



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Brenner Machado Amorim

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE UM FILTRO GRANULAR COM E SEM GEOTÊXTIL NÃO TECIDO

Palmas – TO

2019

Brenner Machado Amorim
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE UM FILTRO GRANULAR COM E SEM
GEOTÊXTIL NÃO TECIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Kênia Parente Lopes Mendonça.

Palmas – TO

2019

Brenner Machado Amorim
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE UM FILTRO GRANULAR COM E SEM
GEOTÊXTIL NÃO TECIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Kênia Parente Lopes Mendonça.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Kênia Parente Lopes Mendonça

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Dr. Jacqueline Henrique

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Prof. M.Sc. Jocélio Cabral Mendonça

Avaliador

Faculdade Católica do Tocantins

Palmas – TO

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo à minha família, eles que foram o meu alicerce nessa jornada. Ao meu pai Eduardo Silva Amorim e minha mãe, Elinete Barnabé Machado, por estarem sempre ao meu lado, cobrando e parabenizando cada conquista e apoiando a cada queda.

Aos meus amigos e professores que, em suas palavras, sempre transmitiam a confiança e motivação para continuar em frente.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me iluminar, proteger e guiar o meu caminho. Acredito que minhas vitórias foram obtidas por intermédio de algo maior de tudo que é terreno.

Agradeço aos meus pais, Eduardo Silva Amorim e minha mãe, Elinete Barnabé Machado, por todo o apoio concedido e por acreditarem em mim. Eles serão sempre um exemplo de luta, trabalho, esforço e dedicação, um exemplo que irei espelhar.

Agradecimento em especial à minha orientadora, Professora Kênia Parente Lopes Mendonça, pela compreensão, paciência e dedicação em contribuir para o meu conhecimento, mesmo quando eu mesmo não acreditei.

Agradeço aos meus amigos e colegas de faculdade pelo companheirismo e disponibilidade para me auxiliar em vários momentos.

*“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso,
mas o que ele se torna com isso”*

John Ruskin

RESUMO

AMORIM, Brenner Machado. **Estudo do comportamento de um filtro granular com e sem geotêxtil não tecido**. 2019. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Nas últimas décadas, vem aumentando a procura pela utilização de materiais sintéticos em substituição aos convencionais, na engenharia geotécnica, pelo seu bom desempenho e custo benefício. Os sistemas de drenagem e filtração são parte importante de diversas obras de engenharia geotécnica, como por exemplo, barragens, aterros sanitários, rodovias, etc, pois garantem o alívio de pressões de água dentro dos maciços, auxiliam no controle de erosão e na coleta de gases e líquidos contaminados.

Recentemente ocorreram tragédias envolvendo obras geotécnicas, onde alguns dos fatores causadores foram falhas na filtração e drenagem interna, evidenciando o importante papel desses sistemas na área. Apresentando as considerações que devem ser feitas no uso de filtros sintéticos, discutindo os mecanismos de filtração, as propriedades relevantes dos geotêxteis, partindo do princípio que os geossintéticos exercem um importante papel nas obras de geotecnia, aumentando tanto na qualidade da obra empregada, quanto em sua vida útil, podendo mostrar assim alguns dos perigos com a falta de filtração ou sua má execução em uma obra geotécnica.

Palavras-chave: Drenagem, Filtro, Geotecnia, Geossintético, Geotêxtil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Exemplo de Geomembrana.....	18
Figura 02 – Exemplo de Geogrelha.....	19
Figura 03 – Exemplo de Geonet (georrede)	19
Figura 04 – Exemplo de Geotubos.....	20
Figura 05 – Exemplo de Geocomposto (geogrelha com geotêxtil não tecido)	20
Figura 06 – Exemplo de Geotêxtil tecido.....	21
Figura 07 – Exemplo de Geotêxtil não tecido.....	21
Figura 08 – Mecanismos de colmatção física em filtros de geotêxtil não tecido.	23
Figura 09 – Sistema a ser utilizada no ensaio.....	24
Figura 10 – Curva Granulométrica.....	26
Figura 11 – Amostra de Geotêxtil não tecido.....	27
Figura 12 – Camadas de Seixo, Geotêxtil e areia.....	28
Figura 13 – Camada de solo.....	29
Figura 14 – Camadas do Sistema.....	29
Figura 15 – Sistema Montado.....	29
Figura 16 – Após 1 minuto de ensaio.....	30
Figura 17 – Após 3 minutos de ensaio.....	30
Figura 18 – Após 3 minutos de ensaio.....	31
Figura 19 – Após 5 minutos de ensaio.....	31
Figura 20 – Altura de coluna de água após o vazamento.....	32
Figura 21 – Após 9 minutos de ensaio.....	32
Figura 22 – Após o sistema desligado.....	33
Figura 23 – Face do geotêxtil em contato com o seixo.....	34
Figura 24 – Face do geotêxtil em contato com areia.....	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. SOLO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO.....	13
2.1.1. Granulometria dos Solos.....	13
2.2. FILTRAÇÃO	15
2.2.1. Considerações iniciais.....	15
2.2.1.1. Filtro Granular	16
2.2.2 Filtros com mantas	17
2.3. GEOSSINTÉTICOS	17
2.3.1. Definição	17
2.3.2. Histórico.....	18
2.3.3. Tipos de geossintéticos.....	18
2.3.4. Geotêxtil.....	21
2.3.4.1. Colmatação em Geotêxteis	22
3. METODOLOGIA	24
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	24
3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	25
3.2.2. CARACTERIZAÇÃO DO GEOTÊXTIL.....	26
3.2.3. REALIZAÇÃO DO ENSAIO	28
4. RESULTADOS	34
5. CONCLUSÃO.....	36
BIBLIOGRAFIA	37

1. INTRODUÇÃO

Nas três últimas décadas, vem se espalhando a utilização de materiais sintéticos em substituição aos convencionais, na engenharia geotécnica. O bom desempenho dos materiais sintéticos no sistema, a economia e facilidade de execução que eles propiciam, fazem com que cada vez mais, eles sejam empregados.

Os sistemas de drenagem e filtração são parte importante de diversas obras de engenharia geotécnica, como por exemplo, barragens, aterros sanitários, rodovias, pois garantem o alívio de pressões de água dentro dos maciços, auxiliam no controle de erosão e na coleta de gases e líquidos contaminados.

A NBR 12552/203 define filtração como a “retenção de solo e outras partículas, permitindo a passagem livre do fluido em movimento”. Já a definição de drenagem é a “coleta e condução de um fluido pelo corpo de um geotêxtil ou material correlato”.

No âmbito geral, este trabalho almeja-se apresentar as considerações que devem ser feitas no dimensionamento de filtros sintéticos, discutindo os mecanismos de filtração, as propriedades relevantes dos geotêxteis, partindo do princípio que os geossintéticos exercem um importante papel nas obras de geotecnia, aumentando tanto na qualidade da obra empregada, quanto em sua vida útil, podendo mostrar assim alguns dos perigos com a falta de filtração ou sua má execução em uma obra geotécnica.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Considerando um ensaio de filtro granular convencional com a utilização de geotêxtil não tecido, como se dispõe as partículas de solo após a percolação da água pelo filtro?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o comportamento dos finos e do geotêxtil não tecido em ensaio, com filtro granular após a percolação da água pelo mesmo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudo granulométrico do solo a ser utilizado no filtro;
- Especificar o geotêxtil utilizado no ensaio;
- Realizar um ensaio em caixa acrílica para melhor visualização;
- Analisar o comportamento dos filtros com e sem o geotêxtil utilizado.

1.3 JUSTIFICATIVA

A disseminação do uso de geossintéticos em geotecnia vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, tendo em vista que possuem uma gama de tipos e propriedades que podem ser empregadas em diferentes funções. Uma das principais funções do geotêxtil não tecido é a filtração, possuindo um papel muito importante na vida útil, qualidade e segurança da obra em questão.

Em obras de contenção de solos, se não for bem observado e executado a drenagem, a água infiltrada pode levar a estrutura a um colapso total, podendo colocar em risco vidas humanas. Com o uso de geotêxtil e diversos outros geossintéticos, a drenagem em obras geotécnicas se tornaram muito mais eficazes, tanto com a qualidade da obra em si, quanto na otimização do tempo de execução da mesma, tornando o custo-benefício elevado e fazendo com que cada vez mais, as empresas optem por utilizar os geossintéticos.

Com o estudo proposto neste trabalho, almeja-se apontar as características que fazem diferença no dimensionamento de um filtro utilizando geotêxtil, mostrando a importância deste material e difundindo-o nas obras geotécnicas em geral.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SOLO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Quando se fala em trabalhar com solos, imediatamente nos vêm à mente suas características exclusivas: descontinuidades, grandes variações granulométricas, baixa resistência à tração/cisalhamento, grande variação de permeabilidade, elevadas deformabilidades, altos graus de erodibilidade etc. Exatamente por essas características, as obras de engenharia no último século procuram sempre por sítios mais nobres, por solos homogêneos, mais resistentes, isentos da presença de água, pouco deformáveis e pouco erodíveis, mesmo que isso representasse maior custo (VERTEMATTI, 2015).

Segundo Caputo (1987), o próprio solo é diretamente usado em obras de aterros, barragens, pavimentos de rodovias e aeroportos. Em casos assim, o solo deve satisfazer determinadas exigências requeridas pelas especificações próprias da obra. Quando tal não ocorrer, deve-se submetê-lo a um tratamento adequado, para que então venha a conseguir as características e propriedades que permitam sua implantação. Em qualquer situação, o objetivo é o aumento de resistência do solo, o que se consegue atuando no ângulo de atrito interno ou na coesão, ou em ambos.

Os projetos de barragens de terra devem sempre contemplar sistemas internos de controle de percolação, consagrando na prática de projetos a adoção de aterros com sistemas de filtros capazes de prevenir o surgimento de água na face do talude de jusante e controlar o fluxo e as poropressões no maciço e fundação.

O uso de filtros é também fundamental para o controle da erosão interna em barragens, sendo destacado por Fell et al. (2015) que, se os filtros não funcionarem adequadamente, maior será a probabilidade de desenvolvimento da erosão interna, o que poderá induzir a ruptura da barragem.

2.1.1. Granulometria dos Solos

Sabemos que em um grão de solo podemos encontrar diversas partículas de tamanhos variados envolvendo este. Através da análise granulométrica podemos separar estas partículas e determinar suas dimensões.

O ensaio de análise granulométrica de solos é formalizado pela NBR – 7181/16 esta idealiza uma análise constituída da combinação de dois ensaios: granulometria por

peneiramento e por sedimentação. Esta análise consiste na determinação das porcentagens, em peso, das diferentes frações constituintes da fase sólida do solo, onde as partículas maiores que 0.075 mm (peneira nº 200 ASTM) deverão a partir de uma amostra de solo ser peneirada em uma série de peneiras padronizadas, seguindo da pesagem do material retido em cada peneira, calculando-se os percentuais passantes nesta DNIT (2006).

O produto final de todo o procedimento descrito na NBR – 7181/16 é uma curva granulométrica, onde podemos observar a predominância das dimensões dos grãos em uma amostra de solo, o que para uma análise específica para a utilização deste material.

Pinto (2006) classifica os solos de acordo com os seguintes diâmetros:

- Diâmetro Efetivo (D10 ou D60): É o diâmetro equivalente a 10% em peso total de todas as partículas menores que ele. O valor de D10 nos dá uma das informações que irá precisar para o cálculo da permeabilidade, utilizado no dimensionamento de filtros e drenos.
- D30 e D60: diâmetros equivalentes a 30% e 60% em peso total das partículas menores que eles.
- Grau de Uniformidade (U): O grau de uniformidade indica a falta de uniformidade, sendo tanto menor quanto mais uniforme for o solo (Carvalho, 2005).

$$U = \frac{D60}{D10}$$

Quanto menor o grau de uniformidade, maior é a inclinação da curva granulométrica, e o solo é mais bem graduado, segundo a seguinte classificação:

U < 5: muito uniforme

5 < U < 15: uniformidade média

U > 15: desuniforme.

Os principais equipamentos e utensílios utilizados que estão presentes na norma NBR 7181 são:

- Balança;
- Almofariz e mão de grau;
- Cápsulas para determinação de umidade;
- Estufa;
- Jogo de peneiras (50|38|25|19|9,5|4,8|2,38|2|1,2|0,6|0,42|0,29|0,15|0,075mm);

- Agitador de peneiras e dispersor elétrico;
- Proveta graduada de 1000ml;
- Densímetro graduado de bulbo simétrico;
- Termômetro;
- Cronômetro;

2.2. FILTRAÇÃO

2.2.1. Considerações iniciais

A filtração é uma combinação de processos físicos, químicos e, em alguns casos, biológicos, que viabiliza a separação de partículas suspensas, coloidais, e de microrganismos presentes na água quando essa atravessa um meio granular (meio filtrante). A filtração pode ser lenta ou rápida, dependendo da granulometria do material filtrante utilizado e da própria configuração da unidade de filtração (Rodrigo et al., 2007).

Segundo Di Bernardo et al. (1999), os filtros lentos operam com taxas de filtração normalmente inferiores a 6 m/dia. Por outro lado, a filtração rápida caracteriza-se pela necessidade de condicionamento prévio da água bruta com uso de coagulantes e utilização de taxas de filtração elevadas, tendo como consequência a predominância de mecanismos químicos e físicos de retenção de impurezas. A taxa de filtração pode variar entre 150 e 600 m/dia. Moody et al. (2002) consideram que a taxa de filtração em filtros lentos deve ser mantida dentro de um intervalo de 2,4 a 7,2 m/dia para que a atividade biológica possa ocorrer de forma eficaz e para proporcionar tempo suficiente para que a água fique purificada.

Atualmente a tecnologia de tratamento mais utilizada no Brasil, apesar da maior difusão das demais nos últimos anos, é a convencional (ou de ciclo completo), que consiste basicamente na sequência de processos: coagulação, floculação, decantação e filtração. As tecnologias de filtração direta caracterizam-se pela não existência da etapa de decantação na sequência de tratamento. Quando a água coagulada, e posteriormente floculada, segue para o filtro, a sequência de tratamento é denominada como filtração direta com pré-floculação. Entretanto, os floculadores também podem ser dispensados e, nesse caso, a sequência de tratamento é denominada filtração direta sem pré-floculação ou simplesmente filtração direta.

Segundo Di Bernardo et al. (2003), entre as tecnologias disponíveis de tratamento de água com uso de coagulante, a filtração direta é a que apresenta o menor custo de implantação,

pois, além de dispensar algumas unidades operacionais, utiliza também menor quantidade de coagulante, o que resulta em uma menor produção de lodo.

2.2.1.1. Filtro Granular

Os filtros naturais são constituídos por agregados minerais porosos, normalmente solos de granulometria arenosa e/ou pedregulhosa.

O filtro pode ser constituído por uma só camada de material bem graduado, e moderadamente permeável, quando se trata da remoção de fluxos pequenos, ou por camadas de granulometrias diferentes, quando se trata de percolações mais elevadas, visando melhor atender as suas funções de filtração e drenagem.

O projeto de um filtro deve ter como base fundamental a granulometria do material empregado. Esta granulometria implica que:

- As partículas menores se acomodem nos vazios entre as partículas maiores, de modo que o conjunto atue sempre como uma camada filtrante;
- O material mais fino seja retido pelo filtro, evitando o carregamento de partícula sólidas;

Os vazios do material do filtro devem ser suficientemente grandes de forma que propiciem a livre drenagem da água e o controle de forças de percolação.

Para atender os requisitos acima, Terzaghi, 1992, propôs relações entre o diâmetros do material de base, com o diâmetro do material de filtro, expressas pelas equações:

$$D_{15}/d_{15} > 4 \text{ a } 5 \quad \text{e} \quad D_{15}/d_{85} < 4 \text{ a } 5$$

Giroud (2005) refere que tradicionalmente (isto é, de acordo com a formula de Terzaghi), o critério de retenção e permeabilidade para filtros granulares é:

$$D_{15} \leq 4d_{85} \text{ ou } 5d_{85}$$

$$D_{15} \geq 4d_{15} \text{ ou } 5d_{15}$$

Onde D_{15} é a dimensão das partículas correspondente a 15% de passados do agregado que constitui o filtro e d_{85} e d_{15} representam, respectivamente, 85% e 15% das partículas do solo base que passaram no processo de peneiração.

2.2.2 Filtros com mantas

Paterniani et al. (2001) concluíram que, utilizando mantas sintéticas, é possível aumentar as taxas de filtração. O trabalho dos mesmos autores permitiu-lhes verificar que as taxas de filtração podem aumentar até cerca de 9 a 12 m/dia com a inclusão de mantas sintéticas.

Segundo Di Bernardo et al. (2005), o fato de se juntar, na etapa da filtração lenta em areia, carvão ativado granular ou mantas sintéticas, favorece a remoção de matéria orgânica dissolvida na água bruta que é menos visível quando se utiliza um meio filtrante constituído apenas por areia. Os compostos orgânicos presentes na água originam odor e gosto na mesma e o carvão ativado granular consegue adsorver estes compostos além da remoção de produtos orgânicos sintéticos como pesticidas.

Fatores tais como a estrutura do geotêxtil, a estrutura do meio a filtrar e as condições de solicitação, influenciam o comportamento em filtração (Vidal e Urashima, 1999).

2.3. GEOSSINTÉTICOS

2.3.1. Definição

De acordo com a NBR 12553/2003, os geossintéticos são materiais sintéticos fabricados a partir de vários tipos de polímeros, desenvolvidos para aplicação em obras geotécnicas, podendo ter diversas funções em uma mesma obra devido sua versatilidade físico-química. As principais funções dos geossintéticos, segundo a NBR 12553/2003 são:

Controle de erosão superficial – Prevenção da erosão superficial de partículas de solo devido ao escoamento superficial de um fluido;

Drenagem – coleta e condução de um fluido pelo corpo de um geossintético;

Filtro – retém o solo e outras partículas enquanto permite a passagem livre de fluidos em movimento;

Barreira – controle e/ou desvio de fluidos;

Proteção – prevenção de danos a obras geotécnicas;

Reforço – utilização das propriedades mecânicas de um geossintético para a melhoria do comportamento mecânico de uma estrutura geotécnica;

Separação – ação de impedir a interação ou a mistura de materiais adjacentes;

2.3.2. Histórico

VIDAL (1998) cita que desde o início da civilização o homem procura associar elementos de reforço, filtração, drenagem, separação e proteção às obras geotécnicas. Inicialmente, tentava-se utilizar material vegetal fibroso, como côco, raízes, lãs, para construir estradas e outras construções civis. Tem-se como exemplos, a Muralha da China, estradas persas e romanas. Porém, estes materiais utilizados na antiguidade possuíam uma baixa durabilidade, com baixa eficiência na execução, e conhecimentos do comportamento do solo com o material, tornavam mais difícil a prática.

Segundo Carvalho (1986), a primeira obra em solo reforçado com geossintéticos de grande porte no Brasil, foi executada na década de 80 com o intuito de reforçar o aterro rodoviário (em solo mole) na estrada que liga Taubaté a Campos do Jordão.

2.3.3. Tipos de geossintéticos

As principais famílias de geossintéticos, segundo Koener (1998), são:

Geobarras – Produto em forma de barra, com função predominantemente de reforço;

Geomembranas – produto bidimensional, de baixa permeabilidade, tem uma única função básica: impermeabilizar. A escolha desta é em função das solicitações químicas, mecânicas e da vida útil esperada para a obra;

Figura 01 – Exemplo de Geomembrana



Fonte: EMBUGEOMEMBRANA (2018).

Geogrelhas – Produto em forma de grelha, com função predominante de reforço, no qual aberturas permitem a interação do meio em que estão confinadas. Possuem componentes resistentes à tração, podendo ser considerado unidirecional quando apresenta elevada resistência à tração apenas em uma direção, e bidirecional quando apresenta elevada resistência à tração nas duas direções principais;

Figura 02 – Exemplo de Geogrelha

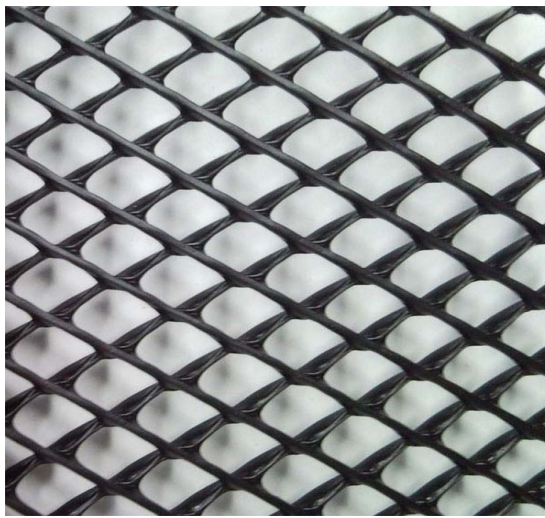


Fonte: EMANTEC (2018).

Geotiras – Produtos em formas de tira com função predominante de reforço;

Georredes – São produtos em forma de grelha desenvolvidos para atuar como dreno. Possuem excelente capacidade de fluxo para planar líquidos e gases;

Figura 03 – Exemplo de Geonet (georrede)



Fonte: GEOFOCO (2018).

Geotubos – Produto com forma tubular com função drenante. Fabricados em plástico, geralmente flexíveis, que substituem os tubos dreno de concreto ou cerâmico. Podem ser lisos, perfurados ou corrugados;

Figura 04 – Exemplo de Geotubos



Fonte: EMANTEC (2018).

Geocompostos – Produtos industrializados formados pela superposição ou associação de um ou mais geossintéticos entre si ou com outros produtos, geralmente concebido para desempenhar uma função específica, podendo variar de acordo com a solicitação da obra;

Figura 05 – Exemplo de Geocomposto (geogrelha com geotêxtil não tecido)



Fonte: MENDONÇA (2017)

Geotêxteis – Produto têxtil bidimensional permeável, composto por fibras cortadas, com filamentos contínuos. Suas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhem várias funções geotécnicas. No fim dos anos 50, os geotêxteis começaram a ser utilizados como elementos filtrantes, em substituição aos filtros de solo granular. Já nos anos 60, começou sua

utilização como separadores e como reforço de solos em estradas não pavimentadas, ferrovias e aterros.

2.3.4. Geotêxtil

Os geotêxteis são um tipo de geossintéticos composto por uma manta têxtil permeável. De acordo com a NBR 12553/2003, podem ser subdivididos em: tecidos, não-tecidos, reforçados e tricotados. As principais funções no qual podem ser empregados simultaneamente, ou não, são: reforço, separação, filtração ou proteção.

Figura 06 – Exemplo de Geotêxtil tecido



Fonte: NTCBRASIL (2018)

Figura 07 – Exemplo de Geotêxtil não tecido



Fonte: LUSCHI (2018)

Segundo Freitas (2003), normalmente, para a função de filtração são utilizados geotêxteis não tecidos. Estes apresentam uma estrutura muito mais complexa que os tecidos, pois não atuam como uma simples interface, mas sim como um meio tridimensional, possuindo a espessura como parâmetro complementar. Os geotêxteis não-tecidos podem ter suas fibras ou filamentos interligados por: agulhagem (entrelaçamento mecânico das por meio de agulhas dentadas); termoligação (ligação através de fusão parcial por aquecimento) e resinagem (ligação por meio de produtos químicos). O geotêxtil que possui a função de filtração, o mesmo deve ser suficientemente permeável para possibilitar a passagem do fluido, ao mesmo tempo em que deve reter determinados diâmetros de partículas, mantendo o solo adjacente estável.

Para o estudo do geotêxtil atuando como elemento filtrante é necessário o conhecimento das seguintes propriedades hidráulicas: (SAMPAIO; VIDAL; URASHIMA, 2000)

Permeabilidade normal à manta – permissividade;

Permeabilidade no plano da manta – transmissividade;

Porosidade – abertura de filtração.

Permissividade: A permissividade é um parâmetro que relaciona a permeabilidade do geossintético e a sua espessura. No procedimento do ensaio necessário para determinar essa propriedade, são realizadas leituras de diferentes cargas de fluido, num determinado tempo, que passam por um corpo de prova com dimensões normatizadas (MACCAFERRI, 2008);

Transmissividade: Este parâmetro se traduz no produto entre a permeabilidade do geossintético e a sua espessura sobre uma determinada tensão normal de confinamento, ou seja, é a quantidade de água que passa por um corpo de prova em um intervalo de tempo sobre uma carga normal e um gradiente hidráulico específico (NORTÈNE, 2012);

Porosidade: Pode ser definida como a abertura do geotêxtil equivalente ao maior diâmetro do agregado granular que por ele pode passar, como afirma Muñoz (2005). Os métodos de avaliação da porosidade dos geotêxteis são bastante variados, desde processos de injeção de mercúrio através dos materiais, até processos de visualização com o recurso a microscopia, passando por diversos métodos de peneiração, por via seca, por via húmida e peneiração hidrodinâmica (Shukla, 2002) Esse é o índice mais utilizado para definir o potencial de filtração e para o dimensionamento de filtros.

2.3.4.1. Colmatação em Geotêxteis

A colmatação consiste no decréscimo da área transversal dos espaços vazios de um determinado meio poroso, num fluido em percolação. É um processo que se dá ao longo do tempo afetando a eficiência do sistema de drenagem (Remígio, 2006). Este fenômeno afeta diretamente a capacidade de drenagem do meio poroso pelo escoamento, reduzindo-o a medida que os espaços diminuem. Por outro lado, também é definida como a perda de carga hidráulica devido à obstrução física, tal que o escoamento residual resultante é inferior ao caudal mínimo para o qual foi projetado o sistema filtro drenante (Sansone e Koerner, 1992).

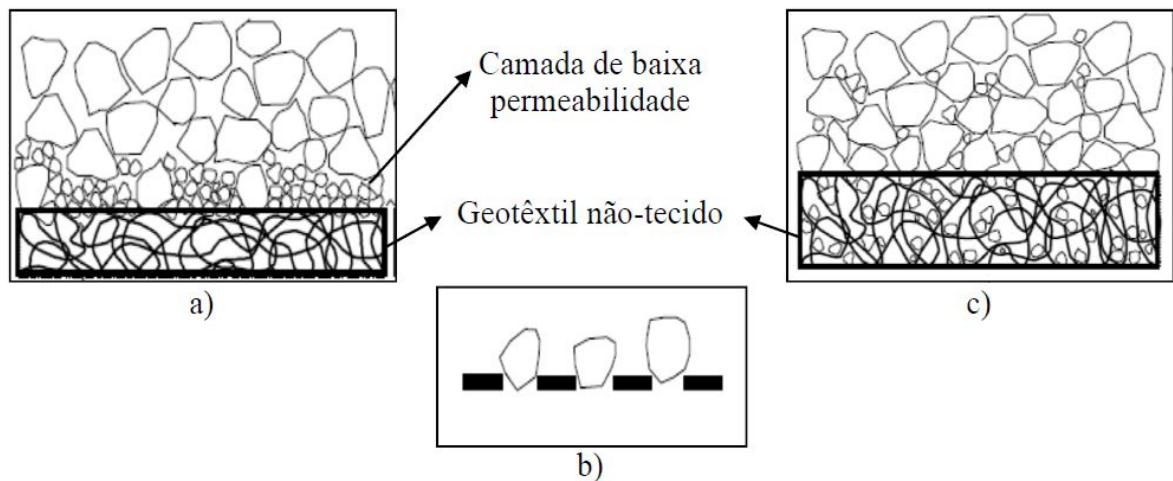
Segundo PALMEIRA (2003), em filtros geotêxteis existem três formas distintas de colmatação física, como observado na Figura 08

Cegamento – As partículas finas do solo protegido, migram, por sufusão, em direção ao geotêxtil. Caso as aberturas não sejam suficientes para permitir a passagem dessas partículas, estas se agruparão e formarão uma camada de baixa permeabilidade sobre a face do geotêxtil.

Bloqueamento - Denominado pelo movimento gradual e posterior acomodação de partículas de solo que apresentam diâmetro suficiente para obstruir individualmente cada abertura do geotêxtil, proporcionam o tapamento dos poros, alterando o valor da condutividade hidráulica calculada originalmente (Christopher e Fischer 1992; Faure et al., 2006).

Colmatação Interna – Partículas do solo protegido migram junto com o fluido percolante, penetram no geotêxtil, ficando retidas ao longo de sua espessura, segundo (Palmeira e Gardoni, 2000) se trata do processo mais antigo de colmatação física conhecido.

Figura 08 – Mecanismos de colmatação física em filtros de geotêxtil não tecido: a) cegamento; b) bloqueamento e c) colmatação interna.



Fonte: RODRIGUES (2014)

3. METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho consiste em uma pesquisa de caráter descritiva qualitativa, em que assume forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Onde, inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica, apresentando conceitos referente ao processo de filtração com solos granulométricos, relacionando com a importância da filtração e drenagem em obras geotécnicas. Posteriormente fez-se uma revisão apontando diferentes tipos e funções dos geossintéticos, mais especificamente o geotêxtil não tecido, no qual será utilizado no ensaio proposto na pesquisa.

3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a continuidade do ensaio será utilizado duas caixas acrílicas de tamanho 40x25x25, onde será montados cavaletes de PVC soldável 25mm adaptados com registro, entrada para mangueira e microaspsessor a fim de simular uma chuva acima do solo a ser filtrado, conforme referenciado anteriormente. Em uma das caixas será utilizado um geotêxtil não tecido Huesker, com gramatura de 300g/m², abaixo do material filtrante. Na outra caixa, será utilizado apenas o filtro granular para mostrar ilustradamente a diferença entre os dois processos.

Figura 09 – Sistema a ser utilizada no ensaio.



Fonte: Próprio Autor

Após a percolação da água pelos filtros, a mesma será captada para análise, discutindo a existência de diferença na turbidez de cada uma contando que o processo de filtração fora o mesmo.

De forma a complementar as demais análises da interação solo-geotêxtil, será estudada com uso de recursos de microscopia eletrônica, numa colaboração da instituição CEULP/ULBRA a este projeto. Será retirado e analisado amostras de 1cm² da parte central do geotêxtil antes e depois do ensaio de modo a evidenciar suas diferenças nas disposições dos filamentos. Havendo também a preocupação para que identifique se houve passagem de finos pelos poros desse geotêxtil e/ou acarretou no fenômeno de colmatação perdendo a eficiência do filtro utilizado.

3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Foi realizado ensaio granulométrico por peneiramento do solo a ser filtrado de acordo com a NBR 7181:2016 - Solo - Análise granulométrica, onde foi recolhido 1Kg de amostra. Foi feita a lavagem da amostra na peneira 200 ASTM e colocado em uma bandeja na estufa para secagem.

Após a amostra seca e resfriada, foi feito o peneiramento da amostra com as seguintes aberturas: fundo<0,075<0,15<0,30<0,60<1,18<2,36<4,75mm<9,50mm<19,10mm. Onde fora colocado a amostra na peneira superior (maior abertura) e levando as peneiras ao misturado, onde ficou por 1 minuto, para que seja feita a separação dos agregados.

Realizou a pesagem individual do material retido em cada uma das peneiras (usando o pincel para retirar os grãos que ficam enganchados na malha das peneiras), anotando os resultados para posteriormente efetuar os cálculos e gerar a curva granulométrica do solo.

Para determinar % SIMPLES, usou – se a seguinte formula:

$$\frac{\text{Massa Peneira}}{\text{Massa Amostra Seca}} \times 100$$

Para determinar % ACUMULADA, usou – se o seguinte método:

$$\% \text{ Simples da Peneira} + \% \text{ Acumulada da Peneira Superior}$$

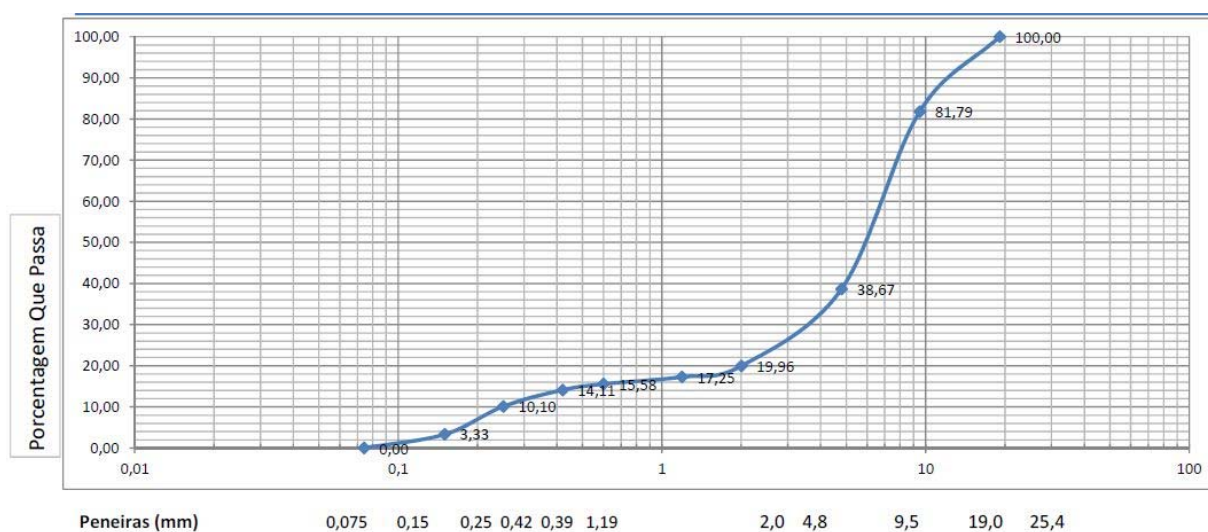
Os resultados podem ser visualizados na Tabela 01 e na figura 10 a seguir.

Tabela 01: Análise Granulométrica

Ø peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
19,1	0	0,00	0,00	100,00
9,5	120,4	18,21	18,21	81,79
4,8	285,2	43,13	61,33	38,67
2	123,7	18,71	80,04	19,96
1,19	17,9	2,71	82,75	17,25
0,6	11,1	1,68	84,42	15,58
0,42	9,7	1,47	85,89	14,11
0,25	26,5	4,01	89,90	10,10
0,15	44,8	6,77	96,67	3,33
0,074	22	3,33	100,00	0,00
< 0,074	0	0,00	100,00	0,00
Σ	661,3	100,00		

Fonte: Próprio Autor

Figura 10 – Curva Granulométrica.



Fonte: Próprio Autor

3.2.2. CARACTERIZAÇÃO DO GEOTÊXTIL

O geotêxtil utilizado fora fornecido pela empresa HUESKER, na qual cederam uma amostras com características distintas tanto mecânicas quanto físicas, como mostrado na Tabela 02.

As amostras foram recortadas para que ficassem na dimensão da caixa na quão serão dispostas (25cmX25cm).

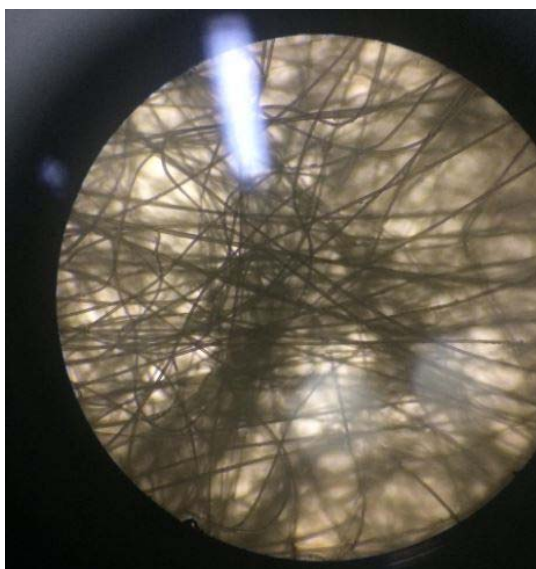
Antes do ensaio feito, foi tentado realizar uma microscopia óptica digital na amostra, identificando as disposições dos seus filamentos para fins de comparação após o ensaio realizado, porém o equipamento disponível não conseguiu transpassar a amostra devido sua elevada espessura. Portanto para fins ilustrativos podemos observar os poros de uma amostra (Figura 11) no qual o geotêxtil é de gramatura inferior ao ensaiado e não possuía em quantidade satisfatória para realização do ensaio com o mesmo.

Tabela 02: Propriedade dos Geotêxteis

Propriedades		Normas	Unidades	Valores		
				GNT1	GNT2	
Mecânicas	Resistência à tração faixa larga.	Tração à ruptura	NBR 12824 (ABNT, 1993)	kN/m	13	28
		Alongamento		%	>50	>50
	Resistência ao puncionamento	NBR13359 (ABNT, 1995)	kN	2,4	5,2	
Físicas	Gramatura	NBR 12568 (ABNT, 2003)	g/m ²	300	600	

Fonte: Adaptado catalogo Huesker

Figura 11 – Amostra de Geotêxtil não tecido.



Fonte: Próprio Autor

3.2.3. REALIZAÇÃO DO ENSAIO

Inicialmente foi depositado uma camada de 5cm de seixo rolado nº 1 para drenagem da água, posteriormente foi colocado a manta geotêxtil com dimensões de 30cm X 30cm para que houvesse um transpasse de 5cm, evitando o contato da camada seguinte de 5 cm de areia com o seixo abaixo do geotêxtil, conforme Figura 12.

Figura 12 – Camadas de Seixo, Geotêxtil e areia.



Fonte: Próprio Autor

Após a compactação da camada de areia, foi depositado o solo a ser filtrado com duas parcelas de 5cm compactando-o evitando o excesso de vazios no mesmo, totalizando 10cm de solo natural (Figura 13). O sistema totalmente montado ficou com uma altura total de 20,30cm, ilustrado nas Figuras 14, 15 e 16.

Figura 13 – Camada de solo.



Figura 14 – Camadas do Sistema.



Fonte: Próprio Autor

Figura 15 – Sistema Montado.



Fonte: Próprio Autor

Durante a compactação da camada de solo, notou-se que a caixa acrílica estava sofrendo deformações nas faces laterais. Na tentativa de fortalecer a estrutura da caixa, utilizou-se arame recozido para amarrar as laterais das caixas, como pode notar na Figura 16.

Antes de iniciar o ensaio, foi testado o cavalete com o aspersor, para medir sua vazão, que foi de 3L/min.

Para a realização do ensaio foi estipulado um tempo de 10min de água corrente, totalizando o valor de 30L utilizados para a execução do mesmo e foi colocado um recipiente abaixo da caixa de acrílico para, posteriormente analisar a quantidade de finos passados pelo filtro. As figuras 17, 18, 19 mostra o ensaio durante sua execução.

Figura 16 – Após 1 minuto de ensaio.



Fonte: Próprio Autor

Figura 17 – Após 3 minutos de ensaio.



Fonte: Próprio Autor

Figura 18 – Após 3 minutos de ensaio.



Fonte: Próprio Autor

Após 5 minutos de ensaio, com o peso exercido por todo o sistema a caixa perdeu sua característica de vedação, permitindo a fuga e água e solo pela lateral, conforme mostrado na figura 20.

Figura 19 – Após 5 minutos de ensaio.



Fonte: Próprio Autor

Mesmo com o vazamento de água na caixa, o ensaio foi prosseguido até completar os 10 minutos. Notou-se que a água manteve uma altura fixa de 5cm até o final do ensaio, mostrado na figura 21.

Figura 20 – Altura de coluna de água após o vazamento.



Fonte: Próprio Autor

Passados os 10 minutos, foi desligado o sistema e aguardado a água que estava acima do solo percolar pelo filtro. Com o vazamento lateral da caixa, permitindo a fuga de materiais, não foi possível averiguar a quantidade de finos que passaram diretamente pelo filtro.

A figura 22 mostra o sistema logo antes do seu desligamento, e a figura 23 mostra o solo após o desligamento do sistema e o escoamento parcial da água.

Figura 21 – Após 9 minutos de ensaio.



Fonte: Próprio Autor

Figura 22 – Após o sistema desligado.



Fonte: Próprio Autor

Após o desligamento do sistema, foi aguardado 10 minutos antes de retirar os materiais da caixa, para que toda água passasse pelo filtro.

4. RESULTADOS

O intuito do ensaio era mostrar a eficiência do uso de geotêxtil ao método tradicional. Durante a realização do ensaio ocorreu alguns empecilhos que impossibilitaram gerar resultados passíveis de análise.

Durante a retirada do material após o ensaio feito, a caixa não resistiu ao peso do solo saturado e quebrou, impossibilitando a execução do ensaio com o filtro granular, sem a utilização do geotêxtil, como fora proposto inicialmente.

Também foi proposto no trabalho a microscopia para averiguação de colmatação e piping no geotêxtil, o equipamento disponibilizado pela instituição não conseguiu gerar imagem da amostra, pela sua espessura e gramatura elevada, seria necessário equipamentos mais modernos que no caso, inviabilizaria o trabalho. Nas Figuras 24 e 25 pode-se notar o material retirado da caixa após o ensaio, onde uma face, o geotêxtil estava em contato com o seixo e na outra, com areia.

Figura 23 – Face do geotêxtil em contato com o seixo.



Fonte: Próprio Autor

Figura 24 – Face do geotêxtil em contato com areia.



Fonte: Próprio Autor

Na face que estava em contato com o seixo, nota-se uma relativa limpeza, não sendo possível a olho nu, detectar se houve transpasse de finos pelo material sintético, onde inicialmente seria retirado uma amostra de 5cm² para realização de microscopia.

5. CONCLUSÃO

Através desse trabalho, mesmo não chegando às conclusões definitivas, foi mostrado o grande avanço que os materiais sintéticos vem sofrendo nas obras de geotecnia, e sua grande importância também no âmbito ambiental, custo e velocidade de execução de diversas obras.

A falta de resultados mesmo que qualitativos, não exime a importância com a utilização de filtros e drenos em obras geotécnicas, preocupando se haverá colmatação do material sintético.

Estudos com a utilização correta da microscopia em geotêxteis são de grande valia para a área, tendo em vista que mostra ilustradamente os resultados ensaiados em laboratório, explicitando sua efetividade ou não.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 12553; Geossintéticos – Terminologia**, Rio de Janeiro, 2003.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**. 6. ed. Vol.2. Rio de Janeiro: Ltc, 1987.

Christopher, B. R., & Fischer, G. R.; **Geotextile filtration principles, practices and problems**. Geotextiles and Geomembranes, 1992.

Di Bernardo, L., Brandão, C. C. S. e Heller, L.; **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. PROSAB. 1999.

Di Bernardo, L., Mendes, C.G.N., Brandão, C.C.S., Sens M.L. e Pádua, V.L.; **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta**. PROSAB 3. ABES. São Carlos, SP, 2003.

Di Bernardo, L. e Dantas, A.; **Métodos e técnicas de tratamento de água**, São Carlos : RiMa, 2005. Vol. 2.

EMANTEC. Disponível em: <<http://www.emantec.com.br>>. Acesso em: 28 set. 2018.

EMBU. Disponível em: <<http://www.embugeomembrana.com.br>>. Acesso em: 28 set. 2018.

EPLAX. Disponível em: <<http://www.eplax.com.br>>. Acesso em: 29 set. 2018.

Fell, R.; Macgregor, P.; Stapledon, D.; Bell, G.; Foster, M.; **Geotechnical Engineering of Dams**. Taylor e Francis Group, London, 2015, UK, 2nd Edition.

GEOFOCO. Disponível em: <<http://geofoco.com.br>>. Acesso em: 28 set. 2018.

MACCAFERRI. **Manual Técnico: Critérios gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos**. São Paulo, Brasil. 2008.

MENDONÇA, K; **Uso de geossintéticos em obras civis**- notas de aula. Palmas -TO: CEULP/ULBRA – Departamento de Engenharia Civil, 2017.

Moody, C., Garrett, B. e Holler, E.; **Pilot investigation of slow sand filtration and reverse osmosis treatment of Central Arizona**. U.S. Department of the Interior Bureau of reclamation. 2002. Project Water. Advanced Water Treatment Research Program.

MUÑOZ, C. S. **Desempenho de Geotêxteis na Filtração de solos Internamente Instáveis**. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2005. 119 p.

NTCBRASIL. Disponível em: < <http://www.ntcbrasil.com.br> >. Acesso em: 28 set. 2018.

NORTÈNE. **Manual de geossintéticos**. Departamento Técnico Nortene Plásticos Ltda, São Paulo. 2012.

Palmeira, E. M., & Gardoni, M. G. A.; **Geotextiles in filtration: a state of the art review and remainig challenges**, International Symposium on Geosyntetics an Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. In Association with Geo Eng. 2000.

Paterniani, José E. S. e Conceição, C. H. Z. da.; **Utilização da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para piscicultura**. Revista Ecossistema. 2001, Vol. 26.

Remígio, A. F. N.; **Estudo da Colmatação Biológica de Sistemas Filtro-Drenantes Sintéticos de Obras de Disposição de Resíduos Domésticos Urbanos sob Condições Anaeróbias**. Tese de Doutorado em Geotecnia, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. 2006.

Rodrigo, C., Lopes, J. L., Saúde, M., Mendes, R., Casimiro, R.; **Controlo operacional em sistemas públicos de abastecimento de água**, Lisboa : Europress, Lda, 2007.

SAMPAIO, R. M. B.; VIDAL, D.; URASHIMA, D. C. Simulação do processo de carreamento e retenção de partículas em filtros têxteis. **VI ENCITA 6rd Encontro de Iniciação Científica e Pós-graduação do ITA**, 2000.

VERTEMATTI, José Carlos (coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

VIDAL, D; **Aplicação de geossintéticos a obras civis**- notas de aula. São José dos Campos-SP: ITA – Departamento de Geotecnia, 1998.

LUSCHI. Disponível em: < <http://www.luschi.com.br> >. Acesso em: 29 set. 2018.

Sansone, L. J., & Koerner, R. M.; **Fine fraction filtration test to assess geotextile filter performance**. Geotextiles and Geomembranes, 11(4–6), 371–393. 1992.

SHUKLA, S. K. (2002). **“Fundamentals of geosynthetics”**, Capítulo 1 do livro “Geosynthetics and their applications”, Thomas Telford Publishing, London E14 4JD, p. 1- 54.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 2.ed São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo - Análise Granulométrica. 02.453 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2016.

Giroud, J.P. (2005) - **"Geosynthetics engineering: successes, failures and lessons learned"**, The Vienna Terzaghi Lecture, Yokohama. 84 p.

Vidal, D., Urashima, D. (1999) **Dimensionamento de Filtros e Drenos em Geossintéticos**, , 3 ° Simpósio Brasileiro de Geossintéticos, Rio de Janeiro, 20-22 out.

ANEXOS

Arquivo de entrada: [2019-1 TCC2 BRENNER MACHADO AMORIM.pdf](#) (5039 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
scielo.br/pdf/rbeaa/...	Visualizar	3824	85	0,96
tcc.bu.ufsc.br/Ssoci...	Visualizar	15367	74	0,36
link.springer.com/ar...	Visualizar	550	15	0,26
worldcat.org/title/g...	Visualizar	1195	12	0,19
elsevier.com/books/g...	Visualizar	1123	11	0,17
researchgate.net/pub...	Visualizar	953	10	0,16
globalinnovationexch...	Visualizar	383	7	0,12
migalhas.com.br/Gram...	Visualizar	992	5	0,08
gao.gov/products/B-3...	Visualizar	1320	4	0,06
febs.onlinelibrary.w...	Visualizar	7422	3	0,02