



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO BACHARELADO EM CIENCIA E TECNOLOGIA

BRUNA SOARES DE ARAÚJO

**FILTRAÇÃO DA ÁGUA DA LAVAGEM DE BETONEIRA COM USO DE
GEOTÊXTIL: ANÁLISE DA QUALIDADE E DA POSSIBILIDADE DE REUSO**

PAU DOS FERROS - RN

2016

BRUNA SOARES DE ARAÚJO

**FILTRAÇÃO DA ÁGUA DA LAVAGEM DE BETONEIRA COM USO DE
GEOTÊXTIL: ANÁLISE DA QUALIDADE E DA POSSIBILIDADE DE REUSO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharelem Ciências e Tecnologia.

Orientador: Prof^a. Me. Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa

PAU DOS FERROS - RN

2016

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

A658 ARAÚJO, BRUNA SOARES DE.
f FILTRAÇÃO DA ÁGUA DA LAVAGEM DE BETONEIRA COM
 USO DE GEOTÊXTIL: ANÁLISE DA QUALIDADE E DA
 POSSIBILIDADE DE REUSO / BRUNA SOARES DE ARAÚJO. -
 2016.
 48 f. : il.

 Orientadora: Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira.
 Coorientador: Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-
 árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2016.

 1. betoneira. 2. água de lavagem. 3. filtração.. I. Oliveira, Adla
 Kellen Dionisio Sousa de, orient. II. Sousa, Cláwsio Rogério Cruz de
 , co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

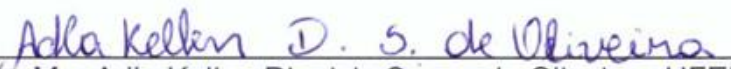
BRUNA SOARES DE ARAÚJO

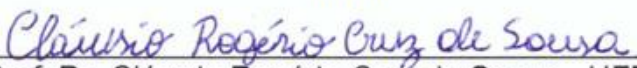
**FILTRAÇÃO DA ÁGUA DA LAVAGEM DE BETONEIRA COM USO DE
GEOTÊXTIL: ANÁLISE DA QUALIDADE E DA POSSIBILIDADE DE REUSO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências e tecnologia.

Defendida em: 10 /11 / 2016.

BANCA EXAMINADORA


Profa. Me. Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira - UFERSA
Presidente


Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa - UFERSA
Membro Examinador


Prof. Dr. Fagner Alexandre Nunes de França - UFRN
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus avós
paternos, Pedro e Maria (In
Memorian), pois sei que
queriam ver esta vitória.*

AGRADECIMENTOS

Dizer obrigado às vezes não é suficiente para agradecer aquelas pessoas que te ajudam em situações importantes na sua vida.

Antes de tudo, agradeço a Deus por todas as dificuldades que eu consegui vencer. Que em meio as tristezas e momentos que me enfraqueceram, me destes coragem para seguir em frente e me erguer. Agradeço por todas as maravilhas que me proporcionou, por todo cuidado e proteção e por sempre me fazer sentir o teu amor e agir na minha vida. A Ele toda honra e louvor.

À minha família, especialmente meus pais Alexandra Soares de Araújo e Pierre Junior de Araújo. São meu porto seguro, responsáveis por toda minha coragem e vontade de crescer na vida. Obrigada por sempre cuidarem de mim, por toda dedicação para me dá aquilo que não tiveram na vida, por me fazer sentir o cuidado mesmo estando tão longe e por tanto amor.

Às minhas irmãs Hirla Vanessa Soares de Araújo e Hingrid Soares de Araújo, por todo apoio, forças e palavras que me confortam e alegram. Seja longe ou perto estão sempre me ajudando.

À minha orientadora Prof^a. M^a. Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira e ao meu co-orientador Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa, por todo ensinamento, dedicação e paciência para, junto a mim, construir este trabalho.

Aos trabalhadores da obra e os técnicos dos laboratórios pela disponibilidade.

E por fim, Deus me deu anjos em forma de amigos. Agradeço minhas amigas de infância e aos amigos que aqui fiz, especialmente, Letícia Moreira, Victor Lima, Gustavo Ferreira, Renato Torres, Jefferson Kelvin e Joefferson Abrão.

Meus sinceros agradecimentos a todos que me ajudaram, me apoiaram e estiveram presente nesta etapa.

RESUMO

O surgimento frequente dos problemas relacionados ao meio ambiente causados pela construção civil tem despertado interesses das empresas em desenvolver práticas e controles que os minimizem. O grande consumo de água utilizado para a construção de uma obra, a grande quantidade de resíduos gerados e o descarte incorreto, são fatores que potencializam os impactos ambientais ocasionados pela indústria da construção civil. A água é empregada em várias atividades em uma obra, seja na preparação de materiais ou na limpeza de máquinas e equipamentos. Assim, as águas provenientes da lavagem de betoneiras geralmente são descartadas no solo, causando a contaminação destes. Com isso, a filtração pode ser empregada para seu tratamento e para a sua reutilização. Materiais geossintéticos, como o geotêxtil não tecido, podem ser empregados para esta função. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade e a possibilidade de reuso da água utilizada na lavagem de betoneiras após filtração utilizando geotêxteis. Impedindo que a água seja descartada em locais impróprios e contribuindo para que não haja a contaminação dos solos. Para isso, foram coletadas amostras de água da lavagem de betoneiras em uma obra na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e, também, desenvolvido um mecanismo de filtração utilizando geotêxtil não tecido para a realização da filtração. As águas filtradas passaram por avaliações preliminares de acordo com a ABNT NBR 15900:2009. Diante disso, foram analisados o pH, presença de detergentes, óleo ou gordura, avaliação da cor, odor, massas dos geotêxteis antes e depois da filtração. Também foram analisadas com microscópio eletrônico de varredura (MEV) amostras de geotêxteis antes e depois da filtração. Verificou-se que ocorreu colmatação por partículas de cimento no geotêxtil durante a filtração, o que causou o preenchimento dos poros do geotêxtil e dificultou a filtração no final. Observou-se ainda que a eficiência do geotêxtil na filtração foi maior quando a água coletada da lavagem passou por sedimentação. As águas filtradas estavam dentro dos parâmetros exigidos pela norma usada como referência.

Palavras chaves: Betoneira; Água de lavagem; Filtração.

ABSTRACT

The frequent appearance of problems related to the environment caused by the construction field has aroused the interest of companies to develop practices and controls that minimize this problem. The large consumption of water used for the work execution, the large amount of waste generated and the incorrect disposal is a factor that enhances the environmental impacts caused by the construction industry. The water is used in a variety of activities in a work, as in the preparation of materials or machines and equipment cleaning. Thus, water from wash concrete mixers is usually discarded in the soil, causing soil contamination. Thus, the filtration can be used to treat this water for reuse. The Geosynthetic materials such as nonwoven geotêxtilite can be used for this function. Therefore, this study aims to analyze the quality and the possibility of water reuse from the concrete mixers washing after filtration using geotêxtilite. Thereby, preventing that water to be discarded in inappropriate places and contributing so there is no contamination of sites. For this study, concrete mixers wash water samples were collected in a work at the Federal Rural University of Semi-Arid (UFERSA) and also developed a filtration mechanism using nonwoven geotêxtilite to perform the filtering. The filtered water passed through preliminary assessments according to NBR 15900: 2009. Therefore, we analyzed the pH, presence of detergents, oil or fat, evaluation of color, odor, and mass of geotêxtilite before and after filtration. It was also analyzed by scanning electron microscopy (SEM), geotêxtiles samples before and after filtration. It was found that there was clogging of the geotêxtilite cement particles during filtration, which caused the filling of the geotêxtilite pores that difficult the filtering at the end. It was also observed that the geotêxtilite filtering efficiency was higher when the collected washing water passed through sedimentation. The waters were filtered within the parameters required by the standard used as a reference.

Keywords: Concrete mixer; Washing water; Filtration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Água resultante da lavagem de caminhões betoneiras.....	17
Figura 2. 2: Utilização da geomembrana como proteção em aterro.....	21
Figura 2. 3: Arranjo da estrutura de um geotêxtil: tecido (a) e não tecido (b).....	23
Figura 2. 4: Esquematisação do bloqueamento	24
Figura 2. 5: Esquematisação do cegamento	25
Figura 2. 6: Esquematisação do da colmatação em filtros geotêxteis.....	25
Figura 3. 1: Metodologia da pesquisa.	27
Figura 3. 2: Mecanismo utilizado nos processos de filtração.	28
Figura 3. 3: Especificação do geotêxtil GH16.....	29
Figura 3. 4: Amostras utilizadas no (a) sentido horizontal(b) sentido vertical.....	29
Figura 3. 5: Sequência planejada para a coleta e filtração da água da lavagem da betoneira	30
Figura 3. 6: Coleta de 6 litros de água	31
Figura 3. 7: Amostra de água utilizada para a primeira filtração.	31
Figura 3. 8: Medição do pH das amostras.....	32
Figura 3. 9: Medição da condutividade elétrica das amostras.....	33
Figura 3. 10: Microscópio de varredura eletrônico.....	34
Figura 4. 1: Água coletada da betoneira após 20 minutos.	35
Figura 4. 2: Alguns geotêxteis após a 4ª (a), 5ª (b), 6ª (d) e 7ª (c) filtração.	37
Figura 4. 3: Avaliação preliminar da água filtrada (a) e não filtrada (b) da primeira filtração.....	42
Figura 4. 4: Micrografia do geotêxtil mostrando a distribuição aleatória das fibras. ...	43
Figura 4. 5: Aberturas do geotêxtil antes (a) e após a filtração (b).....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1: Sentido do geotêxtil para cada filtragem e o tempo de sedimentação. .	32
Tabela 4. 1: Quantidade da amostra coletada e passante.	37
Tabela 4. 2: Massas dos geotêxteis antes e depois das filtrações.....	38
Tabela 4. 3: Condutividade elétrica das amostras de água filtrada e não filtrada.	39
Tabela 4. 4: pH das águas coletadas da betoneira e das águas filtradas.	40
Tabela 4. 5: Resultados de alguns requisitos da avaliação preliminar para as amostras da primeira filtragem.	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	Erro! Indicador não definido.
1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Erro! Indicador não definido.
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
2.1.1 CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NO SOLO	17
2.2 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESULTANTE DA LAVAGEM DE BETONEIRAS ..	19
2.3 GEOSSINTÉTICOS	20
2.3.1 GEOTÊXTIL COMO MEIO FILTRANTE	22
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	28
3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	30
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	35
4.1 PARÂMETROS GERAIS	35
4.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	39
4.3 AVALIAÇÃO PRELIMINAR.....	40
4.4 ANÁLISES DO MEV	43
5. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Os benefícios que a construção civil traz para a economia e a sociedade de um país, fez com que este setor se desenvolvesse cada vez mais. Porém, a construção civil causa também impactos ambientais que envolvem o grande consumo de recursos e materiais, a geração de resíduos e entulhos seguidos da sua disposição inadequada.

Segundo Barroso (2010), a construção civil é um dos ramos da indústria que consome grandes quantidades de recursos e materiais, sendo a maior parte não renovável, onde a má gestão desses recursos na construção tornou necessárias alterações originando uma construção sustentável. Apesar disso, esse setor ainda tem processos que prejudicam o meio ambiente, como o grande consumo de água e o pouco reaproveitamento.

Deste modo, para Dreher (2008), as práticas que devem ser adotadas para a obtenção de um setor sustentável estão relacionadas com a idéia de controle da quantidade de materiais e do consumo de água, além do uso de tecnologias de baixo custo. Assim, podem-se mencionar algumas práticas que estão associadas a essas ideias como a reutilização da água, o reaproveitamento de materiais e o descarte adequado dos resíduos.

Assim, diante do grande consumo de água utilizada na indústria da construção civil e a crescente escassez desse recurso, métodos como a sua reutilização vem sendo adotados para a redução dos impactos ambientais. Um desses métodos é a reutilização da água da lavagem de betoneira após processo de tratamento no qual geotêxteis podem ser utilizados para a filtração.

Esses materiais são muito empregados na construção civil e têm conquistado várias áreas devido a sua diversidade de funções e vantagens. Os geotêxteis possuem capacidade de filtração e separação. Segundo Bathurst (2016), esses materiais são fabricados a partir de polímeros naturais e são mantas contínuas de fibras ou filamentos podendo ser classificados em tecidos e não tecidos.

A reutilização da água da lavagem de betoneira pode ser adotada também para conter os impactos ambientais que são causados pelo descarte da água com cimento no solo. Como meio de acelerar esse processo de reaproveitamento este trabalho busca estudar a eficiência da utilização de geotêxteis como uma alternativa de filtro da água descartada da lavagem destas máquinas. Assim de forma a contribuir com a conservação do meio ambiente, implantando maior controle sobre os impactos gerados pela indústria da construção que esta pesquisa se fundamentou para seu desenvolvimento.

Este presente trabalho tem como objetivo geral verificar a eficiência do geotêxtil na filtração da água que geralmente é lançada após a lavagem das betoneiras, impedindo que a água seja descartada em locais impróprios e contribuindo para que não haja a contaminação desses locais. Especificamente busca avaliar a qualidade da água que foi filtrada, assim como, comparar a água filtrada no geotêxtil com a água que normalmente é descartada e não passou pelo processo de filtração a analisar a viabilidade da água para utilizar em novas produções de concreto ou argamassas.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco itens. O primeiro item, Introdução, faz uma breve apresentação sobre os temas abordados, destacando sobre os impactos causados pelo descarte da água resultante da betoneira e uma forma de evitar estes impactos filtrando água utilizando um material geossintéticos do tipo geotêxtil.

O segundo item é a Fundamentação Teórica, onde são abordados os temas que serão tomados como base para a análise dos resultados e discussões. Foram realizados estudos relacionados aos impactos ambientais causados pela construção civil, o consumo de água utilizado neste setor, sobre os materiais geossintéticos e a utilização do geotêxtil como filtro.

No item três é apresentada a Metodologia, neles são informados os materiais e os métodos aplicados a pesquisa para a obtenção dos resultados.

O item quatro, Apresentação e Discussões dos resultados, apresenta os resultados obtidos para todos os processos de filtração juntamente com as análises laboratoriais feitas das águas coletada da betoneira e das águas filtradas e discussão a respeito de cada resultado.

No item cinco, são apresentadas as conclusões obtidas a partir do trabalho realizado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um dos principais ramos que está relacionado com o desenvolvimento de um país é a indústria da construção civil. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2015), nos últimos dez anos, a construção civil apresentou uma taxa média anual de 4,28% de incrementos de suas atividades. Desse modo, contribuindo para a expansão da economia nacional.

Para Dreher (2008), a construção civil se responsabiliza pelo ambiente a ser construído, buscando cada vez mais um novo modo de atuar com o propósito de obter um desenvolvimento sustentável. Dessa forma, surgiu com o intuito de suprir as necessidades básicas humanas, contudo, junto ao desenvolvimento desse setor, surgem os impactos ambientais que essa atividade acarreta. Segundo Barroso (2010), este setor é um dos principais responsáveis por danos causados ao meio ambiente.

Como exemplo de impactos ambientais pode-se citar o desperdício de materiais, o consumo da grande quantidade de água, geração de resíduos por consequência do consumo exagerado dos recursos e o descarte incorreto destes resíduos.

Para Spadotto et al. (2011), no Brasil 685 000 000 toneladas de entulhos são geradas, ocasionando gasto para sua coleta, transporte, e destinação adequada.

De acordo com Santos (2015), outros problemas podem ser analisados como impactos ambientais as emissões de gases e o gasto de energia, contaminação da água por lavagem de equipamentos ou contaminação do solo pela realização de descartes de materiais e águas contidas de resíduos tóxicos. Uma medida como o reaproveitamento de restos de materiais pode ser adotada, minimizando a quantidade de resíduos gerados.

Sabe-se que os recursos estão cada vez mais escassos, fazendo com que se agrave a crise mundial do meio ambiente. Devido a isso, se torna crescente a busca por medidas que reduzam ou eliminem esses impactos. Logo, as empresas do setor

da construção civil reconhecem a necessidade de buscar práticas sustentáveis e economicamente viáveis.

Assim, um recurso que exemplifica esta situação é a água. Por mais que exista uma grande quantidade de água na Terra, pouco pode ser utilizada para as necessidades humanas. Além disso, à medida que aumenta o crescimento populacional, vai surgindo a má utilização deste recurso. Sabe-se que os problemas relacionados à água não ocorre somente nos dias atuais. Conforme Tucci, Hespanhol e Cordeiro (2003), a qualidade da água já apresentou uma notável melhora, porém, a água passou a ser descartada no subsolo promovendo a contaminação da água subterrânea.

Logo, para Rios (2014), o estudo dos impactos ambientais têm uma enorme importância para o setor da construção civil, pois, desse modo, há uma maior chance de prevenir os danos acarretados, além de preservar os recursos naturais.

2.1.1 CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A disponibilidade de água potável está cada vez menor e, de acordo com Costa, Silva e Brito (2013), o setor da construção civil é um dos ramos mais conhecidos como maiores consumidores deste recurso. Desta forma, é importante que seja analisada a forma como este recurso está sendo utilizado evitando assim, o seu desperdício e os consequentes impactos.

O cenário demonstrado pela Agência Nacional das Águas – ANA, aponta que o setor urbano é responsável por 26% do consumo de toda água bruta do país e a construção civil responsável por 16% de toda a água potável (CARVALHO et al., 2014).

Este consumo pode ser explicado pelo fato da água possuir diversas funções. Diante disso, a água é utilizada na dissolução e preparação de inúmeros materiais, como concreto e argamassa, na limpeza do local de trabalho, das máquinas e equipamentos e para as necessidades humanas. A Figura 2.1 apresenta a água resultante da lavagem de betoneiras.

Figura 2. 1: Água resultante da lavagem de caminhões betoneiras



Fonte: <https://blogdopetcivil.com/tag/concreto-2/page/4/>

Dessa mesma forma, segundo Paula e Fernandes (2015) a lavagem de caminhões betoneiras é uma das atividades que mais consome água, chegando a utilizar diariamente cerca de 1 500 litros.

Devido à escassez mundial da água, tecnologias estão sendo desenvolvidas dentro da construção civil para que haja uma economia desse recurso. Segundo Santo (2014), a utilização de tecnologias como a implantação de aditivos na preparação do concreto, podem substituir 40% da água que seria utilizada para essa preparação. Desse mesmo modo, aditivos também são utilizados para a lavagem de caminhões betoneiras, fazendo com que menos água seja utilizada.

É necessário reconhecer que a economia da água é muito importante em qualquer parte do processo construtivo. Desse modo, traz benefícios ambientais como a preservação desse recurso, redução de custos e diminuição dos impactos ambientais.

2.1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NO SOLO

Durante a fabricação de um material na construção civil, é importante que ocorra a análise dos impactos que este pode ocasionar, pois, assim, saberá um método estratégico para a redução dos resíduos gerados.

Na produção de concreto e argamassa é necessário a utilização de cimento o qual ocasiona fatores ambientais negativos, gerando resíduos sólidos ou líquidos. A maneira como acontece o descarregamento desses resíduos, sem ter nenhuma medida que proteja o mesmo, acaba afetando a qualidade do solo e interferindo no equilíbrio ecológico.

Segundo Rosa, Rangel e Ibrahim (2015), metais pesados são adicionados na matéria prima do cimento para sua fabricação. Oliveira (2012) destaca que metais pesados se referem a elementos com efeito danoso ao meio ambiente e aos seres vivos, pelo fato de não serem sintetizados e nem destruídos pelo homem. Portanto, na composição do cimento existem diversos elementos que pode prejudicar o meio ambiente. Além disso, esse material pode prejudicar a saúde dos trabalhadores que o manuseiam.

Em muitas obras o concreto e a argamassa são misturados em betoneiras. Segundo Rosa, Rangel e Ibrahim (2015), após a finalização da produção, é necessário que haja a limpeza deste equipamento para que futuros produtos de concreto não sejam contaminados. A água resultante do processo de lavagem de betoneiras contém partículas significativas de cimento, que se tornam o responsável pela contaminação do solo devido a sua toxicidade.

A contaminação do solo é resultado da introdução de substâncias químicas que o alteram negativamente. De acordo com Ribeiro (2013), o solo tem a capacidade de filtração e absorção de elementos contaminantes. Isso significa que os danos ocorridos no solo, muitas vezes não são detectáveis inicialmente, ou seja, são detectados quando se encontram em um estado muito avançado de contaminação.

Contudo, de acordo com Oliveira (2015), o solo quando recebe produtos que são diferentes da sua composição tende a desenvolver diversas interações físicas, químicas. Sendo assim, ao longo do tempo essas interações podem interferir no pH, na composição dos minerais, permeabilidade, granulometria, entre outras características do solo ocorrendo sua contaminação.

2.2 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESULTANTE DA LAVAGEM DE BETONEIRAS

A água, por se tratar de um recurso não renovável, não significa dizer que seja um recurso finito. Assim, técnicas como o reaproveitamento da água proporciona benefícios para o meio ambiente. “A reutilização da água oferece benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas, economiza energia e proporciona melhoria nos processos industriais” (CARVALHO et al., 2014).

Na indústria da construção, a reutilização da água pode ser tratada como o mecanismo que “consiste na utilização de águas residuais tratadas para qualquer finalidade que constitua um benefício socioeconômico.” (MONTE; ALBUQUERQUE, 2010). Entre as utilizações mais comuns que essa água pode ser aplicada, dentro da construção civil, são: na lavagem do espaço e de equipamentos e na preparação de materiais.

No setor da construção civil, sabe-se que a produção do concreto requer uma quantidade bastante significativa de água, como também, para processos de limpeza de caminhões betoneiras. Segundo Paula e Fernandes (2015), uma fabricação de oito (oito) metros cúbicos de concreto utiliza cerca de 1600 litros de água. Então, de acordo com esse dado, pode-se perceber a importância da reutilização da água na indústria da construção civil buscando evitar o desperdício deste recurso.

Para a reutilização da água no setor é preciso que ela passe por um processo de tratamento, como a filtração. Oliveira et al (2016), desenvolveu um reservatório com filtros para o tratamento de águas provenientes da lavagem de betoneiras com o intuito de otimizar o consumo da água nos canteiros de obras. Constatou que a reutilização dessas águas gera uma economia no processo construtivo e que os resultados obtidos dos ensaios realizados em laboratórios mostraram-se satisfatório.

De acordo com Paz (2007), a filtração é o processo final resultante da remoção de impurezas, sendo responsável pela produção de água com qualidade. Existem alguns tipos de técnicas para o tratamento da água como: a filtragem rápida e lenta em um meio granular, além de técnicas mais sofisticadas que requer um custo mais elevado.

No caso da filtragem rápida, o tratamento funciona para águas com teores de impurezas elevados e apresenta uma sequência de etapas. Estas podem ser classificadas de acordo com Pádua et al., (2007), que são:

- coagulação: No início do processo de filtração, a água recebe produtos químicos para que as partículas contaminantes sejam desestabilizadas, formando partículas ainda maiores.
- floculação: É o mecanismo que ocorre após a coagulação e onde há formação de flocos.
- decantação: Processo onde os flocos formados são sedimentados. Dessa forma, é possível a retirada de impurezas da água.
- filtração: É o último processo, onde ocorre a última tentativa de retirada das partículas.

Já na filtração lenta, a água coletada passa diretamente pelo filtro que pode estar a um meio granular com areias e pedregulhos. De acordo com Nascimento, Pelegrini e Brito (2012) este tipo de filtração é mais fácil de construir, simples de operar e de realizar a manutenção dos filtros, além de ter custos mais acessíveis.

Desse mesmo modo, na pesquisa de Nascimento, Pelegrini e Brito (2012) foi realizado o mecanismo da filtração lenta juntamente com o geotêxtil não tecido, com a finalidade de reaproveitar a água filtrada em abastecimento de pequenas comunidades rurais. Freitas (2013) também realizou um estudo do comportamento de geotêxteis como filtros em barragens de rejeitos.

Assim, os materiais geossintéticos, do tipo geotêxtil, podem ser empregados para esta função. Para Freitas (2013), o estudo da utilização dos geotêxteis está se desenvolvendo cada vez mais. Isso se justifica pelas vantagens que este material oferece como a praticidade do uso e rapidez do processo executivo dos filtros geotêxteis.

2.3 GEOSSINTÉTICOS

A Sociedade Internacional de Geossintéticos (IGS) define os materiais geossintéticos como produtos industrializados onde pelo menos um dos integrantes

se constitui de um polímero sintético ou natural. A utilização desses materiais na engenharia civil é crescente devido a sua capacidade de desempenhar diversas funções e ao mesmo tempo podendo ter características mecânicas (reforço, proteção, separação, controle de erosão e confinamento) e características hidráulicas (impermeabilização, drenagem, filtração). A Figura 2.2 mostra uma das aplicações da geomembrana para a proteção superficial e lateral do aterro.

Figura 2. 2: Utilização da geomembrana como proteção em aterro



Fonte: Revista Fundações e obras geotécnicas, 2014.

No Brasil, os materiais geossintéticos são conhecidos desde os anos 70. Mas o seu uso se tornou significativo nas últimas décadas devido à diversidade dos tipos desses materiais, permitindo que sejam utilizados nos mais variados casos de obras como em estradas, barragens, solos, túneis. Conforme Costa (2008), sua utilização só depende apenas da sua classificação, a qual varia de acordo com o processo de fabricação que pode ser: geotêxteis, geogrelhas, georredes, geomembranas, geocompostos argilosos ou não, geotubos, geocélulas e geoexpandido.

Para que esses materiais sejam utilizados sem que o seu uso não acarrete problemas para determinada obra, Costa (2008) afirma que é necessário que estes passem por processos de Controle de Qualidade de Fabricação (CQF). No qual esse controle tem a finalidade de atender as especificações técnicas da obra, o desempenho adequado do material e oferecer credibilidade para sua aplicação.

De acordo com o IGS (2016), diante das diversidades e funções, os geossintéticos se tornam uma alternativa para os projetistas e ainda apresentam vantagens que oferecem credibilidade por se destacarem pela facilidade de

aplicação e no manuseio, durabilidade, preservação do meio ambiente em relação aos outros produtos que exigem equipamentos de grande porte poluindo o meio, e realizar uma obra com menos custo sem diminuir a segurança da mesma.

O IGS ainda informa que os geossintéticos apresentam várias aplicações e em diversas áreas. As aplicações mais comuns são para reforço estrutural de obras de terras, impermeabilização de barragens, aterros sanitários, proteção superficial contra a erosão, filtros, dentre outras. Ainda assim, esses materiais são aplicados em diversas áreas como na agricultura, no processo de drenagem e filtração, em projetos hidráulicos e em tratamentos de resíduos líquidos.

2.3.1 GEOTÊXTIL COMO MEIO FILTRANTE

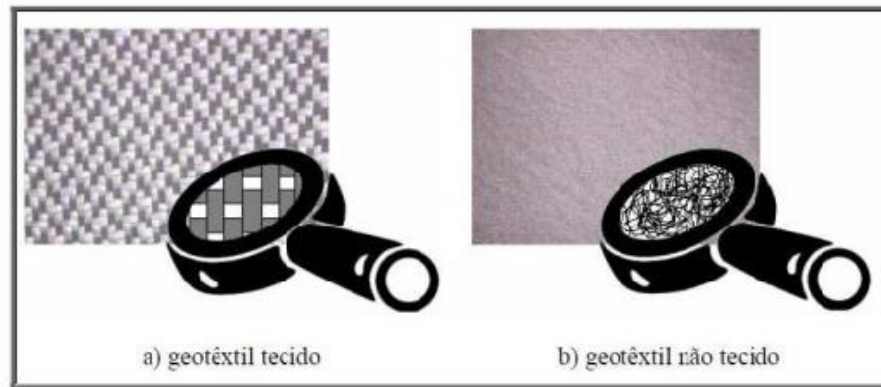
Segundo Gourc e Palmeira (2016), os geossintéticos podem ser utilizados como drenos e filtros, podendo ainda ser adicionados a outros materiais granulares ou substituindo estes. O geotêxtil é o tipo de material capaz de realizar esse funcionamento em obras como aterros, controles de erosão ou em locais de disposição de resíduos.

De acordo com Bathurst (2016), os geotêxteis são materiais sintéticos que são constituídos de fibras ou filamentos, que podem ser classificados como tecidos, não tecidos e tricotados/costurados. “Os principais tipos de polímeros utilizados na fabricação de geotêxteis são a poliamida (PA), o polietileno (PE), o poliéster (PET) e o polipropileno (PP)” (COSTA et al., 2008).

Estes são diferenciados de acordo com os processos de fabricação, diferenciando um do outro pela angulação das fibras. Na Figura 2.3 é apresentado o arranjo da estrutura de um geotêxtil tecido e não tecido.

Ainda na Figura 2.3, observa-se que no geotêxtil tecido as fibras são arranjadas em uma angulação de 90°. Já no geotêxtil não tecido as fibras são dispostas aleatoriamente.

Figura 2. 3: Arranjo da estrutura de um geotêxtil: tecido (a) e não tecido (b).



Fonte: Schujmann, 2010.

Segundo Schujmann (2010), os geotêxteis tricotados ou costurados são obtidos a partir do entrelaçamento de fios por tricotamento.

Ainda de acordo com Schujmann (2010), os geotêxteis não tecidos são mais utilizados para desempenhar funções de filtração. Isso se dá pelo fato destes materiais não funcionarem apenas com uma interface, mas também como um meio tridimensional.

Sendo assim, quando se deseja obter uma filtração com alta permeabilidade (propriedade hidráulica, que avalia a passagem de líquido no meio filtrante (SCHUJMAN, 2010)) é mais conveniente a utilização de geotêxteis não tecidos com espessuras mais finas. Por outro lado, quando a finalidade principal é retenção do solo opta-se por um material com uma espessura mais grossa.

Assim, o geotêxtil utilizado como filtro, tem que apresentar aberturas suficientes que sejam capazes de reter as partículas.

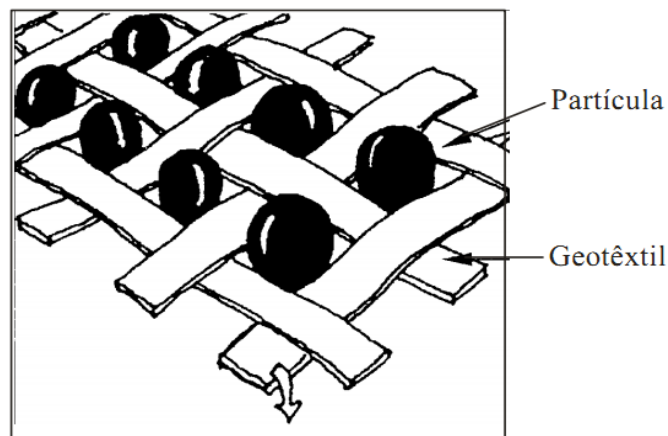
Segundo Freitas (2013), critérios para um filtro sintético não se diferenciam dos filtros convencionais granulares. Assim, um material para ser considerado como filtro deve obedecer dois parâmetros: ser suficientemente permeável para que haja a passagem da água e a retenção de diâmetros de partículas. Para Vertematti (2004), os geotêxteis apresentam vantagens quando comparados com filtros convencionais como a areia por possuir uma menor espessura, fácil de manusear e um baixo custo, além de ser um produto industrial capacitando o controle das características do material.

Em sistemas de filtração de solo-geotêxtil pode ocorrer como a colmatção. Para Freitas (2013), este mecanismo ocorre em materiais porosos, onde ocorre a redução dos vazios destes materiais por onde passará o fluido. Dessa forma, a colmatção pode interferir na eficiência do sistema drenante, visto que, um gradiente hidráulico que provoca um fluxo unidirecional é a causa mais comum que desenvolve este mecanismo.

Ainda de acordo com Freitas (2013), a colmatção em materiais como o geotêxtil pode ser classificada em três tipos:

- bloqueamento: Ocorre quando as partículas do solo se depositam sobre o material geotêxtil, obstruindo totalmente ou parcialmente a abertura do mesmo como pode ser exemplificado na Figura 2.4. É comum que ocorra certo nível de bloqueamento, mas o que não pode acontecer é que a porosidade do material seja semelhante a do solo.

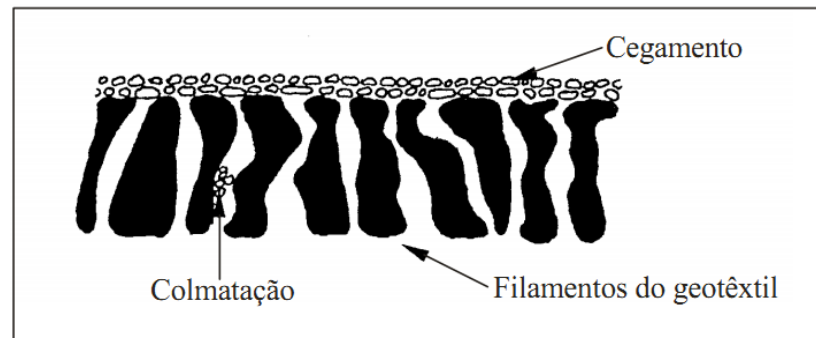
Figura 2. 4: Esquematização do bloqueamento



Fonte: Freitas, 2013.

- cegamento: À medida que o material geotêxtil não possui uma porosidade que permita a passagem das partículas finas do solo, estas formarão uma camada na superfície do geotêxtil deixando-o com uma permeabilidade baixa. A Figura 2.5 apresenta um exemplo para este processo.

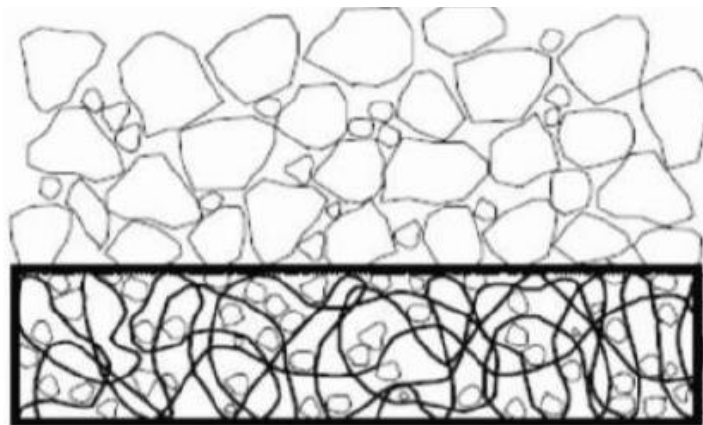
Figura 2. 5: Esquemática do cegamento



Fonte: Freitas, 2013

- colmatação propriamente dita (Figura 2.6): se dá quando o solo possui um diâmetro próximo a abertura do geotêxtil, fazendo com que o solo, junto com o fluido, fique retido ao longo da espessura do material.

Figura 2. 6: Esquemática da colmatação em filtros geotêxteis.



Fonte: Palmeira¹, 2003 apud Galvis, 2016.

Contudo, pesquisa feita por Schujmann (2010) mostra que estudos já foram realizados com os geotexteis não tecidos, onde a técnica aplicada foi a de filtração lenta. Com a utilização de mantas sintéticas não tecidas no topo de camada de areia, é possível obter um aumento na retenção de impurezas, além da facilidade de limpeza dos geotêxteis. Desse modo, a necessidade da limpeza do material e da camada de areia ocorre com menor frequência.

¹Palmeira, E.M. (2003). Notas de Aula de Ensaio em Geossintéticos, Propriedades de Filtração, Determinação da Abertura de Filtração de Geotêxteis. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 39p.

A pesquisa feita por Schujmann (2010), afirma que os geotexteis não tecidos, mesmo após três anos, não sofreram nenhuma deformação. Com isso, aponta que essas mantas possuem resistência mecânica adequada, com isso gerando durabilidade nos processos de filtração lenta.

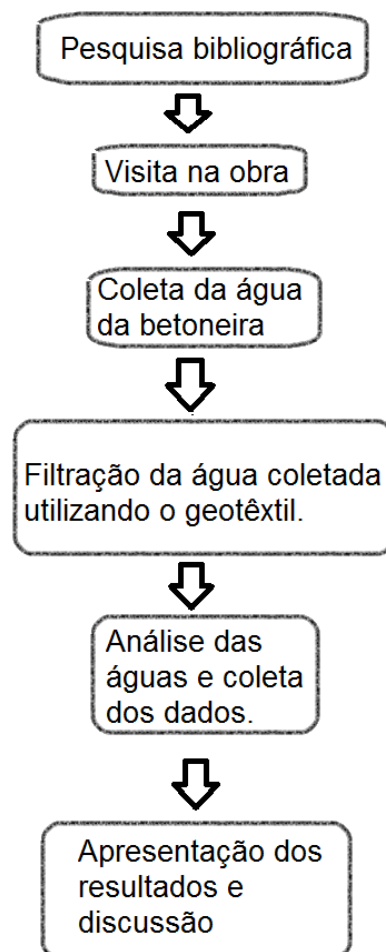
3. METODOLOGIA

Este estudo consistiu em uma pesquisa de caráter quantitativo e qualitativo desenvolvida na cidade de Pau dos Ferros, localizada no estado do Rio Grande do Norte.

Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura dos impactos que as água resultantes de lavagens de betoneiras causam, além de entender o funcionamento dos materiais geotêxteis como um meio filtrante.

Posteriormente, para a pesquisa foram realizadas visitas em uma obra na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), para a coleta das águas resultantes da lavagem de betoneiras. O esquema apresentado na Figura 3.1, ilustra a metodologia utilizada na pesquisa.

Figura 3. 1: Metodologia da pesquisa.



Fonte: Autora, 2016.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a realização das filtrações foi desenvolvido um mecanismo, como mostrado na Figura 3.2, utilizando geotêxteis não tecidos, dois tubos de PVC e uma luva de 150 mm de diâmetro, baldes, tubos para guardar as amostras.

Figura 3. 2: Mecanismo utilizado nos processos de filtração.



Fonte: Autora, 2016.

O geotêxtil utilizado na pesquisa é um não tecido por funcionar melhor como meio filtrante. O tipo do geotêxtil é o GH 16 da linha GH e as especificações são apresentadas na Figura 3.3. O material de fabricação deste geotêxtil é 100% poliéster.

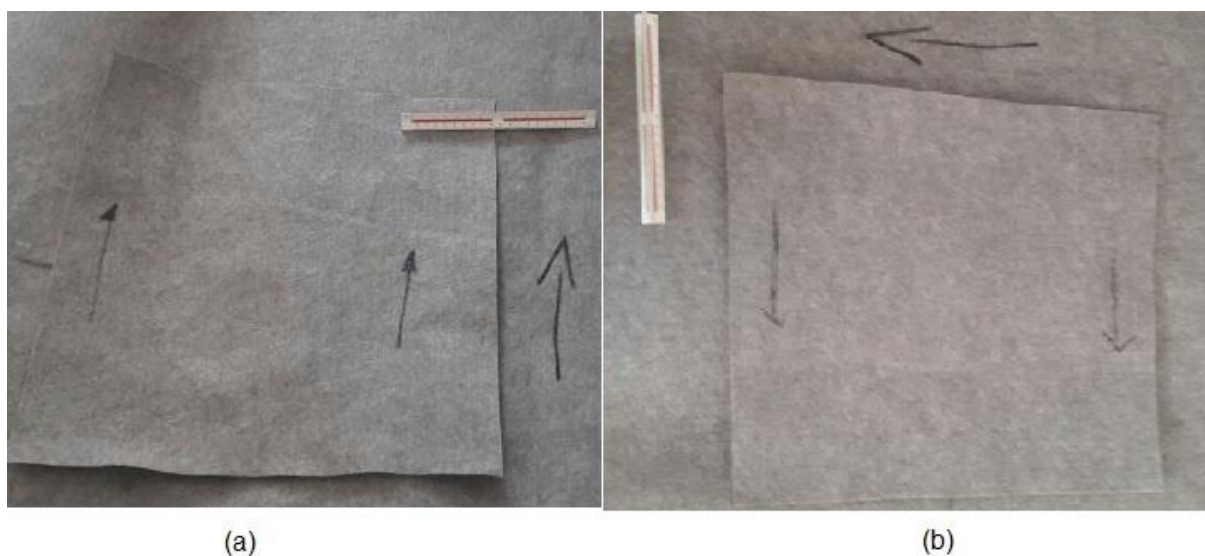
Foram utilizadas duas orientações para o geotêxtil: na orientação das fibras do material (sentido horizontal) e na orientação de 90° dessas fibras (sentido vertical). A Figura 3.4(a) e 3.4(b) mostra o sentido das fibras apresentando as amostras utilizadas com suas respectivas orientações.

Figura 3. 3: Especificação do geotêxtil GH16.

	PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	GH 16
FÍSICAS	Espessura	ABNT NBR 12569	mm	2,1
MECÂNICAS	Resistência à Tração em Faixa Larga (Transversal)	ABNT NBR ISO 10319	kN/m	16
	Alongamento na Transversal		%	≥50
	Resistência à Tração em Faixa Larga (Longitudinal)	ABNT NBR ISO 10319	kN/m	16
	Alongamento na Longitudinal		%	≥50
	Resistência ao Rasgo Trapezoidal (Transversal)	ASTM D 4533	N	450
	Resistência ao Rasgo Trapezoidal (Longitudinal)	ASTM D 4533	N	500
	Resistência Puncionamento CBR	ABNT NBR 12236	kN	3,4
	Resistência ao Puncionamento Estático	ASTM D 4833	N	700
HIDRÁULICAS	Permissividade	ASTM D 4491	s ⁻¹	1,85
	Permeabilidade Normal	ASTM D 4491	cm/s	0,39
	Abertura Aparente	ASTM D 4751	mm	0,18
	Abertura de Filtração (O95)	AFNOR G 38017	µm	110
BOBINAS	Comprimento	-	m	100
	Largura	-	m	2,30 e 4,60
	Matéria-Prima	-	-	100% Poliéster
	Ponto de Fusão	-	-	260° C

Fonte: GeoFort, Adaptada.

Figura 3. 4: Amostras utilizadas no (a) sentido horizontal(b) sentido vertical

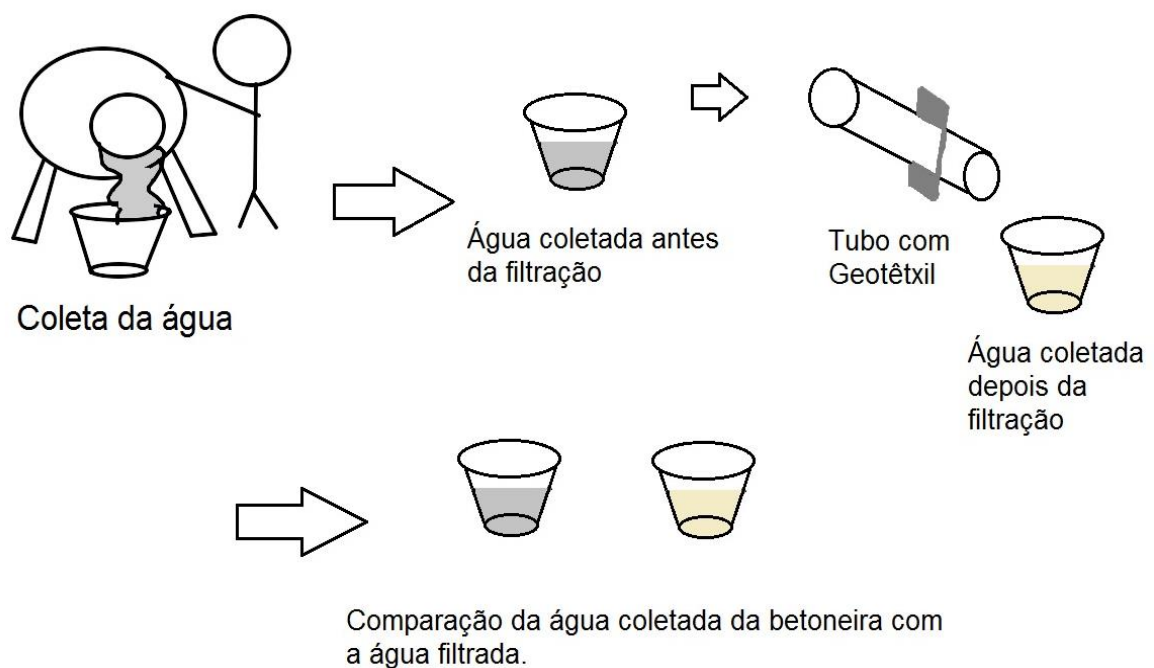


Fonte: Autora, 2016.

3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Antes do início da coleta de água decidiu-se que era melhor planejar como seria a execução da coleta e filtração da água de lavagem da betoneira. Assim, decidiu-se pela sequência ilustrada na Figura 3.5.

Figura 3. 5: Sequência planejada para a coleta e filtração da água da lavagem da betoneira



Fonte: Autora, 2016.

Inicialmente, foi coletado 6 litros de água da betoneira para a realização da primeira filtração. A figura 3.6 apresenta o momento que foi retirada a água da betoneira. Essa água foi deixada 20 minutos para a sedimentação, após esse tempo foi retirada uma amostra de 2 litros (Figura 3.7) para a realização da primeira filtração. Nessa primeira filtração foi utilizado o geotêxtil no sentido horizontal.

Figura 3. 6: Coleta de 6 litros de água



Fonte: Autora, 2016.

Figura 3. 7: Amostra de água utilizada para a primeira filtragem.



Fonte: Autora, 2016

Também foram realizadas mais duas filtrações utilizando as duas orientações do material. Na segunda filtragem foi utilizado o geotêxtil no sentido vertical (V) e coletado 8 litros de água. Já para a terceira filtragem o geotêxtil foi utilizado no sentido horizontal (H), e coletado aproximadamente 3 litros de água. Porém, nessas

duas filtragens, não houve a sedimentação da água coletada, sendo esta colocada diretamente no mecanismo para a filtração, como mostra a Tabela 3.1.

Tabela 3. 1: Sentido do geotêxtil para cada filtragem e o tempo de sedimentação.

Filtragem	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a
Orientação do Geotêxtil (apenas para água filtrada)	H	V	H	H	V	H	V
Tempo de sedimentação	20 minutos	Não ocorreu	Não ocorreu	Não ocorreu	Não ocorreu	20 minutos	20 minutos

Foram realizadas mais quatro filtragens (4^a – 7^a), em cada uma foi coletada 500 ml de água de lavagem da betoneira. Duas com o geotêxtil no sentido (H) e duas no sentido (V). Em duas amostras foi esperada uma sedimentação de 20 minutos sendo utilizada uma orientação no sentido horizontal e outra no sentido vertical e para as outras duas filtragens (4^a e 5^a), as amostras passaram diretamente pelo processo de filtração, também sendo utilizadas as duas orientações do geotêxtil.

Para todas as amostras coletadas, foi medido o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica das águas não filtrada e filtrada. A Figura 3.8 e a Figura 3.9, mostram os instrumentos utilizados para a medição de uma dessas amostras.

Figura 3. 8: Medição do pH das amostras.



Fonte: Autora, 2016.

Figura 3. 9: Medição da condutividade elétrica das amostras

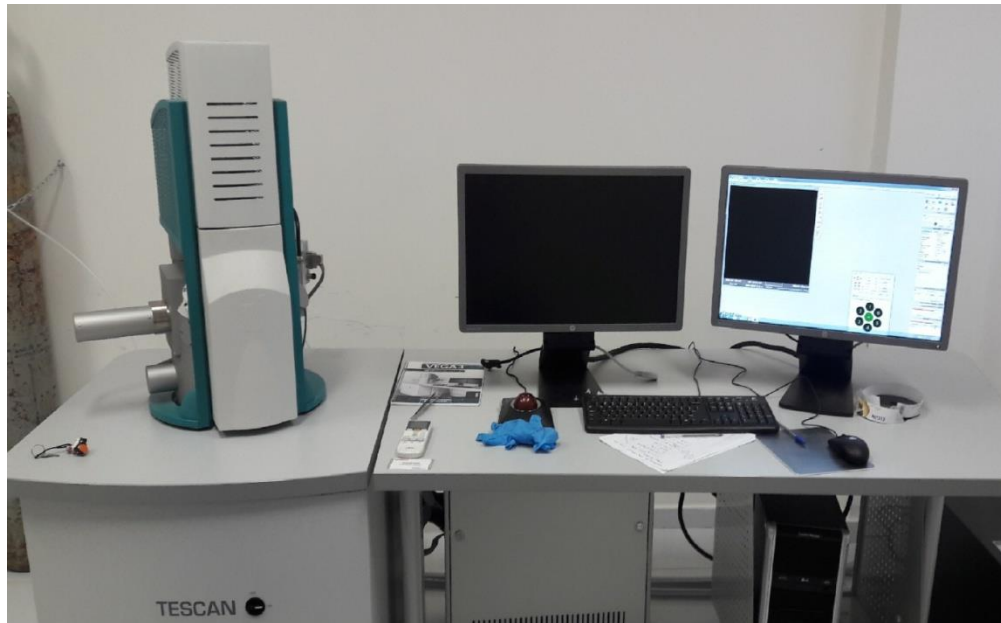


Fonte: Autora, 2016.

As amostras da primeira filtragem ainda foram analisadas quanto à presença de detergentes, óleo ou gordura, o odor e sua coloração de acordo com a avaliação preliminar da NBR 15900:2009-3. Sendo assim, o ensaio consistiu em despejar 80 ml das amostras em uma proveta graduada e posteriormente agitar as amostras durante 30 segundos. As amostras foram deixadas em repouso durante 30 minutos e no final deste intervalo verificou a cor e tonalidade das amostras. Nos dois primeiros minutos foi verificado se havia presença de espumas e indícios de óleo ou gordura. Após este procedimento, foi analisado o odor das amostras classificando como inodora e odor característico de cimento.

Para avaliar a direção das fibras e o que ocorreu no geotêxtil devido a filtração, foram coletadas amostras de alguns dos geotêxteis antes e após as filtrações. As amostras foram analisadas no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) Tescan Vega 3 da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, apresentado na Figura 3.10.

Figura 3. 10: Microscópio de varredura eletrônico.



Fonte: Autora, 2016.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

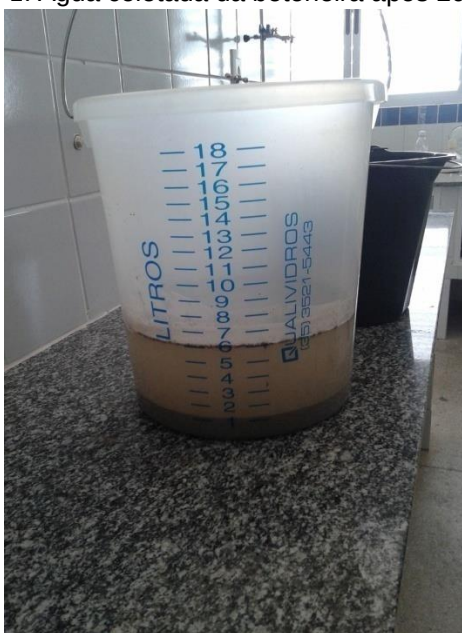
Através da metodologia apresentada foram obtidos os resultados apresentados a seguir, os quais foram analisados e são discutidos neste capítulo. Com realização das filtrações, foi possível comparar em cada meio filtrante desenvolvido seu tempo de escoamento, bem como, avaliar qualitativamente a cor da água em cada situação, o pH, a condutividade elétrica específica dos fluidos, se há presença de detergente, óleo ou gordura e odor.

4.1 PARÂMETROS GERAIS

A quantidade de água utilizada para a filtração e de água passante pelo geotêxtil pode ser observado na Tabela 4.1. Verifica-se que na primeira filtração toda a amostra de 2 litros da água coletada passou pelo meio filtrante. Isso ocorreu devido à amostra ter sido deixada durante 20 minutos sedimentando e só após isso ter sido retirada uma amostra em suspensão. Com a sedimentação das partículas sólidas a água passou com facilidade pelo geotêxtil.

Na primeira, sexta e sétima filtração ocorreu a sedimentação das partículas durante 20 minutos (Figura 4.1). A sedimentação ocorreu na primeira filtração devido a água coletada da lavagem da betoneira ter sido levada para o laboratório para só então passar pelo sistema de filtração.

Figura 4. 1: Água coletada da betoneira após 20 minutos.



Fonte: Autora, 2016.

Na referida Tabela 4.1 observa-se que quanto menor a quantidade de água utilizada no mecanismo de filtração maior a porcentagem de água filtrada., que foi o caso da 1ª, e 4ª a 7ª filtrações. As amostras que ocorreram sedimentação foram da 1ª, 6ª e 7ª filtração, nessas amostras observa-se na Tabela 4.1 que houve uma maior quantidade de água filtrada em relação as outras filtrações. As suspensões com maior porcentagem de água passante no mecanismo filtrante foram a 1ª e 6ª e 7ª amostras, com 100 % e as duas últimas com 90% de água passante em relação a água coletada.

Ainda vale ressaltar que com o geotêxtil no sentido vertical houve maior passagem de água. Isso pode ser visualizado quando se calcula a porcentagem da quantidade de água passante em cada etapa. A comparação das porcentagens pode ser realizada onde os processos de filtração ocorreram de forma semelhante. Assim, os resultados obtidos na quarta e quinta filtração mostram que no sentido vertical houve maior passagem de água.

Na Tabela 4.1, encontra-se o tempo de escoamento em cada situação. Observa-se que na primeira filtração o tempo de escoamento foi menor devido à água estar com menor quantidade de cimento. Em 3 minutos, toda a água já tinha passado pelo geotêxtil. Na segunda filtração, que não passou por sedimentação, em 5min e 46seg apenas 25% da água para ser utilizada no mecanismo de filtração passou nesse intervalo de tempo. A fim de comparar a quantidade de água passante em cada orientação do geotêxtil foi marcado o mesmo tempo (5' 46'') para as demais filtrações. Verifica-se pelos resultados apresentados que, como já mencionado anteriormente, com o mesmo tempo de escoamento as amostras que passaram por sedimentação antes da filtração apresentaram uma porcentagem passante pelo geotêxtil maior.

Na Figura 4.2 são apresentados os geotêxteis utilizados na 4ª (a), 5ª (b), 6ª (d) e 7ª (c) filtração. Observa-se que em todas as amostras da Figura ocorreu colmatação, como pode ser verificado também na Tabela 4.2. Como mencionado no item 2.3.1, na colmatação ocorre a redução dos vazios do geotêxtil impedindo a passagem do fluido e dessa forma pode interferir na sua eficiência.

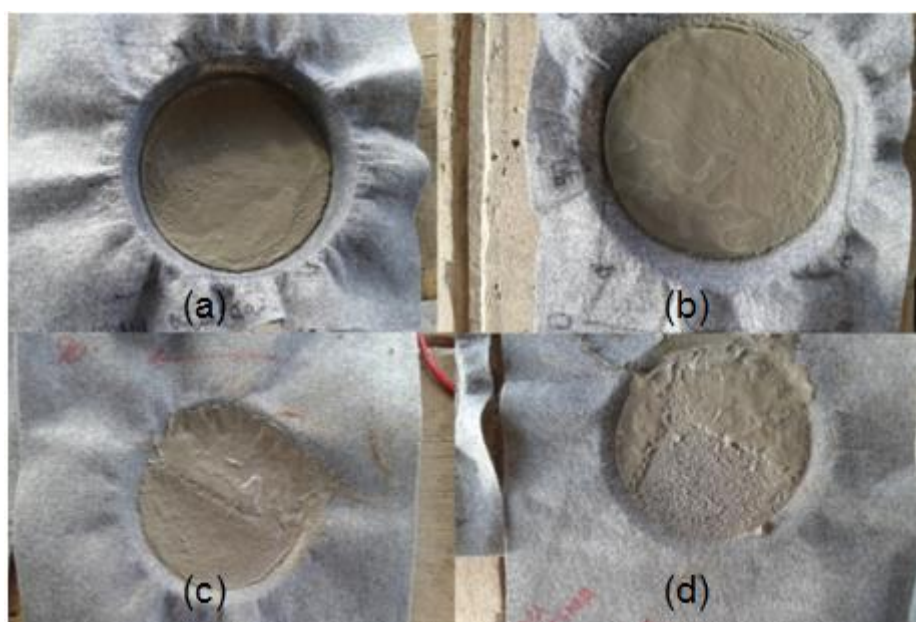
Tabela 4. 1: Quantidade da amostra coletada e passante.

Filtragem	1ª (H)	2ª (V)	3ª (H)	4ª (H)	5ª (V)	6ª (H)	7ª(V)
Quantidade de água utilizada	2 L	8 L	3 L	500 ml	500 ml	500 ml	500 ml
Quantidade de água passante	2 L	2 L	0.5 L	200 ml	250 ml	450 ml	Aprox. 450 ml
Água passante (%)	100%	25%	16.67%	40%	50%	90%	Pouco a mais que 90%
Tempo de escoamento	3'00"	5' 46"	5' 46"	5' 46"	5' 46"	5' 46"	5' 46"

Legenda: H – sentido horizontal do geotêxtil; V – sentido vertical do geotêxtil.

Verifica-se na Figura 4.2 que as amostras que passaram por sedimentação (4.2c e 4.2d) houve menor colmatação no geotêxtil. Já as amostras (4.2a e 4.2b) que não passaram pelo processo de sedimentação observa-se um afundamento do geotêxtil ao término da filtração, isso se deve a maior quantidade de partículas sólidas retidas. Isso pode ser comprovado analisando a Tabela 4.2, na qual as massas do geotêxtil aumentaram consideravelmente para essas amostras.

Figura 4. 2: Alguns geotêxteis após a 4ª (a), 5ª (b), 6ª (d) e 7ª (c) filtração.



Fonte: Autora, 2016.

A Tabela 4.2 refere-se aos resultados obtidos para cada geotêxtil utilizado em relação à colmatação. Nessa tabela também se observa que apenas na primeira filtração não ocorreu colmatação. Isso mostra que a colmatação não depende da orientação do geotêxtil, já que na terceira filtração foi utilizada a mesma orientação e ocorreu a colmatação.

O fato da não ocorrência da colmatação na primeira filtração pode ser explicado devido a sedimentação parcial da amostra de água coletada, após isso que foi retirado 2 litros de água de lavagem para realizar a filtração. Nas duas últimas filtrações, o processo de sedimentação ocorreu já na amostra que foi utilizada para a filtração, diante disso houve uma pequena colmatação.

Este processo pode ter ocorrido devido às partículas de cimento se depositaram sobre o geotêxtil, ou pelo fato da porosidade do material não permitir a passagem das partículas finas, fazendo com que estas formassem camadas sobre o material. Conforme Carvalho (2009), os grãos de cimento têm diâmetro médio de aproximadamente $30\mu\text{m}$ ($0,030\text{mm}$), bem menor que o diâmetro de abertura do geotêxtil que é de $0,18\text{mm}$. É possível que as partículas sólidas, os grãos de cimento e grãos finos de areia, foram se acumulando e preencheram os vazios do geotêxtil impedindo a filtração.

A Tabela 4.2 apresenta as massas de cada geotêxtil antes e depois da filtração. Para a primeira filtração, não foi possível a comparação dos resultados com as demais filtrações, pois o material não foi pesado.

Tabela 4. 2: Massas dos geotêxteis antes e depois das filtrações.

Filtração	1ª (H)	2ª (V)	3ª (H)	4ª (H)	5ª (V)	6ª (H)	7ª (V)
Houve colmatação	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Massa do geotêxtil antes da filtração (g)	-	16,502	24,783	26,710	16,504	23,456	20,653
Massa do geotêxtil após a filtração (g)	Não possível	326	240	82	93	126	118

Fonte: Autora, 2016.

Observa-se na Tabela 4.2 uma grande diferença da massa do material antes e depois de cada filtragem, devido à grande quantidade de partículas sólidas depositadas nos geotêxteis devido a colmatção. Ainda assim é possível notar que na 2ª e na 3ª filtragem ocorreu maior massa retida de partículas sólidas pelo fato da grande quantidade de água utilizada para o processo de filtragem.

A partir da 4ª filtração os valores finais das massas foram menores em consequência da menor quantidade de água coletada, como informado na Tabela 4.1. Também é possível comparar os resultados dessas filtrações onde a quantidade de água utilizada foi igual. Neste caso constata-se que nas filtrações que ocorreu a sedimentação da água (sexta e sétima filtrações), a massa final foi maior devido a maior quantidade de água passante (cerca de 450 ml), como apresentado na Tabela 4.1. Isso ocorreu, pois devido a sedimentação a quantidade de água que passou pelo geotêxtil durante a filtração foi maior, pela menor quantidade de partículas que foram se depositando durante a filtração o que causou uma colmatção mais lenta. Ao contrário da água que não passou pela sedimentação, que devido a maior quantidade de partículas sólidas a colmatção ocorreu mais rápido causando provavelmente o preenchimento dos vazios do geotêxtil e impedindo a continuidade da filtração.

4.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A Tabela 4.3 refere-se aos valores obtidos para a condutividade elétrica específica (CEE). Para Freitas (2013), a CEE refere-se à capacidade de a água conduzir corrente elétrica e indica a concentração de eletrólitos dissolvidos no líquido.

Tabela 4. 3: Condutividade elétrica das amostras de água filtrada e não filtrada.

Filtragem	1ª (H)	2ª (V)	3ª (H)	4ª (H)	5ª (V)	6ª (H)	7ª (V)
Condutividade da amostra utilizada (mS)	7.15	-	-	12.56	12.56	12.56	12.56
Condutividade da água filtrada (mS)	4.98	8.82	9.06	9.65	10.22	9.90	9.74

Legenda: mili-Siemens – mS

Fonte: Autora, 2016.

Na referida tabela, percebe-se que na primeira filtragem a CEE obtida para a água filtrada foi de 4.98 mili-Siemens (mS). Esse resultado é menor que o encontrado para a água que não passou pelo processo de filtragem (7.15 mS), além de ser um valor menor que as demais águas filtradas. Para as outras filtrações, não foi possível obter os valores da CEE da água coletada devido à quantidade da amostra ser insuficiente para a realização do teste. No entanto, com o resultado encontrado para as filtrações pode-se dizer que com a diminuição da CEE, houve também a redução do número de eletrólitos presentes na água coletada. Isso induz a menor probabilidade de o material que for preparado com essa água conduzir corrente e, por exemplo, no caso do concreto armado reduz a probabilidade de corrosão das armaduras.

4.3 AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A Tabela 4.4 apresenta os valores de pH medidos da água de lavagem da betoneira e água após o processo de filtração para todas as filtrações realizadas. Observa-se na referida tabela que o pH da água filtrada com o uso do geotêxtil é um valor próximo ao da água não filtrada.

Tabela 4. 4: pH das águas coletadas da betoneira e das águas filtradas.

Filtragem	1ª (H)	2ª (V)	3ª (H)	4ª (H)	5ª (V)	6ª (H)	7ª (V)
pH da água não filtrada	11.88	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10
pH da água filtrada	11.69	12.11	12.08	11.39	11.42	11.55	11.44

Fonte: Autora, 2016.

Da medida do pH para os dois tipos de água obteve-se valores maior que 11, significando que as duas tem pH alcalino. Isso se deve ao cimento que tem pH alcalino, em torno de 12 a 14 quando em solução aquosa. Segundo a NBR 15900-3:2009, a água destinada a processos de preparação do concreto deve ter em relação ao parâmetro de ácidos o $\text{pH} \geq 5$. Os valores de pH medidos para a água filtrada apresentam variação entre 11.39 a 12.11, o que indica que as águas analisadas podem ser utilizadas para produção de concreto. Os valores obtidos

nesse trabalho são semelhantes aos encontrados por Meneses et al. (2014), que obteve valores entre 12,45 a 12,81, também no estado alcalino.

Os maiores valores de pH medidos foram obtidos na segunda e terceira filtragem, na qual a quantidade de água coleta e o volume de colmatção eram maiores. Esses valores provavelmente se devem ao fato da menor eficiência do geotêxtil nestas filtrações, pois houve menor quantidade de água filtrada. Esses resultados podem ser comparados com os obtidos na quarta e quinta filtragem, onde também não houve a sedimentação da água coletada, porém a quantidade de água coletada foi menor e conseqüentemente ocorreu uma diminuição da colmatção. Esse fato pode explicar a obtenção de valores menores de pH para essas duas filtrações.

Na primeira filtragem a sedimentação das partículas por 20 minutos pode ter influenciado na redução do pH da amostra, que foi de 11,69 para a água filtrada e de 11,88 para a água não filtrada. Nas quatro últimas filtrações obteve-se menores valores de pH, provavelmente devido a menor quantidade de água utilizada nessas filtrações.

O ensaio para analisar a presença de detergentes, óleos ou gorduras, cor e tonalidade, foi realizado de acordo com a avaliação preliminar da NBR 15900:2009-3 citada no item 3.2. Só foi possível a avaliação das amostras da primeira filtragem (antes e depois da filtração) por ser a única a indicar a quantidade de água exigida pela NBR 15900:2009-3 citada. Os resultados obtidos nessa avaliação são apresentados na Tabela 4.5 e comparados com os requisitos da referida norma.

Assim, na análise realizada nas amostras da primeira filtragem, foi possível perceber a presença de espumas na superfície que não desapareceu no tempo indicado pela norma (2 minutos) nas duas amostras, desse modo, indicando a presença de detergentes tanto para a água não filtrada (Figura 4.3b) como para água que passou pelo geotêxtil (Figura 4.3a). Contudo, a água filtrada apresentou uma menor quantidade de espuma.

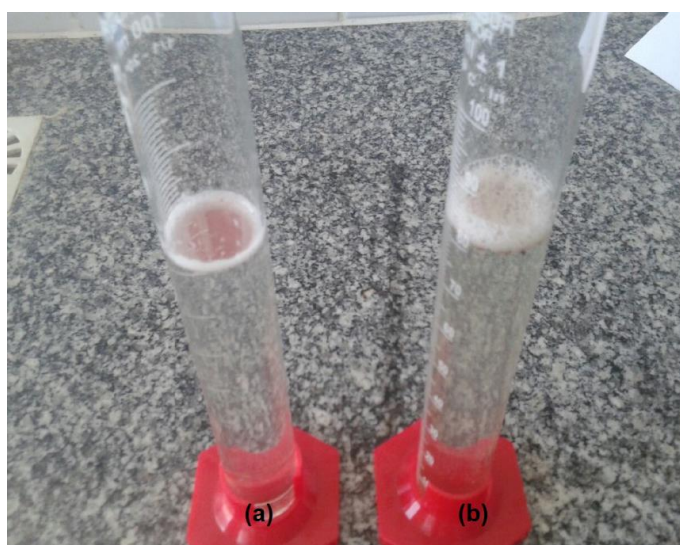
Tabela 4. 5: Resultados de alguns requisitos da avaliação preliminar para as amostras da primeira filtragem.

Parâmetro	Requisito NBR 15900:2009-3	Água do primeiro processo de filtragem – Não filtrada	Água do primeiro processo de filtragem – Filtrada
Detergente	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos	Presente	Presente
Óleo ou gordura	Não mais que traços visíveis	Não presente	Não presente
Cor	Comparado com a água potável ser amarelo claro a incolor	Amarelo claro	Quase incolor
Odor	Leve odor de cimento	Característico de cimento	Característico de cimento

Ainda assim, pode-se dizer que as águas não apresentaram indícios de óleo ou gordura. Em relação à cor, a água que não passou pelo processo de filtragem apresentou uma coloração amarelada (Figura 4.3b), diferente da água filtrada que se encontrou quase incolor (Figura 4.3a).

Neste mesmo ensaio foi verificado o odor das amostras. As duas amostras apresentaram um odor característico de cimento, porém, o odor da água filtrada era menos intenso. Esse odor é presente na água filtrada devido a algumas partículas de cimento ainda estarem presente na amostra.

Figura 4. 3: Avaliação preliminar da água filtrada (a) e não filtrada (b) da primeira filtragem.

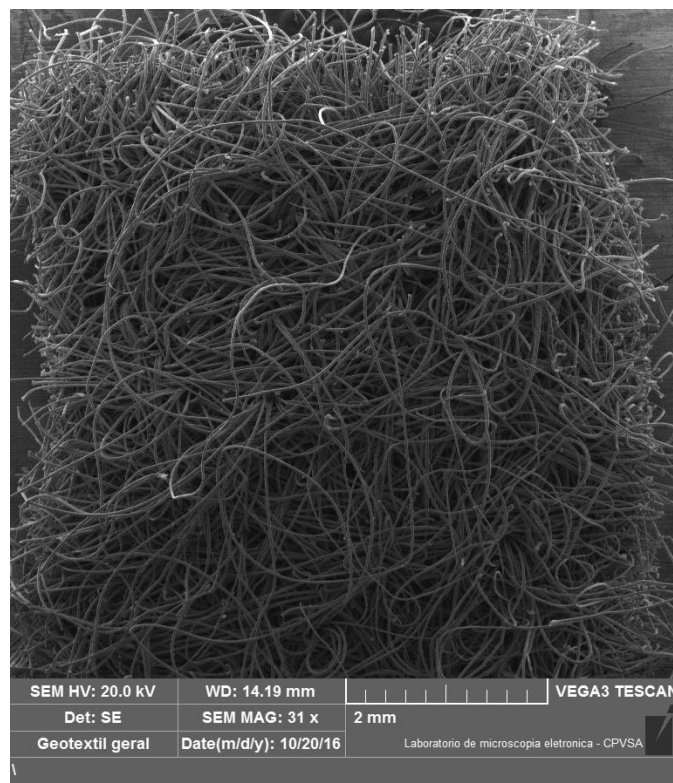


Fonte: Autora, 2016.

4.4 ANÁLISES DO MEV

Da análise no MEV do geotêxtil, observa-se na Figura 4.4 o entrelaçamento das fibras do geotêxtil de forma aleatória, apresentando uma distribuição variada. Devido a essa distribuição não uniforme das fibras, também haverá uma variação de aberturas do material que pode ter influenciado na filtração da água de lavagem da betoneira.

Figura 4. 4: Micrografia do geotêxtil mostrando a distribuição aleatória das fibras.

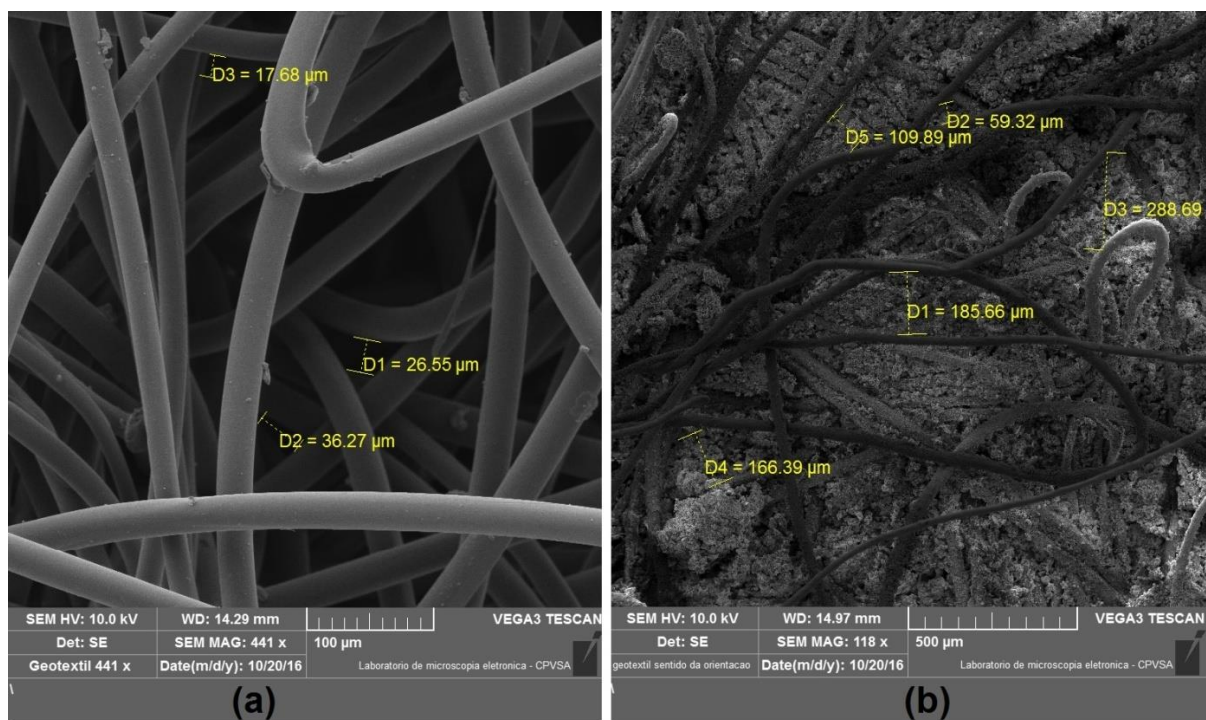


Fonte: Autora, 2016.

Os diâmetros das aberturas entre as fibras do geotêxtil antes e depois do processo de filtração podem ser observados na Figura 4.5(a) e 4.5 (b), respectivamente. Verifica-se na amostra de geotêxtil utilizada para análise no MEV que as aberturas entre as fibras são pequenas e que o diâmetro dos poros é em torno de 17,5µm a 36,5µm. Para Galvis (2016), nos geotêxteis não tecidos os poros possuem uma variação quanto ao tamanho e podem ser comparadas com os vazios dos solos.

Devido a filtração, o fluxo carregou as partículas em suspensão para o filtro causando a colmatação do geotêxtil (Figura 4.5 (b)), como já relatado anteriormente. Nessa Figura 4.5(b), observa-se a micrografia da amostra de geotêxtil utilizada o preenchimento dos poros pelas partículas sólidas. Provavelmente, as partículas sólidas da suspensão possuíam diâmetro maior ou equivalente a abertura de filtração dos geotêxteis. Essas aberturas se referem ao maior diâmetro equivalente das partículas que podem atravessar o material. De acordo com a especificação do GeoFort apresentada na Figura 3.3, o geotêxtil utilizado apresenta abertura de filtração de $110\ \mu m$.

Figura 4. 5: Aberturas do geotêxtil antes (a) e após a filtração (b).



Fonte: Autora, 2016.

Na colmatação, de acordo com Spada² (1991) apud Galvis (2016), as partículas sólidas do fluido penetram no geotêxtil e ficam retidas ao longo da sua espessura. Esse mecanismo pode ser melhor visualizado na Figura 2.6, que representa um esquema da colmatação na extensão da espessura do geotêxtil.

Verifica-se ainda na Figura 4.5 (b) que houve um maior espaçamento entre as fibras e consequentemente um aumento nos diâmetros das aberturas. A média do

²Spada, J.L. (1991). Ensaios de Filtração em solos com Geotêxteis. Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 180 p.

diâmetro do geotêxtil utilizado nas filtrações de acordo com os dados obtidos pela micrografia (Figura 4.5 (a)) é de 26,83 μm . Já a média de espaçamento no geotêxtil após a filtração foi de 161,99 μm . É possível que a impregnação das partículas solidas no geotêxtil não tecido ocasionou uma tensão de compressão no material, que causou o afastamento entre as fibras e consequentemente aumento dos diâmetros entre elas. Isso explica também a deformação do material causada pela deposição das partículas, já mencionada como afundamento do geotêxtil (item 4.1).

Palmeira e Fanin³ (2002) apud Galvis (2016), explicam para o solo, que esse fenômeno pode ocorrer devido ao espalhamento do material, compactação das diversas camadas do solo sobre o geotêxtil e ao fluxo na filtração que carrega as partículas em suspensão para o filtro. Comparando a explicação dos autores com os resultados obtidos da filtração da água da lavagem de betoneira, verifica-se que durante a filtração o fluxo da água de lavagem carregou as partículas em suspensão e causou a deposição e consequentemente a colmatação no geotêxtil. Essa deposição pode ter ocorrido em várias que camadas, que foram se sobrepondo e causando a tensão de compressão no filtro e fechando os poros e impedindo a continuidade da filtração.

³Palmeira, E.M. & Fannin, R.J. (2002). Soil-geotextile compatibility in filtration – Keynote Lecture. 7th International Conference on Geosynthetics, Nice, France, vol. 3, pp. 853-870.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados, os resultados obtidos através de cada filtragem e as avaliações preliminares executadas, foram obtidas as conclusões apresentadas.

A avaliação preliminar das águas filtradas, de acordo com as especificações da ABNT NBR 15900:2009-3 indicou que as soluções em cada parâmetro, não excederam os limites exigidos por tal norma para as águas recuperadas de processos de preparação do concreto. Desse modo o pH permaneceu alcalino, as amostras não apresentaram CEE significativa que possa interferir em novas produções de concreto ou argamassa e quanto a presença de detergentes óleo ou gorduras obedeceram as especificações da NBR 15900:2009-3. Com isso, as águas filtradas podem ser reutilizadas como água de amassamento de concretos ou argamassas.

Nas orientações do geotêxtil não tecido utilizadas, não foi observado nenhuma variação considerável nos resultados obtidos que pudesse haver uma escolha do sentido do material que se tornasse mais eficiente. Verificou-se pela análise no MEV que a distribuição das fibras é aleatória, portanto a direção de filtração não influencia de maneira efetiva nos resultados.

Diante da colmatação, o geotêxtil não tecido como meio filtrante foi capaz de reter grande quantidade de partículas sólidas proveniente das águas coletadas da betoneira, ocasionando a interrupção do filtro. Verificou-se que a sedimentação da água coletada para só depois passar pelo mecanismo de filtração, resultou em um processo de filtração melhor. Isso facilitou a passagem da água no geotêxtil, além disso, essas amostras apresentaram visivelmente ao final da filtração menor quantidade de partículas sólidas.

De acordo com a deformação observada no geotêxtil e o preenchimento dos poros observados no MEV, entende-se que quanto maior o fluxo de água maior será a deposição das partículas sólidas no material e maior probabilidade de ocorrência da colmatação. Portanto, é necessário que haja o controle do fluxo da água que passará pelo geotêxtil para que desse modo a tensão de compreensão exercida devido a colmatação do material seja reduzida e ele trabalhe de forma mais eficiente.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 159000-1**: Água para amassamento do concreto - Requisitos. 1 ed. 2009. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 159000-3**: Água para amassamento do concreto – Avaliação preliminar. 1 ed. 2009. 3 p.

BARROSO, L. P. M. **Construção sustentável**: soluções comparativas para o uso eficiente da água nos edifícios de habitação. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

BATHURST, R.J. **Classificação dos Geossintéticos**. Disponível em: <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/1.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2016.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil – CBIC. Disponível <em <http://www.cbic.org.br>>

CARVALHO, N.L; HENTZ, P; SILVA, J.M; BARCELLOS A. L. Reutilização de águas residuárias. **Remoa**, Santa Catarina, v. 14, n. 2, p.3164-3171, mar. 2014.

COSTA FILHO, E; SILVA, S. R; BRITO, I G. G. Consumo de água em canteiros de obra da região metropolitana do recife. In: encontro latinoamericano de edificações e comunidades sustentáveis. Recife. **ELECS**. Curitiba: 2013. p. 1 - 9.

COSTA, C. M. L; LODI, P.C; COSTA, Y. D.J; BUENO, B. S. Avaliação de Recomendações Normativas sobre o Uso de Ensaio no Controle de Qualidade de Fabricação de Geossintéticos. Recife, v. 18, n. 12, p.158-169, 2008.

DREHER, V. L. P. **Possíveis soluções para o uso racional da água na edificação da Câmara Municipal de Porto Alegre**. 2008. 103 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FREITAS, R. A. S. **Comportamento de geotexteis como filtro em resíduo - fosfogesso e lama vermelha**. 2013. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GALVIS, H. L. T. **Avaliação da abertura de filtração de geotexteis sob confinamento e parcialmente colmatados**. 2016. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília.

GOURC, J.P; PALMEIRA, E.M. Geossintéticos em drenagem e filtração. **Sociedade Internacional de Geossintéticos Brasil**. Acesso em: 14 de Julho de 2016. Disponível em: < <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/7.pdf>>

MONTE, H. M; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de Águas Residuais**. Lisboa, 2010. 339 p.

NASCIMENTO, A. P; PELEGRINI, R. T; BRITO, N. N. FILTRAÇÃO LENTA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA PARA PEQUENAS COMUNIDADES RURAIS. Revista eletrônica de engenharia civil, v.2, n.4, p. 54-58, ago. 2012,

OLIVEIRA, E. V; SILVA, J. E. S; DINIZ, H. A. A; MENEZES, L. G; MONTE Jr, I. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2016, Belo Horizonte. **Avaliação da qualidade da água recuperada na lavagem de betoneira em canteiros de obras**. 7 p.

PÁDUA, V. L; COELHO, E; FIGUEIREDO, I. C; TEIXEIRA, B. N. **Operação e manutenção de estações: abastecimento de água: guia do profissional em treinamento**. Belo Horizonte: Recesa, 2007. 80 p.

PAULA, H. M; FERNANDES, C. E. GESTÃO DA ÁGUA EM USINA DE CONCRETO: ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA FINS DE REUSO. Revista eletrônica de engenharia civil – REEC, v. 10, n.1, p. 1-8, jul. 2015.

PAZ, L. P. S. **Modelo conceitual de seleção de tecnologia de tratamento de água para abastecimento de comunidades de pequeno porte**. 2007. 398 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

RIBEIRO, M. A. C. **Contaminação do solo por metais pesados**. 2013. 249 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa.

RIOS, M. B. C. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do bairro ilha pura - vila dos atletas 2016**. 2014. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ROSA, N. A; RANGEL, Z. F; IBRAHIM, E. R. B. IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS PARA MINIMIZAR O IMPACTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DA PREPARAÇÃO DE CIMENTO EM BETONEIRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **PETRA**, v. 1, n. 1, p.76-87, jul. 2015.

SANTO, J. O; BATISTA, O. H. S; SOUZA, J. K. S; LIMA, C. T; SANTOS, J. R; MARINHO, A. R. RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O SEU PROCESSO DE RECICLAGEM PARA MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 1, n. 1, p.73-84, maio 2014.

SANTOS, I. R. **Medidas para a redução dos impactos ambientais gerados pela construção civil**. 2015. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SCHUJTMANN, O. S. **Estudo da viabilidade técnica de utilização de geotêxteis não tecidos para filtração da água da chuva**. 2010. 80 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos.

Sociedade Internacional dos Geossintéticos. **Os geossintéticos**. Disponível em: <<http://igsbrasil.org.br/os-geossinteticos>>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

SPADOTTO, Aryane et al. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Unoesc & Ciência: ACSA**, Joçaba, v. 2, n. 2, p.173-180, jul/dez. 2011.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, I; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, p.357-370, mar. 2003.

Vertematti JC. 2004. Manual Brasileiro de Geossintéticos. Editorial Edgard Blücher, 1ed, São Paulo, Brasil: 413 p.