissão julgadora do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba sob orientação do Prof. Heber Carlos Ferreira.

Campina Grande , 1994



A171u Accioly, Carolina Vidal
 Uso de argilas esmectiticas em lamas para execucao de
 paredes diafragma / Carolina Vidal Accioly. - Campina
 Grande, 1994.
 120 f. : il.

 Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
 Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
 Tecnologia.

 1. Argilas Esmectiticas Sodicas 2. Lama 3. Parede
 Diafragma 4. Dissertacao I. Ferreira, Heber Carlos, Dr. II.
 Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB)

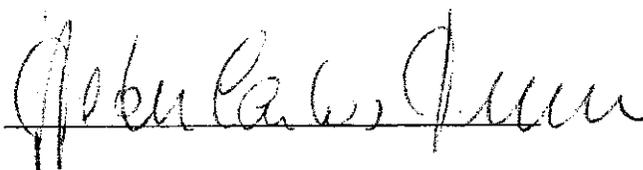
CDU 624.131.22(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CAROLINA VIDAL ACCIOLY

USO DE ARGILAS ESMECTÍICAS
EM LAMAS PARA EXECUÇÃO DE PAREDES
DIAFRAGMA

APROVADO POR:



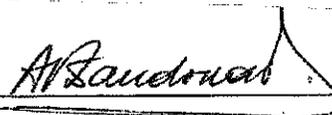
Prof. Dr.: Heber Carlos Ferreira

PRESIDENTE



Prof. M.Sc.: Edna Celie da Cunha
Machado

EXAMINADOR INTERNO



Prof. Dr.: Alexandre Romildo Zandonadi

EXAMINADOR EXTERNO

À minha família

AGRADECIMENTOS

Agradeço aquelas pessoas que juntas forneceram as condições para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, pela atenção, paciência e dedicação demonstradas nesses anos de trabalho, pelos ensinamentos transmitidos, orientações e críticas construtivas, o que foi de máxima importância para conclusão deste trabalho.

A minha mãe, Solange Vidal, que sempre me orientou e incentivou nesta jornada.

Ao meu marido e filhos, pela paciência, compreensão, e por terem acreditado em mim.

A Telmo Araújo, que sempre me orientou na vida profissional como um experiente amigo.

A minha irmã e cunhado, pela força para edição deste trabalho.

A Sergio Gaudêncio, pela ajuda de correção.

A todos os colegas do mestrado, pelo companherismo.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro prestado.

Enfim, a todos os professores e funcionários de geotecnia, em especial o Sr. Luiz do Laboratório de Solos III, pela água destilada que nunca faltou.

Uso de Argilas Esmectíticas em Lamas para Execução de Paredes Diafragma

Dissertação de Mestrado

por

CAROLINA VIDAL ACCIOLY

RESUMO

Tendo em vista o reduzido número de estudos sobre argilas esmectíticas sódicas para serem utilizadas na construção de diafragma, um estudo mais amplo de suas características tornou-se necessário. Este trabalho, então, relaciona características reológicas que a lama deve possuir para ser utilizada nessas construções de paredes diafragma; estuda seis amostras de argilas esmectíticas sódicas industrializadas no estado da Paraíba e duas amostras de esmectitas policatiônicas transformadas em sódicas em laboratório; estuda a influência dos aditivos - Espercene, XP-20 e carboximetilcelulose nessas amostras; e correlaciona os dados obtidos pelo viscosímetro de escoamento Marsh com os dados obtidos pelo viscosímetro rotacional Fann 35-A.

As características estudadas das lamas foram: viscosidade Marsh, viscosidade aparente, viscosidade plástica, limite de escoamento, volume do filtrado, espessura do "cake", pH e umidade. Dentro deste contexto, os resultados evidenciam que as argilas esmectíticas do Município de Boa

Vista - PB apresentam características adequadas ao uso na construção de paredes diafragma.

Utilizando-se os aditivos Espercene e XP-20, concluiu-se que estes devem ser utilizados como redutores de viscosidade e como controladores do filtrado, enquanto que o carboximetilcelulose deve ser utilizado em dispersões de baixas concentrações para aumentar a viscosidade.

Apesar das limitações apresentadas pelo viscosímetro Marsh, as equações de correlação obtidas entre os resultados destes e do viscosímetro Fann 35-A superam essas deficiências.

SMECTITICS DISPERSIONS FOR DIAPHRAGMS WALLS CONSTRUCTIONS.

Master Science Dissertation
by

CAROLINA VIDAL ACCIOLY

ABSTRACT

As the studies about smectitic clays dispersions for diaphragm walls are reduced, a wider analysis of its characteristics became necessary. This work relates the reologic characteristics that smectitic clays dispersions should have to be used in diaphragm wall constructions. Six samples of sodic smectitic clay manufactured in the state of Paraíba and two samples of policationic smectitic clays, were transformed into sodic smectities in laboratory and studied the additives Espercene, XP-20 and carboximethicellulose on those samples. Finally, this work correlates the data obtained by the Marsh viscometer with the ones obtained by the rotational viscometer Fann 35-A.

The characteristics of the slurry studied were; Marsh viscosity, apparent viscosity, plastic viscosity, yeld point, filtrate, cake, pH and humidity. In this context, the results indicated that smectitic clays from Boa Vista - PB had the characteristics for diaphragm wall construction.

Using the additives Espercene and XP-20, it was concluded that these ones should be used as viscosity reducers and filtrate controllers, while the carboxymethylcellulose should be used in dispersions of low concentrations to rise viscosity.

To overcome the limitations presented by the Marsh viscometer, significant correlations were obtained as well as the ones from the Fann 35-A viscometer.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO, 01

II. OBJETIVOS , 03

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, 05

1. Introdução, 05

2. Paredes Diafragma, 06

2.1. Aplicações da Parede Diafragma, 07

2.2. Aplicações da Parede Diafragma pelo Mundo, 12

2.3. Vantagens e Desvantagens do Uso de Paredes Diafragma, 14

2.4. Paredes Diafragma Plástica (Slurry Trench), 15

2.4.1. Introdução, 15

2.4.2. Tipos de Paredes Diafragma Plástica, 16

2.4.3. Diferenças entre a Parede Diafragma Plástica e a Parede Diafragma Estrutural, 18

2.4.4. Limitações para o Uso da Parede Diafragma Plástica, 19

2.4.5. Vantagens Técnicas da Parede Diafragma Plástica, 20

2.5. Durabilidade da Parede Diafragma Plástica, 20

3. Esquema Básico de Execução da Parede Diafragma, 21

- 4. Lama de Escavação, 27
 - 4.1. Conceito de Esmectita, 27
 - 4.2. Usos Industriais de Argilas Esmectíticas em Engenharia Civil, 29
 - 4.3. Lama de Argila Esmectítica, 30
 - 4.4. Propriedades das Lamas Esmectíticas, 31
 - 4.5. Preparação da Lama de Argila Esmectítica, 33
 - 4.6. Controle de Qualidade, 34
 - 4.6.1. Controle da Densidade, 36
 - 4.6.2. Controle da Viscosidade, 39
 - 4.6.3. Ensaio do “Cake” e Filtrado API, 42
 - 4.6.4. pH, 44
 - 4.6.5. Teor de Areia, 45
 - 4.7. Reaproveitamento da Lama, 49
 - 4.8. Seleção da Lama, 51
 - 4.9. Especificações, 51

IV. MATERIAIS E MÉTODOS, 53

- 1. Materiais, 53
 - 1.1. Argilas, 53
 - 1.2. Aditivos, 54

2. Métodos de Ensaio, 55
 - 2.1. Introdução, 55
 - 2.2. Dispersões, 55
 - 2.3. Densidade, 56
 - 2.4. Viscosidade Marsh, 56
 - 2.5. Viscosidade Aparente, Viscosidade Plástica e Limite de Escoamento, 57
 - 2.6. Filtrado API e Espessura do "Cake", 57
 - 2.7. pH, 58
 - 2.8. Umidade, 58
3. Correlações, 58
4. Especificações, 59

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO, 61

1. Reologia das Argilas Esmectíticas Sódicas Industrializadas no Estado da Paraíba sem Utilização de Aditivos Secundários, 61
2. Reologia das Argilas Esmectíticas Naturais, Extraídas das Jazidas de Bravo - Município de Boa Vista - PB, Tratada com o Aditivo Primário, Carbonato de Sódio nas Proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de Argila Seca, 64
3. Efeito dos Aditivos Espercene, XP-20 e CMC nas Argilas Esmectíticas Sódicas Industrializadas no Estado da Paraíba, 66
4. Efeito dos Aditivos Espercene, XP-20 e CMC nas Argilas Esmectíticas Naturais, Extraídas das Jazidas de Bravo - Município de Boa Vista - PB, Tratadas com o Aditivo Primário, Carbonato de Sódio na Proporção de 150meq/100g de Argila Seca, 86

5. Efeito das Concentrações de Aditivos Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, na Reologia das Argilas Esmectíticas Industrializadas no Estado da Paraíba, 93

6. Correlações Estatísticas entre a Viscosidade Marsh e a Leitura a 600 rpm, Leitura a 300 rpm, Viscosidade Aparente, Viscosidade Plástica e Limite de Escoamento, 105

VI. CONCLUSÕES, 108

VII. SUGESTÕES, 114

VIII. BIBLIOGRAFIA, 116

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Frequência de Ensaios para Controle de Lamas Esmectíticas, 36
- TABELA 2 - Viscosidade Marsh em Função do Tipo de Solo, 40
- TABELA 3 - Programa de Ensaios de Laboratório que Deve Ser Executado na Lama para sua Utilização em Escavação de Paredes Diafragma, 47
- TABELA 4 - Relatório de Ocorrências para Construção de Paredes Diafragma, 48
- TABELA 5 - Argilas Esmectíticas Sódicas Industrializadas no Estado da Paraíba sem Utilização de Aditivos Secundários, 62
- TABELA 6 - Argila Esmectítica Natural, Cor Verde, Extraída da Jazida de Bravo - Município de Boa Vista - PB, Tratada com o Aditivo Primário, Carbonato de Sódio nas Proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de Argila Seca, 65
- TABELA 7 - Argila Esmectítica Natural, Cor Bofe, Extraída da Jazida de Bravo - Município de Boa Vista - PB, Tratada com o Aditivo Primário, Carbonato de Sódio nas Proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de Argila Seca, 65
- TABELA 8 - Argila Esmectítica Sódica Industrializada no Estado da Paraíba, Viscogel, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, 67
- TABELA 9 - Argila Esmectítica Sódica Industrializada no Estado da Paraíba, Bentonisa, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, 68
- TABELA 10 - Argila Esmectítica Sódica Industrializada no Estado da Paraíba, Sogel, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, 69

TABELA 11 - Argila Esmectítica Sódica Industrializada no Estado da Paraíba, Drescon, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, 70

TABELA 12 - Argila Esmectítica Sódica Industrializada no Estado da Paraíba, Norgel, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, 71

TABELA 13 - Argila Esmectítica Sódica Industrializada no Estado da Paraíba, Brasgel, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC, 72

TABELA 14 - Argila Esmectítica Natural Cor Verde, Extraída da Jazida de Bravo - Município de Boa Vista - PB, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC e com o Aditivo Primário, Carbonato de Sódio na Proporção de 150meq/100g de Argila Seca, 87

TABELA 15 - Argila Esmectítica Natural Cor Bofe, Extraídas das Jazidas de Bravo - Município de Boa Vista - PB, tratada com Aditivo Secundários, Espercene, XP-20 e CMC e com o Aditivo Primário, Carbonato de Sódio na Proporção de 150meq/100g de Argila Seca, 88

TABELA 16 - Efeito da Concentração do Espercene na Viscosidade Marsh (s), 93

TABELA 17 - Efeito da Concentração do Espercene na Viscosidade Aparente (cP), 94

TABELA 18 - Efeito da Concentração do Espercene na Viscosidade Plástica (cP), 94

TABELA 19 - Efeito da Concentração do Espercene no Limite de Escoamento (g/100cm²), 94

TABELA 20 - Efeito da Concentração do Espercene no Volume do Filtrado (ml), 95

- TABELA 21 - Efeito da Concentração do Espercene no "Cake"(mm), 95
- TABELA 22 - Efeito da Concentração do Espercene no pH, 95
- TABELA 23 - Efeito da Concentração do XP-20 na Viscosidade Marsh (s), 97
- TABELA 24 - Efeito da Concentração do XP-20 na Viscosidade Aparente (cP), 98
- TABELA 25 - Efeito da Concentração do XP-20 na Viscosidade Plástica (cP), 98
- TABELA 26 - Efeito da Concentração do XP-20 no Limite de Escoamento (g/100cm²), 98
- TABELA 27 - Efeito da Concentração do XP-20 no Volume do Filtrado (ml), 99
- TABELA 28 - Efeito da Concentração do XP-20 no "Cake"(mm), 99
- TABELA 29 - Efeito da Concentração do XP-20 no pH, 99
- TABELA 30 - Efeito da Concentração do CMC na Viscosidade Marsh (s), 101
- TABELA 31 - Efeito da Concentração do CMC na Viscosidade Aparente (cP), 102
- TABELA 32 - Efeito da Concentração do CMC na Viscosidade Plástica (cP), 102
- TABELA 33 - Efeito da Concentração do CMC no Limite de Escoamento (g/100cm²), 102
- TABELA 34 - Efeito da Concentração do CMC no Volume do Filtrado (ml), 103
- TABELA 35 - Efeito da Concentração do CMC no "Cake"(mm), 103
- TABELA 36 - Efeito da Concentração do CMC no pH, 103

TABELA 37 - Correlações Estatísticas entre a Viscosidade Obtida no Viscosímetro de Escoamento Marsh (VM) e os Seguintes Dados Obtidos pelo Viscosímetro Fann-35: Leitura a 600rpm (L600), Leitura a 300rpm (L300), Viscosidade Aparente (VA), Viscosidade Plástica (VP) e Limite de Escoamento (LP), 106

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Ensecadeira e “Cut-off” de Barragens, 7
- FIGURA 2 - Construção Subterrânea de Metrô, Ferrovia, Estacionamentos de Carros, Etc., 8
- FIGURA 3 - Fundações de Pontes e Edifícios, 8
- FIGURA 4 - Rebaixamento Freático em Áreas a ser Escavada, 9
- FIGURA 5 - Coleta de Rejeito de Óleos ou Produtos Químicos Armazenados, 9
- FIGURA 6 - Estações de Tratamento de Esgotos, 10
- FIGURA 7 - Túneis, 10
- FIGURA 8 - Paredes de Contenção de Terra e Contraforte, 11
- FIGURA 9 - Tanque Subterrâneo de Armazenagem de Gás, 11
- FIGURA 10 - Tipos de Paredes Guias, 21
- FIGURA 11 - Esquema de Execução de Paredes Diafragma, 23
- FIGURA 12 - Seqüência de Execução de Paredes Diafragma em Painéis Sucessivos, 25
- FIGURA 13 - Seqüência de Execução de Paredes Diafragma em Painéis Alternados, 26
- FIGURA 14 - “Mud Balance”, 39
- FIGURA 15 - Viscosímetro Marsh, 42
- FIGURA 16 - Filtro Prensa, 44
- FIGURA 17 - Reaproveitamento da Lama, 50

I. INTRODUÇÃO

As argilas esmectíticas sódicas são utilizadas para confecção de fluidos para a construção de paredes diafragma em engenharia civil (geotecnia). Diafragma é uma parede de contenção moldada ou pré-moldada no solo para uso como ensecadeira, "cut-off"; galerias subterrâneas de metrô e utilidades públicas; fundações de pontes e edifícios; estações de bombeamento; elementos de estacas, em rebaixamento freático; coleta de rejeitos de óleos ou produtos químicos armazenados; estações de tratamento de esgotos; tuneis; paredes permanentes de porões; etc. (American Colloid Company, 1971, Boyes, 1969, Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

A construção da parede diafragma inicia-se pela escavação da vala que deve ser preenchida com uma lama especial e, posteriormente, esta lama é substituída pelo material que ficará permanente no diafragma, como: concreto, mistura solo-cimento, solo-esmectita ou cimento-esmectita.

A finalidade primordial do uso de lamas na execução dos painéis é a manutenção da estabilidade das paredes, evitando-se desmoronamento durante a escavação, a limpeza e a concretagem (Tressoldi e Nuske, 1979). A lama exerce ainda um efeito impermeabilizante formando um filme (cake) junto as paredes da vala de fundação que dificulta a desidratação do solo e sua conseqüente descompressão (Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1979 e D'Appolonia, 1980).

Para que seja mantida a estabilidade da suspensão durante os trabalhos de escavação até a sua conclusão, torna-se imprescindível o controle de qualidade da lama antes e durante a sua utilização (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979). Este controle de qualidade é feito através de ensaios e do uso de aditivos, para garantir as mesmas características da suspensão durante todo o processo de escavação até sua substituição pelo material definitivo.

Para o controle de qualidade destas lamas, existem dois sérios problemas. Primeiro é a inexistência de normas específicas sobre o assunto, o que leva a utilização de uma grande variedade de terminologias, métodos de ensaios e especificações, geralmente baseadas nas normas do "American Petroleum Institute" (API) e da Petrobrás. O segundo problema, trata-se do uso freqüente, mesmo em escala de laboratório, do viscosímetro Marsh que deveria ser utilizado apenas em controle de campo, existindo poucos dados registrados com o viscosímetro Fann 35-A, específico para essa finalidade.

II. OBJETIVOS

Primeiramente atender-se-á a necessidade de estabelecer uma terminologia e classificar métodos de ensaio e especificações existentes para o controle de qualidade da lama de argila esmectítica, antes e durante sua utilização na execução de paredes diafragma.

Em seguida, será feito um estudo comparativo entre amostras de argilas esmectíticas transformadas em sódicas em laboratório e argilas esmectíticas sódicas industrializadas, cujas jazidas se encontram localizadas no município de Boa Vista - PB, visando a adequabilidade do produto existente no mercado nacional para formar lamas de argilas esmectíticas a serem utilizadas como fluido de escavação e sustentação na construção de paredes diafragma.

Posteriormente, estas amostras serão tratadas com aditivos para verificar seus efeitos na reologia. As comparações serão feitas a partir dos resultados obtidos nos ensaios de viscosidade Marsh, viscosidade aparente, viscosidade plástica, limite de escoamento, volume do filtrado e "cake" API, pH e umidade, efetuados com suspensões argilosas com diferentes concentrações para a mesma argila e diferentes concentrações para o mesmo aditivo.

Com os resultados obtidos, será feito um estudo de correlação estatística entre os dados obtidos no viscosímetro Marsh e aqueles obtidos pelo viscosímetro rotacional Fann-35A.

UFCG

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

Esta revisão tem a finalidade de verificar o estado da arte relativo a utilização de argilas esmectíticas sódicas na construção de paredes diafragma e reunir informações sobre as características que a lama de argila esmectítica deve apresentar.

Realizar-se-á uma revisão geral sobre paredes diafragma e em seguida apresentar-se-á uma revisão específica sobre esmectita, lama de argila esmectítica e suas características para utilização em paredes diafragma.

Far-se-á uma abordagem geral sobre paredes diafragma, por ser este um assunto relativamente novo, com pouca divulgação, principalmente no Brasil.

2. PAREDES DIAFRAGMA

Diafragma é uma parede de contenção moldada ou pré-moldada no solo mediante a utilização de uma lama especial (lama de argila esmectítica) que fornece estabilidade à escavação (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

O processo de execução de paredes diafragma foi idealizado por volta de 1938 por Verder e Marconi, em Milão, que utilizaram fluidos estabilizantes, conhecidos desde de 1920 pelos técnicos de perfuração de petróleo (Henriques, 1993, Machado, 1984 e Marchesin e Santos, 1979).

No início dos anos 40, o método de escavação foi utilizado nos Estados Unidos e mais tarde, em 1950, na Itália, na construção da Barragem de Santa Maria e Venatro, no Rio Volturo (Henriques, 1993).

Características como permitir a construção de cortinas de sustentação estanques com um mínimo de descompressão do solo, evitando recalques em edificações vizinhas; atingir profundidades elevadas; atravessar camadas de solo impossíveis para outros sistemas, tais como solos saturados ou solos onde o nível d'água será alcançado com facilidade; além de não apresentar vibrações e ruídos, fator importante em construções urbanas, tornaram aceitável, confiável e viável a técnica de construção de paredes diafragma utilizando lamas esmectíticas (Boyes, 1969, Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1979 e Nash, 1974).

Para que a técnica seja confiável, a parede diafragma deve ser executada por empresas especializadas que possuam projetos especiais, desenvolvidos para escavar o solo e tratar a lama (Nash, 1974).

Devido ao crescimento acelerado em larga escala desse método construtivo, não existe normalização das propriedades que a lama deve

apresentar e/ou metodologia de escavação. No entanto, utilizam-se algumas propriedades de fluidos para perfuração de poços de petróleo e dados obtidos de ensaios práticos e laboratoriais (D'Appolonia, 1980).

2.1. APLICAÇÕES DA PAREDE DIAFRAGMA

A parede diafragma tem sido utilizada nos diversos setores da engenharia civil, como: ensecadeiras e "cut-off" de barragens, galerias subterrâneas de metrô, estacionamentos de carros e utilidades públicas, fundações de pontes e edifícios, estações de bombeamento, elementos de estacas, no rebaixamento freático em áreas a serem escavadas, em formações de barragens ou lagoas, em coleta de rejeitos de óleos ou de produtos químicos armazenados, em estações de tratamento de esgotos, túneis, paredes permanentes de porões, paredes de contenção de terra com contraforte, tanques subterrâneos de armazenagem de gás, etc. (American Colloid Company, 1971, Boyes, 1969, Marchesin e Santos, 1979). (Ver Figuras de 1 a 9).

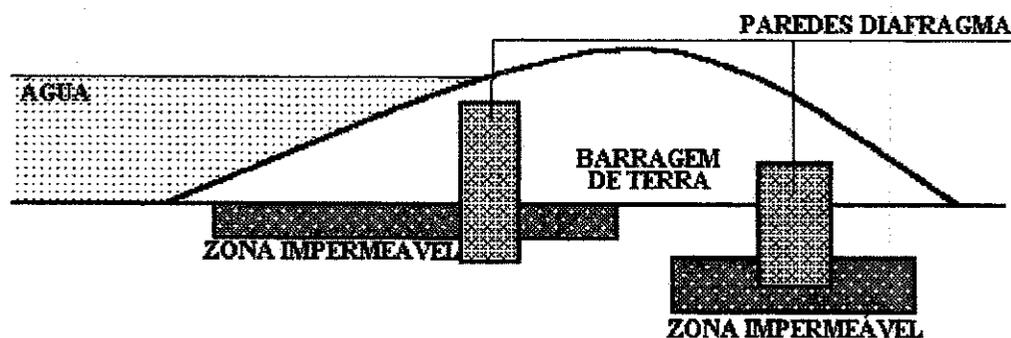


FIGURA 1 - ENSECADEIRA E "CUT-OFF" DE BARRAGENS (ANÔNIMO, 1971).

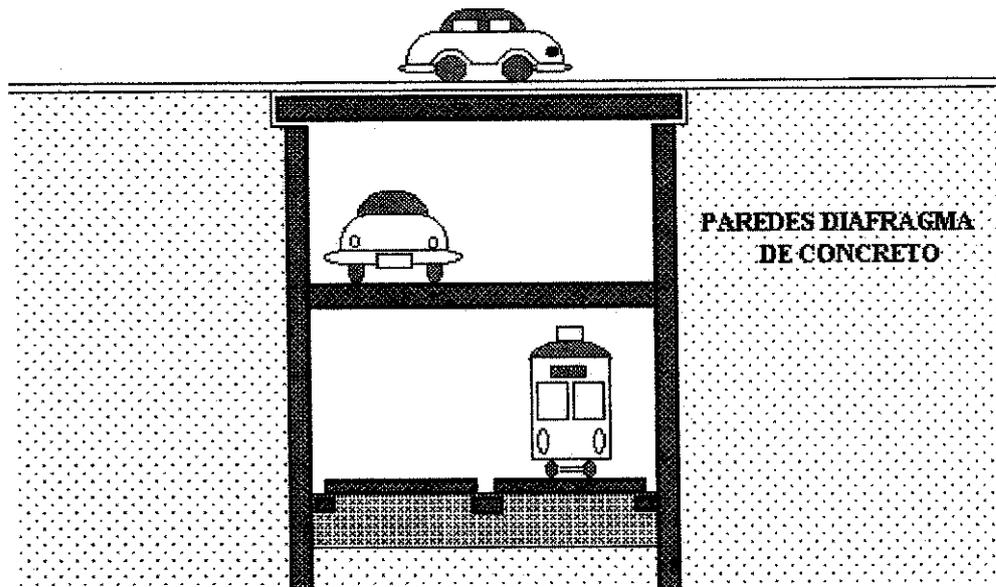


FIGURA 2 -CONSTRUÇÃO SUBTERRÂNEA DE METRÔ, FERROVIA, ESTACIONAMENTOS DE CARROS, ETC. (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

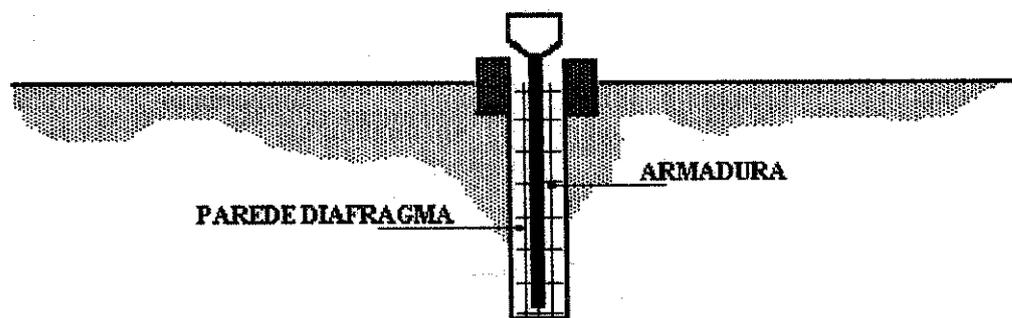
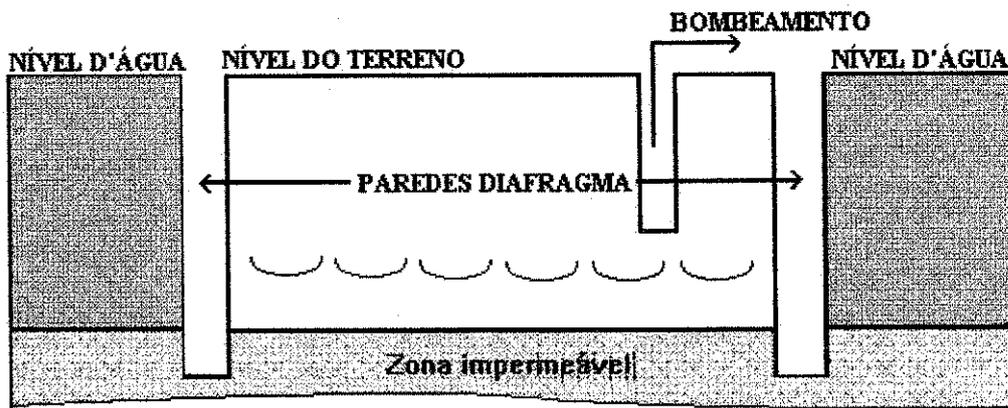


FIGURA 3 -FUNDAÇÕES DE PONTES E EDIFÍCIOS (ANÔNIMO, 1971).



USADO QUANDO A ESCAVAÇÃO DEVE FICAR LIVRE DE ÁGUA

FIGURA 4 - REBAIXAMENTO FREÁTICO EM ÁREA A SER ESCAVADA (ANÔNIMO, 1971).

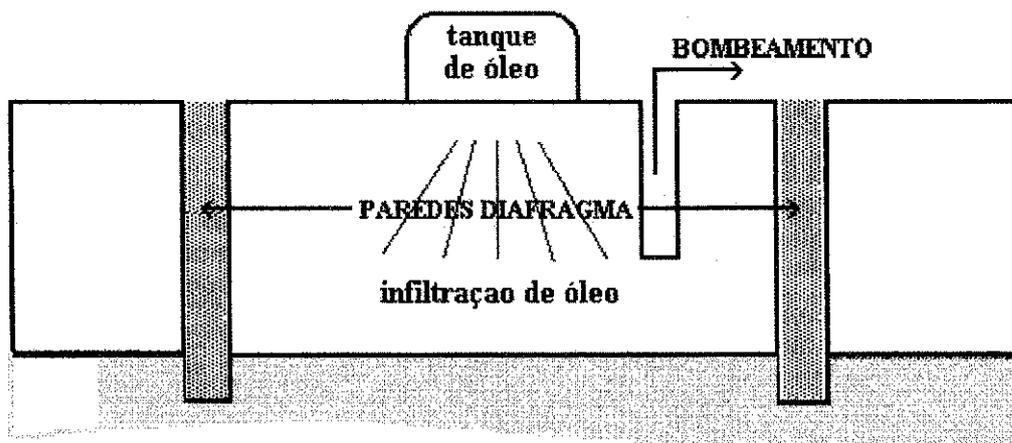


FIGURA 5 - COLETA DE REJEITO DE ÓLEOS OU PRODUTOS QUÍMICOS ARMAZENADOS (ANÔNIMO, 1971).

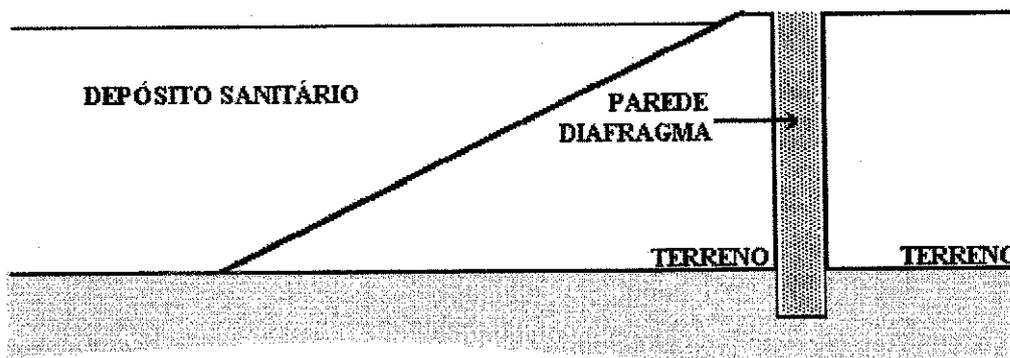


FIGURA 6 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ANÔNIMO, 1971).



FIGURA 7 - TÚNEIS (ANÔNIMO, 1971).

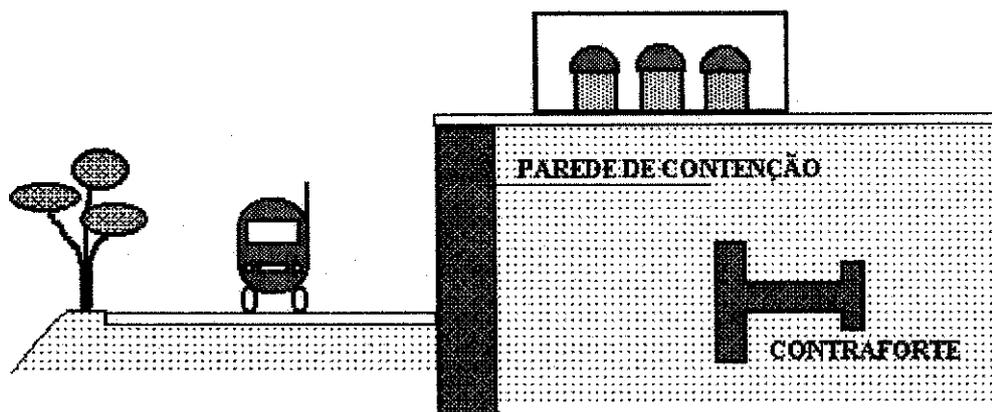


FIGURA 8 - PAREDES DE CONTENÇÃO DE TERRA E CONTRAFORTE
(MARCHESIN E SANTOS, 1979).

Muro de arrimo.

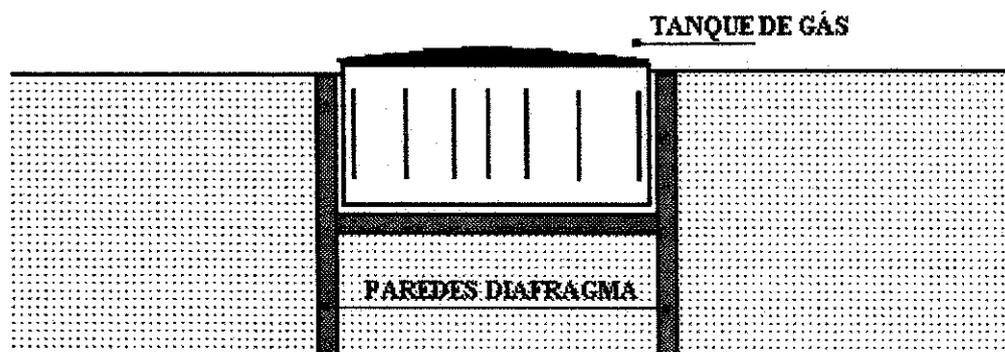


FIGURA 9 - TANQUES SUBTERRÂNEO DE ARMAZENAGEM DE GÁS
(MARCHESIN E SANTOS, 1979).

2.2. APLICAÇÃO DE PAREDES DIAFRAGMA PELO MUNDO

O mercado de construção de paredes diafragma vem sendo comandado pela Europa, com destaque a Itália (Henriques, 1993).

Um dos mais significativos e difíceis projetos executado é o aquífero, proposto para abastecer e dar suporte a Veneza, contendo os prejuízos causados pela excessiva extração da água subterrânea que resulta no recalque de suas fundações. O projeto prevê a construção de um perímetro de parede diafragma com 120m de profundidade para isolar a formação de solo abaixo da cidade, a fim de bombear água do subsolo para reaproveitamento com uma pressão balanceada (Henriques, 1993).

Na França, as paredes diafragma provavelmente foram desenvolvidas a partir de fundações de pilares chatos. Conduzidos por conceitos inovadores como painéis de paredes diafragma pré-moldada, chegou-se a painéis de "cut-off" (Henriques, 1993).

Na Inglaterra, a técnica foi introduzida com a construção do viaduto "Hyde Park", em Londres. Exemplos recentes são a extensão da Linha "Picadilly", no aeroporto de "Heathrow", construída por estacas barretes e paredes diafragma contínuas; a estrutura de ancoragem da Ponte Suspensa "Humber" e a Embaixada Alemã em Londres, construída com parede diafragma protendida (Henriques, 1993).

Na Bélgica, um dos maiores e mais recente projeto é o Metrô de Bruxelas, onde a parede diafragma é constituída de paredes permanentes para a linha de trânsito (Henriques, 1993).

Na Alemanha e Nova Zelândia, paredes diafragma protendidas foram utilizadas na construção urbana. Na Noruega, a primeira aplicação foi a construção do Metrô de Oslo em solo argiloso (Henriques, 1993).

Na Espanha, as paredes diafragma tem sido utilizadas em construção de fundações de edifícios, instalações na área do cais e construção de metrô subterrâneos (Henriques, 1993).

No Japão, a técnica foi introduzida em 1959. Devido a falta de esmectita sódica, é utilizado um outro material coloidal reciclado misturado com lamas. As paredes diafragma tem sido mais utilizadas na construção de fundações de edifícios. Os outros tipos de construções subterrâneas são mais recentes (Henriques, 1993).

Em Hong Kong, as paredes diafragma foram utilizadas na construção da estação subterrânea do metrô e em construção de fundações profundas de edifícios em Taipei (Henriques, 1993).

No Canadá, a técnica foi introduzida desde 1957, seguindo a mesma marcha de crescimento da Europa (Henriques, 1993).

Nos Estados Unidos, a construção com paredes diafragma foi iniciada nos anos 40, sendo largamente utilizada em construção urbana, tendo maior aplicação em "cut-offs" para controle de águas subterrâneas (D'Appolonia 1980 e Henriques, 1993).

No Brasil, a técnica é recente, com registros de utilização na construção do metrô do Rio de Janeiro e construção de "cut-offs" de barragens como na UHE de Tucuruí-PA e na barragem de Gramama-Mamuabe-PB (Henriques, 1993, Silva Neto, 1979 e Tressoldi e Nuske, 1979).

Exemplos de grandes construções de paredes diafragma em várias regiões são: "World Trade Center" em Nova York, a "Water Tower Palace" em Chicago, "Ituxtable Pumpings Station" em Arkansas, o "Cobian Plaza" em Porto Rico, seções da estação de metrô em Nova York, construção do poço para o sistema de escoamento subterrâneo de Chicago, a "Sixty State Street Tower" em Boston, etc. (Henriques, 1993).

2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PAREDES DIAFRAGMA

O crescimento do uso da técnica de construção utilizando paredes diafragma deve-se ao grande número de vantagens apresentadas em relação ao pequeno número de desvantagens.

As vantagens apresentadas são: economia no tempo de execução; procedimento simultâneo da escavação do subsolo e elevação da estrutura; possibilidade de escavação em solos com condições hidrológicas desfavoráveis, impossíveis para outros sistemas; possibilidade de construção de alturas consideráveis frente a escavações principais, além de funcionar como escoras para estruturas adjacentes; escavação livre de vibrações e ruídos, fator importante na construção urbana; mínimo de descompressão do solo, evitando recalques em edificações vizinhas; possibilidade de construção da parede ao longo do limite da área disponível; extremidades da parede insensíveis a dificuldade de escavação, etc. (Boyes, 1969, Henriques, 1993, Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1979 e Nash, 1974).

Entre as desvantagens, podemos citar: o congestionamento do local de escavação devido ao tamanho dos equipamentos, impedindo o tráfego; o aparecimento de bolhas e aglomerados no concreto proveniente de obstruções; probabilidade de deflexão na escavação de formações sólidas inclinadas; qualidade e segurança da obra interligadas a condução dos trabalhos na obra, etc. (Henriques, 1993).

Para diminuir as desvantagens pode-se tornar necessário operar apenas de um lado da vala, restringir o tamanho do painel, limitar a quantidade de lama e/ou o tempo de operação do equipamento de escavação (Henriques, 1993).

2.4. PAREDE DIAFRAGMA PLÁSTICA (SLURRY TRENCH)

2.4.1. INTRODUÇÃO

Uma grande variedade de materiais pode ser usada para substituir a lama de escavação, dando estabilidade permanente a parede diafragma. Materiais tais como: betume, concreto, concreto plástico (mistura de cimento, argila e agregado) ou misturas de solo graduado com esmectita e misturas de cimento com lamas esmectíticas (Boyes, 1969, Jefferis, 1981 e Nash, 1974).

De acordo com a finalidade da parede diafragma e os materiais empregados na sua constituição, a parede diafragma pode ser plástica ou estrutural.

A parede diafragma estrutural é rígida, porém nem sempre é aplicável a aluviões permanentes, devido ao aparecimento de fissuras. Pode atingir grandes profundidades e requer equipamentos de alto custo para sua execução.

A parede diafragma plástica pode ser aplicada independente do tipo de aluvião, não tem função estrutural e não pode ultrapassar 30 m de profundidade, porém apresenta custo final bem reduzido (Carvalho, 1984).

O uso de paredes diafragma estruturais tem sido largamente abrangido pela literatura técnica construtiva. No entanto, o uso das chamadas paredes diafragma plástica não tem tido tamanha citação (Millet e Perez, 1981). Logo, abordaremos este assunto a título de informação, pois nos limitaremos ao estudo das lamas esmectíticas apenas para serem utilizadas durante a escavação da vala.

2.4.2. TIPOS DE PAREDES DIAFRAGMA PLÁSTICA

No presente estágio daremos ênfase a dois tipos de parede diafragma plástica: paredes escavadas com lama de argila esmectítica e preenchida por uma mistura de solo-esmectita; e paredes escavadas com uma mistura de cimento com lama de argila esmectítica que não precisa ser substituída, pois o cimento causa um endurecimento na lama deixando-a com consistência de argila dura (Millet e Perez, 1981).

A) MISTURA SOLO - ESMECTITA

Quando a impermeabilidade muito mais que resistência estrutural é a propriedade requerida para a parede diafragma, em caso de "cut-offs", o melhor e mais viável material é usualmente uma pasta composta de solo graduado, isto é, um solo com granulometria bem distribuída e lama de argila esmectítica (Boyes, 1969 e D'Appolonia, 1980).

A mistura solo-esmectita deve ser feita externamente e depois bombeada para dentro da vala. A mistura não pode ser muito densa porque causa a formação de aglomerados na lama de escavação, nem pode ser muito fluida para não ocorrer segregação durante a operação (D'Appolonia, 1980).

A lama utilizada na mistura pode ser nova ou de preferência a já utilizada na escavação, porque geralmente é mais densa e contém materiais finos em suspensão que ajudam a obter uma mistura de menor permeabilidade. Por outro lado, não utilizar a lama de escavação, significa substituí-la por uma lama nova de menor densidade. A densidade da mistura que irá dar estabilidade permanente a vala deve ser maior do que da lama de escavação para permitir a sua descida na vala. Recuperar a lama para utilização como "backfill"¹ é

¹Backfill - material utilizado para substituir a lama de escavação com finalidade de proporcionar estabilidade permanente a parede diafragma.

desnecessário, só significando gastos e não alterando em nada a qualidade da construção final (D'Appolonia, 1980).

A permeabilidade da mistura solo-esmectita depende da graduação do solo e da quantidade de argila esmectítica usada na composição da mistura (D'Appolonia, 1981). A permeabilidade deve ser da ordem de 10^{-6} mm/s (Millet e Perez, 1981), devendo conter 10% a 20% de finos dos quais 2% a 4% são de argila esmectítica (Millet e Perez, 1981).

O segundo fator importante para a mistura solo-esmectita é sua consistência, tipicamente controlada pelo "slump test" utilizado em ensaios de concreto. Os resultados neste ensaio devem ser em torno de 100 mm a 150 mm (Millet e Perez, 1981).

↘ Em casos em que o fluido que será retido pela parede diafragma é um poluente, na preparação da mistura, deve-se considerar a penetração de poluentes ao longo do tempo ou mesmo utilizar solo contaminado para posteriormente não haver alterações químicas na lama devido a penetração de poluentes (Millet e Perez, 1981).

As paredes de solo-esmectita são pouco deformáveis, não apresentam problemas de fissuramento e podem ser construídas na presença de aluviões (Millet e Perez, 1981).

B) MISTURA CIMENTO-ESMECTITA

Quando a permeabilidade juntamente com a característica de apresentar resistência própria é necessária a parede diafragma plástica, a mistura utilizada para substituir a lama de escavação deve ser uma mistura de cimento com lama de argila esmectítica, chamada mistura cimento-esmectita.

A mistura cimento-esmectita pode ser bem empregada durante as escavações até 8 m de profundidade. Em profundidades maiores, essa lama não deve ser utilizada devido ao longo tempo de escavação (Jefferis, 1981).

Os principais fatores que afetam a permeabilidade da mistura cimento-esmectita são: fator água-cimento, fator água-esmectita e procedimentos mecânicos para conectar dois painéis consecutivos (Millet e Perrez, 1981).

A maneira mais econômica e mais correta de se obter a mistura cimento-esmectita é adicionar o cimento à lama de argila esmectítica, totalmente hidratada, para evitar eventuais tensões, deformações e permeabilidade da lama (Jefferis, s/ data e Millet e Perez, 1981).

Quando é necessária a conexão entre dois painéis de escavação, deve-se ter especial atenção para que não ocorram juntas frias². Experiências mostram que para obter uma boa continuidade, o tempo de espera não deve exceder uma semana. Em muitos casos, deve-se utilizar retardadores de pega. Em outros casos, o processo de construção é contínuo, com tempo de espera máximo de 24 h (Millet e Perez, 1981).

Se muita esmectita ou cimento for utilizado, a lama fica muito espessa, se pouco cimento for utilizado, a mistura não irá endurecer e se pouca esmectita for utilizada, a lama endurecerá rapidamente perdendo muita água. Uma alta quantidade de cimento nem sempre implica em baixa impermeabilidade ou grande durabilidade da parede diafragma (Jefferis, 1981).

A introdução de outros materiais, como escória ou pozolana, permitem prolongar a trabalhabilidade da lama sem destruir a propriedade de cura, produzindo mais resistência e menor permeabilidade (Jefferis, 1981).

2.4.3. DIFERENÇAS ENTRE A PAREDE DIAFRAGMA PLÁSTICA E A PAREDE DIAFRAGMA ESTRUTURAL

² Juntas frias - quebra da continuidade da homogeneidade da massa de concreto, devido ao envelhecimento da primeira etapa executada.

Enquanto as paredes diafragma usuais, de concreto, estacas de aço etc., são rígidas e por isso mesmo, nem sempre aplicáveis a aluviões permeáveis, a parede diafragma plástica independe do tipo de formação do aluvião. Se existem formações rochosas no meio permeável, estas podem ser removidas por meio de explosivos, sem afetar a execução da mesma (Carvalho, 1984).

As paredes diafragma estruturais podem atingir grandes profundidades, enquanto que as paredes diafragma plástica não devem ultrapassar 30 m de profundidade (Carvalho, 1984).

A construção da parede diafragma estrutural requer o uso de equipamentos especiais para escavação da vala - escavadeiras, retroescavadeiras, perfuratrizes a percussão ou rotativas, etc. -, a fim de que a cortina impermeabilizante, pré-moldada, não se deforme, quando da cravação no solo. No caso da parede diafragma plástica, uma simples escavadeira tipo "dragline" e um sistema "air-lift" é suficiente para sua execução (Carvalho, 1984).

Finalmente, o custo da parede diafragma plástica é bem mais baixo que o da parede diafragma estrutural.

2.4.4. LIMITAÇÕES PARA O USO DA PAREDE DIAFRAGMA PLÁSTICA

As limitações para o uso de paredes diafragma plástica dependem, em muito, da prática e do bom senso de quem as projeta e executa.

Segundo Machado (1984), poderiam ser catalogadas como:

- 1) altura máxima, já comprovada, em torno de 25 m;
- 2) dificuldade na escavação de formações densas ou resistentes a profundidades vizinhas ao limite máximo do item anterior;
- 3) impossibilidade ou impraticabilidade de escavação da vala no maciço rochoso;

4) a resistência fornecida pelo reaterro, normalmente menor que a existente no aluvião;

5) efeitos de concentrados químicos na água do lençol freático ou na água da lama de argila esmectítica sobre as propriedades destas.

2.4.5. VANTAGENS TÉCNICAS DA PAREDE DIAFRAGMA PLÁSTICA

Segundo Machado (1984), as vantagens técnicas da construção de paredes diafragma plástica são as seguintes:

a) flexibilidade e conseqüente capacidade de se moldar aos aluviões da fundação, acompanhando os recalques sem sofrer rupturas;

b) devido às características plásticas do material de reaterro, bem como suas características de filtro, suporta a ação dos sismos;

c) ação contínua contra vazamentos devido a ausência de juntas;

d) bom desempenho, mesmo em fundações contendo cascalho e/ou matacões.

2.5. DURABILIDADE DA PAREDE DIAFRAGMA

O uso da parede diafragma pode ou não ter uma aplicação permanente. Se ela é usada em volta de uma escavação para prover um certo intervalo de tempo sem água, então o tempo de vida da escavação deve ser da ordem de 1 a 2 anos. Se, por outro lado, a parede diafragma for aplicada como "cut-off" ou barreira impermeabilizante sob barragens ou reservatórios de produtos poluentes, então esta deve ter a mesma vida útil da estrutura (Millet e Perez, 1981).

Segundo D'Appolonia (1980), valas com mais de 30 m de profundidade e 300m de comprimento permanecem abertas, sem desmoronamento, durante

várias semanas entre a escavação e o preenchimento com o material permanente.

Piaskowski e Kowaleswski (1965) citam uma vala com 14,7 m de profundidade que permaneceu aberta com suspensão durante nove meses e não apresentou escorregamento.

3. ESQUEMA BÁSICO DE EXECUÇÃO DA PAREDE DIAFRAGMA

A execução de uma parede diafragma se processa de acordo com a seguinte seqüência:

a) execução da parede guia - trata-se de paredes de pequena altura (da ordem de 1,00 m a 2,00 m), cuja finalidade é servir de guia, no início, a máquina de escavação, além de servir como contenção inicial do solo face ao grande peso dos equipamentos colocados para a construção da parede diafragma (Carvalho, 1984 e Marchesin e Santos, 1979) (ver Fig. 10);

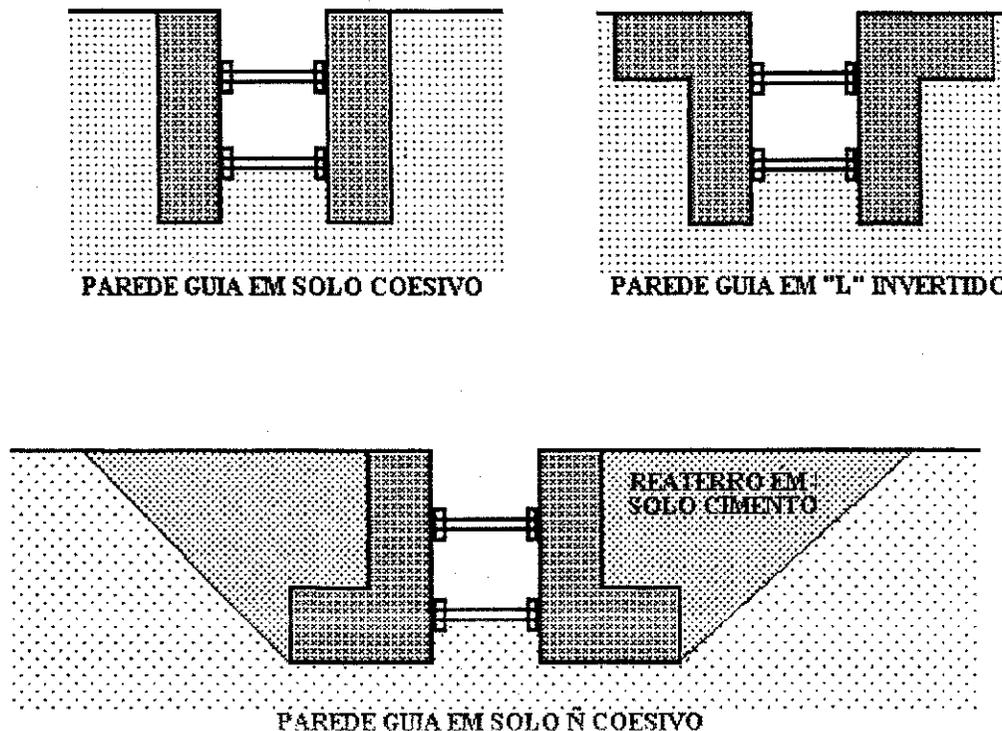


FIGURA 10 - TIPOS DE PAREDES GUIAS (MARCHESIM E SANTOS, 1979).

↙ b) escavação, colocação de armaduras e tubos-junta e concretagem - a parede diafragma é iniciada com a escavação de uma vala estreita, aproximadamente de 0,60 m a 1,50 m de largura sem escoramento lateral, utilizando equipamentos especiais, conforme veremos adiante. A medida que a escavação se processa, a lama de argila esmectítica deve ser bombeada para o interior da vala, mantendo o nível desta próximo a superfície para que, através de suas propriedades físicas e geotécnicas, forme uma película impermeável e ao mesmo tempo resistente nas paredes da vala escavada para prevenir o colapso durante a escavação, resultando num reforço que deve ser mantido até sua substituição pelo material que fornecerá estabilidade permanente à vala (D'Appolonia 1980, e Millet e Perez, 1981) (ver Fig. 11).

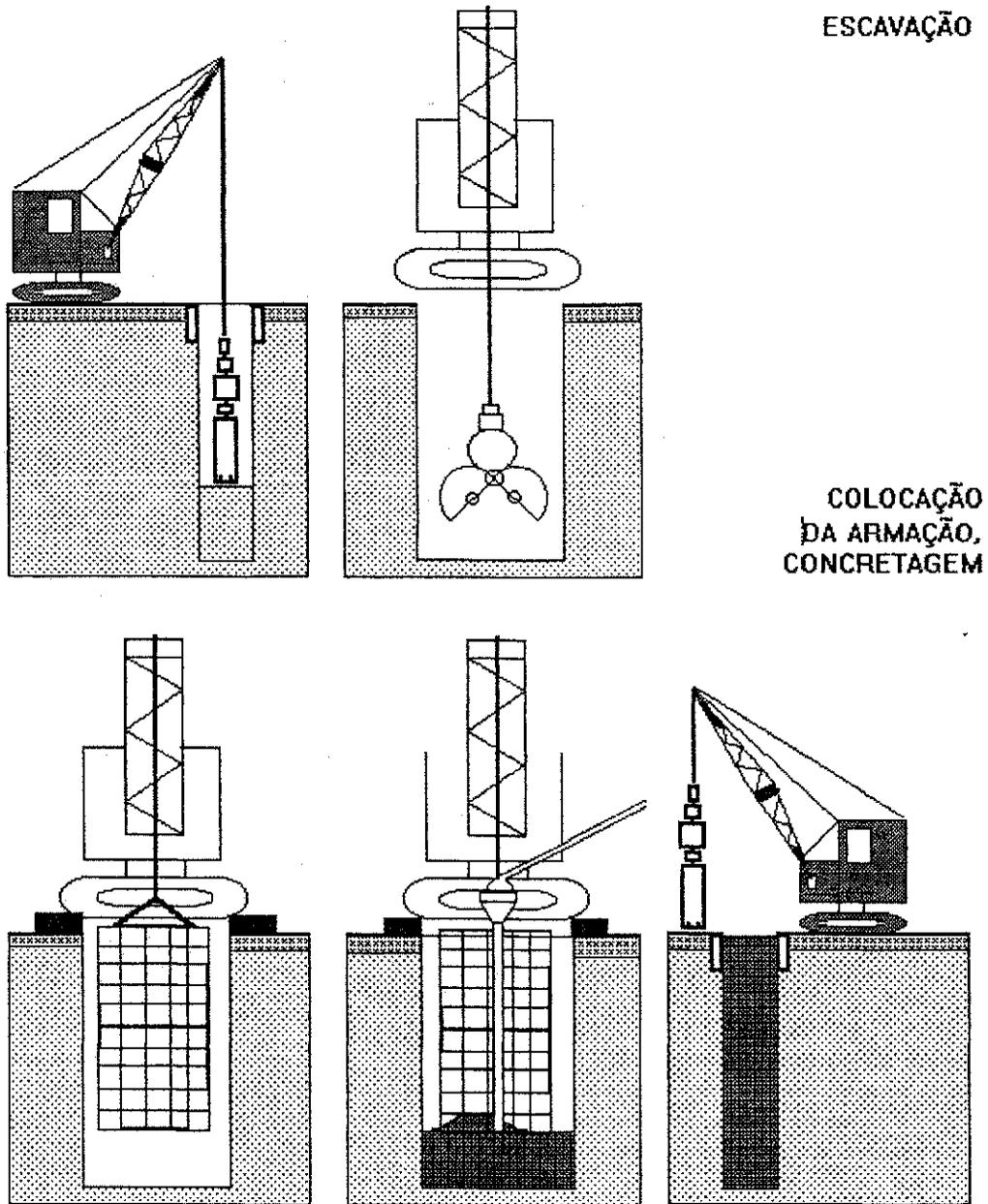


FIGURA 11 - ESQUEMA DE EXECUÇÃO DE PAREDES DIAFRAGMA (S/ REFERÊNCIA).

↘ Em escavações abaixo do lençol freático, não se faz necessário o esgotamento do local a ser escavado; é suficiente adicionar à água porcentagens de argilas esmectíticas para formar a lama (Boyes, 1969, Carvalho, 1984 e D'Appolonia 1980).

O método construtivo pode utilizar o sistema de construção de painéis sucessivos ou alternados. Dentro desses dois sistemas existem três tipos de painéis: o inicial, o primário e os secundários (Marchesin e Santos, 1979).

As Figuras 12 e 13 indicam as seqüências de execução em painéis sucessivos e alternados.

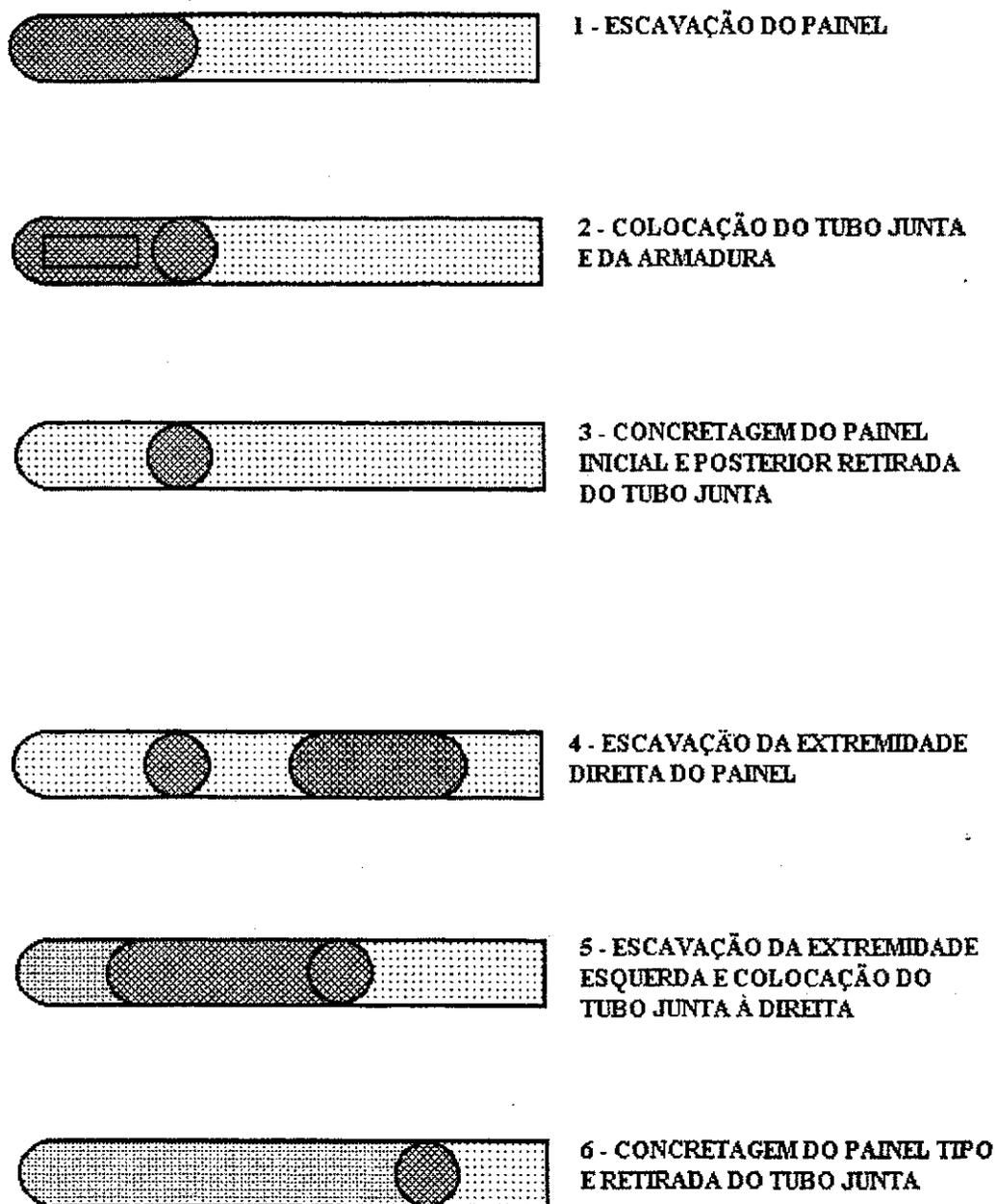


FIGURA 12 - SEQÜÊNCIA DE EXECUÇÃO DE PAREDES DIAFRAGMA EM PAINÉIS SUCESSIVOS (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

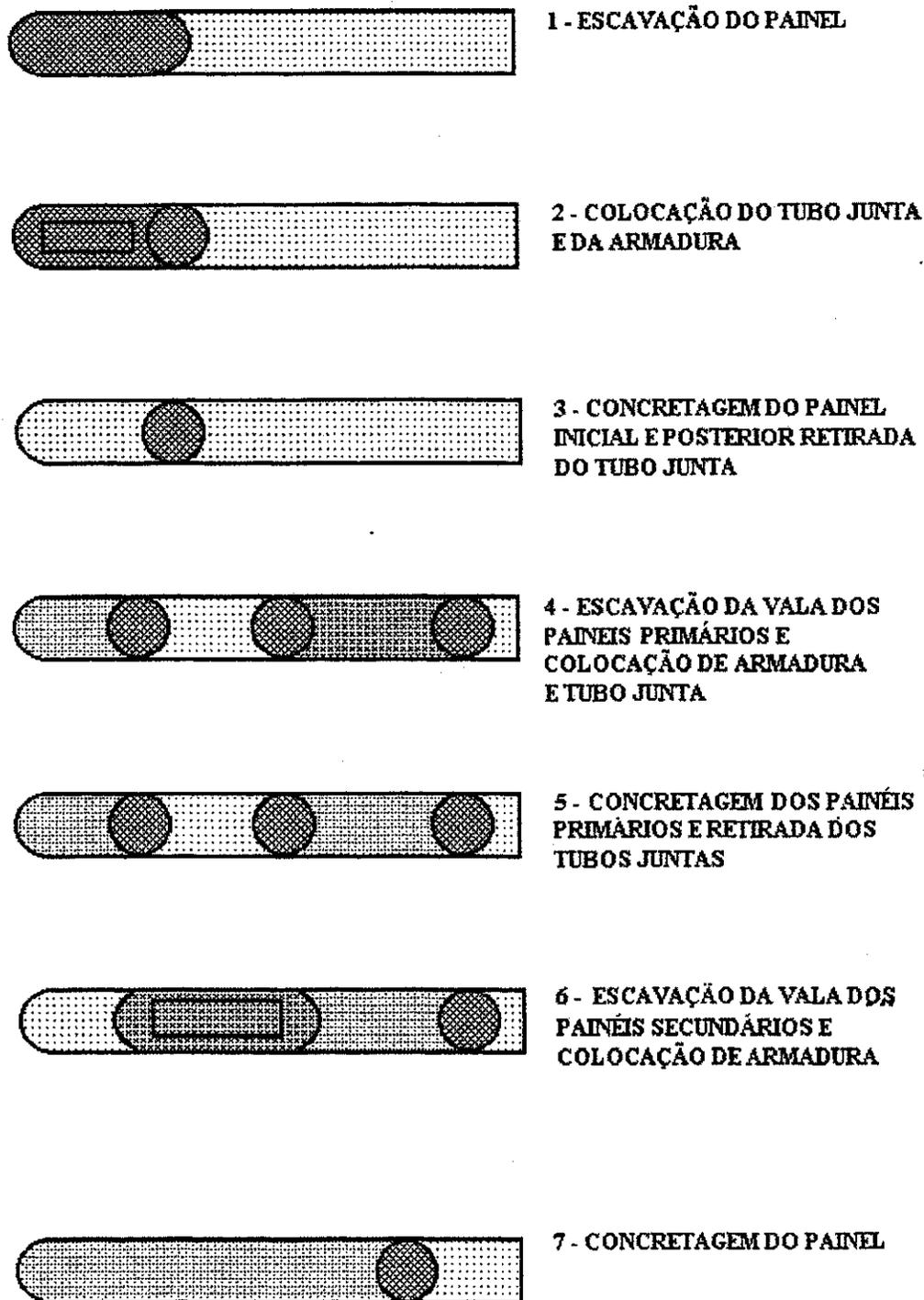


FIGURA 13 - SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO DE PAREDES DIAFRAGMA EM PAINÉIS ALTERNADOS (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

Finalizada a escavação da vala, o método construtivo diferencia-se segundo a finalidade da parede.

Caso a parede seja estrutural, as armaduras ou painéis pré-fabricados serão introduzidos na vala por meio de guindastes e em seguida haverá a substituição da lama pelo concreto. O concreto será lançado na vala cuidadosamente por meio de um tubo mergulhador, colocado no fundo da mesma para que fique imerso na massa de concreto, a fim de evitar sua segregação. Por ser mais denso, o concreto deposita-se no fundo da vala, enquanto que a lama migra à superfície para ser reaproveitada em futuras escavações (Marchesin e Santos, 1979).

No caso de barragens onde apenas um "cut-off" é necessário, a construção pode ser mais econômica omitindo-se vários refinamentos necessários a uma parede estrutural. O "cut-off" pode ser constituído de "solo-esmectita" ou "cimento-esmectita".

Para escolha do melhor método de escavação da vala, fatores como: profundidade desejada para o diafragma; composição dos materiais das camadas do subsolo e acesso a vala pela superfície, devem ser considerados (D'Appolonia 1980).

4. LAMA DE ESCAVAÇÃO

4.1. CONCEITO DE ESMECTITA

Para tornar claro nossos conceitos vamos definir os seguintes termos:

Esmectita - Grupo ou família de argilas do tipo 2:1 constituída por diversos argilominerais, destacando-se entre eles a montmorilonita, a nontronita, a volconscoita, etc. (Souza Santos, 1989).

A esmectita é uma argila de granulação muito fina composta por materiais montmoriloníticos sódicos (Marchesin e Santos, 1979 e Neto, 1979).

Montmorilonita - é um argilomineral pertencente ao grupo da esmectita (Souza Santos, 1989).

Bentonita - O nome bentonita foi aplicado pela primeira vez em 1898 a uma argila plástica coloidal encontrada em camadas cretáceas em Wyoming (EUA); do grupo das esmectitas é a que apresenta em maior grau a propriedade específica e peculiar de aumentar (inchar) várias vezes, chegando a vinte vezes o seu volume inicial quando imersa em água. Uma vez colocada água e expandida, a bentonita entra em suspensão, em concentrações tão baixas como 2% de argila em água, formando dispersões coloidais (sols) quando agitadas ou géis quando em repouso, permanecendo em suspensão estável por meses (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

As propriedades peculiares da bentonita de Wyoming e regiões vizinhas da mesma formação geológica são devidas ao fato do argilo-mineral constituinte ser montmorilonita na forma sódica, proveniente da deposição de cinzas ácidas em ambiente úmido e rico em cloreto de sódio, além de cálcio e magnésio (Souza Santos, 1989).

Ross e Shannon (1926) apresentaram a seguinte definição de bentonita: "bentonita é uma rocha constituída essencialmente por um argilo-mineral montmorilonítico (esmectítico), formado pela desvitrificação e subsequente alteração química de um material vítreo, de origem ígnea, usualmente um tufo ou cinza vulcânica ácida de preferência (Souza Santos, 1989).

Esta definição está diretamente correlacionada com a formação geológica da argila e não tem correlação direta com as propriedades físico-químicas e tecnológicas da mesma, muito embora tal confusão seja comum, principalmente entre nós. No Brasil, mineradores, comerciantes e consumidores de argila

costumam chamar "bentonita" a qualquer argila montmorilonítica, o que provoca confusões (Souza Santos, 1989).

Em países onde não existe a montmorilonita sódica natural, de grande emprego industrial, é prática usual transformar uma montmorilonita policatiônica em montmorilonita sódica ou cálcica, tornando-se um produto de alta qualidade, com propriedades tecnológicas iguais ou próximas às da bentonita de Wyoming (Boyes, 1969 e Souza Santos, 1989).

Na indústria é usual a transformação de argilas esmectíticas policatiônicas em sódicas pelo uso do carbonato de sódio (Na_2CO_3), para ser posteriormente comercializada na forma de pó fino e seco. Outros aditivos com finalidade específica na reologia só são adicionados por ocasião do uso.

No Brasil, já foram assinaladas ocorrências de importância comercial nos estados da Paraíba, Minas Gerais e São Paulo. No entanto, somente as argilas do Município de Boa Vista -PB têm sido utilizadas na fabricação de lamas para escavação (Machesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

4.2. USOS INDUSTRIAIS DE ARGILAS ESMECTÍTIAS EM ENGENHARIA CIVIL

Importantes e diversificadas são as aplicações tecnológicas e industriais das argilas esmectíticas, sobretudo a esmectita sódica.

Na construção civil as argilas esmectíticas podem ser utilizadas diretamente na forma de pó:

- a) como aditivos para cimentos, concretos e argamassas;
- b) como agente compactante para cascalhos e solos;
- c) em emulsões asfálticas;

d) para formar camadas selantes em reservatórios, embasamentos de porões ou em torno de tubos piezométricos.

Podem, também, ser utilizadas misturadas com água, formando suspensões denominadas lamas esmectíticas, que podem ser utilizadas:

- a) como impermeabilizantes para barragens e canais;
- b) em trabalhos de fundação em estacas;
- c) em sondagens, como agente lubrificante (Boyes, 1969 e Souza Santos, 1989).

4.3. LAMA DE ARGILA ESMECTÍTICA

Conforme já descrito, a escavação de um painel de parede diafragma tem a estabilidade garantida através da presença de uma lama no interior da vala de escavação. A lama para perfuração de poços para pesquisa de petróleo foi utilizada pela primeira vez nos Estados Unidos da América, em 1883. Porém, só a partir do sucesso alcançado por Lucas, em 1901, no Texas, é que os técnicos em perfuração dirigiram suas atenções sobre as vantagens do uso da lama nas sondas do tipo rotativo (Boyes, 1969, Marchesin e Santos, 1979 e Souza Santos, 1989).

O emprego da lama de argila esmectítica é extremamente eficaz em contenção nas valas profundas, onde o solo apresenta pH básico e a água no subsolo baixo teor de sais (Silva Neto, 1979).

Tanto a presença de sais, que tendem a reduzir a viscosidade, quanto a ocorrência de baixas temperaturas, que afetam a rapidez de hidratação da dispersão, tornam necessário a utilização de mais material para obter uma dispersão com as mesmas características de uma dispersão em condições normais (American Colloid Company, 1971).

A lama de argila esmectítica é uma suspensão em água de argila esmectítica, cuja finalidade primordial na execução de paredes diafragma é a manutenção da estabilidade da vala, evitando-se desmoronamentos durante a escavação, a limpeza e a concretagem, devido ao seu alto poder tixotrópico, ou seja, a condição de adquirir rigidez quando a suspensão permanece em repouso (Marchesin e Santos, 1979 e Tressoldi e Nuske, 1979).

A lama de argila esmectítica exerce ainda um efeito impermeabilizante, formando um filme (cake) junto às paredes das valas de fundação, permitindo a colmatação dos vazios da estrutura do solo que dificulta sua desidratação e, conseqüentemente, sua descompressão (D'Appolonia, 1980 e Marchesin e Santos, 1979).

A formação desse filme impermeabilizante ocorre quando a pressão da lama no interior da vala é maior que aquela proveniente do lençol freático (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

Assim sendo, para que seja mantida a estabilidade da suspensão durante os trabalhos de escavação até sua conclusão, torna-se imprescindível o controle de qualidade da lama antes e durante a sua utilização, através de ensaios tecnológicos executados junto ao canteiro de obras (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

O emprego dessa lama em engenharia civil requer normas específicas sobre o assunto, o que leva a utilização de uma grande variedade de terminologias, métodos de ensaios e especificações de ensaios, geralmente baseadas nas normas do "American Petroleum Institute" (API) e da Petrobrás (Boyes, 1979).

4.4. PROPRIEDADES DAS LAMAS ESMECTÍICAS

a) Alta tixotropia - propriedade que permite a passagem do estado gel para o estado sol reversível, isto é, quando em repouso as finas partículas

atraem eletricamente as moléculas de água adquirindo consistência resistente (gel), deixando materiais em suspensão, e quando agitadas quebra-se o conjunto dessas ligações, passando novamente para o estado fluido (sol). O processo pode ser repetido infinitamente (Boyes, 1969 e Silva Neto, 1979).

b) Impermeabilização - a impermeabilização é obtida através da propriedade de formar uma película muito fina e densa nas faces da escavação (cake) (Boyes, 1969, D'Appolonia, 1980, Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1979 e Millet e Perez, 1981). A lama, então, vai penetrando nos vazios do solo e, na medida em que a resistência a essa penetração vai aumentando, vai adquirindo rigidez suficiente para a formação do "cake" (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979). De acordo com a pressão hidrostática, a permeabilidade aumenta com a profundidade da escavação (Boyes, 1969).

c) Estabilidade - os fatores que governam a estabilidade de um sol são: as partículas sólidas dispersas devem ter diâmetro médio inferior a 0,1 micrômetro para poderem apresentar movimento Browniano; as partículas sólidas devem possuir carga elétrica superficial que impeça sua aglomeração, por ocasião dos choques entre si, proveniente do movimento Browniano (Marchesin e Santos, 1979).

Para manter as propriedades da lama de argila esmectítica necessária a sua utilização na escavação, os seguintes fatores são importantes:

- pH da argila;
- concentração na suspensão;
- granulometria da argila;
- natureza e teor de cátions trocáveis;
- teor de sais solúveis e de matéria orgânica (Marchesin e Santos, 1979).

4.5. PREPARAÇÃO DA LAMA DE ARGILA ESMECTÍCA

A dosagem da lama de argila esmectítica, caracterizada pela concentração da esmectita na suspensão, varia em função da natureza do solo a ser escavado, encontrando-se de um modo geral na faixa de 25 a 60 g de esmectita por litro d'água, isto é, concentrações de 2,5% a 6% (Silva Neto, 1979) ou entre 5% e 7% (D'Appolonia, 1980), sendo tanto maior o consumo quanto mais granular for o solo.

Segundo Nash (1974), se a concentração for menor que 4% poderá ocorrer perda d'água. Logo, ele recomenda concentrações entre 5% e 6% e, segundo Boyes (1969), a concentração usada varia entre 2% e 3% e em argilas duras atinge até 10% (máximo valor usualmente utilizado em engenharia civil).

Escavações em solos secos exigem uma concentração maior para prevenir a perda d'água (Boyes, 1969).

Devido a diluição em água subterrânea e contaminação por sólidos durante a escavação, a concentração da mistura cai cerca de 0,5% a 1,5% (Boyes, 1969).

A suspensão esmectítica é preparada em misturadores especiais, variando o tempo de homogeneização de 10 a 30 min em função do tipo e capacidade do equipamento (Silva Neto, 1979).

Não apresentando aglomerações macroscópicas, a suspensão é canalizada para um depósito onde fica armazenada em repouso durante um período de 4h a 12h, tempo necessário para o material adquirir as propriedades tixotrópicas. O período de repouso varia em função das características da esmectita empregada e do processo e tempo de homogeneização da mistura (Silva Neto, 1979).

Segundo as normas da Petrobrás (1988), para preparar a suspensão, a argila seca deve ser adicionada a solução durante a agitação e em seguida permanecer em repouso durante 24 h.

Ao atingir 90% da viscosidade final, pelo prolongamento da operação de mistura, pode-se reduzir o tempo necessário para inchamento da esmectita (Silva Neto, 1979).

Findo o tempo de repouso, antes da colocação da lama na vala de fundação, são realizados ensaios de caracterização, comparando-se os índices obtidos, com aqueles previamente especificados (Silva Neto, 1979).

4.6. CONTROLE DE QUALIDADE

Logo que as paredes diafragma tornaram-se conhecidas aos engenheiros, muitos construtores tentaram utilizar o método construtivo sem obter sucesso (Nash, 1974).

Mayer, em 1967, descreveu a construção de uma vala de 25 m de profundidade utilizando uma suspensão esmectítica que floculou, apresentando duas fases distintas (argila e água). No mesmo instante, as paredes da vala desmoronaram-se (Nash, 1974).

Para aplicação da lama de argila esmectítica como material auxiliar na escavação das valas de fundação, a mesma deve apresentar determinadas propriedades, as quais são controladas através de ensaios de densidade ou massa específica, pH, viscosidade, percentagens de areia, "cake" e filtrado (Silva Neto, 1979). Essas propriedades geralmente devem ser bem conciliadas por apresentarem um grande número de características que conflitam com outras (Nash, 1974).

As amostras para caracterização da lama são coletadas nas valas de escavação e tanques de armazenagem, com amostradores apropriados que são

introduzidos no interior da suspensão. Basicamente, as amostragens são caracterizadas nas cinco fases descritas a seguir:

1ª fase - antes da escavação - com objetivo de verificar as características da lama e se a mesma atende as especificações;

2ª fase - durante a escavação - com destino a examinar a contaminação da lama e evitar desgaste anormal do equipamento de escavação, provocado por excesso de detritos na mistura;

3ª fase - após a escavação - com objetivo de examinar a contaminação da lama, a fim de se estabelecer condições para sua substituição antes do lançamento do concreto na vala;

4ª fase - antes do lançamento do concreto - normalmente a lama utilizada para escavação é substituída quando da concretagem. Os ensaios executados visam examinar as características da lama, de forma a evitar falhas de concretagem;

5ª fase - após a concretagem - os ensaios visam estabelecer as condições para o reaproveitamento da lama, Silva Neto (1979).

Na Tabela 1, a seguir, é apresentado um programa de freqüência dos ensaios para o controle da lama, ressaltando que esta freqüência é modificada em função dos índices obtidos nos ensaios e das características do solo (Silva Neto, 1979).

FASES DA AMOSTRAGEM	LOCAL DE RETIRADA DA AMOSTRA	ENSAIOS
Antes da Escavação	Tanque	Densidade Viscosidade "Cake"
Durante a Escavação	Vala	Densidade Viscosidade pH
Após a Escavação	Vala	Densidade Viscosidade pH e % de areia
Após a Concretagem	Vala	Densidade Viscosidade pH

TABELA 1 - FREQUÊNCIA DE ENSAIOS PARA CONTROLE DE LAMAS ESMECTÍICAS (SILVA NETO, 1979).

4.6.1. CONTROLE DA DENSIDADE

Uma importante propriedade em uma substância qualquer é a razão entre a sua massa e seu volume, denominada densidade, cuja grandeza no sistema métrico internacional é kg/m^3 , no entanto, utilizaremos g/cm^3 . O termo densidade também é conhecido como densidade absoluta, massa específica ou massa volumétrica.

Para ficar claro o conceito de densidade empregado neste trabalho, ressalta-se outros dois conceitos que não são sinônimos de densidade absoluta, logo não serão utilizados: *densidade relativa* de uma substância é a razão entre a densidade da mesma e a densidade da água; *densidade ponderal* ou *massa específica* é a razão entre o massa de um corpo e seu volume.

A densidade da suspensão é responsável pela estabilização das paredes da vala. Para isto, é necessário que a pressão no interior da vala exercida pela suspensão seja igual a pressão exercida pelo solo no plano das paredes (Piaskowski e Kowalewski, 1965).

A densidade da suspensão varia com a permeabilidade do solo. Seu valor inicial deve ser inferior a desejada, pois eleva-se durante a escavação, devido ao acréscimo de partículas sólidas (Piaskowski e Kowalewski, 1965).

Desde 1969, várias propostas fizeram selecionar a densidade entre $1,02 \text{ g/cm}^3$ a $1,05 \text{ g/cm}^3$. Para lamas de concentração de 10%, a densidade é em torno de $1,10 \text{ g/cm}^3$. O controle de densidade é mais importante para lamas velhas que não devem admitir valores superiores a $1,30 \text{ g/cm}^3$ (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979). E segundo dados da "British Federation of Pilling Specialists Specifications" (Nash, 1974), os valores da densidade devem ser inferiores a $1,10 \text{ g/cm}^3$. Estas sugestões resultaram de experiências realizadas, pois a qualidade do concreto, a estabilidade da vala, viscosidade e "cake" dependem da densidade da lama (Piaskowski e Kowalewski, 1965).

Do ponto de vista tecnológico, o limite mínimo aceitável é $1,03 \text{ g/cm}^3$. Porém, pode ser selecionado em laboratório para permitir a formação do "cake", ficando claro que a seleção da densidade correta não garante a qualidade da lama. Para tal, deve-se considerar a estabilidade, viscosidade e formação do "cake".

Valores baixos de densidade podem acarretar perda de água para o solo circundante, enquanto que valores elevados representam dificuldade no bombeamento da dispersão para o interior da vala de fundação (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

A segurança quanto à estabilidade da escavação é tanto maior quanto mais densa for a dispersão estabilizadora. Ocorre que a partir de certos valores da densidade, a dispersão começa a prejudicar outros parâmetros envolvidos, tais como: viscosidade, resistência do gel, filtrado, concretagem, etc., (Marchesin e Santos, 1979, Millet e Perez, 1981, Piakowski e Kowalewski, 1965).

A pressão exercida pela lama em qualquer etapa da escavação deve depender apenas da densidade e da profundidade da vala. Aumentos na densidade da lama afetam a pressão atuante nas paredes da escavação e têm uma influência favorável na estabilidade da vala.

O limite superior da densidade deve levar em conta que, com a escavação, a lama fica mais densa devido a incorporação de partículas sólidas.

Caso altas densidades sejam requisitadas, são colocados aditivos de elevada densidade que não aumentem a resistência inicial do gel. A esses aditivos chamamos densificadores. O densificador mais usado no Brasil é a baritina ($BaSO_4$), numa porcentagem que varia de 10% a 15% em relação ao volume d'água (Nash, 1974).

Através dos ensaios de densidade, pode-se verificar a contaminação da lama durante os trabalhos de escavação, representando a redução de densidade, a diluição por infiltração da água do subsolo e, conseqüentemente, seu aumento e a presença de elementos em suspensão proveniente do trabalho dos equipamentos de escavação (Silva Neto, 1979).

A densidade da lama pode ser determinada pelos seguintes métodos:

a) Através da "Mud Balance" da Baroid, que consiste no preenchimento do recipiente da balança com lama e, equilibrando-o através do nível, obtém-se na régua graduada o valor da densidade (Marchesin e Santos, 1979). (Ver Fig. 14)

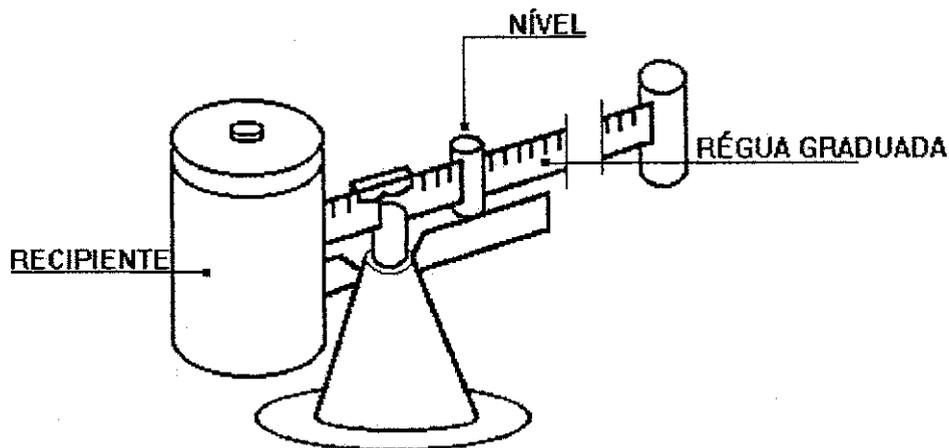


FIGURA 14 - "MUD BALANCE" (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

b) Através da pesagem de um recipiente de volume conhecido preenchido com lama numa balança com sensibilidade compatível com o massa do recipiente. A densidade é obtida dividindo-se a massa da lama no recipiente pelo seu volume.

c) Através do densímetro flutuador, colocando-o dentro do recipiente com lama, lendo diretamente o valor da densidade na escala graduada.

Como a densidade da lama tende a aumentar durante a escavação, torna-se obrigatório a realização de ensaios no decorrer da mesma (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

4.6.2. CONTROLE DA VISCOSIDADE

A viscosidade é a propriedade pela qual um fluido oferece resistência ao cisalhamento (Millet e Perez, 1981).

A prática tem mostrado que os valores da viscosidade na faixa de 32 a 37 s (Marsh) para lama nova não contaminada, variando em função do tipo de solo de acordo com os valores básicos apresentados na Tabela 2, apresentam resistências suficientes para um bom desempenho da lama durante a escavação da vala, quando poderá ocorrer: perda da viscosidade, na medida em que haja infiltração de água ou areia, e aumento quando houver suspensão de argila ou ainda pela contaminação do concreto (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

TIPO DE SOLO	VISCOSIDADE DA LAMA (s) - Marsh
Argila	33,0 - 38,0
Areia Siltosa - Argila Arenosa	38,0 - 43,0
Areia com Silte	38,0 - 43,0
Areia fina a Grossa	41,0 - 47,0
Areia e Pedregulho	60,0 - 70,0

TABELA 2 - VISCOSIDADE MARSH EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (SILVA NETO, 1979)

Segundo American Colloid Company (1979), D'Appolonia (1980) e Millet e Perez (1981), uma viscosidade ideal é de 40s (Marsh), o que assegura uma boa estabilidade e uma boa formação de "cake". Segundo dados da "British Federation of Pilling Specialists Specifications" (Nash, 1984), a viscosidade deve estar entre 30s e 90s (Marsh).

A especificação da Petrobrás "Argila Ativada para Fluido de Perfuração a Base de Água Doce" (1984) adota para viscosidade aparente o valor mínimo de 15,0 cP e para a viscosidade plástica o valor mínimo de 4,0 cP, determinadas no viscosímetro rotacional Fann 35-A.

A viscosidade da lama está diretamente ligada a formação do "cake" nas paredes da vala escavada, facilitando sua formação à medida que a viscosidade aumenta. Entretanto, deve-se respeitar certos valores, pois lamas com valores elevados de viscosidade podem prejudicar o equipamento e a boa qualidade do concreto, enquanto que lamas com valores muito baixos não lubrificam nem esfriam os equipamentos de escavação, como também não transportam os

detritos para a superfície, nos casos de escavações rotativas (Nash, 1974 e Silva Neto, 1979).

Dispersões muito viscosas aderem com facilidade as armaduras, diminuindo a aderência do concreto, bem como, dificultando a ascensão do concreto, provocando bolsas de lama de argila esmectítica, onde deveria existir concreto, e dificultando a penetração da lama nos vazios do solo na formação do "cake" (Silva Neto, 1979 e Nash, 1974).

Da mesma forma que, para a densidade, as variações nos valores da viscosidade da lama representam contaminação. A diminuição da viscosidade da lama indica infiltração de água do subsolo e o seu aumento a contaminação da mesma, geralmente por argila. A contaminação pelo concreto geralmente produz considerável variação na viscosidade, pois o cálcio nele contido é um agente floculante que aumenta a viscosidade aparente e diminui a viscosidade plástica (Silva Neto, 1979).

Para controle da viscosidade são usados aditivos que serão analisados no ítem 4.7. *Reaproveitamento da Lama.*

Face a isso, tornam-se necessário ensaios antes, durante e após a escavação do painel (Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1979 e Nash, 1974).

Em laboratório, o ensaio é feito no Viscosímetro Fann 35-A, seguindo a normalização da Petrobrás "Ensaio de Argila Ativada para Fluido de Perfuração a Base de água Doce" (Petrobrás, 1988).

No campo, uma medida aproximada é feita através do viscosímetro Marsh, medindo o tempo necessário para o escoamento de 946 ml de lama pelo orifício de um funil, cujo diâmetro da abertura inferior é de 4,8 mm (Ver Fig. 15). Nesse aparelho, o tempo de percolação d'água a 21°C é de 6s (American Colloid Company, 1971, Marchesin e Santos, 1979, Millet e Perez, 1981 e Silva Neto, 1979).

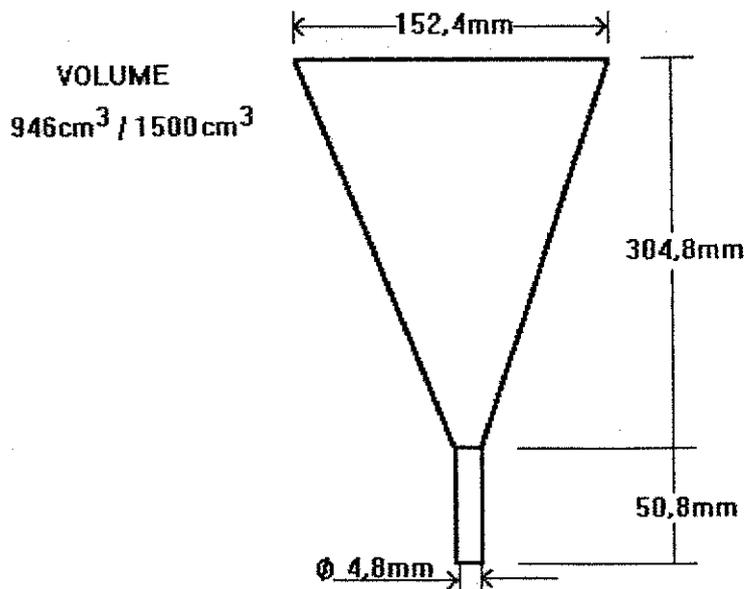


FIGURA 15 - VISCOSÍMETRO MARSH (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

A determinação da viscosidade torna-se um problema sério devido ao uso freqüente por parte dos engenheiros do viscosímetro de escoamento Marsh, mesmo em escala de laboratório, quando deveria ser usado o viscosímetro Fann 35-A. O primeiro viscosímetro é típico para controle de campo, por não propiciar resultados precisos, enquanto que o segundo viscosímetro fornece precisão e versatilidade.

4.6.3. ENSAIO DO "CAKE" E FILTRADO API

O filtrado e sua espessura correspondente de "cake" indicam a quantidade de perda de lama para o subsolo durante a escavação da vala e quão rápido será a formação do "cake" nas paredes da vala (Millet e Perez, 1981).

A formação do "cake" auxilia a sustentação das paredes das valas de fundação pela impermeabilização do solo, através da penetração da lama nos seus vazios (Silva Neto, 1979).

O "cake" deve ter espessura compreendida entre 1,5mm e 2,0mm para garantir uma boa utilização da lama de argila esmectítica. A espessura do "cake" varia com o tipo de solo, sendo menor para aqueles de granulação fina. "Cakes" espessos geralmente são indicativos de areia na suspensão, implicando maior permeabilidade (Marchesin e Santos, 1979).

O volume do filtrado indica a estabilidade da lama pela quantidade da perda de fluido. Uma lama contaminada por cimento ou outros agentes químicos, como sais ou ácidos, apresentará um elevado valor para o volume de filtrado (Millet e Perez, 1981).

Normalmente, admite-se como perda de fluido aceitável o valor entre 10 e 20 ml, obtidos no ensaio de 7,5 min a uma pressão de 7 kg/cm² (100lb/pol²) (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979). Segundo Millet e Perez (1981), é aceitável o valor entre 15 e 30 ml [(API) Test PP131B] e, segundo norma da Petrobrás (1988), o valor máximo para o volume do filtrado API (30 min) é 16 ml.

A lama deve receber tratamentos com aditivos se os valores ultrapassarem 2,5 mm e 30 ml, respectivamente, para os valores do "cake" e do filtrado (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

Em linhas gerais, o ensaio serve para observar se a lama apresenta boas condições, tanto na formação da película impermeável, quanto no que se refere ao grau de impermeabilidade (Marchesin e Santos, 1979 e Millet e Perez, 1981).

Normalmente, o ensaio é executado através do filtro prensa, onde a lama é colocada em um recipiente hermeticamente vedado na parte superior apenas por uma tela e papel de filtro na parte inferior. Sob o recipiente é colocada uma proveta graduada que recebe água filtrada pelo papel quando a lama é submetida a uma determinada pressão, indicando o volume do filtrado (Millet e Perez, 1981 e Silva Neto, 1979). (Ver Fig. 16)

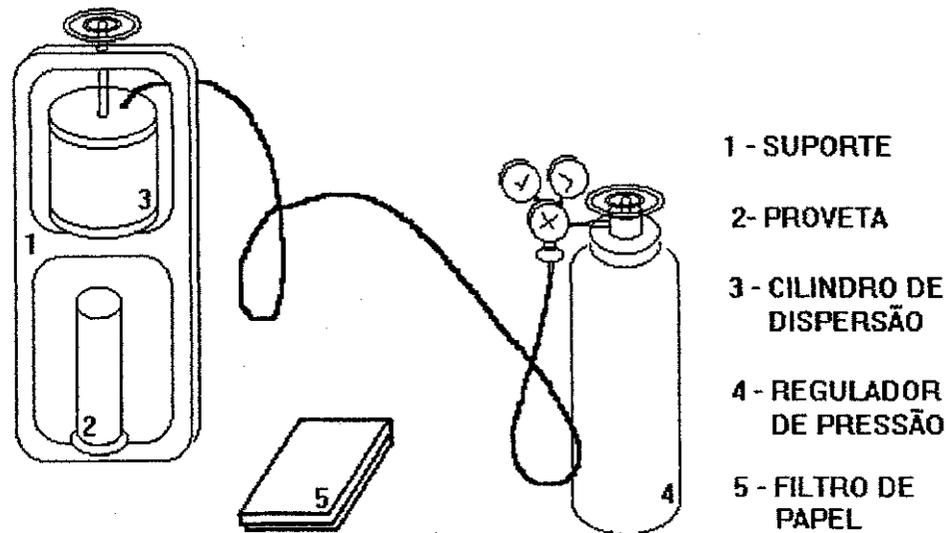


FIGURA 16 - FILTRO PRENSA (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

A determinação do "cake" é feita colocando-se o papel do filtro com o material retido entre duas lâminas de vidro, medindo-se a espessura entre as lâminas com um paquímetro (Boyes, 1969, Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

4.6.4. CONTROLE DO PH

A determinação do pH é de máxima importância, principalmente em áreas onde os sais solúveis do solo escavado ou do subleito podem alterá-lo (Millet e Perez, 1981).

A variação do pH da lama durante a escavação e a concretagem poderá representar sérios problemas, chegando ao colapso do painel, se não forem tomadas medidas necessárias. Tal variação poderá redundar no fenômeno de floculação, que se evidencia pelo aparecimento de pequenos conglomerados que precipitam, separando a argila da água (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

As lamas novas, não contaminadas, apresentam valores de pH que variam na faixa de 8 a 10, não devendo ultrapassar 12 para lamas usadas (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979). Segundo Millet e Perez (1981), o pH deve estar na faixa de 6,5 a 10, não devendo ultrapassar 10,5, quando pode ocorrer corrosão na armadura do painel. Segundo Nash (1974), a lama fica instável quando o pH atinge 11,5.

Como o pH está intimamente ligado ao equilíbrio eletrostático entre as partículas da suspensão, o seu controle possibilita alertar para eventuais mudanças nas condições iniciais da lama, que podem preceder a floculação (Silva Neto, 1979).

Para regenerar a lama e manter o pH dentro da faixa especificada, deve-se, periodicamente, adicionar pirofosfato de sódio (Nash, 1974).

Uma determinação simples do pH consiste na imersão de papel apropriado (papel tornassol) que muda de cor quando em contato com a suspensão. A comparação deste com cores padrões indica o valor do pH da lama. Outra determinação mais apropriada para laboratório consiste na utilização de um aparelho especial medidor de pH.

4.6.5. TEOR DE AREIA

A presença de quantidades elevadas de sólidos na lama apresenta apreciável influência na densidade, filtrado, etc. Além de representar maior desgaste dos equipamentos de escavação, pode provocar o aumento da espessura do "cake", por diminuir a permeabilidade da suspensão e possibilitar a formação de "bolsões" de areia no interior da massa de concreto (Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1969 e Millet e Perez, 1981).

Durante a escavação, a porcentagem de areia poderá atingir valores elevados da ordem de 20% a 30%, mas na concretagem, a porcentagem deverá girar em torno de 2% e 3% e nunca exceder 5%. Caso contrário, a lama deverá

ser substituída por outra que apresente características adequadas a concretagem (Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1969 e Millet e Perez, 1981).

O teor de areia na suspensão depende dos seguintes fatores: resistência da suspensão usada; métodos de escavação e tipo de equipamentos utilizados; distribuição granulométrica do subsolo; e métodos de tratamento da suspensão.

A determinação do teor de areia, antes do início da concretagem, é de fundamental importância, pois a elevada porcentagem de areia na vala, além de possibilitar a formação de "bolsões" de areia no interior da massa de concreto, pode conduzir a formação de juntas deficientes entre os painéis da parede diafragma (Silva Neto, 1979).

determinação do teor de areia é feita, colocando-se em uma proveta certa quantidade de lama (100 ml), completando-se em seguida com água (300 ml). A seguir, agita-se fortemente a mistura, despejando-a num recipiente acoplado com uma peneira ABNT nº 200 (0,074 mm). Após esta operação, inverte-se o recipiente, depositando areia e água na proveta (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

Após a sedimentação, na escala graduada da proveta, é lido diretamente em volume o teor de areia contido na dispersão (Marchesin e Santos, 1979 e Silva Neto, 1979).

A seguir são apresentadas tabelas utilizadas pela Cia. do Metrô do Rio de Janeiro no controle das paredes diafragma. A Tabela 3 mostra o programa de ensaios de laboratório que deve ser feito na lama, enquanto que a Tabela 4 resume as ocorrências havidas em um determinado painel (Marchesin e Santos, 1979).

QUANDO O TESTE É INDICADO	LOCAL DE RETIRADA DA AMOSTRA	FREQ. DE ENSAIO	TESTES
Antes da Escavação	Tanque	1	densidade viscosidade
Durante a Escavação	Vala	Mín. 1 repetir a cada 12h	densidade viscosidade pH
Depois da Escavação	Vala	1	densidade viscosidade
Antes da Concretagem	Vala	1	densidade viscosidade pH % de areia
Depois da Concretagem (para reaproveitamento da lama)	Tanque	1	densidade viscosidade pH
No Começo da Operação Diária	Tanque	1	densidade viscosidade
No Fim da Operação Diária	Tanque	1	densidade viscosidade
Depois de Chuva Significativa	Vala	1	densidade viscosidade "cake"

TABELA 3 - PROGRAMA DE ENSAIOS DE LABORATÓRIO QUE DEVE SER EXECUTADO NA LAMA PARA SUA UTILIZAÇÃO EM ESCAVAÇÃO DE PAREDES DIAFRAGMA (MARCHESIM E SANTO, 1979).

RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS PARA EXECUÇÃO DE PAREDE DIAFRAGMA

PAINEL

ESCAVAÇÃO

PROFUNDIDADE

	HORA	DENSIDADE	VISCOSIDADE	pH	TEOR D'ÁGUA	CAKE
ENSAIOS DE LAMA	<input type="text"/>					
	<input type="text"/>					
	<input type="text"/>					
	<input type="text"/>					

APÓS A DESARENAÇÃO

GAIOLA

EMENDAS

MERGULHO DA GAIOLA NO PAINEL

TABELA 4 - RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DE PAREDES DIAFRAGMA (MARCHESIN E SANTOS, 1979).

4.7 REAPROVEITAMENTO DA LAMA

A técnica mais comum de construção é recondicionar a lama que está sendo retirada da primeira vala de escavação para ser utilizada na vala seguinte (Nash, 1974). Por ser a argila esmectítica um material industrializado, de custo relativamente alto, e considerando-se que para o início da concretagem a lama deve ser substituída, devido a contaminação por partículas de solo e areia proveniente da escavação, existem técnicas que permitem o reaproveitamento da lama tornando o processo construtivo mais econômico (Silva Neto, 1969).

Fundamentalmente, são dois os processos para retirada das partículas sólidas existentes na dispersão que permitem devolver a mesma suas características originais:

1) em tanques de decantação - a lama proveniente da vala fica em repouso em tanques de decantação até a sedimentação das partículas mais densas. É conveniente proceder também ao peneiramento, a fim de retirar os detritos de maior granulação. A eficiência do processo está diretamente ligada a densidade, a viscosidade e ao tempo de sedimentação, de forma a permitir também a decantação das partículas finas menos densas;

2) por peneiramento e centrifugação - consiste no peneiramento da lama com retirada das partículas maiores que 1,5 mm e centrifugação do material que passou, para retirada das partículas finas (Marchesin e Santos, 1979, Silva Neto, 1979 e Nash, 1974).

No processo de reaproveitamento da lama tem-se verificado uma perda de 30% do material inicialmente lançado na vala, sendo uma mesma mistura reaproveitada de 3 a 5 vezes (Silva Neto, 1979). Segundo Boyes (1969), em painéis escavados em areia limpa, a lama chega a ter um reaproveitamento máximo de 8 vezes, sendo limitada por contaminação de solo ou cimento (ver Fig. 17).

Antes da reutilização da lama, são ensaiadas suas propriedades e, caso seja necessário, são processadas adições químicas à mistura para corrigir a fluidez, pH e viscosidade (Nash, 1974 e Silva Neto, 1979).

Segundo Silva Neto (1979), os seguintes aditivos foram utilizados na obra do Metrô do Rio de Janeiro.

Espercene - afinador orgânico do grupo dos lignosulfatos, usado para aumentar a fluidez da lama e reduzir o pH. - Dosagens de 0,5 a 3 kg/m³ de água.

Carboximetilcelulose (CMC) - polímero linear aniônico usado para controlar o filtrado e o "cake", aumentando a viscosidade da mistura e favorecendo a suspensão dos sólidos. - Dosagem: 0,5 kg/m³ de água.

Fumisol (FCL) - unificador da mistura, evitando a segregação da bentonita. - Dosagem: 0,5 kg/m³ de água.

O custo de limpeza e regeneração da lama deve ser comparado com o custo da lama nova, além de considerar que a reutilização da lama implica em reduzir os rejeitos (Nash, 1974).

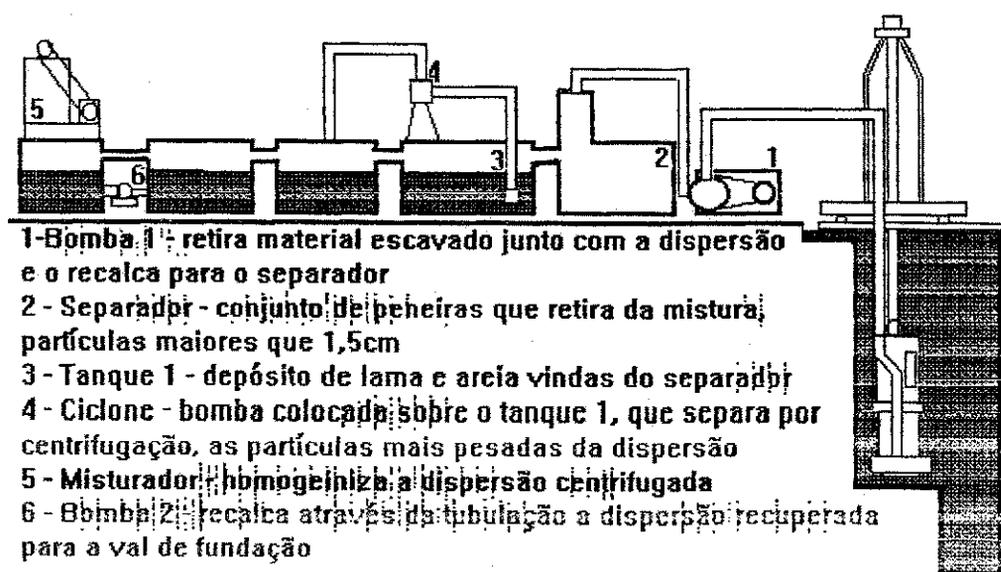


FIGURA 17 - REAPROVEITAMENTO DA LAMA (SILVA NETO, 1979).

4.8. SELEÇÃO DA LAMA

A escolha da lama de argila esmectítica fundamenta-se nos valores obtidos para os parâmetros estudados e discutidos nos itens anteriores, os quais permitem prever menores espessuras de "cake", maior capacidade de manter partículas sólidas em suspensão, bem como maior capacidade quanto a manutenção da estabilidade das paredes (Tressoldi e Nuske, 1979).

4.9. ESPECIFICAÇÕES

a) Densidade - do ponto de vista tecnológico, o limite mínimo aceitável é $1,03 \text{ g/cm}^3$ e segundo dados da "British Federation of Pilling Specialists Specifications" (Nash, 1974), os valores da densidade devem ser inferiores a $1,10 \text{ g/cm}^3$. Considerou-se, neste trabalho, a faixa entre esses dois limites válidos como especificação.

b) Viscosidade Marsh (VM) - considerando a lama nova adotou-se, segundo dados da "British Federation of Pilling Specialists Specifications" (Nash, 1984), o valor mínimo de 30s e como segundo American Colloid Company (1979), D'Appolonia (1980) e Millet e Perez (1981), uma viscosidade ideal é em torno de 40s, foi-se adotado o limite máximo de 50s.

c) Viscosidade Aparente (VA) e Viscosidade Plástica (VP) - foi utilizada a especificação da Petrobrás "Argila Ativada para Fluido de Perfuração a Base de água Doce" (1984) que adota para viscosidade aparente o valor mínimo de 15,0 cP e para a viscosidade plástica o valor mínimo de 4,0 cP, determinadas no viscosímetro rotacional Fann 35-A.

d) Limite de Escoamento (LE) - modernamente não mais se especificam valores para o limite de escoamento, no entanto, segundo a norma da Petrobrás "Argila Ativada para Água Doce" (1988), o valor máximo obtido é 3 vezes a viscosidade plástica.

e) Volume do Filtrado (VF) - normalmente admite-se como perda de fluido aceitável o valor entre 10ml e 20 ml e a lama deve receber tratamentos com aditivos se o valor ultrapassar 30 ml, então foram considerados valores entre 10ml e 30ml.

f) Espessura do Filtrado (cake) - para prevenir o desmoronamento das partículas sólidas, o "cake" deve ter espessura compreendida entre 1,5mm e 2,0mm e a lama deve receber tratamentos com aditivos se esse valor ultrapassar 2,5mm. Logo, foram-se aceitos, como especificação, os valores compreendidos entre 1,5mm e 2,5mm.

g) pH - segundo Millet e Perez (1981), o pH deve estar na faixa de 6,5 a 10 não devendo ultrapassar 10,5, quando pode ocorrer corrosão na armadura do painel. Por motivo de segurança esses valores foram adotados.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

1. MATERIAIS

1.1. ARGILAS

Para a realização desse trabalho, foram utilizadas seis amostras de argilas esmectíticas sódicas, industrializadas no estado da Paraíba, e duas amostras naturais, todas provenientes de jazidas localizadas no Distrito de Boa Vista - Campina Grande - PB.

As argilas esmectíticas sódicas industrializadas foram gentilmente cedidas pelas seguintes indústrias.

Betonisa - Betonita Nordeste S/A - Bentogel - BR-412, km 18, Município de Boa Vista - PB.

Bentonita Viscogel - Mineração Pedra Lavrada Ltda. - Fazenda Vilu S/N - Galpão 02 - Estação Ferroviária - Soledade - PB.

Brasgel PA-25 - Bentonit União Nordeste S/A - Av. Assis Chateaubriand S/N - Distrito Industrial - Campina Grande - PB.

Drescon S/A - Produtos de Perfuração - Divisão Bentonita - Rodovia Boa Vista - 5 km - Cabaceiras - PB.

Norgel AP-10 - Arnosa Argila Minérios Nordestinos S/A - Av. Parque S/N - João Pessoa - PB.

Sogel - Socal Ind. e Com. de Cal e Bentonita Ltda. - Rodovia BR-104 - km 133 S/N - Sítio Zé Velho - Queimadas - PB.

As argilas naturais, uma de cor verde e outra de cor bofe, foram extraídas, de forma representativa, da Jazida de Bravo, Município de Boa Vista - PB.

1.2. ADITIVOS

O aditivo utilizado para transformar a argila esmectítica policatiônica em sódica foi o carbonato de sódio (Na_2CO_3), no presente trabalho esse aditivo recebeu a terminologia de "aditivo primário".

Carbonato de Sódio - Carbonato de sódio (Na_2CO_3) anidro PA da Merck S/A. Industrias Químicas - Estrada dos Bandeirantes 1099 - Rio de Janeiro - RJ.

Os demais aditivos utilizados tem a finalidade de modificar as características reológicas da lama de argila esmectítica e foram denominados "aditivos secundários".

Espercene - Aditivo do grupo dos lignosulfonatos usado como defloculante e agente redutor de filtração. Fabricado pela Dresser do Brasil S/A. - R. Francisco Serrador, 25º andar - CEP 20031 - Rio de Janeiro - RJ.

XP-20 - Lignito de cromo usado como redutor de viscosidade (afinante), inibidor e redutor do filtrado e da sua espessura (cake). Fabricado pela Dresser

do Brasil S/A. - R. Francisco Serrador, 25^o andar - CEP 20031 - Rio de Janeiro - RJ.

Carboximetilcelulose - Polímero linear aniônico, cuja propriedade mais importante é a solubilização em água fria, originando soluções homogêneas, viscosas e pseudoplásticas, podendo ainda apresentar características tixotrópicas (Pessoa e B. Filho, 1991). Bonial N 110 As - Grupo Ultra. Fabricado pela Cia. Brasileira de Produtos Químicos Bononia - R. Nelson da Silva 534 - Dist. Ind. de Sta. Cruz - RJ.

2. MÉTODOS DE ENSAIOS

2.1. INTRODUÇÃO

Para tornar as duas amostras de esmectitas policatiônicas em esmectitas sódicas, a argila natural foi previamente moída e peneirada em peneira ABNT n^o 200 (0,074mm). O pó fino e seco obtido foi tratado com o aditivo primário (carbonato de sódio) nas proporções de 50meq/100g, 100meq/100g e 150meq/100g de argila de acordo com o Processo 18 desenvolvido por Zandonadi (1972) e a seguir curadas em câmara úmida à temperatura ambiente com umidade relativa de 100% por um período de 7 dias.

Após a cura, as amostras de argilas esmectíticas sódicas obtidas no laboratório foram tratadas da mesma forma que esmectíticas sódicas industrializadas, seguindo a metodologia descrita a seguir.

2.2. DISPERSÕES

As concentrações das dispersões utilizadas foram de 2%, 4%, 6%, 8% e 10% em massa de argila seca por massa de dispersante (água destilada).

Os aditivos foram utilizados nas seguintes concentrações recomendadas pelos respectivos fabricantes:

Espercene - usado como defloculante e agente redutor de filtração nas dosagens de 1g/l, 2g/l e 3g/l d'água.

XP-20 - usado como redutor de viscosidade (afinante), inibidor e redutor do filtrado e da sua espessura (cake) nas dosagens de 4g/l, 10g/l e 16g/l d'água..

Carboximetilcelulose - usado como controlador do filtrado e da espessura do "cake" e como espessante nas proporções de 0,5g/21g, 1,0g/21g e 1,5g/21g de argila seca.

Para preparar a amostra, coloca-se a solução no misturador a uma velocidade baixa e adiciona-se a argila à água, em seguida aumenta-se a velocidade do misturador durante 20 min e deixa-a em repouso por 24 h, em recipiente fechado, à temperatura ambiente (Petrobrás, 1988).

2.3. DENSIDADE

A densidade foi determinada pesando-se um volume conhecido de suspensão e dividindo-se a sua massa pelo volume. A unidade resultante é g/cm³.

Ao utilizar aditivos a densidade não foi determinada, pois para dispersões muito viscosa, no caso do uso do CMC, a sua determinação fica pouco precisa.

2.4. VISCOSIDADE MARSH

Para determinar a viscosidade Marsh utiliza-se um funil com as dimensões ilustradas na Fig. 15 e capacidade para 1500ml de suspensão.

Coloca-se 1500ml de suspensão e mede-se o tempo em segundos gasto para o escoamento de 946ml em proveta graduada (Anônimo, 1971 e Marchesim e Santos, 1979).

2.5. VISCOSIDADE APARENTE, VISCOSIDADE PLÁSTICA E LIMITE DE ESCOAMENTO

Para determinar a viscosidade Aparente, viscosidade plástica e limite de escoamento, foi-se utilizado o viscosímetro Fann 35-A.

Agita-se a suspensão durante 5 min, transfere-a para o recipiente do viscosímetro rotacional Fann 35-A e aciona o viscosímetro a velocidade de 600rpm, durante 2 min e efetua-se a leitura (L600). Muda-se imediatamente para velocidade de 300rpm e efetua-se a leitura após 15 s (L300) (Petrobrás, 1988).

a) Viscosidade aparente, em cP, é igual ao valor da leitura a 600rpm dividido por dois.

b) Viscosidade plástica, em cP, é a diferença dos valores obtidos na leitura a 600rpm e leitura a 300rpm.

c) Limite de escoamento, em $\text{g}/100\text{cm}^3$, é a metade da diferença entre a leitura obtida à 300rpm e a viscosidade plástica.

2.6. FILTRADO API E ESPESSURA DO "CAKE"

Após a determinação das leituras a 600rpm e 300rpm, reagitar a suspensão por 1 min, transferir para o recipiente do filtro prensa, contendo papel de filtro que deve ser utilizado uma única vez. Aplicar a pressão para que esta atinja 690 ± 35 kPa (100 ± 5 psi) em menos de 30 s e recolher o filtrado em proveta graduada durante 30 min a partir do momento da aplicação da pressão.

O volume recolhido na proveta é o volume do filtrado medido em ml e a espessura da suspensão depositada no filtro medida em mm é o valor do "cake" (Petrobrás, 1988).

2.7. pH

O pH foi medido utilizando-se papel apropriado (pH - Indikatorstabchen Nicht Blutend - Alkalit pH 7,5 - 14 - Merck) que muda de cor em contato com a suspensão e comparando-se as cores resultantes com a tabela que o acompanha.

2.8. UMIDADE

Pesar cerca de 10g de dispersão, secar em estufa e voltar a pesar. A percentagem de umidade é expressa pela seguinte fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{(\text{PU} - \text{PS})}{\text{PS}} \times 100$$

PS - peso seco

PU - peso úmido

3. CORRELAÇÕES

Os dados das dispersões com concentrações de 8% em massa de argila seca por massa de d'água, como aqueles resultantes da atuação do aditivo CMC, não foram utilizados nas correlações estatísticas por apresentarem uma elevada tensão de cisalhamento, impossibilitando a leitura nos equipamentos.

As correlações estatísticas entre a viscosidade Marsh e a leitura a 600 rpm, leitura a 300 rpm, viscosidade aparente, viscosidade plástica e limite de escoamento obtidos do viscosímetro Fann 35-A foram processadas em computador IBM 370/145 na forma de regressões lineares, exponenciais, potenciais e logarítmicas pelo método dos mínimos quadrados, sendo utilizado o programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versão V, obtendo-se equação de correlação, coeficiente de correlação e nível de significância. Para cada uma das correlações foram utilizados 126 pares de valores.

4. ESPECIFICAÇÕES

a) Densidade - do ponto de vista tecnológico, o limite mínimo aceitável é $1,03 \text{ g/cm}^3$ e segundo dados da "British Federation of Pilling Specialists Specifications" (Nash, 1974), os valores da densidade devem ser inferiores a $1,10 \text{ g/cm}^3$. Considerou-se, neste trabalho, a faixa entre esses dois limites válidos como especificação.

b) Viscosidade Marsh (VM) - considerando a lama nova adotou-se, segundo dados da "British Federation of Pilling Specialists Specifications" (Nash, 1984), o valor mínimo de 30s e como segundo American Colloid Company (1979), D'Appolonia (1980) e Millet e Perez (1981), uma viscosidade ideal é em torno de 40s, foi-se adotado o limite máximo de 50s.

c) Viscosidade Aparente (VA) e Viscosidade Plástica (VP) - foi utilizada a especificação da Petrobrás "Argila Ativada para Fluido de Perfuração a Base de água Doce" (1984) que adota para viscosidade aparente o valor mínimo de 15,0 cP e para a viscosidade plástica o valor mínimo de 4,0 cP, determinadas no viscosímetro rotacional Fann 35-A.

d) Limite de Escoamento (LE) - modernamente não mais se especificam valores para o limite de escoamento, no entanto, segundo a norma da Petrobrás "Argila Ativada para Água Doce" (1988), o valor máximo obtido é 3 vezes a viscosidade plástica.

e) Volume do Filtrado (VF) - normalmente admite-se como perda de fluido aceitável o valor entre 10 e 20 ml e a lama deve receber tratamentos com aditivos se o valor ultrapassar 30 ml, então foram considerados valores entre 10 ml e 30 ml.

f) Espessura do Filtrado (cake) - para prevenir o desmoronamento das partículas sólidas, o "cake" deve ter espessura compreendida entre 1,5mm e 2,0mm e a lama deve receber tratamentos com aditivos se esse valor ultrapassar 2,5 mm. Logo, foram-se aceitos, como especificação, os valores compreendidos entre 1,5mm e 2,5 mm.

g) pH - segundo Millet e Perez (1981), o pH deve estar na faixa de 6,5 a 10 não devendo ultrapassar 10,5, quando pode ocorrer corrosão na armadura do painel. Por motivo de segurança os valores extremos foram adotados.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. REOLOGIA DAS ARGILAS ESMECTÍICAS SÓDICAS INDUSTRIALIZADAS NO ESTADO DA PARAÍBA SEM UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS SECUNDÁRIOS

As características reológicas das amostras esmectíicas sódicas industrializadas no estado da Paraíba sem utilização de aditivos secundários, estão contidas na Tabela 5.

AMOSTRAS	Conc. %	DENS g/cm ³	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
VISCOGEL	2	1,01	27,0	3,5	2,0	1,5	32,0	0,9	9,0
	4	1,02	31,0	9,6	4,3	5,3	22,9	1,3	9,0
	6	1,08	49,0	22,4	5,8	16,6	18,3	2,1	9,0
	8	1,07	> 60,0	44,1	4,8	39,3	16,0	2,4	9,0
	10	1,08	> 60,0	82,5	2,0	80,5	14,0	2,8	9,0
BETONISA	2	1,03	27,0	3,0	2,0	1,0	36,0	0,9	8,0
	4	1,04	30,0	8,0	4,0	4,0	19,0	1,4	8,0
	6	1,09	40,0	17,0	6,0	11,0	17,5	1,5	8,0
	8	1,09	> 60,0	30,3	4,5	25,8	15,0	1,7	8,0
	10	1,08	> 60,0	62,5	3,0	59,5	13,5	2,7	8,0
SOGEL	2	1,05	27,0	3,5	2,5	1,0	41,0	1,0	9,5
	4	1,04	30,0	8,3	3,5	4,8	18,5	1,5	9,5
	6	1,07	42,0	18,0	5,0	13,0	18,0	2,5	9,5
	8	1,06	> 60,0	40,0	3,2	36,8	17,0	2,9	9,5
	10	1,05	> 60,0	73,5	0,5	73,0	16,0	3,3	9,5
DRESCON	2	1,04	27,4	3,4	2,6	0,8	29,0	1,0	8,0
	4	1,05	32,0	10,0	5,5	4,5	24,0	1,5	8,0
	6	1,09	51,0	22,5	5,2	17,3	18,5	2,3	8,0
	8	1,09	> 60,0	47,4	2,5	44,9	14,0	2,8	8,0
	10	1,15	> 60,0	85,5	1,0	84,5	14,0	2,9	8,0
NORGEL	2	1,04	27,0	2,9	1,9	1,0	37,0	1,3	8,5
	4	1,08	30,0	9,5	5,0	4,5	25,0	1,8	8,5
	6	1,07	49,0	20,5	4,3	16,2	20,0	2,3	8,5
	8	1,11	> 60,0	48,7	4,7	44,0	16,5	2,5	8,5
	10	1,09	> 60,0	81,3	0,7	80,6	15,0	3,0	8,5
BRASGEL	2	1,08	27,0	4,5	3,0	1,5	29,0	1,0	8,0
	4	1,06	32,0	12,0	5,5	6,5	21,0	1,3	8,0
	6	1,11	55,0	24,5	3,0	21,5	14,0	1,9	8,0
	8	1,10	> 60,0	47,3	1,0	46,3	10,0	2,1	8,0
	10	1,11	> 60,0	86,7	1,5	85,2	12,5	2,5	8,0
Especificações		1,03 a 1,10	30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5 a 2,5	6,5 a 10,5

TABELA 5 - ARGILAS ESMECTÍICAS SÓDICAS INDUSTRIALIZADAS NO ESTADO DA PARAÍBA SEM UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS SECUNDÁRIOS

Analisando cada característica separadamente, temos:

densidade - para as dispersões com concentração de 10% em massa de argila seca por massa de água, apenas a amostra da *Drescon* apresentou o valor elevado de 1,15 g/cm³. Deve ser mencionado que para dispersões mais viscosas, a determinação da densidade fica pouco precisa.

viscosidade Marsh (VM) - observa-se que todos os valores das dispersões com concentração de 4% em massa de argila seca por massa de

água encontram-se dentro da faixa especificada, assim como, as amostras Viscogel, Betonisa, Sogel e Norgel na concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água. Observa-se também que os valores da viscosidade Marsh aumentam proporcionalmente com o aumento da concentração.

viscosidade aparente (VA) e viscosidade plástica (VP) - para dispersões com concentrações maiores ou iguais a 6% em massa de argila seca por massa de água, os valores encontrados para a viscosidade aparente de todas as amostras estão dentro das especificações. Enquanto que os valores da viscosidade plástica encontram-se dentro das especificações a partir da concentração de dispersão de 4% em massa de argila seca por massa de água, com exceção da amostra Sogel que só atingiu a especificação na concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de solução. Como a viscosidade Marsh, a viscosidade aparente também aumenta proporcionalmente a concentração da dispersão;

limite de escoamento (LE) - as amostras Viscogel, Bentonisa e Sogel possuem o valor do limite de escoamento inferior a três vezes o valor da viscosidade plástica nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água, enquanto que as outras amostras só possuem valores do limite de escoamento inferior ao valor especificado nas dispersões de concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água.

volume do filtrado (VF) - para as amostras *Drescon* e *Brasgel* todas as concentrações de dispersões apresentam valores dentro da faixa especificada. Enquanto que as demais amostras não apresentam valores dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração igual a 2% em massa de argila seca por massa de água;

espessura do "cake" - observa-se que as amostras *Viscogel* e *Bentonisa* possuem valores dentro da faixa especificada nas dispersões de concentração

igual a 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água, as amostras Sogel e Drescon possuem valores dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água, a amostra Norgel possui valores dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água, enquanto que a amostra Brasgel possui valores dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6%, 8% e 10% em massa de argila seca por massa de água. Observa-se também que a espessura do "cake" é inversamente proporcional ao volume do filtrado e proporcional as viscosidades;

pH - para as amostras estudadas, observa-se que todos os valores satisfazem as especificações;

Para as concentrações em torno de 6% em massa de argila seca por massa de água, todas as amostras estudadas apresentam comportamento satisfatório frente a normalização relacionada na parte inicial deste trabalho, garantindo sua utilização na construção de paredes diafragma. No entanto, para estudar os efeitos dos aditivos secundários na reologia dessas lamelas de argilas esmectíticas vamos continuar o estudo com as mesmas concentrações de dispersões.

2. REOLOGIA DAS ARGILAS ESMECTÍTICAS NATURAIS, EXTRAÍDAS DAS JAZIDAS DE BRAVO - MUNICÍPIO DE BOA VISTA - PB, TRATADA COM O ADITIVO PRIMÁRIO, CARBONATO DE SÓDIO NAS PROPORÇÕES DE 50MEQ/100G, 100MEQ/100G, 150MEQ/100G DE ARGILA SECA

As características reológicas das amostras esmectíticas naturais, cores verde e bofe, extraídas das jazidas de Bravo - Município de Boa Vista - PB, tratada com o aditivo primário, carbonato de sódio nas proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de argila seca, estão contidas nas Tabelas 6 e 7.

CONC Na ₂ CO ₃	Conc. %	Dens. g/cm ³	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	Cake mm	pH
50meq/100g	2	1,01	27,0	2,0	2,0	0,0	32,0	0,8	9,5
	4	1,02	30,5	10,5	0,0	38,8	26,0	1,2	9,5
	6	1,05	42,0	21,5	1,3	26,9	24,5	1,6	9,5
	8	1,07	>60	30,8	2,3	15,3	15,5	1,9	9,5
	10	1,09	>60,0	62,5	3,0	59,5	13,5	2,5	9,5
100meq/100g	2	1,02	28,0	4,5	3,0	1,5	29,0	1,2	9,5
	4	1,04	35,5	35,0	3,5	37,0	18,0	1,8	9,5
	6	1,05	>60,0	25,4	2,3	23,0	16,0	1,9	9,5
	8	1,08	>60,0	40,5	2,5	14,3	14,5	2,1	9,5
	10	1,08	>60,0	86,8	1,5	85,3	13,0	2,5	9,5
150meq/100g	2	1,02	32,0	9,0	2,5	6,5	36,0	0,9	9,5
	4	1,04	36,0	32,8	3,5	29,3	22,5	1,3	9,5
	6	1,07	52,8	33,1	4,5	28,6	18,0	1,5	9,5
	8	1,08	>60,0	38,8	3,2	25,6	14,3	1,9	9,5
	10	1,09	>60,0	85,5	2,0	83,5	13,0	2,0	9,5
Especificações		1,03 a 1,19	30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	19 a 30	1,5 a 2,5	6,5 a 10,5

TABELA 6 - ARGILA ESMECTÍTICA NATURAL, COR VERDE, EXTRAÍDA DA JAZIDA DE BRAVO - MUNICÍPIO DE BOA VISTA - PB, TRATADA COM O ADITIVO PRIMÁRIO, CARBONATO DE SÓDIO NAS PROPORÇÕES DE 50MEQ/100G, 100MEQ/100G, 150MEQ/100G DE ARGILA SECA

CONC Na ₂ CO ₃	Conc. %	DENS g/cm ³	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
50meq/100g	2	1,02	27,0	2,5	2,0	0,5	33,0	0,6	10,0
	4	1,02	29,0	4,5	3,0	1,5	27,0	0,9	10,0
	6	1,06	37,0	32,0	3,5	18,5	24,0	1,2	10,0
	8	1,07	55,0	36,0	4,0	32,0	16,0	1,8	10,0
	10	1,08	>60,0	40,0	3,0	37,0	13,0	2,0	10,0
100meq/100g	2	1,03	27,0	2,0	2,0	0,0	31,0	0,8	10,0
	4	1,04	32,0	8,0	2,5	5,5	27,0	1,1	10,0
	6	1,07	38,0	32,0	3,5	28,5	18,0	1,5	10,0
	8	1,09	55,0	35,0	4,5	30,5	15,0	1,8	10,0
	10	1,09	>60,0	39,0	3,0	36,0	12,0	2,1	10,0
150meq/100g	2	1,02	30,0	6,8	3,5	3,3	32,0	0,7	10,0
	4	1,04	33,0	12,0	3,0	9,0	28,0	1,0	10,0
	6	1,07	38,0	15,8	2,5	13,3	24,0	1,2	10,0
	8	1,07	52,5	33,0	19,5	13,5	19,0	1,5	10,0
	10	1,09	>60,0	38,5	3,3	35,2	15,0	1,9	10,0
Especificações		1,03 a 1,19	30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5 a 2,5	6,5 a 10,5

TABELA 7 - ARGILA ESMECTÍTICA NATURAL, COR BOFE, EXTRAÍDA DA JAZIDA DE BRAVO - MUNICÍPIO DE BOA VISTA - PB, TRATADA COM O ADITIVO PRIMÁRIO, CARBONATO DE SÓDIO NAS PROPORÇÕES DE 50MEQ/100G, 100MEQ/100G, 150MEQ/100G DE ARGILA SECA

Observando as Tabelas 6 e 7, verificamos que as dispersões de argila natural cores *verde* e *bofe* tratadas com o aditivo primário nas proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de argila seca não apresentaram resultados satisfatórios frente a normalização relacionada sugerindo o uso de aditivos e que as amostras tratadas com carbonato de sódio na proporção de 100meq/100g e 150meq/100g tornaram-se floculadas gel cuja característica é apresentar elevados valores de viscosidade aparente e baixos valores de viscosidade plástica.

Com base nessa observação, escolhemos as amostras tratadas com carbonato de sódio na concentração de 150meq/100g de argila seca para utilizar aditivos secundários.

3. EFEITO DOS ADITIVOS ESPERCENE, XP-20 E CMC NAS ARGILAS ESMECTÍICAS SÓDICAS INDUSTRIALIZADAS NO ESTADO DA PARAÍBA

As características reológicas das amostras esmectíicas sódicas industrializadas no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas nas Tabelas 8 a 13.

ADITIVO SECUNDÁRIO	CONC %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	27,0	3,5	2,0	1,5	32,0	0,9	9,0
	4	31,0	9,6	4,3	5,3	22,9	1,3	9,0
	6	49,0	22,4	5,8	16,6	18,3	2,1	9,0
	8	> 60,0	44,1	4,8	39,3	16,0	2,4	9,0
	10	> 60,0	82,5	2,0	80,5	14,0	2,8	9,0
ESPERCENE 1g/l	2	23,0	2,3	2,0	0,3	28,0	0,6	9,0
	4	29,0	5,5	4,0	1,5	22,0	1,0	9,0
	6	36,0	12,0	7,0	5,0	17,0	1,3	9,0
	8	56,0	23,0	8,0	15,0	14,0	1,5	9,0
ESPERCENE 2g/l	2	28,0	2,3	2,0	0,3	30,0	0,5	8,5
	4	29,0	5,5	4,0	1,5	20,0	1,0	8,5
	6	38,0	10,0	5,5	4,8	17,0	1,0	8,5
	8	56,0	20,0	6,5	13,5	15,0	1,5	8,5
ESPERCENE 3g/l	2	27,0	2,0	2,0	0,0	32,0	0,8	8,0
	4	29,0	4,8	3,5	1,3	23,0	1,0	8,0
	6	32,0	9,5	6,0	3,5	16,0	1,3	8,0
	8	44,0	20,0	8,0	12,0	13,0	1,5	8,0
XP-20 4g/l	2	27,0	2,0	1,5	0,5	44,0	0,7	9,5
	4	28,0	3,8	2,5	0,8	22,0	1,2	9,5
	6	31,0	7,0	5,0	2,0	19,0	1,6	9,5
	8	39,0	13,0	7,0	6,0	14,0	1,8	9,5
XP-20 10g/l	2	27,0	1,8	1,5	0,3	46,0	0,9	9,0
	4	28,0	3,0	2,5	0,3	25,0	1,0	9,0
	6	30,0	4,0	3,5	0,5	20,0	1,3	9,0
	8	32,0	7,3	6,5	0,8	16,0	1,5	9,0
XP-20 16g/l	2	26,0	1,8	1,8	0,0	40,0	0,8	9,0
	4	27,0	3,0	3,0	0,0	20,0	1,3	9,0
	6	28,0	3,5	3,0	0,5	18,0	1,6	9,0
	8	31,0	5,5	5,5	0,3	15,0	1,7	9,0
CMC 0,5g / 21g	2	33,0	10,3	7,0	3,3	22,5	0,7	9,0
	4	>60,0	25,0	12,0	13,0	17,0	1,2	9,0
	6	>60,0	67,5	25,0	42,5	12,0	1,3	9,0
	8	>60,0	*	*	*	10,0	1,4	9,0
CMC 1,0g / 21g	2	35,0	12,5	8,0	4,5	22,0	0,8	9,0
	4	>60,0	33,5	16,0	17,5	16,0	1,3	9,0
	6	>60,0	74,0	27,0	47,0	11,0	1,4	9,0
	8	>60,0	147,5	41,0	106,0	9,0	1,6	9,0
CMC 1,5g / 21g	2	34,0	11,5	7,0	4,5	21,0	0,9	9,0
	4	>60,0	44,0	20,0	24,0	14,0	1,1	9,0
	6	>60,0	95,5	36,0	59,5	12,0	1,2	9,0
	8	>60,0	145,0	16,0	129,0	10,0	2,0	9,0
Especificações		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 8 - ARGILA ESMECTÍTICA SÓDICA INDUSTRIALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA, VISCOSGEL, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35A

ADITIVO SECUNDÁRIO	CONC %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	27,0	3,0	2,0	1,0	36,0	0,9	8,0
	4	30,0	8,0	4,0	4,0	19,0	1,4	8,0
	6	40,0	17,0	6,0	11,0	17,5	1,5	8,0
	8	> 60,0	30,3	4,5	25,8	15,0	1,7	8,0
	10	> 60,0	62,5	3,0	59,5	13,5	2,7	8,0
ESPERCENE 1g/l	2	28,0	2,3	2,0	0,3	34,0	0,6	8,5
	4	29,0	4,75	3,5	1,3	20,0	1,1	8,5
	6	34,0	9,8	4,5	5,3	16,0	1,2	8,5
	8	48,5	23,3	9,0	14,3	14,0	1,7	8,5
ESPERCENE 2g/l	2	26,0	2,3	2,0	0,3	33,0	0,8	8,5
	4	29,0	4,5	3,5	1,0	21,0	1,1	8,5
	6	33,0	9,4	5,5	3,8	17,0	1,4	8,5
	8	39,0	16,0	7,0	9,0	14,0	1,7	8,5
ESPERCENE 3g/l	2	26,0	2,3	2,0	0,3	31,0	0,9	8,5
	4	28,0	4,0	3,0	1,0	21,0	1,1	8,5
	6	38,0	8,3	5,5	2,8	17,0	1,4	8,5
	8	43,0	18,0	7,0	11,0	12,0	1,5	8,5
XP-20 4g/l	2	27,0	2,5	2,0	0,5	28,0	0,8	9,0
	4	28,0	3,5	3,0	0,5	22,0	1,1	9,0
	6	31,0	6,3	5,5	0,8	18,0	1,2	9,0
	8	39,0	12,5	7,0	5,5	14,0	1,4	9,0
XP-20 10g/l	2	27,0	2,0	2,0	0,0	27,0	1,1	9,0
	4	28,0	3,0	3,0	0,0	20,0	1,3	9,0
	6	30,0	4,8	4,5	0,3	16,0	1,5	9,0
	8	33,0	8,3	6,5	1,8	15,0	1,5	9,0
XP-20 16g/l	2	26,0	2,0	2,0	0,0	26,0	1,6	9,0
	4	26,0	3,0	3,0	0,0	21,0	1,8	9,0
	6	29,0	4,0	4,0	0,0	16,0	2,0	9,0
	8	31,0	7,0	6,5	0,5	15,0	2,5	9,0
CMC 0,5g / 21g	2	31,0	7,8	5,5	2,3	23,0	0,8	9,0
	4	>60,0	25,5	12,0	13,5	15,0	1,3	9,0
	6	>60,0	50,0	18,0	32,0	14,0	1,6	9,0
	8	>60,0	136,0	40,0	96,0	10,5	2,1	9,0
CMC 1,0g / 21g	2	37,0	14,5	9,5	5,0	21,0	0,9	9,0
	4	>60,0	35,5	16,0	19,5	15,0	1,1	9,0
	6	>60,0	86,5	31,0	55,5	11,0	1,5	9,0
	8	>60,0	*	*	*	11,0	1,7	9,0
CMC 1,5g / 21g	2	37,0	14,5	3,0	21,0	21,0	1,0	9,0
	4	>60,0	44,0	21,0	23,0	15,0	1,2	9,0
	6	>60,0	100,0	40,0	60,0	11,0	1,3	9,0
	8	>60,0	*	*	*	10,0	1,5	9,0
Especificações		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 9 - ARGILA ESMECTÍCA SÓDICA INDUSTRIALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA, BENTONISA, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35-A

ADITIVO SECUNDÁRIO	CONC %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	27,0	3,5	2,5	1,0	41,0	1,0	9,5
	4	30,0	8,3	3,5	4,8	18,5	1,5	9,5
	6	42,0	18,0	5,0	13,0	18,0	2,5	9,5
	8	> 60,0	40,0	3,2	36,8	17,0	2,9	9,5
	10	> 60,0	73,5	0,5	73,0	16,0	3,3	9,5
ESPERCENE 1g/l	2	27,0	2,5	2,5	0,0	32,0	0,4	8,5
	4	30,0	7,5	5,0	2,5	21,0	1,7	8,5
	6	35,0	12,5	5,0	7,5	18,0	1,9	8,5
	8	>60,0	28,5	5,0	23,5	15,0	2,3	8,5
ESPERCENE 2g/l	2	27,0	2,5	2,0	0,5	32,0	0,4	8,5
	4	29,0	5,5	3,0	2,5	18,0	1,0	8,5
	6	34,0	12,5	5,0	7,5	16,0	1,2	8,5
	8	>60,0	27,0	4,0	23,0	13,0	1,9	8,5
ESPERCENE 3g/l	2	26,0	2,0	2,0	0,0	32,0	0,4	8,5
	4	29,0	6,3	4,5	1,8	20,0	1,1	8,5
	6	33,0	11,0	5,0	6,0	16,0	1,3	8,5
	8	>60,0	22,5	7,0	15,5	13,0	1,7	8,5
XP-20 4g/l	2	27,0	2,0	2,0	0,0	32,0	0,8	8,5
	4	28,0	3,5	3,0	0,5	24,0	1,2	8,5
	6	31,0	7,0	4,0	3,0	19,0	1,2	8,5
	8	38,0	13,5	6,0	7,5	16,0	1,5	8,5
XP-20 10g/l	2	28,0	2,0	2,0	0,0	25,0	0,9	8,5
	4	28,0	3,0	3,0	0,0	21,0	1,3	8,5
	6	30,0	4,5	4,0	0,5	16,0	1,3	8,5
	8	33,0	8,0	6,0	2,0	17,0	1,5	8,5
XP-20 16g/l	2	18,0	2,5	2,5	0,0	20,0	0,9	8,5
	4	25,0	3,0	3,0	0,0	18,0	1,3	8,5
	6	29,0	4,3	4,0	0,3	16,0	1,6	8,5
	8	32,0	7,0	6,0	1,0	14,0	1,7	8,5
CMC 0,5g / 21g	2	32,0	9,0	6,0	3,0	24,0	0,9	9,0
	4	>60,0	25,0	11,0	14,0	18,0	1,1	9,0
	6	>60,0	82,5	13,0	69,5	15,0	1,3	9,0
	8	>60,0	*	*	*	13,0	1,8	9,0
CMC 1,0g / 21g	2	34,0	10,0	6,5	3,5	24,0	0,9	9,0
	4	>60,0	34,3	16,0	18,5	17,0	1,4	9,0
	6	>60,0	84,0	20,0	61,5	14,0	1,5	9,0
	8	>60,0	*	*	*	11,0	1,8	9,0
CMC 1,5g / 21g	2	40,0	17,0	12,0	5,0	22,0	0,9	9,0
	4	>60,0	44,0	21,0	23,0	15,0	1,7	9,0
	6	>60,0	85,0	16,0	69,0	13,0	1,7	9,0
	8	>60,0	*	*	*	9,0	1,9	9,0
Especificações		30 a 50	>15,0	>4,0	<3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 10 - ARGILA ESMECTÍTICA SÓDICA INDUSTRIALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA, SOGEL, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35-A

ADITIVO SECUNDÁRIO	CONC %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	27,4	3,4	2,6	0,8	29,0	1,0	8,0
	4	32,0	10,0	5,5	4,5	24,0	1,5	8,0
	6	51,0	22,5	5,2	17,3	18,5	2,3	8,0
	8	> 60,0	47,4	2,5	44,9	14,0	2,8	8,0
	10	> 60,0	85,5	1,0	84,5	14,0	2,9	8,0
ESPERCENE 1g/l	2	27,0	2,5	2,0	0,5	28,0	0,9	8,5
	4	29,0	6,3	4,0	2,3	21,0	1,1	8,5
	6	35,0	14,8	6,5	8,3	18,0	1,7	8,5
	8	>60,0	28,3	4,5	23,8	15,0	1,9	8,5
ESPERCENE 2g/L	2	27,0	2,3	1,5	0,8	29,0	0,8	8,5
	4	29,0	5,5	3,5	2,0	22,0	1,1	8,5
	6	33,0	11,8	5,0	6,8	17,0	1,3	8,5
	8	42,0	20,5	3,5	17,0	14,0	1,6	8,5
ESPERCENE 3g/l	2	26,0	2,3	1,6	0,7	32,0	0,8	8,5
	4	27,0	4,5	4,0	0,5	22,0	1,1	8,5
	6	31,0	9,5	5,0	4,5	17,0	1,3	8,5
	8	37,0	17,8	6,5	9,3	14,0	1,5	8,5
XP-20 4g/l	2	27,0	2,3	2,0	0,3	36,0	1,0	8,5
	4	28,0	3,8	3,5	0,3	23,0	1,1	8,5
	6	31,0	7,5	5,0	2,5	18,0	1,3	8,5
	8	37,0	13,3	6,5	5,8	16,0	1,7	8,5
XP-20 10g/l	2	27,0	2,3	2,0	0,3	37,0	1,0	8,5
	4	28,0	3,0	3,0	0,0	20,0	1,2	8,5
	6	29,0	4,8	4,5	0,3	17,0	1,3	8,5
	8	32,0	8,3	6,5	1,8	16,0	1,6	8,5
XP-20 16g/l	2	27,0	2,3	2,0	0,3	32,0	1,3	8,5
	4	29,0	3,0	2,5	0,5	21,0	1,5	8,5
	6	31,0	7,3	5,5	1,8	20,0	1,7	8,5
	8	38,0	13,8	6,5	7,3	16,0	1,9	8,5
CMC 0,5g / 21g	2	31,0	7,5	5,0	2,5	24,0	0,8	8,5
	4	>60,0	21,8	10,0	11,8	17,0	1,1	8,5
	6	>60,0	81,5	20,0	61,5	12,0	1,7	8,5
	8	>60,0	*	*	*	12,0	1,7	8,5
CMC 1,0g / 21g	2	33,0	9,5	6,5	3,0	21,0	0,9	8,5
	4	>60,0	31,8	15,5	16,3	16,0	1,1	8,5
	6	>60,0	68,5	22,0	46,5	11,0	1,5	8,5
	8	>60,0	*	*	*	11,0	1,7	8,5
CMC 1,5g / 21g	2	38,0	15,8	10,5	5,3	20,0	1,0	8,5
	4	>60,0	39,5	19,0	20,5	14,0	1,3	8,5
	6	>60,0	100,0	38,0	62,0	10,0	1,7	8,5
	8	>60,0	*	*	*	9,0	1,9	8,5
Especificações		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 11 - ARGILA ESMECTÍTICA SÓDICA INDUSTRIALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA, DRESCON, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35-A

ADITIVO SECUNDÁRIO	CONC %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	27,0	2,9	1,9	1,0	37,0	1,3	8,5
	4	30,0	9,5	5,0	4,5	25,0	1,8	8,5
	6	49,0	20,5	4,3	16,2	20,0	2,3	8,5
	8	>60,0	48,7	4,7	44,0	16,5	2,5	8,5
	10	>60,0	81,3	0,7	80,6	15,0	3,0	8,5
ESPERCENE 1g/l	2	26,0	2,0	1,5	0,5	34,0	1,2	8,5
	4	30,0	4,0	3,0	1,0	26,0	1,4	8,5
	6	32,0	8,8	5,0	3,8	21,0	1,8	8,5
	8	42,0	17,5	7,0	10,5	17,0	2,1	8,5
ESPERCENE 2g/l	2	26,0	2,0	1,5	0,5	25,0	1,0	8,5
	4	27,0	3,5	2,5	1,0	23,0	1,2	8,5
	6	32,0	7,8	5,0	2,8	19,0	1,3	8,5
	8	38,0	14,3	6,5	7,8	16,0	1,7	8,5
ESPERCENE 3g/l	2	26,0	1,8	1,5	0,3	39,0	0,9	8,5
	4	28,0	3,5	3,0	0,5	24,0	1,2	8,5
	6	30,0	6,5	4,5	2,0	19,0	1,3	8,5
	8	35,0	12,0	6,0	3,0	16,0	1,6	8,5
XP-20 4g/l	2	26,0	1,8	1,5	0,3	42,0	1,5	8,5
	4	28,0	3,3	1,5	1,8	31,0	1,5	8,5
	6	31,0	7,5	5,0	2,5	20,0	2,1	8,5
	8	40,0	15,0	6,5	8,5	36,0	2,6	8,5
XP-20 10g/l	2	25,0	2,0	2,0	0,0	48,0	1,3	8,5
	4	27,0	2,8	2,5	0,3	31,0	1,5	8,5
	6	30,0	4,8	4,0	0,8	24,0	1,9	8,5
	8	35,0	10,0	7,0	3,0	19,0	2,3	8,5
XP-20 16g/l	2	24,0	2,3	2,0	0,3	50,0	1,4	8,5
	4	27,0	2,8	2,5	0,3	25,0	1,7	8,5
	6	30,0	6,5	5,0	1,5	18,0	1,8	8,5
	8	34,0	7,5	6,5	2,0	15,0	1,9	8,5
CMC 0,5g / 21g	2	30,0	5,3	4,5	0,8	18,0	0,8	9,0
	4	50,0	19,0	11,0	8,0	20,0	1,2	9,0
	6	>60,0	48,0	22,0	26,0	14,0	1,5	9,0
	8	>60,0	112,0	34,0	78,0	12,0	2,0	9,0
CMC 1,0g / 21g	2	27,0	9,0	6,0	3,0	15,0	0,4	9,0
	4	>60,0	29,5	15,0	14,5	16,0	0,6	9,0
	6	>60,0	70,0	28,0	42,0	18,0	1,0	9,0
	8	>60,0	127,5	44,5	83,0	22,0	1,4	9,0
CMC 1,5g / 21g	2	37,0	13,3	9,0	4,3	21,0	0,7	9,0
	4	>60,0	37,0	20,0	17,0	15,0	1,1	9,0
	6	>60,0	137,0	99,0	38,0	12,0	1,7	9,0
	8	>60,0	*	*	*	9,0	1,9	9,0
Especificações		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 12 - ARGILA ESMECTÍTICA SÓDICA INDUSTRIALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA, NORDEL, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35-A

ADITIVO SECUNDÁRIO	CONC %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	27,0	4,5	3,0	1,5	29,0	1,0	8,0
	4	32,0	12,0	5,5	6,5	21,0	1,3	8,0
	6	55,0	24,5	3,0	21,5	14,0	1,9	8,0
	8	> 60,0	47,3	1,0	46,3	10,0	2,1	8,0
	10	> 60,0	86,7	1,5	85,2	12,5	2,5	8,0
ESPERCENE 1g/l	2	27,0	2,8	2,5	0,3	26,0	0,7	7,5
	4	30,0	7,8	4,0	3,8	18,0	1,2	7,5
	6	35,0	14,0	4,0	10,0	16,0	1,3	7,5
	8	51,0	25,0	5,0	20,0	14,0	2,0	7,5
ESPERCENE 2g/l	2	27,0	2,5	2,0	0,5	26,0	0,7	7,5
	4	29,0	5,5	4,0	1,5	18,0	1,1	7,5
	6	33,0	11,8	5,0	6,8	16,0	1,1	7,5
	8	47,0	25,5	6,0	19,5	14,0	1,3	7,5
ESPERCENE 3g/l	2	26,0	2,3	1,5	0,8	33,0	0,9	7,5
	4	28,0	4,5	3,0	1,5	17,0	0,9	7,5
	6	32,0	11,3	4,5	6,8	15,0	1,2	7,5
	8	38,0	18,5	5,0	13,5	13,0	1,4	7,5
XP-20 4g/l	2	27,0	2,5	2,0	0,5	31,0	0,9	8,0
	4	29,0	6,0	4,0	2,0	22,5	1,3	8,0
	6	36,0	14,5	5,0	9,5	18,0	1,2	8,0
	8	>60,0	25,3	2,0	3,3	11,0	1,6	8,0
XP-20 10g/l	2	26,0	2,5	2,0	0,5	31,0	1,0	8,0
	4	29,0	4,0	3,0	1,0	23,0	1,2	8,0
	6	32,0	9,0	5,0	4,0	18,0	1,6	8,0
	8	43,0	17,8	5,0	2,8	16,0	1,8	8,0
XP-20 16g/l	2	24,0	2,5	2,0	0,5	29,0	1,0	8,0
	4	28,0	3,0	2,5	0,5	22,0	1,3	8,0
	6	31,0	6,0	4,0	2,0	20,0	1,5	8,0
	8	36,0	11,3	7,0	4,3	14,0	1,5	8,0
CMC 0,5g / 21g	2	31,0	7,5	4,0	3,5	24,0	0,9	8,5
	4	>60,0	31,0	13,0	18,0	14,0	1,2	8,5
	6	>60,0	86,0	23,0	63,0	11,0	1,4	8,5
	8	>60,0	*	*	*	10,0	2,7	8,5
CMC 1,0g / 21g	2	34,0	10,5	7,0	3,5	21,0	1,0	8,5
	4	>60,0	40,3	18,5	21,3	12,0	1,3	8,5
	6	>60,0	78,0	26,0	52,0	10,0	1,6	8,5
	8	>60,0	*	*	*	9,0	1,8	8,5
CMC 1,5g / 21g	2	42,0	17,0	10,0	7,0	19,0	1,1	8,5
	4	>60,0	46,5	20,0	26,5	14,0	1,5	8,5
	6	>60,0	83,0	13,0	70,0	11,0	1,6	8,5
	8	>60,0	*	*	*	9,0	1,7	8,5
Especificações		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 r VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 13 - ARGILA ESMECTÍCA SÓDICA INDUSTRIALIZADA NO ESTADO DA PARAÍBA, BRASGEL, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35-A

As características da amostra *Viscogel* industrializada no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas na Tabela 8.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir chegando aos valores especificados na dispersão com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a aumentar nas concentrações de 6% e 8% e diminuir nas concentrações de 2% e 4% mantendo-se nos valores especificados nas concentrações de dispersões de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir atingindo valores menores que três vezes a viscosidade plástica em todas as concentrações de dispersões; o volume do filtrado oscila um pouco ficando fora da faixa especificada apenas na concentração de dispersão de 2% com concentração de aditivo de 3g/l; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada na concentração de dispersão 8% em massa de argila seca por massa de água; e o pH diminui um pouco de acordo com o aumento da concentração de aditivo.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir chegando aos valores especificados nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água nas concentrações de aditivo de 4g/l e 10g/l e na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água na concentração de aditivo de 16g/l e ficando fora dos valores especificados nas demais concentrações de dispersões; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados em todas as concentrações de dispersões; a viscosidade plástica tende a aumentar na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água mantendo-se nos valores

especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água ficando dentro dos valores especificados apenas na concentração de dispersão de 6% com concentração de aditivo de 4g/l; o limite de escoamento tende a diminuir se anulando em alguns casos e ficando sempre menor que 3xVP; o volume do filtrado sofre pequenas oscilações mantendo-se praticamente constante nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o "cake" diminui ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água nas concentrações de aditivo de 4g/l e 16g/l e na dispersão de concentração de 6% com concentração de aditivo de 10g/l; e o pH varia pouco.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar saindo da faixa especificada em nas concentrações de dispersões de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a aumentar mantendo-se nos valores especificados nas concentrações de dispersão de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a aumentar ficando com todos os valores dentro da faixa especificada; o limite de escoamento tende a aumentar ficando menor que 3xVP em praticamente todas as concentrações de dispersão com exceção da concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; o volume do filtrado tende a diminuir ficando fora da faixa especificada na concentração de dispersão 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1g/21g de argila seca; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada apenas na concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivos de 1g/21g e 1,5g/21g de argila seca e o pH se mantém constante.

As características da amostra *Betonisa* industrializada no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas na Tabela 9.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando na faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a aumentar na concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água mantendo-se dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir ficando sempre menor que 3xVP; o volume do filtrado tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o "cake" tende a diminuir ficando dentro dos valores especificados nas dispersões de concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; e o pH aumenta um pouco.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando na faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água, com exceção da concentração de aditivo de 16g/l onde a dispersão com concentração de 6% fica fora da faixa especificada; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando abaixo dos valores especificados em todas as concentrações de dispersões; a viscosidade plástica tende a aumentar na concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água atingindo os valores especificados nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir se anulando em alguns casos, mas ficando sempre inferior a 3xVP; o volume do filtrado sofre pequenas oscilações mantendo-se dentro da faixa especificada em

todas as concentrações de dispersões; o "cake" diminui para as concentrações de aditivo de 10g/l e 16g/l ficando dentro da faixa especificada nas concentrações de dispersões de 6% e 8% com concentração de aditivo de 10g/l e em todas as concentrações de dispersões tratadas com 16g/l do aditivo; e o pH aumenta um pouco.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar passando da faixa especificada apenas na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água que primitivamente estava abaixo das especificações; a viscosidade aparente tende a aumentar atingindo os valores especificados nas concentrações de dispersão acima de 2% em massa de argila seca por massa de água e tornando-se indeterminada nas dispersões de concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,0g/21g de argila seca e 1,5g/21g de argila seca; o limite de escoamento tende a aumentar continuando inferior ao valor especificado de 3xVP e torna-se indeterminado nas dispersões com concentração de aditivo de 1,0g/21g de argila seca e 1,5g/21g de argila seca; o volume do filtrado tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada em todas as concentrações de dispersões; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com exceção da concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca que ficou fora da faixa especificada e o pH aumenta um pouco.

As características da amostra *Sogel* industrializada no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas na Tabela 10.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando na faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em

massa de argila seca por massa de água e concentração de aditivo de 1g/l e nas dispersões de concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com as demais concentrações de aditivo; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica oscila um pouco mantendo-se dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir ficando maior que o valor máximo especificado nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 1g/l e 2g/l; o volume do filtrado tende a diminuir, no entanto a dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água continua fora da faixa especificada; o "cake" tende a diminuir ficando na faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1g/l e na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com as demais concentrações de aditivo; e o pH diminui.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir chegando aos valores especificados nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 4g/l e 10g/l e na dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 16g/l; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados; a viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água mantendo-se nos valores especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água ficando dentro dos valores especificados na concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir se anulando em alguns casos e ficando sempre menor que 3xVP; o volume do filtrado sofre pequenas

variações ficando fora da faixa especificada apenas na concentração de dispersão de 2% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 4g/l; o "cake" diminui ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 16g/l; e o pH diminui continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar ficando fora da faixa especificada em todas as concentrações de dispersões, com exceção da dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a aumentar atingindo valores especificados nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e concentração de 2% com concentração de aditivo de 0,5g/21g de argila seca, no entanto fica indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a aumentar ficando dentro dos valores especificados nas concentrações de dispersões de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e ficando indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a aumentar continuando menor que 3xVP nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água; o volume do filtrado tende a diminuir continuando dentro da faixa especificada; o "cake" tende a diminuir atingindo valores especificados nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água, nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 1,0g/21g e 1,5g/21g de argila seca e na dispersão com concentração de 4% em massa de argila seca por massa de água; e o pH diminui continuando dentro da faixa especificada.

As características da amostra *Drescon* industrializada no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas na Tabela 11.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir chegando na faixa especificada nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água e dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 2g/l e 3g/l quando tratada com concentração de aditivo de 3g/l; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica varia um pouco ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentração de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 1g/l e 3g/l e na dispersão com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 2g/l; o limite de escoamento tende a diminuir atingindo valores menores que 3xVP nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 3g/l; o volume do filtrado oscila um pouco ficando fora da faixa especificada apenas na dispersão de concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 3g/l em água; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão de concentração de 6% em massa de argila seca por massa de solução com concentração de aditivo de 1g/l d'água; e o pH aumenta um pouco.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando fora da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 4g/l e 16g/l e na dispersão com concentração de 8% em massa de argila por massa de água com concentração de aditivo de 10g/l d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados em todas as concentrações de dispersões; a

viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água ficando dentro dos valores especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água ficando abaixo dos valores especificados; o limite de escoamento tende a diminuir ficando dentro do limite especificado em todas as concentrações de dispersão; o volume do filtrado sofre pequenas oscilações mantendo-se na faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água, aumentando e ficando fora dos valores especificados na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água; o "cake" diminui ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e nas dispersões com concentrações de 4% e 6% com concentração de aditivo de 10g/l; e o pH aumenta um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar ficando fora da faixa especificada em quase todas as concentrações de dispersões, com exceção a dispersão de concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a aumentar ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água aditivada com 1,5g de aditivo/21g de argila, tornando-se indeterminada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a aumentar continuando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e ficando indeterminada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a aumentar ficando menor que 3xVP nas dispersões de concentração de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de solução e nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por

massa de solução com concentrações de aditivo de 1,0g/21g e 1,5g/21g de argila seca e ficando indeterminada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; o volume do filtrado tende a diminuir ficando fora da faixa especificada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água aditivada com 1,5g de aditivo/21g de argila; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; e o pH aumenta um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As características da amostra *Norgel* industrializada no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas na Tabela 12.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão com concentração de 4% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1g/l d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando dentro dos valores especificados apenas na dispersão com concentrações de 8% em massa de argila seca por massa de água aditivadas com 1g/l de aditivo em água; a viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água ficando dentro dos valores especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água ficando fora dos valores especificados; o limite de escoamento tende a diminuir atingindo os valores especificados em todas as concentrações de dispersões; o volume do filtrado oscila um pouco ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 2g/l d'água; o "cake" tende a diminuir ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com

concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água aditivada com 1g/l de aditivo em água; e o pH se mantém constante.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados em todas as concentrações de dispersões; a viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água ficando dentro dos valores especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir ficando menor que 3xVP em todas as concentrações de dispersão; o volume do filtrado tende a aumentar ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% em massa de argila seca por massa de água, na dispersão de 4% em massa de argila seca por massa de água quando aditivada com 16g/l do aditivo em água e nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água quando aditivadas com 10g/l e 16g/l do aditivo em água; o "cake" tende a diminuir na maioria das dispersões ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; e o pH se mantém constante.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar ficando fora da faixa especificada nas dispersões de concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a aumentar ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água, na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 0,5g/21g e 1,0g/21g de argila seca e tornando-se indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com

concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; a viscosidade plástica tende a aumentar mantendo-se dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água, na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 0,5g/21g e 1,0g/21g de argila seca e ficando indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; o limite de escoamento tende a aumentar ficando sempre com valores inferiores a 3xVP e ficando indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; o volume do filtrado tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada em todas as concentrações de dispersão; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 0,5g/21g e 1,5g/21g de argila seca; e o pH aumenta um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As características da amostra *Brasgel* industrializada no estado da Paraíba com utilização dos aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC, estão contidas na Tabela 13.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água, na dispersão com concentração de 4% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1g/l d'água e nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivos de 2g/l e 3g/l d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando fora dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 2%, 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a diminuir nas dispersões de concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água e a

aumentar nas dispersões de concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água ficando dentro dos valores especificados nessas ultimas e nas dispersões com concentrações de 4% com concentrações de aditivo de 1g/l e 2g/l d'água; o limite de escoamento tende a diminuir ficando com valores maiores que 3xVP na concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1g/l d'água; o volume do filtrado tende a diminuir nas concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água e aumentar nas concentrações de dispersão de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água ficando fora da faixa especificada na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1g/l d'água; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada apenas na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e concentração de aditivo de 4g/l d'água; e o pH diminui um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água e nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 10g/l e 16g/l d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e concentrações de aditivo de 4g/l e 10g/l d'água; a viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água mantendo-se dentro dos valores especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água ficando abaixo dos valores especificados; o limite de escoamento tende a diminuir ficando com valores menores que 3xVP em todos os casos; o volume do filtrado aumenta um pouco ficando fora da faixa especificada na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água e concentração de aditivo de 4g/l d'água; o "cake" diminui ficando dentro da

faixa especificada nas dispersões com concentrações de 8% em massa de argila seca por massa de água e nas dispersões com 6% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 10g/l e 16g/l d'água; e o pH fica constante.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a aumentar ficando dentro dos valores especificados nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão com concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 0,5g/21g de argila seca e também ficou indeterminada nas dispersões com concentrações de 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade plástica tende a aumentar mantendo-se nos valores especificados nas dispersões de concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa de água e ficando indeterminadas nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir atingindo valores maiores que 3xVP na dispersão com concentração 6% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,0g/21g de argila seca e ficando indeterminadas nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; o volume do filtrado tende a diminuir ficando fora da faixa especificada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 1,0g/21g e 1,5g/21g de argila seca; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada na dispersão com concentração de 4% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g, nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivos de 1,0g/21g e 1,5g/21g e nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água; e o pH aumenta um pouco continuando dentro da faixa especificada.

Estes resultados mostram que o Espercene e o XP-20 reduzem a viscosidade e controlam o filtrado enquanto que o CMC aumenta a viscosidade e reduz o "cake".

4. EFEITO DOS ADITIVOS ESPERCENE, XP-20 E CMC NAS ARGILAS ESMECTÍICAS NATURAIS, EXTRAÍDAS DAS JAZIDAS DE BRAVO - MUNICÍPIO DE BOA VISTA - PB, TRATADA COM O ADITIVO PRIMÁRIO, CARBONATO DE SÓDIO NA PROPORÇÃO DE 150MEQ/100G DE ARGILA SECA

As características reológicas das amostras esmectíicas naturais, cores *verde* e *bofe* extraídas das jazidas de Bravo - Município de Boa Vista - PB, tratada com o aditivo primário, carbonato de sódio nas proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de argila seca e com os aditivos secundários, Espercene, XP-20 e CMC estão contidas nas Tabelas 14 e 15.

ADITIVO SECUNDÁRIO	Conc. %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	32,0	9,0	2,5	6,5	36,0	0,9	9,5
	4	36,0	32,8	3,5	29,3	22,5	1,3	9,5
	6	52,8	33,1	4,5	28,6	18,0	1,5	9,5
	8	> 60,0	38,8	3,2	25,6	14,3	1,9	9,5
	10	> 60,0	85,5	2,0	83,5	13,0	2,0	9,5
ESPERCENE 1g/l	2	29,0	5,8	3,5	2,3	45,0	0,6	10,0
	4	30,5	9,5	4,0	5,5	16,0	0,7	10,0
	6	40,0	18,5	4,0	14,5	15,0	1,2	10,0
	8	>60,0	26,0	2,0	24,0	13,0	1,7	10,0
ESPERCENE 2g/L	2	28,0	4,5	2,5	2,0	31,0	0,3	10,0
	4	28,0	5,0	4,0	1,0	17,0	0,7	10,0
	6	32,5	10,0	4,0	6,0	14,0	0,7	10,0
	8	37,0	13,0	4,0	9,0	12,0	1,0	10,0
ESPERCENE 3g/l	2	28,0	3,8	3,5	0,3	41,0	0,5	10,0
	4	31,0	9,0	4,0	5,0	15,0	1,1	10,0
	6	28,0	4,5	3,0	1,5	17,0	0,8	10,0
	8	34,5	12,5	5,0	7,5	12,0	1,0	10,0
XP-20 4g/l	2	27,0	2,0	2,0	0,0	26,0	0,9	9,0
	4	28,0	3,5	3,0	0,5	22,0	1,1	9,0
	6	31,0	6,3	5,5	0,8	18,0	1,2	9,0
	8	39,0	12,5	7,0	5,5	14,0	1,4	9,0
XP-20 10g/l	2	26,0	2,0	2,0	0,0	24,0	1,1	9,0
	4	28,0	3,0	3,0	0,0	20,0	1,3	9,0
	6	30,0	4,8	4,5	0,3	16,0	1,5	9,0
	8	33,0	8,3	6,5	1,8	15,0	1,6	9,0
XP-20 16g/l	2	26,0	2,0	2,0	0,0	23,0	1,0	9,0
	4	26,0	3,0	3,0	0,0	21,0	1,2	9,0
	6	29,0	4,0	4,0	0,0	16,0	1,5	9,0
	8	31,0	7,0	6,5	0,5	15,0	2,0	9,0
CMC 0,5g / 21g	2	45,0	30,0	17,0	13,0	22,0	0,5	10,0
	4	>60,0	31,8	8,0	23,8	15,0	0,9	10,0
	6	>60,0	65,0	8,0	57,0	11,0	1,0	10,0
	8	>60,0	97,5	38,0	59,5	10,0	1,0	10,0
CMC 1,0g / 21g	2	>60,0	28,0	24,0	4,0	9,0	1,2	10,0
	4	>60,0	33,5	9,0	24,5	15,0	0,9	10,0
	6	>60,0	69,0	15,0	54,0	10,0	1,0	10,0
	8	>60,0	92,5	17,0	75,5	9,0	1,0	10,0
CMC 1,5g / 21g	2	>60,0	23,0	7,5	15,5	25,0	0,3	10,0
	4	>60,0	42,5	21,0	21,5	14,0	0,9	10,0
	6	>60,0	83,5	14,0	69,5	9,0	1,0	10,0
	8	>60,0	*	*	*	8,0	1,3	10,0
Especificações		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 14 - ARGILA ESMECTÍTICA NATURAL COR VERDE, EXTRAÍDA DA JAZIDA DE BRAVO - MUNICÍPIO DE BOA VISTA - PB, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC E COM O ADITIVO PRIMÁRIO, CARBONATO DE SÓDIO NA PROPORÇÃO DE 150MEQ/100G DE ARGILA SECA

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35A

ADITIVO SECUNDÁRIO	Conc. %	V.M. s	V.A. cP	V.P. cP	L.E. g/100cm ²	V.F. ml	CAKE mm	pH
S/ ADITIVO SECUNDÁRIO	2	30,0	6,8	3,5	3,3	32,0	0,7	10,0
	4	33,0	12,0	3,0	9,0	28,0	1,0	10,0
	6	38,0	15,8	2,5	13,3	24,0	1,2	10,0
	8	52,5	33,0	9,5	13,5	19,0	1,5	10,0
	10	> 60,0	38,5	3,3	35,2	15,0	1,9	10,0
ESPERCENE 1g/l	2	28,0	3,3	2,5	0,8	31,0	0,6	9,5
	4	29,0	4,8	3,0	1,8	21,0	1,0	9,5
	6	34,0	11,0	7,5	3,5	19,0	1,3	9,5
	8	38,0	14,8	5,0	9,8	17,0	1,5	9,5
ESPERCENE 2g/L	2	27,0	2,5	2,0	0,5	30,0	0,4	9,5
	4	30,0	6,5	4,0	2,5	22,0	0,8	9,5
	6	32,0	9,3	4,0	5,3	18,0	1,1	9,5
	8	36,0	13,3	4,5	8,8	15,0	1,5	9,5
ESPERCENE 3g/l	2	27,0	2,3	1,5	0,8	28,0	0,5	9,5
	4	29,0	4,3	3,0	1,3	20,0	0,8	9,5
	6	30,0	7,3	4,5	2,8	17,0	1,1	9,5
	8	34,0	12,0	4,0	8,0	13,0	1,4	9,5
XP-20 4g/l	2	28,0	3,8	3,5	0,3	29,0	0,8	9,5
	4	31,0	9,0	4,0	5,0	24,0	1,0	9,5
	6	34,0	10,5	3,0	7,0	19,0	1,1	9,5
	8	45,0	12,5	5,0	7,5	16,0	1,3	9,5
XP-20 10g/l	2	27,0	2,0	2,0	0,0	24,0	1,1	9,5
	4	28,0	3,5	3,0	0,5	20,0	1,3	9,5
	6	31,0	6,3	5,5	0,8	16,0	1,5	9,5
	8	39,0	12,5	7,0	5,5	15,0	1,6	9,5
XP-20 16g/l	2	27,0	2,0	2,0	0,0	26,0	0,9	9,5
	4	28,0	3,0	3,0	0,0	22,0	1,1	9,5
	6	31,0	5,0	4,5	0,5	18,0	1,2	9,5
	8	33,0	8,0	6,5	1,5	14,0	1,4	9,5
CMC 0,5g / 21g	2	34,0	9,3	5,5	3,8	26,0	0,3	9,5
	4	>60,0	40,5	6,5	34,0	20,0	0,8	9,5
	6	>60,0	59,5	13,0	46,5	15,0	1,1	9,5
	8	>60,0	101,0	16,0	85,0	12,0	1,6	9,5
CMC 1,0g / 21g	2	39,0	12,5	8,0	4,5	24,0	0,6	9,5
	4	>60,0	43,0	19,0	24,0	14,0	1,2	9,5
	6	>60,0	80,0	27,0	53,0	11,0	1,4	9,5
	8	>60,0	104,5	16,0	88,5	10,0	1,8	9,5
CMC 1,5g / 21g	2	42,0	17,0	10,0	7,0	19,0	1,1	9,5
	4	>60,0	36,5	18,0	18,5	12,0	1,3	9,5
	6	>60,0	78,0	26,0	52,0	10,0	1,6	9,5
	8	>60,0	*	*	*	8,0	1,8	9,5
ESPECIFICAÇÕES		30 a 50	> 15,0	> 4,0	< 3 x VP	10 a 30	1,5a2,5	6,5a10,5

TABELA 15 - ARGILA ESMECTITICA NATURAL COR BOFE, EXTRAÍDAS DAS JAZIDAS DE BRAVO - MUNICÍPIO DE BOA VISTA - PB, TRATADA COM ADITIVO SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC E COM O ADITIVO PRIMÁRIO, CARBONATO DE SÓDIO NA PROPORÇÃO DE 150MEQ/100G DE ARGILA SECA

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35A

As características reológicas da amostra *verde* natural tratada com aditivos primário e secundários estão contidos na Tabela 14.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada na dispersão com 4% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 1g/l d'água, nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa d'água com concentrações de aditivo 1g/l e 2g/l e nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentrações de aditivo de 2g/l e 3g/l d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando dentro do limite especificado nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água aditivadas com 1g/l de aditivo em água; a viscosidade plástica tende a aumentar ficando abaixo do limite mínimo especificado; o limite de escoamento tende a diminuir ficando menor que 3xVP na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 1g/l; o volume do filtrado tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões de concentração de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e concentração de aditivo de 1g/l d'água; e o pH aumenta um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 4g/l e 10g/l d'água e na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 16g/l d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando abaixo do limite mínimo especificado em todas as concentrações de dispersões; a viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água

atingindo valores superiores ao mínimo especificado e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água ficando abaixo do limite mínimo especificado; o limite de escoamento tende a diminuir se anulando em alguns casos e ficando menor que 3xVP em todas as dispersões; o volume do filtrado tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada; o "cake" diminui ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com concentrações de aditivo de 10g/l e 16g/l d'água; e o pH diminui um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar ficando dentro da faixa especificada na dispersão de concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 0,5g/21g de argila; a viscosidade aparente tende a aumentar atingindo valores especificados nas dispersões com concentrações de 2%, 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água com exceção da dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca que ficou indeterminada; a viscosidade plástica tende a aumentar, ficando indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca, enquanto as demais dispersões ficaram de acordo com as especificações; o limite de escoamento tende a aumentar ficando indeterminado na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca e ficando maior que 3xVP nas dispersões com concentração de 6% em massa de argila seca por massa, na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo 1,0g/21g de argila seca; o volume do filtrado tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de aditivo de 0,5g/21g de argila seca, nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de

aditivo de 1,0/21g de argila seca e nas dispersões com concentrações de 2% e 6% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; o "cake" tende a diminuir ficando fora da faixa especificada em todas as concentrações de dispersão; e o pH aumenta um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As características reológicas da amostra *bofe* natural tratada com aditivos primário e secundários estão contidos na Tabela 15.

As características reológicas das dispersões tratadas com Espercene apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando abaixo do limite mínimo especificado em todas as dispersões; a viscosidade plástica é variável, no entanto apresenta melhores resultados para as dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água; o limite de escoamento tende a diminuir ficando menor que 3xVP em todas as concentrações de dispersão; o volume do filtrado diminui ficando dentro da faixa especificada em todas as concentração de dispersões; o "cake" tende a diminuir ficando dentro dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e concentração de aditivo de 1g/l e 2g/l d'água; e o pH diminui um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com XP-20 apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a diminuir dentro da faixa especificada na dispersão com concentração de 4% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 4g/l d'água e nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa d'água; a viscosidade aparente tende a diminuir ficando abaixo do limite mínimo especificado em todas as concentrações de dispersões; a viscosidade plástica tende a aumentar nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa

de água atingindo valores especificados e a diminuir nas dispersões com concentrações de 2% e 4% em massa de argila seca por massa de água ficando abaixo do limite mínimo especificado; o limite de escoamento tende a diminuir ficando menor que $3xVP$ em todas as concentrações de dispersão; o volume do filtrado diminui um pouco ficando dentro da faixa especificada em todas as concentrações de dispersões; o "cake" diminui ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentrações de 6% e 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 10g/l; e o pH diminui um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As dispersões tratadas com CMC apresentam as seguintes mudanças: a viscosidade Marsh tende a aumentar ficando dentro da faixa especificada na dispersão de concentração de 2% em massa de argila seca por massa de água; a viscosidade aparente tende a aumentar tornando-se indeterminada nas dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca e ficando de acordo com os limites especificados nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentrações de aditivo de 0,5g/21g e 1,0g/21g de argila seca e nas dispersões com concentrações de 4% e 6% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; a viscosidade plástica tende a aumentar ficando indeterminada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca e ficando dentro do limite especificado nas demais dispersões; o limite de escoamento tende a aumentar ficando indeterminado e ficando maior que $3xVP$ nas dispersões com concentrações de 4%, 6% e 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 0,5g/21g de argila seca e na dispersão de concentração de 8% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 1,0g/21g de argila seca; o volume do filtrado tende a diminuir ficando fora da faixa especificada na dispersão com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água com

concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; o "cake" tende a diminuir ficando dentro da faixa especificada nas dispersões com concentração de 8% em massa de argila seca por massa de água e na dispersão com concentração de 6% em massa de argila seca por massa d'água com concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila seca; e o pH diminui um pouco continuando dentro da faixa especificada.

As amostras naturais tratadas com carbonato de sódio na proporção de 150meq/100g de argila seca que inicialmente eram floculadas gel, deixaram de ser quando tratadas com os aditivos Espercene e XP-20, o mesmo não ocorreu quando do uso do aditivo CMC.

5. EFEITO DAS CONCENTRAÇÕES DE ADITIVOS SECUNDÁRIOS, ESPERCENE, XP-20 E CMC, NA REOLOGIA DAS ARGILAS ESMECTÍICAS INDUSTRIALIZADAS NO ESTADO DA PARAÍBA

Os resultados do efeito das concentrações do aditivo secundário, Espercene, na reologia das argilas esmectíicas industrializadas no estado da Paraíba estão contidos nas Tabelas 16 a 22.

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	23,0	28,0	27,0	27,0	26,0	27,0
	4	29,0	29,0	30,0	29,0	30,0	30,0
	6	36,0	34,0	35,0	35,0	32,0	35,0
	8	56,0	48,5	>60,0	>60,0	42,0	51,0
2g/l	2	28,0	26,0	27,0	27,0	26,0	27,0
	4	29,0	29,0	29,0	29,0	27,0	29,0
	6	38,0	33,0	34,0	33,0	32,0	33,0
	8	56,0	39,0	>60,0	42,0	38,0	47,0
3g/l	2	27,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
	4	29,0	28,0	29,0	27,0	28,0	28,0
	6	32,0	38,0	33,0	31,0	30,0	32,0
	8	44,0	43,0	>60,0	37,0	35,0	38,0

Tabela 16 - Efeito da Concentração do Espercene na Viscosidade Marsh (s).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	2,3	2,3	2,5	2,5	2,0	2,8
	4	5,5	4,75	7,5	6,3	4,0	7,8
	6	12,0	9,8	12,5	14,8	8,8	14,0
	8	23,0	23,3	28,5	28,3	17,5	25,0
2g/l	2	2,3	2,3	2,5	2,3	2,0	2,5
	4	5,5	4,5	5,5	5,5	3,5	5,5
	6	10,0	9,4	12,5	11,8	7,8	11,8
	8	20,0	16,0	27,0	20,5	14,3	25,5
3g/l	2	2,0	2,3	2,0	2,3	1,8	2,3
	4	4,8	4,0	6,3	4,5	3,5	4,5
	6	9,5	8,3	11,0	9,5	6,5	11,3
	8	20,0	18,0	22,5	17,8	12,0	18,5

Tabela 17 - Efeito da Concentração do Espercena na Viscosidade Aparente (cP).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	2,0	2,0	2,5	2,0	1,5	2,5
	4	4,0	3,5	5,0	4,0	3,0	4,0
	6	7,0	4,5	5,0	6,5	5,0	4,0
	8	8,0	9,0	5,0	4,5	7,0	5,0
2g/l	2	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0
	4	4,0	3,5	3,0	3,5	2,5	4,0
	6	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0
	8	6,5	7,0	4,0	3,5	6,5	6,0
3g/l	2	2,0	2,0	2,0	1,6	1,5	1,5
	4	3,5	3,0	4,5	4,0	3,0	3,0
	6	6,0	5,5	5,0	5,0	4,5	4,5
	8	8,0	7,0	7,0	6,5	6,0	5,0

Tabela 18 - Efeito da Concentração do Espercena na Viscosidade Plástica (cP).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	0,3	0,3	0,0	0,5	0,5	0,3
	4	1,5	1,3	2,5	2,3	1,0	3,8
	6	5,0	5,3	7,5	8,3	3,8	10,0
	8	15,0	14,3	23,5	23,8	10,5	20,0
2g/l	2	0,3	0,3	0,5	0,8	0,5	0,5
	4	1,5	1,0	2,5	2,0	1,0	1,5
	6	4,8	3,8	7,5	6,8	2,8	6,8
	8	13,5	9,0	23,0	17,0	7,8	19,5
3g/l	2	0,0	0,3	0,0	0,7	0,3	0,8
	4	1,3	1,0	1,8	0,5	0,5	1,5
	6	3,5	2,8	6,0	4,5	2,0	6,8
	8	12,0	11,0	15,5	9,3	3,0	13,5

Tabela 19 - Efeito da Concentração do Espercena no Limite de Escoamento (g/100cm²).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	28,0	34,0	32,0	28,0	34,0	26,0
	4	22,0	20,0	21,0	21,0	26,0	18,0
	6	17,0	16,0	18,0	18,0	21,0	16,0
	8	14,0	14,0	15,0	15,0	17,0	14,0
2g/l	2	30,0	33,0	32,0	29,0	25,0	26,0
	4	20,0	21,0	18,0	22,0	23,0	18,0
	6	17,0	17,0	16,0	17,0	19,0	16,0
	8	15,0	14,0	13,0	14,0	16,0	14,0
3g/l	2	32,0	31,0	32,0	32,0	39,0	33,0
	4	23,0	21,0	20,0	22,0	24,0	17,0
	6	16,0	17,0	16,0	17,0	19,0	15,0
	8	13,0	12,0	13,0	14,0	16,0	13,0

Tabela 20 - Efeito da Concentração do Espercene no Volume do Filtrado (ml).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	0,6	0,6	0,4	0,9	1,2	0,7
	4	1,0	1,1	1,7	1,1	1,4	1,2
	6	1,3	1,2	1,9	1,7	1,8	1,3
	8	1,5	1,7	2,3	1,9	2,1	2,0
2g/l	2	0,5	0,8	0,4	0,8	1,0	0,7
	4	1,0	1,1	1,0	1,1	1,2	1,1
	6	1,0	1,4	1,2	1,3	1,3	1,1
	8	1,5	1,7	1,9	1,6	1,7	1,3
3g/l	2	0,8	0,9	0,4	0,8	0,9	0,9
	4	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	0,9
	6	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2
	8	1,5	1,5	1,7	1,5	1,6	1,4

Tabela 21 - Efeito da Concentração do Espercene no "Cake"(mm)

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	9,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	4	9,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	6	9,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	8	9,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
2g/l	2	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	4	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	6	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	8	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
3g/l	2	8,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	4	8,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	6	8,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5
	8	8,0	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5

Tabela 22 - Efeito da Concentração do Espercene no pH

Observando as variações da *viscosidade Marsh* contidas na Tabela 16, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores da viscosidade Marsh das dispersões diminuem com o aumento da concentração de aditivo para quase todas as amostras industrializadas, com exceção da amostra *Viscogel* que apresenta aumento na concentração de aditivo de 2g/l d'água em relação a concentração de aditivo de 1g/l d'água.

Observando as variações da *viscosidade aparente* contidas na Tabela 17, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores da viscosidade aparente das dispersões diminuem com o aumento da concentração de aditivo para todas as amostras industrializadas.

Observando as variações da *viscosidade plástica* contidas na Tabela 18, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores da viscosidade plástica das dispersões variam um pouco aleatoriamente para todas as amostras industrializadas.

Observando as variações do *limite de escoamento* contidas na Tabela 19, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores do limite de escoamento das dispersões diminuem com o aumento da concentração de aditivo para quase todas as amostras industrializadas.

Observando as variações do *Volume do filtrado* contidas na Tabela 20, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores do volume do filtrado das dispersões variam pouco e aleatoriamente, com o aumento das concentrações de aditivo, para todas as amostras industrializadas.

Observando as variações do *"cake"* contidas na Tabela 21, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores do *"cake"* das dispersões variam pouco e aleatoriamente, com o aumento das concentrações de aditivo, para todas as amostras industrializadas.

Observando as variações do *pH* contidas na Tabela 22, quando aditivadas com o Espercene, notamos que os valores do *pH* das dispersões variam pouco e aleatoriamente, com o aumento das concentrações de aditivo, para todas as amostras industrializadas.

O aditivo secundário, Espercene, tem efeito redutor bem definido na viscosidade Marsh, viscosidade aparente e limite de escoamento. Em todos esses casos o efeito aumenta com o aumento da concentração do aditivo.

Os resultados do efeito das concentrações do aditivo secundários, XP-20, na reologia das argilas esmectíticas industrializadas no estado da Paraíba estão contidos nas Tabelas 23 a 29.

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
4g/l	2	27,0	27,0	27,0	27,0	26,0	27,0
	4	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	29,0
	6	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	36,0
	8	39,0	39,0	38,0	37,0	40,0	>60,0
10g/l	2	27,0	27,0	28,0	27,0	25,0	26,0
	4	28,0	28,0	28,0	28,0	27,0	29,0
	6	30,0	30,0	30,0	29,0	30,0	32,0
	8	32,0	33,0	33,0	32,0	35,0	43,0
16g/l	2	26,0	26,0	18,0	27,0	24,0	24,0
	4	27,0	26,0	25,0	29,0	27,0	28,0
	6	28,0	29,0	29,0	31,0	30,0	31,0
	8	31,0	31,0	32,0	38,0	34,0	36,0

Tabela 23 - Efeito da Concentração do XP-20 na Viscosidade Marsh (s).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
4g/l	2	2,0	2,5	2,0	2,3	1,8	2,5
	4	3,8	3,5	3,5	3,8	3,3	6,0
	6	7,0	6,3	7,0	7,5	7,5	14,5
	8	13,0	12,5	13,5	13,3	15,0	25,3
10g/l	2	1,8	2,0	2,0	2,3	2,0	2,5
	4	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	4,0
	6	4,0	4,8	4,5	4,8	4,8	9,0
	8	7,3	8,3	8,0	8,3	10,0	17,8
16g/l	2	1,8	2,0	2,5	2,3	2,3	2,5
	4	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0
	6	3,5	4,0	4,3	7,3	6,5	6,0
	8	5,5	7,0	7,0	13,8	7,5	11,3

Tabela 24 - Efeito da Concentração do XP-20 na Viscosidade Aparente (cP).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
4g/l	2	1,5	2,0	2,0	2,0	1,5	2,0
	4	2,5	3,0	3,0	3,5	1,5	4,0
	6	5,0	5,5	4,0	5,0	5,0	5,0
	8	7,0	7,0	6,0	6,5	6,5	2,0
10g/l	2	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	4	2,5	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
	6	3,5	4,5	4,0	4,5	4,0	5,0
	8	6,5	6,5	6,0	6,5	7,0	5,0
16g/l	2	1,8	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0
	4	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5
	6	3,0	4,0	4,0	5,5	5,0	4,0
	8	5,5	6,5	6,0	6,5	6,5	7,0

Tabela 25 - Efeito da Concentração do XP-20 na Viscosidade Plástica (cP).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
4g/l	2	0,5	0,5	0,0	0,3	0,3	0,5
	4	0,8	0,5	0,5	0,3	1,8	2,0
	6	2,0	0,8	3,0	2,5	2,5	9,5
	8	6,0	5,5	7,5	5,8	8,5	23,3
10g/l	2	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5
	4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0
	6	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	4,0
	8	0,8	1,8	2,0	1,8	3,0	2,8
16g/l	2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,5
	4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,5
	6	0,5	0,0	0,3	1,8	1,5	2,0
	8	0,3	0,5	1,0	7,3	2,0	4,3

Tabela 26 - Efeito da Concentração do XP-20 no Limite de Escoamento (g/100cm²).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
4g/l	2	44,0	28,0	32,0	36,0	42,0	31,0
	4	22,0	22,0	24,0	23,0	31,0	22,5
	6	19,0	18,0	19,0	18,0	20,0	18,0
	8	14,0	14,0	16,0	16,0	36,0	11,0
10g/l	2	46,0	27,0	25,0	37,0	48,0	31,0
	4	25,0	20,0	21,0	20,0	31,0	23,0
	6	20,0	16,0	16,0	17,0	24,0	18,0
	8	16,0	15,0	17,0	16,0	19,0	16,0
16g/l	2	40,0	26,0	20,0	32,0	50,0	29,0
	4	20,0	21,0	18,0	21,0	25,0	22,0
	6	18,0	16,0	16,0	20,0	18,0	20,0
	8	15,0	15,0	14,0	16,0	15,0	14,0

Tabela 27 - Efeito da Concentração do XP-20 no Volume do Filtrado (ml).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
4g/l	2	0,7	0,8	0,8	1,0	1,5	0,9
	4	1,2	1,1	1,2	1,1	1,5	1,3
	6	1,6	1,2	1,2	1,3	2,1	1,2
	8	1,8	1,4	1,5	1,7	2,6	1,6
10g/l	2	0,9	1,1	0,9	1,0	1,3	1,0
	4	1,0	1,3	1,3	1,2	1,5	1,2
	6	1,3	1,5	1,3	1,3	1,9	1,6
	8	1,5	1,5	1,5	1,6	2,3	1,8
16g/l	2	0,8	1,6	0,9	1,3	1,4	1,0
	4	1,3	1,8	1,3	1,5	1,7	1,3
	6	1,6	2,0	1,6	1,7	1,8	1,5
	8	1,7	2,5	1,7	1,9	1,9	1,5

Tabela 28 - Efeito da Concentração do XP-20 no "Cake"(mm).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	9,5	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	4	9,5	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	6	9,5	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	8	9,5	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
2g/l	2	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	4	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	6	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	8	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
3g/l	2	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	4	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	6	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0
	8	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,0

Tabela 29 - Efeito da Concentração do XP-20 no pH

Observando as variações da *viscosidade Marsh* contidas na Tabela 23, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores da viscosidade Marsh das dispersões diminuem com o aumento da concentração de aditivo para quase todas as amostras industrializadas, com exceção da amostra Drescon que apresenta aumento na concentração de aditivo de 3g/l d'água em relação as demais concentrações de aditivo.

Observando as variações da *viscosidade aparente* contidas na Tabela 24, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores da viscosidade aparente das dispersões diminuem com o aumento da concentração de aditivo para quase todas as amostras industrializadas, com exceção da amostra Drescon que apresenta aumento na concentração de aditivo de 3g/l d'água em relação as demais concentrações de aditivo.

Observando as variações da *viscosidade plástica* contidas na Tabela 25, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores da viscosidade plástica das dispersões variam pouco predominando a diminuição com o aumento da concentração de aditivo.

Observando as variações do *limite de escoamento* contidas na Tabela 26, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores do limite de escoamento das dispersões diminuem com o aumento da concentração de aditivo para quase todas as amostras industrializadas, com exceção da amostra Drescon com concentração de aditivo de 16g/l d'água.

Observando as variações do *volume do filtrado* contidas na Tabela 27, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores do volume do filtrado das dispersões variam pouco predominando sua diminuição com o aumento das concentrações de aditivo, para quase todas as amostras industrializadas com exceção da amostra Viscogel com concentração de aditivo de 16g/l que aumenta em relação a concentração de aditivo de 10g/l, mas apresenta redução em relação a concentração de aditivo de 4g/l.

Observando as variações do "cake" contidas na Tabela 28, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores do "cake" das dispersões variam pouco, predominando seu aumento com o aumento das concentrações de aditivo, para quase todas as amostras industrializadas com exceção das amostras Viscogel e Norgel com concentração de aditivo de 10g/l que diminui em relação a concentração de aditivo de 4g/l.

Observando as variações do pH contidas na Tabela 29, quando aditivadas com o XP-20, notamos que os valores do pH das dispersões não variam com o aumento das concentrações de aditivo, para todas as amostras industrializadas.

O aditivo secundário, XP-20, tem efeito redutor bem definido na viscosidade Marsh, viscosidade aparente, limite de escoamento e volume do filtrado, como também, aumenta a espessura do "cake". Em todos esses casos o efeito aumenta com o aumento da concentração do aditivo.

Os resultados do efeito das concentrações do aditivo secundários, CMC, na reologia das argilas esmectíticas industrializadas no estado da Paraíba estão contidos nas Tabelas 30 a 36.

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
0,5g/21g	2	33,0	31,0	32,0	31,0	30,0	31,0
	4	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	50,0	>60,0
	6	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
	8	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
1,0g/21g	2	35,0	37,0	34,0	33,0	27,0	34,0
	4	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
	6	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
	8	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
1,5g/21g	2	34,0	37,0	40,0	38,0	37,0	42,0
	4	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
	6	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0
	8	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0	>60,0

Tabela 30 - Efeito da Concentração do CMC na Viscosidade Marsh (s).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
0,5g/21g	2	10,3	7,8	9,0	7,5	5,3	7,5
	4	25,0	25,5	25,0	21,8	19,0	31,0
	6	67,5	50,0	82,5	81,5	48,0	86,0
	8	*	136,0	*	*	112,0	*
1,0g/21g	2	12,5	14,5	10,0	9,5	9,0	10,5
	4	33,5	35,5	34,3	31,8	29,5	40,3
	6	74,0	86,5	84,0	68,5	70,0	78,0
	8	147,5	*	*	*	127,5	*
1,5g/21g	2	11,5	14,5	17,0	15,8	13,3	17,0
	4	44,0	44,0	44,0	39,5	37,0	46,5
	6	95,5	100,0	85,0	100,0	137,0	83,0
	8	145,0	*	*	*	*	*

Tabela 31 - Efeito da Concentração do CMC na Viscosidade Aparente (cP).

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35A

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
0,5g/21g	2	7,0	5,5	6,0	5,0	4,5	4,0
	4	12,0	12,0	11,0	10,0	11,0	13,0
	6	25,0	18,0	13,0	20,0	22,0	23,0
	8	*	40,0	*	*	34,0	*
1,0g/21g	2	8,0	9,5	6,5	6,5	6,0	7,0
	4	16,0	16,0	16,0	15,5	15,0	18,5
	6	27,0	31,0	20,0	22,0	28,0	26,0
	8	41,0	*	*	*	44,5	*
1,5g/21g	2	7,0	3,0	12,0	10,5	9,0	10,0
	4	20,0	21,0	21,0	19,0	20,0	20,0
	6	36,0	40,0	36,0	38,0	39,0	33,0
	8	16,0	*	*	*	*	*

Tabela 32 - Efeito da Concentração do CMC na Viscosidade Plástica (cP).

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35A

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
0,5g/21g	2	3,3	2,3	3,0	2,5	0,8	3,5
	4	13,0	13,5	14,0	11,8	8,0	18,0
	6	42,5	32,0	69,5	61,5	26,0	63,0
	8	*	96,0	*	*	78,0	*
1,0g/21g	2	4,5	5,0	3,5	3,0	3,0	3,5
	4	17,5	19,5	18,5	16,3	14,5	21,3
	6	47,0	55,5	61,5	46,5	42,0	52,0
	8	106,0	*	*	*	83,0	*
1,5g/21g	2	4,5	21,0	5,0	5,3	4,3	7,0
	4	24,0	23,0	23,0	20,5	17,0	26,5
	6	59,5	60,0	69,0	62,0	38,0	70,0
	8	129,0	*	*	*	*	*

Tabela 33 - Efeito da Concentração do CMC no Limite de Escoamento (g/100cm²).

* IMPOSSIBILIDADE DE LEITURA NO FANN 35A

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
0,5g/21g	2	22,5	23,0	24,0	24,0	18,0	24,0
	4	17,0	15,0	18,0	17,0	20,0	14,0
	6	12,0	14,0	15,0	12,0	14,0	11,0
	8	10,0	10,5	13,0	12,0	12,0	10,0
1,0g/21g	2	22,0	21,0	24,0	21,0	15,0	21,0
	4	16,0	15,0	17,0	16,0	16,0	12,0
	6	11,0	11,0	14,0	11,0	18,0	10,0
	8	9,0	11,0	11,0	11,0	22,0	9,0
1,5g/21g	2	21,0	21,0	22,0	20,0	21,0	19,0
	4	14,0	15,0	15,0	14,0	15,0	14,0
	6	12,0	11,0	13,0	10,0	12,0	11,0
	8	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0

Tabela 34 - Efeito da Concentração do CMC no Volume do Filtrado (ml).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
0,5g/21g	2	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9
	4	1,2	1,3	1,1	1,1	1,2	1,2
	6	1,3	1,6	1,3	1,7	1,5	1,4
	8	1,4	2,1	1,8	1,7	2,0	2,7
1,0g/21g	2	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	1,0
	4	1,3	1,1	1,4	1,1	0,6	1,3
	6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,0	1,6
	8	1,6	1,7	1,8	1,7	1,4	1,8
1,5g/21g	2	0,9	1,0	0,9	1,0	0,7	1,1
	4	1,1	1,2	1,7	1,3	1,1	1,5
	6	1,2	1,3	1,7	1,7	1,7	1,6
	8	2,0	1,5	1,9	1,9	1,9	1,7

Tabela 35 - Efeito da Concentração do CMC no "Cake"(mm).

CONC. DE ADITIVO	CONC.	VISCOGEL	BETONISA	SOGEL	DRESCON	NORGEL	BRASGEL
1g/l	2	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	4	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	6	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	8	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
2g/l	2	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	4	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	6	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	8	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
3g/l	2	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	4	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	6	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5
	8	9,0	9,0	9,0	8,5	9,0	8,5

Tabela 36 - Efeito da Concentração do CMC no pH

Observando as variações da *viscosidade Marsh* contidas na Tabela 30, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores da viscosidade Marsh das dispersões aumentam com o aumento da concentração de aditivo para quase todas as amostras industrializadas, com exceção da amostra Viscogel que apresenta redução na concentração de aditivo de 1,5g/21g de argila em relação a concentração de aditivo de 1,0g/21g de argila e da amostra Drescon que apresenta redução na concentração de aditivo de 1,0g/21g de argila em relação a concentração de aditivo de 0,5g/21g de argila.

Observando as variações da *viscosidade aparente* contidas na Tabela 31, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores da viscosidade aparente das dispersões aumentam com o aumento da concentração de aditivo para todas as amostras industrializadas, chegando a ficar indeterminada nas dispersões de concentração de 8% em massa de argila em água.

Observando as variações da *viscosidade plástica* contidas na Tabela 32, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores da viscosidade plástica das dispersões aumentam com o aumento da concentração de aditivo para todas as amostras industrializadas.

Observando as variações do *limite de escoamento* contidas na Tabela 33, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores do limite de escoamento das dispersões aumentam com o aumento da concentração de aditivo para todas as amostras industrializadas atingindo valores elevados. Valores elevados de viscosidade aparente indicam que a dispersão é floculada gel.

Observando as variações do *volume do filtrado* contidas na Tabela 34, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores do volume do filtrado das dispersões variam pouco predominando sua diminuição com o aumento das concentrações de aditivo, para todas as amostras industrializadas.

Observando as variações do "cake" contidas na Tabela 35, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores do "cake" das dispersões variam pouco predominando seu aumento com o aumento das concentrações de aditivo.

Observando as variações do *pH* contidas na Tabela 36, quando aditivadas com o CMC, notamos que os valores do *pH* das dispersões não variam com o aumento das concentrações de aditivo, para todas as amostras industrializadas.

O aditivo secundário, CMC, tem efeito de espessante bem definido na viscosidade Marsh, viscosidade aparente, limite de escoamento e espessura do "cake", como também, diminui o volume do filtrado. Em todos esses casos o efeito aumenta com o aumento da concentração do aditivo.

6. CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS ENTRE A VISCOSIDADE MARSH E A LEITURA A 600 RPM, LEITURA A 300 RPM, VISCOSIDADE APARENTE, VISCOSIDADE PLÁSTICA E LIMITE DE ESCOAMENTO

Os resultados das correlações estatísticas entre a viscosidade Marsh e a leitura a 600 rpm, leitura a 300 rpm, viscosidade aparente, viscosidade plástica e limite de escoamento estão contido na Tabela 37.

	Linear	Logarítmica	Exponencial	Potencial
VM x L600	$Y = 23,71 + 0,50X$	$Y = 15,84 + \ln 6,22X$	$Y = 2,96 X^{0,19}$	$Y = 3,20e^{0,01X}$
Coef. de Correl.	0,93179	0,82282	0,85576	0,92655
Nível de Signif.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VM x L300	$Y = 24,94 + 0,56X$	$Y = 20,62 + \ln 5,13X$	$Y = 3,10X^{0,16}$	$Y = 3,24e^{0,02x}$
Coef. de Correl.	0,94102	0,82378	0,85565	0,92412
Nível de Signif.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VM x VA	$Y = 23,78 + 1,01 X$	$Y = 20,24 + \ln 6,17X$	$Y = 3,09X^{0,19}$	$Y = 3,21e^{0,03x}$
Coef. de Correl.	0,93105	0,82050	0,85345	0,92615
Nível de Signif.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VM x VP	$Y = 23,20 + 1,89 X$	$Y = 22,21 + \ln 6,50X$	$Y = 3,14X^{0,21}$	$Y = 3,17e^{0,06x}$
Coef. de Correl.	0,52654	0,52991	0,59165	0,58883
Nível de Signif.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VM x LE	$Y = 26,63 + 1,23 X$	$Y = 29,10 + \ln 2,97X$	$Y = 3,36X^{0,09}$	$Y = 3,29e^{0,03x}$
Coef. de Correl.	0,93600	0,72555	0,74349	0,90578
Nível de Signif.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabela 37 - Correlações Estatísticas entre a Viscosidade Obtida no Viscosímetro de escoamento Marsh (VM) e os Seguintes Dados Obtidos pelo Viscosímetro Fann-35: Leitura a 600rpm (L600), Leitura a 300rpm (L300), Viscosidade Aparente (VA), Viscosidade Plástica (VP) e LIMITE DE ESCOAMENTO (LP).

Observando as correlações entre a viscosidade Marsh e leitura a 600rpm verificamos que o ajustamento linear apresenta coeficiente de correlação igual a 0,93179 e nível de significância igual a 0,00%, fornecendo a seguinte equação: $Y=23,71120+0,50483X$. Apesar de menor o coeficiente de correlação do ajustamento potencial é muito bom enquanto que os ajustamentos logarítmico e exponencial são menores que 0,86000.

O ajustamento linear da correlação entre a viscosidade Marsh e leitura a 300rpm também apresenta melhor coeficiente de correlação de valor igual a 0,94102 e nível de significância igual a 0,00%, fornecendo a seguinte equação: $Y=24,94224+0,56246X$. O coeficiente de correlação do ajustamento potencial é muito bom, porém menor enquanto que os ajustamentos logarítmico e exponencial são menores que 0,86000.

Nas correlações entre a viscosidade Marsh e viscosidade aparente, o ajustamento linear apresenta coeficiente de correlação igual a 0,93105 e nível de significância igual a 0,00%, fornecendo a seguinte equação: $Y=23,77820+1,00607X$. O coeficiente de correlação do ajustamento potencial é pouco menor enquanto que os ajustamentos logarítmico e exponencial são menores que 0,86000.

Observando as correlações entre a viscosidade Marsh e viscosidade plástica verificamos que nenhuma das correlações apresentam resultados satisfatórios, todas possuem coeficiente de correlação menor que 0,60000 criando uma limitação ao viscosímetro Marsh.

Nas correlações entre a viscosidade Marsh e limite de escoamento, o ajustamento linear apresenta coeficiente de correlação igual a 0,93600 e nível de significância igual a 0,00%, fornecendo a seguinte equação: $Y=26,62838+1,22785X$. O coeficiente de correlação do ajustamento potencial é pouco menor enquanto que os ajustamentos logarítmico e exponencial são menores que 0,75000.

Estes resultados mostram que os dados reológicos, viscosidade aparente, viscosidade plástica e limite de escoamento, tradicionalmente obtidos pelo viscosímetro Fann 35-A podem ser calculados através das equações obtidas neste trabalho utilizando os resultados do viscosímetro Marsh, sugerindo o cálculo da viscosidade Marsh a partir de dados do viscosímetro Fann-35A.

VI. CONCLUSÕES

Tendo em vista o reduzido número de estudos sobre argilas esmectíticas sódicas para serem utilizadas na construção de paredes diafragma, um estudo mais amplo de suas características tornou-se necessário. Este trabalho, então, relaciona características reológicas que a lama deve possuir para ser utilizada nessas construções de paredes diafragma; estuda seis amostras de argilas esmectíticas sódicas industrializadas no estado da Paraíba e duas amostras de esmectitas policatiônicas transformadas em sódicas em laboratório; estuda a influência dos aditivos - Espercene XP-20 e carboximetilcelulose nessas amostras; e correlaciona os dados obtidos pelo viscosímetro de escoamento Marsh com os dados obtidos viscosímetro rotacional Fann 35-A.

1 - A medida das propriedades reológicas são suficientes para avaliar a qualidade de uma lama de argila esmectítica para ser utilizada na confecção de paredes diafragma.

2 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas industrializadas no estado da Paraíba, sem utilização de aditivos secundários, conclui-se que para a concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água as amostras *Viscogel*, *Betonisa*, *Sogel*, *Drescon* e *Norgel* apresentam comportamento satisfatório frente a normalização relacionada. A viscosidade Marsh da amostra *Brasgel* foi a única característica que ficou fora dos valores especificados, enquanto que as demais características possuem valores dentro da faixa especificada na concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água.

3 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas naturais, extraídas da jazida de Bravo - Município de Boa vista - PB, tratadas com o aditivo primário, carbonato de sódio nas proporções de 50meq/100g, 100meq/100g, 150meq/100g de argila seca, conclui-se que nenhuma das dispersões continha todos os resultados dentro da faixa especificada e que as dispersões tratadas com concentrações de 100meq/100g e 150meq/100g de argila seca tornaram-se floculadas gel por apresentarem elevados valores de viscosidade aparente e baixos valores de viscosidade plástica.

4 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas industrializadas no estado da Paraíba, aditivadas com o Espercene, conclui-se que todas as características das amostras com concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água e da amostra da *Betonisa* com concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água, todas com concentração de aditivo igual a 3g/l d'água apresentam-se dentro da faixa especificada. Conclui-se também que o Espercene tem efeito redutor, bem definido, na viscosidade Marsh, viscosidade aparente e limite de escoamento e que o efeito redutor é proporcional ao aumento da concentração.

5 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas industrializadas no estado da Paraíba, aditivadas com o XP-20, conclui-se que: as amostras *Betonisa*, *Drescon* e *Brasgel* não continham todos os resultados

dentro da faixa especificada, a característica que mais ficou fora da faixa especificada foi a viscosidade aparente por apresentar baixos valores; a amostra *Viscogel* com concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água apresenta-se dentro das especificações; a amostra *Sogel* com concentração de dispersão de 8% em massa de argila seca por massa de água para todas as concentrações de aditivo e com concentração de dispersão de 6% em massa de argila seca por massa de água para concentração de aditivo de 16g/l d'água apresentam-se dentro da faixa especificada; a amostra *Norgel* com concentrações de dispersão de 6% e 8% em massa de argila seca por massa de água para todas as concentrações de aditivo apresentam-se dentro da faixa especificada. Conclui-se também que o XP-20 tem efeito redutor, bem definido, na viscosidade Marsh, viscosidade aparente, limite de escoamento e volume do filtrado, como também, aumenta a espessura do "cake" e que o efeito redutor é proporcional ao aumento da concentração.

6 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas industrializadas no estado da Paraíba, aditivadas com o CMC, conclui-se que nenhuma das amostras continham todos os resultados dentro da faixa especificada, as características que ficaram fora das faixas especificadas foram a viscosidade Marsh que apresentou valores muito elevados e o "cake" que apresentou valores inferiores a faixa especificada. Conclui-se também que o CMC tem efeito espessante, bem definido, na viscosidade Marsh e viscosidade aparente proporcional ao aumento da concentração do aditivo, aumenta o limite de escoamento e reduz o volume do filtrado proporcional ao aumento da concentração do aditivo e reduz a espessura do "cake" inversamente proporcional ao aumento da concentração do aditivo.

7 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas naturais, extraídas da jazida de Bravo - Município de Boa vista - PB, tratadas com o aditivo primário, carbonato de sódio nas proporções de 150meq/100g e aditivadas com o Espercene, nenhuma das amostras continham todos os resultados dentro da faixa especificada, a característica que ficou fora da faixa

especificada foi a viscosidade aparente. Conclui-se também que o Espercene tem efeito redutor, bem definido, na viscosidade Marsh, viscosidade aparente e limite de escoamento e que o efeito redutor é proporcional ao aumento da concentração.

8 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas naturais, extraídas da jazida de Bravo - Município de Boa vista - PB, tratadas com o aditivo primário, carbonato de sódio nas proporções de 150meq/100g e aditivadas com o XP-20, nenhuma das amostras continham todos os resultados dentro das faixas especificadas, as características que ficaram fora das faixas especificadas foram a viscosidade Marsh e aparente. Conclui-se também que o XP-20 tem efeito redutor, bem definido, na viscosidade Marsh, viscosidade aparente, limite de escoamento e volume do filtrado, como também, aumenta a espessura do "cake" e que o efeito redutor é proporcional ao aumento da concentração.

9 - Analisando os resultados das amostras de argilas esmectíticas naturais, extraídas da jazida de Bravo - Município de Boa vista - PB, tratadas com o aditivo primário, carbonato de sódio nas proporções de 150meq/100g e aditivadas com o CMC, conclui-se que nenhuma das amostras continham todos os resultados dentro das faixas especificadas, as características que ficaram fora das faixas especificadas foram a viscosidade Marsh que apresentou valores muito elevados e o "cake" que apresentou valores inferiores a faixa especificada. Conclui-se também que o CMC tem efeito espessante, bem definido, na viscosidade Marsh e viscosidade aparente proporcional ao aumento da concentração do aditivo, aumenta o limite de escoamento e reduz o volume do filtrado proporcional ao aumento da concentração do aditivo e reduz a espessura do "cake" inversamente proporcional ao aumento da concentração do aditivo.

10 - Na tentativa de estabelecer um guia prático para utilização de aditivos para alterar características reológicas de lamas de argilas esmectíticas para serem utilizadas na construção de paredes diafragma, conclui-se que: para diminuir a viscosidade Marsh aconselha-se utilizar o XP-20 em concentrações de 4g/l e para aumentá-la aconselha-se utilizar o CMC em concentrações de 0,5g/21g de argila seca; para diminuir a viscosidade aparente aconselha-se utilizar o espercene em concentrações de 1g/l e para aumentá-la aconselha-se utilizar o CMC em concentrações de 0,5g/21g de argila seca; para diminuir a viscosidade plástica aconselha-se utilizar o CMC em concentrações de 0,5g/21g argila; para diminuir o limite de escoamento aconselha-se utilizar o XP-20 em concentrações de 4g/l e para aumentá-lo aconselha-se utilizar o CMC em concentrações de 0,5g/21g de argila seca; para diminuir o volume do filtrado aconselha-se utilizar o CMC em concentrações de 0,5g/21g de argila seca; para diminuir a espessura do "cake" pode-se utilizar qualquer um dos três aditivos na primeira faixa de concentração de aditivos; o pH é praticamente inalterável a presença de aditivos; e se duas ou mais propriedades necessitam ser alteradas, faz-se necessário um estudo mais detalhado devido a interferência dos aditivos de forma inesperada.

11 - Analisando as correlações estatísticas entre a viscosidade Marsh e a leitura a 600 rpm, leitura a 300 rpm, viscosidade aparente, viscosidade plástica e limite de escoamento, conclui-se que a viscosidade aparente e o limite de escoamento, tradicionalmente obtidos pelo viscosímetro Fann 35-A, podem ser calculados através das equações de ajustamento linear obtidas neste trabalho, e que a viscosidade plástica pode ser obtida através das equações de ajustamento linear entre a viscosidade Marsh e a leitura a 600 rpm e a leitura a 300 rpm.

De forma resumida, observa-se que o uso do viscosímetro do tipo Marsh é insuficiente para uma caracterização adequada da reologia das lamas esmectíticas.

O uso de aditivos secundários tem efeito marcante na reologia dessas lamas, devendo sua escolha ser efetuada a partir de um estudo das especificações de cada caso.

A partir do estudo estatístico, verifica-se a possibilidade de sanar as deficiências do viscosímetro Marsh devendo, contudo, ser efetuado um estudo mais amplo, envolvendo maior número de amostras.

VII. SUGESTÕES

- 1 -Verificar o efeito da diálise nas amostras de argilas esmectíticas estudadas, visando a eliminação de cátions flocculantes existente no sistema.
- 2 -Estudar o efeito de concentrações mais baixas do aditivo secundário, carboximetilcelulose - CMC, na reologia das amostras esmectíticas estudadas.
- 3 -Ampliar o estudo para outros tipos de argilas esmectíticas das ocorrências do Município de Boa Vista - PB.
- 4 -Aplicar a sistemática contida neste trabalho a um caso prático, visando observar o comportamento das especificações propostas.
- 5 -Incluir, como aditivos secundários, outros tipos de carboximetilcelulose (CMC).

- 6 -Estudar a aplicação de argilas esmectíticas sódicas na construção de paredes diafragma plástica de solo-esmectita.
- 7 -Estudar a aplicação de argilas esmectíticas sódicas na construção de paredes diafragma plástica de cimento-esmectita.

VII. BIBLIOGRAFIA

ACCIOLY, C. V. e FERREIRA, H. C., (1991) - Caracterização Reológica de Argilas Esmectíticas Sódicas para Uso como Fluido na Construção de Paredes Diafragma, Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Cerâmica e III Ibero Americano de Cerâmica, Vidro e Refratário, Belo Horizonte - MG.

ACCIOLY, C. V. e FERREIRA, H. C., (1992) - Efeito de Aditivos Industriais na Reologia de Lamas Esmectíticas para Confecção de Paredes Diafragma, Anais do 36º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Caxambu - MG.

AMERICAN COLLOID COMPANY, (1971) -, Volclay its uses in Slurry Trenching and Diaphragm Wall Construction Projects, 5100 Sufiffle Court, Stoke, Illinois 60076, No 260.

ASSUNÇÃO, L. M. C. e FERREIRA, H. C., (1979) - Influência da Concentração, Velocidade e Tempo de Agitação nas Propriedades Reológicas de Dispersões de Montmorilonitas Industrializadas no Estado da Paraíba, Cerâmica 30 (114), 165.

BARBOSA, M. L., QUEIROZ, M. F. V., e FERREIRA, H. C., (1984) - Estudo de Algumas Propriedades Reológicas Após Cura Em Câmara Úmida e Climatizada de Duas Argilas Esmectíticas da Localidade de Bravo, Distrito de Boa Vista, Campina Grande - PB, Cerâmica 30 (170), 39.

BOYES, R. G. H., (1969) - Bentonite in Construction, Contract J., vol. 232, No 4722, pp 865-866, December 25.

CARVALHO, L. H., (1984) - Curso de Barragem de Terra com Vistas ao Nordeste Brasileiro, Vol. II, Fortaleza - CE.

D'APPOLONIA, D. J., (1980) - Soil-Bentonite Slurry Trench Cutoffs, J. Geotechn. Engng. div., Proc. ASCE 106 (1980) No GT4, pp 399- 417.

DIAZ, F. R. V., SOUZA SANTOS, P. e FERREIRA, H. C., (1986) - Estudos em Escala de Laboratório, Visando Corrigir a Viscosidade Plástica Dilatante de Esmectitas de Cor Verde-Lodo, Boa Vista, Campina Grande - PB, Cerâmica 32 (203), 319.

HENRIQUES, J.L.P., (1993) - Abordagem Sobre a Construção, Instrumentação e Operação das Paredes Diafragma do Sistema de Barragens Gramame / Mamuaba, Dissertação de Mestrado, UFPB, Campina Grande - PB.

IMASAVA, F. J. e SOUZA SANTOS, P., (1991) - Interação entre Aditivos Orgânicos Industriais e de Esmeclita Sódica de Boa Vista, Campina Grande, Paraíba. Trabalho Apresentado no 35º Congresso Brasileiro de Cerâmica em Belo Horizonte.

JEFFERIS, S. A., (1981) - Bentonite - Cement Slurries for Hydraulic Cut-Offs. Proc. 10th. Intern. Conf. on Soil Mech. and Found. Engng., Stockholm, June, pp 435-440.

KIMINAMI, R. H. G. A., MACHADO, E. C. C. e FERREIRA, H.C., (1984) - Influência do Envelhecimento das Argilas para Fluidos de Perfuração de Poços de Petróleo Industrializadas no Estado da Paraíba, Cerâmica 30 (178) 297

MACHADO, J.V.C., (1984) -Reologia de Fluidos: Aplicação na Engenharia de Petróleo. Petrobrás- Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello, Divisão de Ensino da Bahia, Salvador.

MARCHESIN, A. e SANTOS, M. J. C., (1979) - Escritório Técnico de JC de Figueiredo Ferraz Ltda., Ciclo de Palestras Sobre Paredes Diafragmas, Cap. 1, Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro.

MILLET, R. A. e PEREZ, J. Y., (1981) - Curent USA Pratices: Slurry Wall Specifications. J. Geotechn. Engr. Div., Proc. ASCE, vol107, N°GT8, agosto, pp 1041-1059.

-
- NASH, K. L., (1974)** - Diaphragm Wall Construction Tecniques, J. Constr. div., Proc. ASCE, Vol. 100, No CO4, (1974), pp 605-620.
- SILVA NETO, M., (1979)** - Concremat - Engenharia e Tecnologia S.A., Ciclo de Palestras Sobre Paredes Diafragmas, Cap. 2, Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro.
- SOUZA SANTOS, P., (1989)** - Ciência e Tecnologia de Argilas, Vol. 2, Ed. Edgard Blucher Ltda.
- PEDROSO, M. A. C., MACHADO, E. C. C. e FERREIRA, H.C., (1990)** - Uso de Controladores de Viscosidade para Correção de Propriedades Reológicas de Argilas Esmectitas Sódicas para Fluidos de Perfuração, Anais do 9º CBCIMAT, Águas de São Pedro, SP, pp 660-663, dez.
- PEDROSO, M. A. C., MACHADO, E. C. C. e FERREIRA, H.C., (1989)** - Uso de Redutores de Viscosidades para Correção de Propriedades Reológicas de Esmectitas Sódicas - Resultados Preliminares, Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Cerâmica, Serra Negra - SP.
- PESSOA, L. T. G. e FILHO, A. L. B., (1991)** - Carboximetilcelulose - Correlações entre Estrutura Molecular e Propriedades Reológicas em Sistemas Aquosos, Anais do I Congresso Brasileiro de Polímeros, São Paulo - SP, 1991, pp (545 -551).
- PETROBRÁS (1984)** - Argila Ativada Para Fluido de Perfuração à Base de Água Doce (especificação), N-1398c.

PETROBRÁS (1978) - Argila Ativada Água Doce. EE-78.

PETROBRÁS (1988) - Ensaio de Argila Ativada Para Fluido de Perfuração à Base de Água Doce (método)., N-1446e.

PIASKOWSKI, S. e KOWALEWSKI, Z., (1965) - Application of Thixotropic Clay Suspensions for Stability of Vertical Sides of Deep Trenches Without Strutting, Proc. 6th. Intern. Conf. on Soil Mech. and Found. Engng. Montreal.

TRESSOLDI, M. e NUSKE, M., (1979) - Difragmas Plásticos na Barragem de Terra da Margem Direita da UHE Tucuruí, Estudo de Lamas para Escavação de Painés - THEMAG Eng. Ltda.

ZANDONADI, A. R., (1972) - Estudos Tecnológicos de Argilas Nontroníticas Brasileiras. Tese de Doutorado, IQ-USP, São Paulo.