



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS - CMPF
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LETÍCIA MOREIRA DE CARVALHO

**ESTUDO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS APLICADOS COMO MANTAS EM
BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**

PAU DOS FERROS – RN

2017

LETÍCIA MOREIRA DE CARVALHO

**ESTUDO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS APLICADOS COMO MANTAS EM
BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**

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

Orientador: Prof. Dr. José Flávio Timóteo
Júnior

Co-orientador: Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra

PAU DOS FERROS - RN

2017

© Todos os direitos estão reservados a 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 tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C331 Carvalho, Leticia Moreira de.
ESTUDO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS APLICADOS
COM MANTAS EM BARRAGENS SUBTERRÂNEAS / Leticia
Moreira de Carvalho. - 2017.
45 f. : il.

Orientador: José Flávio Timoteo Júnior.
Coorientador: Joel Medeiros Bezerra.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2017.

1. armazenamento de água. 2. mantas naturais e
sintéticas. 3. semiárido brasileiro . 4.
geotêxtil. 5. fibra de carnaúba. I. Timoteo
Júnior, José Flávio, orient. II. Bezerra, Joel
Medeiros, co-orient. III. Título.

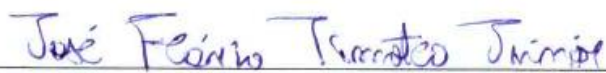
LETÍCIA MOREIRA DE CARVALHO

**ESTUDO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS APLICADAS COMO MANTAS EM
BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**

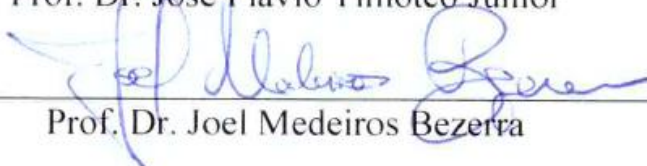
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologia.

Defendida em: 25/05/2017.

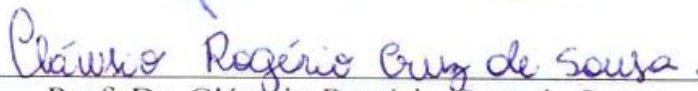
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior



Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra



Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa

Dedico esse trabalho aos meus pais, Francisco Sérgio Araújo de Carvalho e Maria Lavínia Moreira de Freitas, por todo apoio, carinho e confiança que depositaram em mim. Por me guiarem sempre pelo caminho da fé, fazendo com que eu acreditasse na minha capacidade de conseguir o que desejo através dos preceitos de humildade, perseverança e honestidade. Amo vocês meus pais, obrigada por me tornarem através da boa educação que tive uma mulher de caráter.

AGRADECIMENTOS

Gratidão é um dos sentimentos mais puros que se pode ter, ser grato é ser humilde a ponto de reconhecer que não se pode conseguir nada sozinho, que todos precisamos de alguém para compartilhar as alegrias e tristezas da vida, para nos ajudar a se reerguer mesmo quando não há mais esperanças e nos fazer acreditar que tudo é capaz quando se tem fé.

Agradeço primeiramente á Deus, por todas as bênçãos que tenho recebido diariamente, pela saúde que me destes quando mais precisei. Agradeço Deus por guiar meus caminhos e por acalmar todas as minhas angústias. Sem ti não sou nada.

Agradeço á minha família, em especial, aos meus pais Francisco Sérgio Araújo de Carvalho e Maria Lavínia Moreira de Carvalho por todas as minhas conquistas, por terem sempre me guiado para o caminho do bem, da honestidade e da humildade. Por nunca me deixar faltar nada, e principalmente pelo amor e carinho que recebo mesmo distante, pelos telefonemas, pelas mensagens e palavras de conforto. Só vocês conseguem acalmar meu coração e são o meu principal estímulo de nunca desistir. É por vocês e para vocês todas as conquistas da minha caminhada. Amo vocês!

Agradeço ás minhas irmãs Lidiany Moreira de Carvalho e Laura Moreira de Carvalho, por sempre estarem comigo e me apoiarem em todas as minhas escolhas, por sempre acreditar e confiar na minha capacidade, vocês são fundamentais na minha vida! Amo vocês! Á minha tia/madrinha/amiga Ana Angélica Freitas, por todo o apoio e palavras de conforto que sempre foram fundamentais para meu crescimento pessoal e por deixar acesa em mim a chama da fé. Te amo tia!!!

Agradeço também ao meu Orientador Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior, e meu Coorientador Prof. Dr. Joel Medeiros que atribuíram ensinamentos que me nortearam e que foram de fundamental importância para juntos concretizarmos este trabalho.

Aos terceirizados e técnicos de laboratório pela disponibilidade.

E enfim agradeço aos melhores amigos que a faculdade podia me dar, que convivem diariamente comigo e que são essenciais na minha caminhada. Á minha amiga de sempre Rita Amélia Araújo por ter me recebido de braços abertos, aqui em Pau dos Ferros, você é uma irmã pra mim. Á Lucas Nogueira que sempre esteve disposto a me ajudar, me encorajando a conseguir o que quero, você foi essencial para muitas conquistas. Á Bruna Araújo que nunca mediu esforços para me ajudar e me tirou dúvidas que foram essenciais para compor meu trabalho, quando mais precisei e me aperiei ela sempre estava lá. A vocês meus amigos, Victor Lima, Hingrid Araújo, Alexandra Soares, Mauro Filho, Bianca Fernandes, Mairla Gomes, João

Vitor, Moara Saturnino, Jefferson Kelvin, Júlia Tereza, Gustavo Ferreira, por sempre me proporcionarem momentos de alegria e de amizade e por acreditarem na minha capacidade.

À todos aqui citados meus sinceros agradecimentos, todos vocês tiveram uma contribuição essencial para a minha formação.

RESUMO

A água é um elemento essencial à vida e a sua escassez é um grande problema enfrentado por regiões como o Semiárido Brasileiro. Essa escassez prejudica a convivência do homem com o meio rural, sendo este recurso essencial para o consumo humano, animal e produção de alimentos. Surge, diante desse cenário, a necessidade de encontrar formas de armazenamento desse recurso. Uma das alternativas para solucionar esse problema é a barragem subterrânea, que tem a função de armazenar água no subsolo. Visando captar água através de um baixo custo e alta eficiência, o presente estudo, teve como objetivo avaliar a utilização de mantas alternativas no barramento da água. Foi analisado, como uma manta sintética de geotêxtil e uma manta natural de fibra de Carnaúba se comportaram na retenção de água através do estudo de permeabilidade do conjunto solo-manta. Sendo realizada uma visita técnica à propriedade rural Fazenda Serra da Madalena, localizada na cidade São Francisco do Oeste - RN, onde foram coletadas nove amostras de solos não deformadas. Os solos coletados consistiram em três tipos: um mais argiloso, com maior teor de matéria orgânica e um mais arenoso. Essas amostras foram analisadas junto às mantas no laboratório de Química Aplicada da UFRSA – Pau dos Ferros. O mecanismo utilizado para se obter a condutividade hidráulica foi o experimento do permeâmetro de carga variável. Como resultado, verificou-se um melhor comportamento da manta sintética geotêxtil para barrar água em relação à manta natural de fibra de carnaúba. Dessa forma, o estudo foi válido para verificar o comportamento de mantas que ainda não foram utilizadas para fins de barramento de água, podendo estas servirem de forma alternativa em condições de escassez hídricas. Sendo que a manta sintética devido ao seu arranjo estrutural garantiu maior eficiência.

Palavras-chave: armazenamento de água, mantas naturais e sintéticas, semiárido, geotêxtil, fibra de carnaúba.

ABSTRACT

The water is an essential element of life and its scarcity is a major problem faced by regions such as the Northeastern Semi-arid. This scarcity impairs the coexistence of man with the rural environment, being this resource essential for human consumption, animal and food production, the need arises to find ways of storing this resource. One of the alternatives to solve this problem is the underground dam, which has the function of storing water underground. Aiming to capture water through a low cost and efficiency, a study was made on the use of blankets in the water interception. It was then analyzed how a synthetic blanket of Geotextile and a natural carnauba blanket would behave in the water retention through the study of permeability of the soil-blanket set. A visit was made to Serra da Madalena farm, located in the city of Francisco do Oeste - RN, where nine samples were collected. The soils collected consisted of three types, in the first three samples the soil was more clayey, in the other three the soil was richer in organic matter and the last three samples were sandier. These samples were analyzed together with the blankets in the Laboratory of Applied Chemistry of UFERSA - Pau dos Ferros. The mechanism used to obtain the hydraulic conductivity was the experimental variable load permeameter, which resulted in a better performance of geotextile synthetic fabric spreads water in relation to the blanket natural carnauba. Thus, the study was valid to check the behavior of blankets that have not been used for water retention purposes.

Key words: Water storage, Underground dam, Natural and synthetic blankets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquemática da barragem subterrânea	16
Figura 2: Construção de uma barragem subterrânea	16
Figura 3: Funções dos geossintéticos: (a) drenagem; (b) filtragem; (c) proteção; (d) reforço; (e) separação; (f) controle de erosão superficial e (g) barreira de fluidos.	18
Figura 4: Aplicação de geomembrana – proteção ambiental	19
Figura 5: Tipos de geotêxteis: (a) tecido de monofilamentos; (b) tecido de monofilamentos, calendrado; (c) tecido de multifilamentos; (d) tecido de laminetes; (e) não tecido agulhado; (f) não tecido.	20
Figura 6: Tipos de colmatação de geotêxtil: (a) Cegamento; (b) Bloqueamento; (c) Colmatação propriamente dita	21
Figura 7: Carnaubal.....	22
Figura 8: Fluxograma.....	25
Figura 9: Materiais utilizados em Campo para a coleta das amostras.....	26
Figura 10: Permeâmetro de Carga Variável utilizado no estudo.....	27
Figura 11: Mantas de Geotêxtil (a) e Carnaúba (b).....	28
Figura 12: Barragem da Fazenda Serra da Madalena.....	29
Figura 13: Primeiro ponto de coleta do solo.	29
Figura 14: Segundo ponto de coleta do solo	30
Figura 15: Terceiro ponto de coleta do solo.....	30
Figura 16: Coleta do solo	31
Figura 17: Amostras colocadas para saturação	32
Figura 18: Vista Superficial das Amostras: 1) Solo argiloso; (2) Solo com teor de matéria orgânica; (3) Solo arenoso	34
Figura 19: Comparação da cor da água entre as amostras de número 2.....	35
Figura 19: Amostras da água percolada no permeâmetro	36
Figura 20: Amostra 2 utilizando o Geotêxtil.....	37
Figura 21: Utilização da Manta de Carnaúba no permeâmetro de carga variável.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tempo em segundos da percolação da água em 10ml com o TNT	36
Tabela 2: Tempos em segundos da percolação da água em 10ml com o Geotêxtil	37
Tabela 3: Tempos em segundos da percolação da água em 10ml com a Manta de Carnaúba .	38
Tabela 4: Condutividade Hidráulica das amostras	39
Tabela 5: Valores característicos de condutividade hidráulica de cada classe de textura do solo	40
Tabela 6: Tabela adaptada de Classificação da Permeabilidade	40
Tabela 7: Classificação da permeabilidade do solo de acordo com a condutividade hidráulica, proposta pela Soil Survey (1993).	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 A ESCASSEZ DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO.....	14
2.2 BARRAGEM SUBTERRÂNEA	15
2.3 GEOSSINTÉTICOS.....	17
2.3.1 Geotêxtil.....	19
2.4 CARNAÚBA	22
2.4.1 Utilização da fibra de carnaúba aplicada á barragem subterrânea	23
2. METODOLOGIA	25
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS	25
3.1.1 Materiais Utilizados em Campo	25
3.1.2 Materiais utilizados no ensaio de laboratório	26
3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	28
3.2.1 Coleta do solo	29
3.2.2 Ensaio de condutividade hidráulica em laboratório	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.2 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM TNT	35
4.3 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM GEOTÊXTIL.....	36
4.4 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM MANTA DE CARNAÚBA	37
4.5 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA.....	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Brito et al. (2007), a eficiência de água juntamente com a escassez de recursos hídricos no Semiárido brasileiro tem sido objeto de vários estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), resultando em diferentes alternativas tecnológicas como voltadas para aumentar a disponibilidade de água para consumo humano, animal e produção de alimentos nas comunidades rurais. Uma dessas alternativas é a barragem subterrânea, que de acordo com a EMBRAPA (2012), é uma tecnologia de captação e armazenamento da água da chuva para produção de alimentos, onde a sua função de reter a água que escoam em cima e dentro do solo, por meio de uma parede construída dentro da terra e que se eleva a uma altura de cerca de 50 cm acima da superfície, no sentido contrário ao escoamento das águas.

Visando a captação e retenção de água no meio rural, que seja capaz de suprir as necessidades humanas, animais e vegetais, pode-se desenvolver um estudo baseado na drenagem e filtração da água da chuva através da aplicação de mantas em barragens subterrâneas.

Dessa forma, baseando-se na eficiência da qualidade da água e do seu armazenamento para o uso desta por um longo período de tempo, o estudo se caracterizou por fazer uma comparação entre dois tipos de mantas, geotêxtil e folha de carnaúba, destacando o bom funcionamento, o custo e o desgaste de cada manta ao longo do tempo.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o emprego de mantas em barragens subterrâneas, comparando-as em termos de eficiência de barramento da água, menor impacto ambiental, menor custo e maior vida útil de cada uma dessas, com o propósito de amenizar o problema da escassez de água no Semiárido Nordeste.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A ESCASSEZ DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO

O Brasil possui uma grande parcela de recursos hídricos no planeta, porém em regiões de clima quente a parcela é menor por ser característico de baixa pluviosidade.

Segundo a Geo Brasil 2007, 92% do território brasileiro localiza-se na zona intertropical com temperaturas superiores a 20°C. Apresenta climas de características diferentes, onde o clima equatorial, presente na região amazônica possui períodos chuvosos com (mais de 2.500 mm/ano), enquanto o clima semiárido, presente no interior da região nordeste, apresenta baixa pluviosidade (inferior a 1.000 mm/ano, com longos períodos de estiagem e média de três meses de chuvas ao ano).

De acordo com Anjos 2013, o Semiárido Nordestino é uma região de condições climáticas marcantes, onde é caracterizado por altas temperaturas e irregularidade de precipitações pluviométricas. Sendo caracterizado ainda, por um relevo irregular, solos rasos com baixa fertilidade e pouco teor de matéria orgânica. Alguns dos fatores mais limitantes que dificultam o acesso às tecnologias sociais, são a difusão da informação e a carência de gestores do conhecimento, pois diminuem a velocidade com que o conhecimento atinge populações rurais mais carentes.

Segundo a Embrapa (2007), a Região Nordeste apresenta evaporação de 2000 mm/ano e por ser uma região de altas temperaturas, marcada pela irregularidade de chuvas e escassez de água, o Semiárido acaba por conter reservas de água insuficientes em seus mananciais.

Segundo Reddy, 1983, a grande variedade de condições climáticas é uma característica regional, sendo a água essencial para que ocorra a produção agrícola de forma regular, ao longo dos anos.

Apesar de reservatórios superficiais serem muito utilizados, alguns fatores contribuem para a utilização de tecnologias para a captação de água subterrânea. Sendo assim, de acordo com Costa (2002), por ser simples e de baixo custo, a tecnologia usada para barragens subterrâneas permite um bom aproveitamento da água, caracterizando-se por ser uma alternativa de abastecimento, além de ser mais vantajosa por serem reservas mais estáveis que estão no subsolo, protegida da evaporação e de fontes poluidoras.

De acordo com Barbosa et al., 2008, algumas alternativas de armazenamento de água da chuva têm sido estudadas pela Embrapa e a ASA Brasil (Articulação Semiárido Brasileiro), como a barragem subterrânea. A barragem subterrânea é uma tecnologia que tem colaborado

para uma melhor harmonia das famílias com o Semiárido por possibilitar o acesso à água para a exploração agropecuária, diminuindo os riscos da agricultura dependente de chuva.

2.2 BARRAGEM SUBTERRÂNEA

A Barragem subterrânea é uma tecnologia social que vem sendo bastante utilizada pelo homem do campo para uma melhor interação com o semiárido devido os problemas de escassez de água no meio rural. Por ser de fácil construção, baixo custo e eficaz nos processos de reter e armazenar água da chuva, essa tecnologia possibilita uma melhor qualidade de vida para os proprietários rurais que enfrentam os períodos de seca do semiárido nordestino.

De acordo com Costa apud. Ponçano (2002), desde o século XVIII, as barragens vem sendo utilizadas no Norte e Sudeste da África, Índia, Irã e Israel.

Costa apud. Silva e Rego Neto (2002) retrata no Brasil, a existência de barragens subterrâneas no ano de 1920 na região semiárida do Rio Grande do Norte, onde eram utilizados materiais da própria região para a construção das barragens subterrâneas.

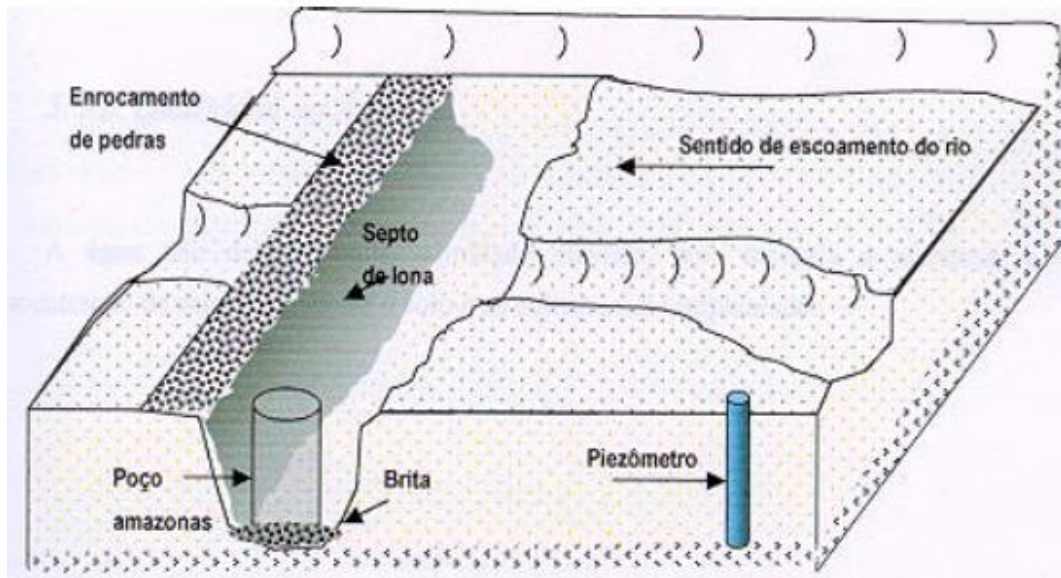
É uma alternativa viável quando locada em ambiente adequado que atenda os parâmetros técnicos de construção e de manejo dos recursos solo e água. Estima-se que nos últimos vinte anos têm-se implantado aproximadamente 1000 unidades de barragens subterrâneas no semi-árido do Nordeste do Brasil (EMBRAPA apud SILVA, 2008)

Segundo a Embrapa (apud Silva, 2008), a construção de uma barragem subterrânea consiste na escavação de uma vala até atingir um solo impermeável, onde é colocado uma manta ao longo da parede e logo em seguida a vala é fechada. Na parede da barragem é feito um sangradouro com a função de fazer escoar o excesso de água da chuva. Essa construção é feita no leito de um rio ou riacho ou em locais onde está propício o escoamento dessa água, visando o seu armazenamento.

A Figura 1, abaixo, ilustra a Esquematização da barragem subterrânea e a Figura 2 mostra como esta é construída.

A Figura 2 representa a localização da manta em execuções de barragens subterrâneas.

Figura 1: Esquematização da barragem subterrânea



Fonte: (CIRILO et al, 1998 apud COSTA, 2002)

Figura 2: Construção de uma barragem subterrânea



Fonte: (CIRILO et al, 1998 apud COSTA, 2002)

Existem duas formas de uso da barragem subterrânea. O uso direto consiste no acesso à água que se encontra dentro do poço amazonas. Essa água pode ser retirada manualmente ou por meio de bombeamento e pode ser utilizada para irrigação, uso animal e abastecimento humano. Já o uso indireto consiste no uso da água que encontra-se no subsolo para o desenvolvimento das plantas.

Duque (1973) mostra as grandes vantagens de se utilizar barragens subterrâneas no Nordeste, mencionando que sempre que se acumula água na superfície, ela é exposta à evaporação. Cita ainda que os custos são bem menores já que a barragem subterrânea pode ser executada com menos material e em menos tempo.

Sendo assim, a barragem subterrânea se torna mais acessível e flexível ao cenário de seca do semiárido nordestino, se comparada aos outros tipos de tecnologias de armazenamento e captação de água.

Então, várias são as vantagens da construção desta tecnologia. Segundo (Costa et al., 2002), unidades governamentais como, Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, Superintendência de Obras Hídricas – SOHIDRA, criaram planos emergenciais para combate à seca, que apresentaram vantagens das barragens subterrâneas em relação às barragens superficiais, alguns exemplos são perdas de áreas superficiais por inundação, há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, redução da evaporação d'água, já que esta não se encontra na superfície e sim armazenada abaixo do solo, entre outros

É necessário que a barragem esteja numa locação adequada, pois ao contrário, o seu bom desempenho pode ser comprometido e segundo Ferreira et al., (2011 apud. Cunha et al., 2016), os processos de salinização e erosão podem se intensificar.

De acordo com Bertoni e Lombardi (1999, apud Cunha, 2016), se introduzida com a função de atividade agrícola, e o uso da terra acabar por não ser para esta finalidade, pode agravar a deterioração do local, resultando em problemas de erosão que podem contribuir com a desertificação do semiárido.

2.3 GEOSSINTÉTICOS

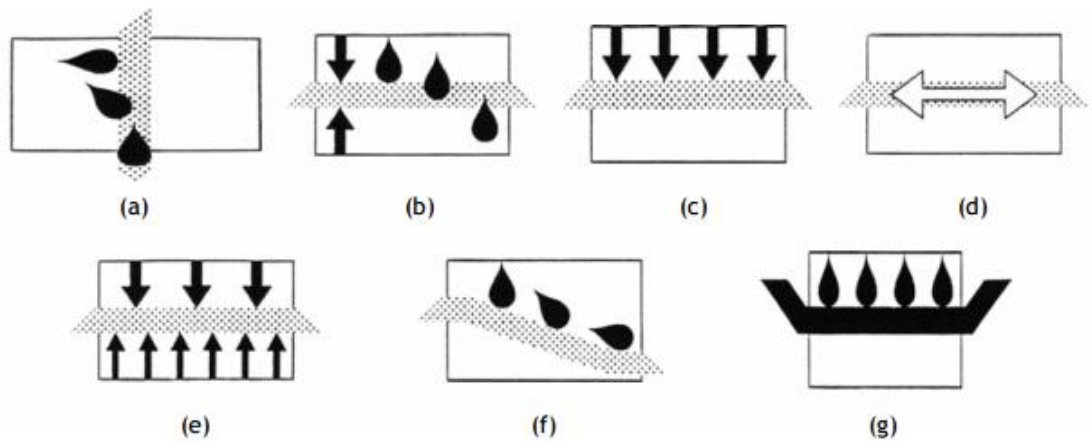
A Associação Brasileira das Indústrias de Não Tecidos e Tecidos Técnicos (ABINT), 2015, define Geossintéticos como um produto polimérico (sintético ou natural) industrializado, aplicado em obras geotécnicas a fim de desempenhar funções como reforço, filtração, drenagem, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial.

De acordo com a Sociedade Internacional de Geossintéticos (IGS), os Geossintéticos podem ser classificados de acordo com o processo de fabricação em Geotêxteis, Geogrelhas, Georredes, Geomembranas, Geocompostos, Geocompostos argilosos, Geotubo, Geocélulas, Geoexpandido.

De acordo com Carneiro (2009), os geossintéticos podem desempenhar inúmeras funções como, drenagem, filtragem, proteção, reforço, separação, controle de erosão superficial e barreira de fluidos. A figura abaixo mostra respectivamente como ocorre essas funções no geossintético.

A Figura 3 representa a funcionalidade dos geossintéticos.

Figura 3: Funções dos geossintéticos: (a) drenagem; (b) filtragem; (c) proteção; (d) reforço; (e) separação; (f) controle de erosão superficial e (g) barreira de fluidos.



Fonte: (EN ISO 10318:2005 apud CARNEIRO, 2009).

De acordo com, todas as culturas e profissões que destinam-se ao uso do solo, podem abusar das mais variadas aplicações contidas nos materiais geossintéticos como por exemplo, na agricultura, em ferrovias, rodovias, projetos hidráulicos, drenagens, aterros sanitários, pavimentação asfáltica, entre outras.

A Figura 4 ilustra a aplicação de uma geomebrana com a finalidade de proteção ambiental.

Figura 4: Aplicação de geomembrana – proteção ambiental



Fonte: (<https://www.ntcbrasil.com.br/blog/a-historia-dos-geossinteticos/>)

Segundo Remígio (2006), uma das razões do aumento da utilização de geossintéticos em obras de proteção ambiental é sua fácil instalação em camadas drenantes e impermeáveis se comparado com materiais naturais, com diminuição do período de execução da obra.

2.3.1 Geotêxtil

O geotêxtil é um tipo de geossintético definido pela norma NBR ISO 10318/ 2013 como um produto têxtil tridimensional permeável, composto por fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminetes ou fios, formando estruturas tecidas, não tecidas ou tricotadas, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhem várias funções numa obra geotécnica. Os polímeros mais comuns utilizados para a sua fabricação são o poliéster (PET) e o polipropileno (PP). Os geotêxteis são usados para aplicações de separação, proteção, filtração, drenagem, reforço e controle de erosões.

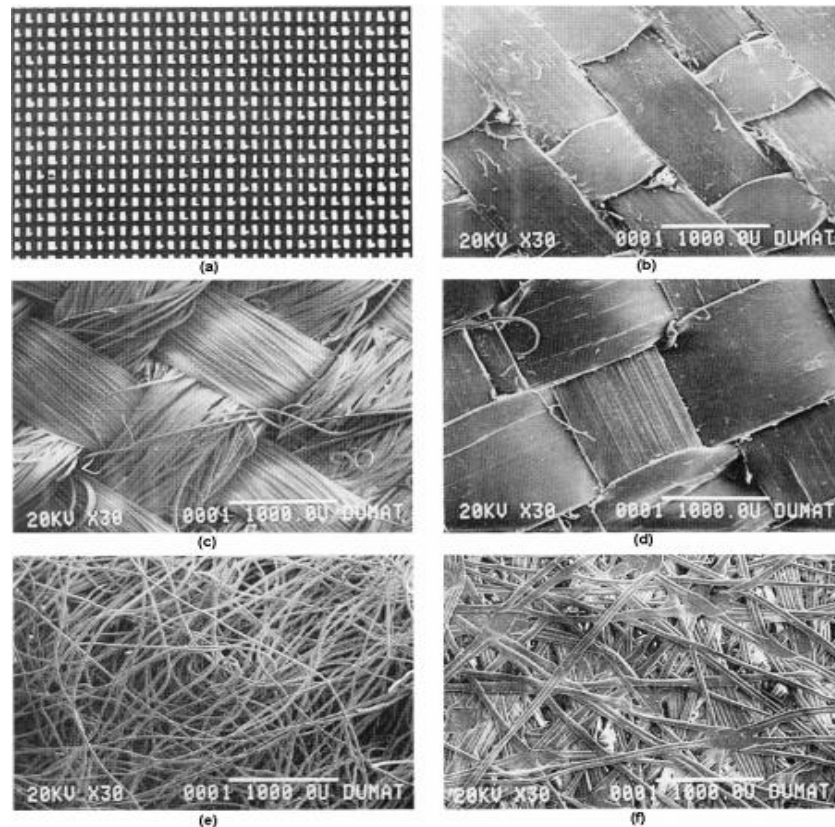
A estrutura do Geotêxtil é dada pela sua técnica de fabricação, ou seja, no processo de combinação das fibras, o qual pode dar origem a três tipos: tecidos, não-tecidos e tricotados. (SCHUJMANN, 2010)

De acordo com Freitas apud. Schujmann (2010), os Geotêxteis tecidos são produzidos por processos de tecelagem, sendo formado por entrelaçamentos ordenados das fibras num ângulo de 90°, e segundo Paterniani (apud Schujmann, 2010), os não-tecidos são fabricados

pela deposição aleatória de fibras. Já os geotêxteis tricotados são provenientes do entrelaçamento de fios por tricotamento.

A Figura 5 representa a disposição das fibras em geotêxteis.

Figura 5: Tipos de geotêxteis: (a) tecido de monofilamentos; (b) tecido de monofilamentos, calandrado; (c) tecido de multifilamentos; (d) tecido de laminetes; (e) não tecido agulhado; (f) não tecido.



Fonte: (KOERNER, 1994 apud MENDES, 2016).

Segundo Freitas (2003), é notável o grande interesse da utilização de Geossintéticos para drenagem e filtração nas últimas décadas, expandindo também para um número cada vez maior de obras de proteção ambiental.

Conforme Vertematti apud. Araújo (2016), os geotêxteis possuem vantagens se comparados aos filtros convencionais como a areia por ter uma menor espessura, ser fácil de manusear e ser de baixo custo. Além disso, é um produto industrial em que se pode ter o domínio das características presentes no material.

Porém, nos sistemas de filtração de solo-geotêxtil pode ocorrer a colmatção, que para Mendonça apud. Freitas (2003) é a redução dos espaços vazios de um meio poroso por onde

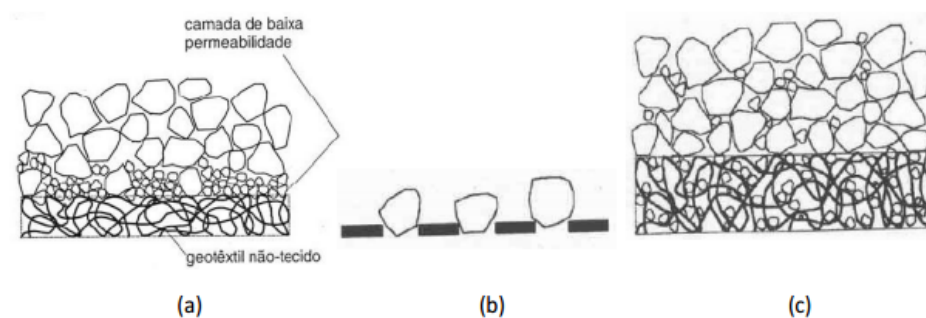
passa o fluido. Este processo ocorre ao longo do tempo podendo comprometer a eficiência de um sistema drenante.

Freitas (2003), ainda aborda sobre os três tipos de colmatção em materiais como Geotêxtil, que são:

- Bloqueamento: as partículas de solo se posicionam na abertura do Geotêxtil, essa abertura não pode ser parecida com o tamanho da partícula pois, isso pode acarretar em um bloqueamento rude, possibilitando assim, a redução da permeabilidade do Geotêxtil.
- Cegamento: as partículas finas do solo formam uma camada na superfície do Geotêxtil devido á uma porosidade que não permita a passagem das partículas, deixando o Geotêxtil com baixa permeabilidade.
- Colmatção propriamente dita: acontece quando o solo possui um diâmetro próximo à abertura do geotêxtil, e com isso o solo, junto com o fluido, fica retido ao longo da espessura do material.

A Figura 6 ilustra como pode ocorrer colmatção no geotêxtil.

Figura 6: Tipos de colmatção de geotêxtil: (a) Cegamento; (b) Bloqueamento; (c) Colmatção propriamente dita



Fonte: (Palmeira, 2003 apud Jorge, 2015).

De acordo com pesquisas feitas por (PALMEIRA E GARDONI, 2000; FAURE et al. 2006 apud SILVA, 2013), relata que os principais métodos para se determinar o potencial de colmatção dos Geotêxteis é através de ensaios como condutividade hidráulica e determinação de abertura (aparente ou de filtração). Schujmann (2010) afirma que mesmo após três anos os geotêxteis não tecidos, não sofrem deformação. Destaca também a resistência mecânica da manta.

2.4 CARNAÚBA

Segundo Alves (2006 apud Carvalho, 2011), a carnaubeira é uma espécie de palmeira nativa do Brasil com altura entre 7 e 10 metros e se encontra geralmente próximo á rios, preferindo solos argilosos e aluviais, possuindo também uma alta capacidade de suportar o calor.

A carnaubeira é uma palmeira classificada como pertencente á família *Palmae*, gênero *Copernicia prunifera* Queiroga (2013 apud Santos, 2015). A Carnaúba é também conhecida como “a árvore da vida” e de acordo com Evangelista (2005), ela é conhecida dessa forma por tudo nela ser aproveitado.

A Figura 7 representa uma plantação de carnaúba a qual foi utilizada para esse trabalho.

Figura 7: Carnaubal



Fonte: Marques (2013 apud Carvalho, 2011).

Contudo, Motta (2012 apud Santos, 2015) justifica a definição atribuída á Carnaúba por ser uma planta que oferece ampla utilização de seus constituintes como: as raízes utilizadas para usos medicinais, os frutos que são ricos em nutrientes para ração animal, o tronco como madeira para a construção, utilização das palhetas secas na produção artesanal, fertilizantes do solo, revestimento de casas. Além disso, no fornecimento de cera que é utilizado na fabricação de velas, filmes plásticos e fotográficos, vernizes, cosméticos, entre outros.

Cavalcanti (apud Santos, 2015), diz que o cultivo e exploração da Carnaúba é de grande importância para a renda familiar no Rio Grande do Norte, pois mesmo durante o período de seca, essa planta oferece possibilidade de atividade econômica.

A crescente conscientização ambiental e os novos regulamentos observados nas últimas décadas têm levado a interesse em materiais biodegradáveis. Além da biodegradabilidade, as fibras naturais oferecem economia de redução da densidade quando comparada com algumas fibras sintéticas (MELO, 2012).

Desse modo, de acordo com as condições físicas e o fácil acesso à folha de carnaúba na região semiárida, surgiu uma possibilidade de estudar a aplicação dessa biomanta como barramento em barragens subterrâneas. Dessa forma a manta poderá atuar impedindo a passagem da água, havendo então o acúmulo da água, proporcionando a redução do problema da escassez deste recurso nessa região.

2.4.1 Utilização da fibra de carnaúba aplicada à barragem subterrânea

As fibras de origem vegetal despertam maior interesse econômico devido ser fonte de recurso renovável e pela grande diversidade da flora mundial. Estas podem ser obtidas a partir de sementes (algodão), de caule (juta, linho, cânhamo), de folhas (bananeira, carnaúba, sisal, curauá, piaçava), de frutos (coco) e de raiz (CARVALHO, 2011).

De acordo com Cavalcante (2014), no Rio Grande do Norte, mesmo durante o período de estiagem, o cultivo e a exploração da Carnaúba oferecem possibilidades de atividades econômicas o que acaba se tornando uma alternativa para a composição da renda familiar das comunidades rurais. Quando se trata da fibra da palha de Carnaúba, pesquisas são muito escassas. Segundo Fernandes (2011), são limitadas as pesquisas acerca da fibra da palha de carnaúba, encontrando-se apenas sobre o uso desta no artesanato.

Carvalho (2011), mostra que a fibra de Carnaúba é composta em torno de 4,49% de celulose, 0,64% de hemicelulose, 1,02% de lignina, 0,63% de umidade e 0,47% de cinzas. Ele ainda cita que as vantagens da fibra de carnaúba são o baixo custo, baixa densidade, propriedades de resistência específica aceitáveis, facilidade de separação e biodegradabilidade.

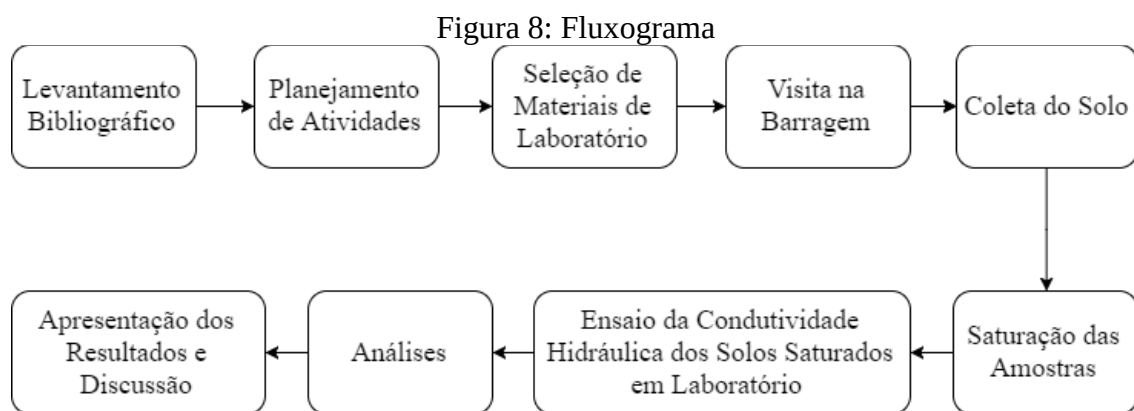
Já Silva *et al.*, 2009; Silva e Aquino, 2008 (apud. Carvalho, 2011), mostra as desvantagens das fibras vegetais, pois estas apresentam falta da uniformidade de propriedades que dependem da origem das fibras, da região do plantio e da habilidade manual durante a colheita.

Com o objetivo de armazenar água em uma barragem subterrânea, através de uma manta que seja de fácil acesso e disponibilidade na região semiárida, visando um menor custo para o homem do campo, é proposto o estudo de uma manta biodegradável como a da fibra de Carnaúba, analisando a relação solo-manta e as possíveis vantagens que essa relação possa oferecer.

2. METODOLOGIA

O presente estudo consistiu na determinação da condutividade hidráulica em solos saturados através da aplicação de materiais alternativos para retenção hidráulica: uma manta sintética, Geotêxtil e uma manta natural, Carnaúba, afim de analisar qual manta seria mais viável para ser utilizada como barreira em uma barragem subterrânea. Para determinar essa condutividade hidráulica, utilizou-se do equipamento de permeâmetro de carga variável.

A Figura 8 ilustra o fluxograma que representa as etapas da metodologia utilizada para a concretização desse estudo.



Fonte: Autora, 2017.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O estudo constituiu-se em duas etapas principais: a primeira etapa ocorreu em campo enquanto a segunda foi realizada em laboratório. Dessa forma, foram utilizados vários materiais e equipamentos empregados em cada etapa.

3.1.1 Materiais Utilizados em Campo

Para a coleta das amostras, foram utilizados os materiais que se apresentam na Figura 9 que representa os materiais utilizados em campo. Os materiais utilizados foram:

- Espátula: utilizada para limpar superficialmente o local de coleta da amostra e para a retirada desta do solo.
- Cilindro de PVC, Castelinho e Marreta: o cilindro foi acoplado ao castelinho e com a ajudada marreta, o cilindro foi penetrado no solo. A parte que entrou em contato com o solo era em formato de bisel, para facilitar a penetração e corte da amostra não deformada do solo.

- Papel filme e fita adesiva: o papel filme foi utilizado para cobrir as amostras para que o solo não escapasse e a fita adesiva para garantir que ficasse preso, preservando o arranjo estrutural e possíveis deformações físicas da amostra.
- Bandeja: utilizada para o transporte das amostras coletadas.

Figura 9: Materiais utilizados em Campo para a coleta das amostras.



Fonte: Autora, 2017.

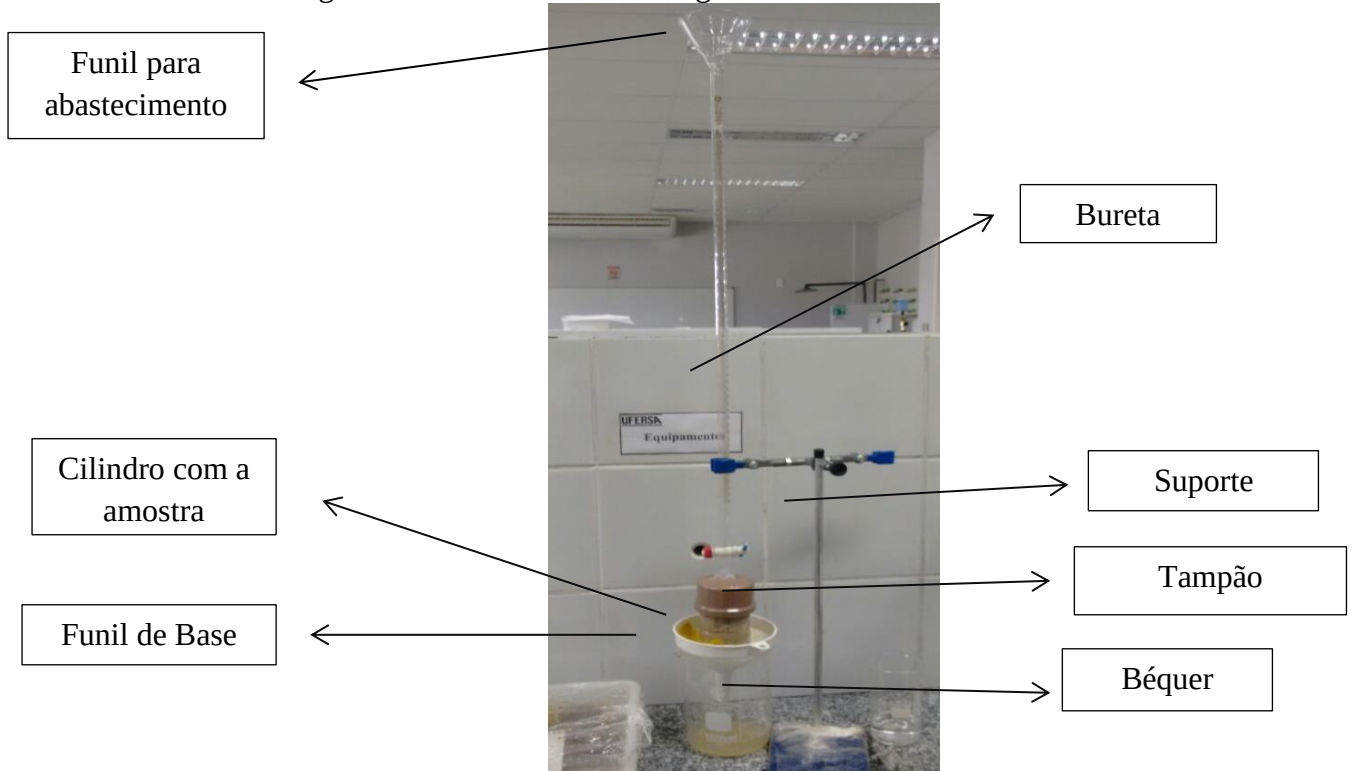
3.1.2 Materiais utilizados no ensaio de laboratório

Para a execução do ensaio de condutividade hidráulica em laboratório, foi desenvolvido um permeâmetro de carga variável, mostrado na Figura 10 que representa o esquema do permeâmetro utilizado nos experimentos. Para compor esse sistema, foram utilizados materiais listados a seguir:

- Bureta: este equipamento foi utilizado para determinar variação da carga hidráulica medida durante um intervalo de tempo. A torneira que se encontra na parte de baixo da bureta tem a função de controlar a saída da água.
- Cilindro e tampão de PVC: o cilindro de PVC foi acoplado ao tampão que estava preso á bureta.
- Funil e Béquer: foi utilizado um funil na parte de cima da bureta, para facilitar que a água fosse colocada. E outro funil, foi usado como um suporte de base

para a amostra e embaixo do funil colocou-se um béquer para coletar a água percolada.

Figura 10: Permeâmetro de Carga Variável utilizado no estudo.



Fonte: Autora, 2017.

- TNT: foi utilizada uma folha de TNT (Tecido Não Tecido), para segurar o solo da amostra preso á uma liga, evitando o processo de desagregação da amostra de solo, após a saturação.
- Geotêxtil: a manta Geotêxtil que foi utilizada no ensaio é um Geotêxtil não tecido, do tipo GH16, 100% poliéster.
- Manta de Carnaúba: foi usada também, uma manta de folha de Carnaúba (*Copernicia prunifera*) que foram cedidas pela ONG Carnaúba Viva localizada na cidade de Açu-RN.

A Figura 11 representa as mantas de geotêxtil e a palha da carnaúba utilizada nos experimentos.

Figura 11: Mantas de Geotêxtil (a) e Carnaúba (b)



Fonte: Autora, 2017

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O solo foi coletado na propriedade rural Fazenda Serra da Madalena, localizada na cidade de São Francisco do Oeste - RN, onde foram coletadas as amostras de três diferentes locais próximos à barragem, distinguindo-se entre si mediante características macroscópicas, cor, textura e relevo.

A Figura 12 ilustra o local que foi estudado nesse trabalho o qual se retirou todas as amostras de solo para os experimentos.

Figura 12: Barragem da Fazenda Serra da Madalena.



Fonte: Autora, 2017.

3.2.1 Coleta do solo

Ocorreu a coleta aleatória de três amostras em cada localidade explorada. No primeiro ponto de coleta, as amostras foram recolhidas próximo ao sangrador da barragem de alvenaria, onde foi possível identificar visualmente que o solo consistia em um solo mais argiloso, como mostrado na Figura 13.

Figura 13: Primeiro ponto de coleta do solo.



Fonte: Autora, 2017.

A segunda amostra foi coletada próxima da margem á montante da Barragem de Terra, em que o solo apresentava aparentemente um teor de matéria orgânica, como mostrado na Figura 14 logo abaixo.

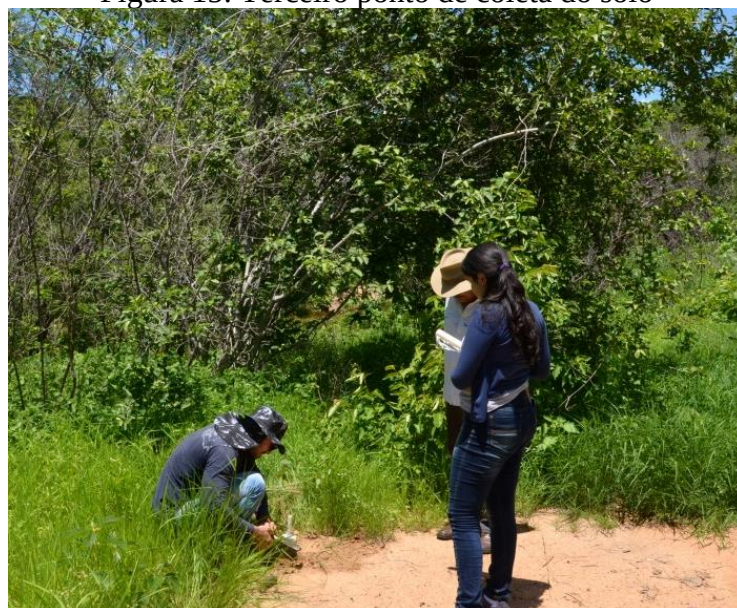
Figura 14: Segundo ponto de coleta do solo



Fonte: Autora, 2017.

O terceiro ponto de coleta foi na margem esquerda, a montante da barragem de Terra, onde o solo apresentou característica mais arenosa. A figura 15 ilustra o local dessa coleta. Foram então coletadas o total de nove amostras.

Figura 15: Terceiro ponto de coleta do solo



Fonte: Autora, 2017.

O procedimento adotado foi a coleta não deformada da amostra, onde colocou-se um cilindro acoplado ao castelinho, e com a ajuda de um martelo, o cilindro foi inserido ao solo, escavou-se ao redor da amostra para que esta pudesse ser retirada, como mostrado na Figura 16.

Figura 16: Coleta do solo



Fonte: Autora, 2017.

Foi coletada a amostra até 10 cm de profundidade da camada superficial do solo, onde o cilindro tinha altura de 5cm e o seu diâmetro era de 60mm.

3.2.2 Ensaio de condutividade hidráulica em laboratório

Após a coleta do material, as amostras foram levadas para o laboratório de Química Aplicada da UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, onde foram colocadas numa bandeja com água para que pudesse ocorrer a saturação, que é o preenchimento de água nos poros presentes no solo. A altura da água na bandeja estava em torno de um terço da altura do cilindro (5 cm) e a saturação ocorreu em fluxo ascendente por capilaridade, permanecendo cerca de 24 horas.

A Figura 17 representa a saturação das amostras.

Figura 17: Amostras colocadas para saturação



Fonte: Autora, 2017.

É importante ressaltar que as amostras foram enumeradas de acordo com a ordem que foram coletadas.

Para a análise das mantas, foi feito o ensaio da condutividade hidráulica e analisado o quanto permeável era o conjunto solo-manta em cada caso.

Então, baseado em Mello e Silva (2007), foi possível obter a condutividade hidráulica de cada amostra coletada, por meio da utilização de um permeâmetro de carga variável, em que a permeabilidade do conjunto solo-manta foi analisada através da medição do tempo em que a água na bureta leva para baixar da altura inicial (h_1) para a altura final (h_2), utilizando-se 10 ml de água. Desse modo foi possível obter o coeficiente de permeabilidade K , e a partir da sua classificação, indicar a eficiência das mantas em cada amostra, comparando-as.

A variação da altura da água foi cronometrada, até que os tempos ficassem constantes, e então a condutividade hidráulica foi determinada a partir da equação (1):

$$k = \frac{L \times a \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{A \times t} \quad (1)$$

Onde:

K = coeficiente de permeabilidade (cm/s);

L = altura da amostra do solo no permeâmetro (cm);

a = área da bureta (cm²);

h_1 = altura inicial da água na bureta (cm);

h_2 = altura final da água na bureta (cm);

A = área do permeâmetro contendo a amostra (cm²);

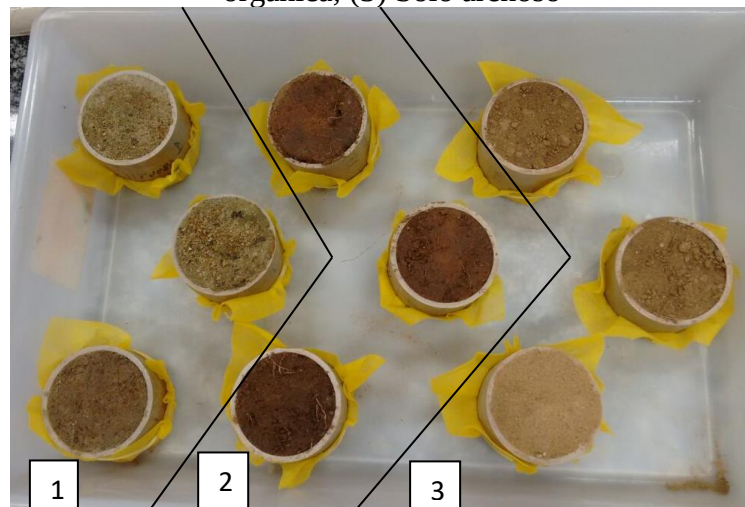
t = tempo de duração de deslocamento de h_1 até h_2 (seg.).

Os determinados valores para os índices citados acima são: $L=5\text{cm}$; $a=0,8\text{cm}^2$; $h_1=21,6\text{cm}$; $h_2=10,8\text{cm}$; $A=28,27\text{cm}^2$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três primeiras amostras coletadas possuíam características de um solo mais argiloso, com partículas mais finas e mais coeso. Já em outras três amostras coletadas que apresentava características de um solo mais rico em matéria orgânica e as últimas três amostras tinha um solo mais arenoso. A figura 18 apresenta os três tipos de solo citados.

Figura 18: Vista Superficial das Amostras: 1) Solo argiloso; (2) Solo com teor de matéria orgânica; (3) Solo arenoso



Fonte: Autora, 2017.

4.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Um importante fator para um melhor funcionamento do conjunto solo-manta no barramento de água é analisar as características presentes em cada tipo de solo coletado. Conforme a Figura 18 que mostra as diferenças dos tipos de solos coletados na propriedade em estudo. As três amostras à esquerda da imagem são enumeradas como 1 e possuem características de um solo mais argiloso com partículas mais finas, maior coesão entre elas e consequentemente menor quantidade de poros.

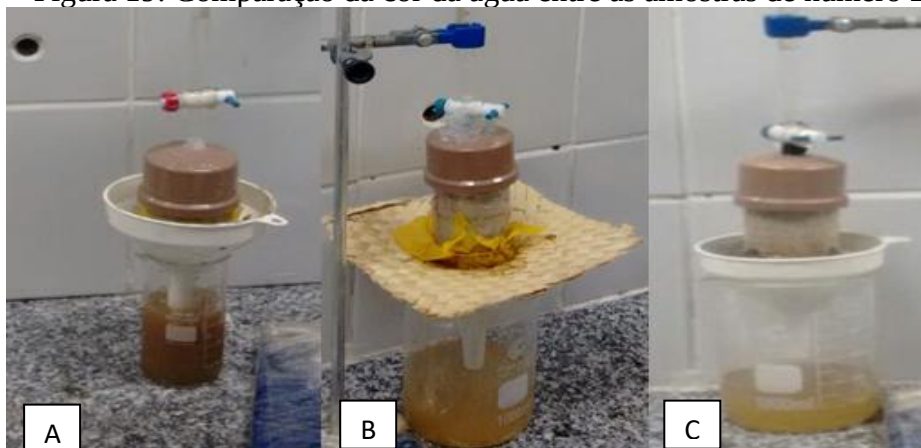
Essas amostras foram as que conseguiram impedir com maior eficiência a passagem de água, justificando então a observação sobre o solo ter características mais argilosas, ou seja, é um solo mais impermeável.

Ainda sobre a Figura 18, as três amostras que se encontram no meio da bandeja, possuem características de solo com presença de matéria orgânica, percebidas pela coloração mais escura, percebe-se que o tempo da passagem de água dessa amostra enumerada como 2, é o menor tempo entre os três tipos de solo. Esse tipo de solo tem maior facilidade de se misturar

com a água e carrear seus constituintes junto a ela. Já as três amostras à direita enumeradas por 3 apresentam características de um solo mais arenoso, com partículas de maior granulometria com grandes poros facilitando o escoamento da água. Observa-se que o tempo obtido desse tipo de solo foi mais rápido que na amostra 1 e mais lento que o da amostra 2.

Na Figura 19, estão as amostras número 2 que consistem no solo com característica de presença de matéria orgânica. Pode-se perceber pela diferença da cor da água percolada, que em (A), a cor da água é mais forte, isso se deve ao fato de o solo ter sido carregado pela água que passou com mais facilidade. Em B, a água está um pouco mais clara, mostrando então que a manta de carnaúba impediu de maneira satisfatória que a água carregasse o solo através da sua manta. Já em C, a água apresentou uma coloração mais clara se comparada com as outras duas amostras, justificando assim o fato da manta Geotêxtil não deixar carrear o solo junto a água, imagina-se então que essas partículas de solo ficaram presas nos poros da manta, dificultando a passagem da água e consequentemente apresentando boas características filtrante e de impermeabilização comparado aos outros dois casos.

Figura 19: Comparação da cor da água entre as amostras de número 2



Fonte: Autora, 2017.

4.2 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM TNT

A tabela 1 apresenta os tempos obtidos em segundos de cada amostra, utilizados para drenar 10 ml de água. Observa-se que os tempos das três amostras são baixos, porém há uma considerável diferença da amostra 1 em relação as amostras 2 e 3. Isso se deve ao fato do solo da amostra 1 ser característico de um solo mais argiloso, ou seja, um solo que contém menos poros uma vez que apresenta o tamanho do grão bem reduzido e consequentemente dificulta a passagem de água. Observa-se então que o tecido de TNT junto ao solo, quase não apresenta influência para barrar a passagem de água. Na figura 18, estão os três tipos de amostras de TNT.

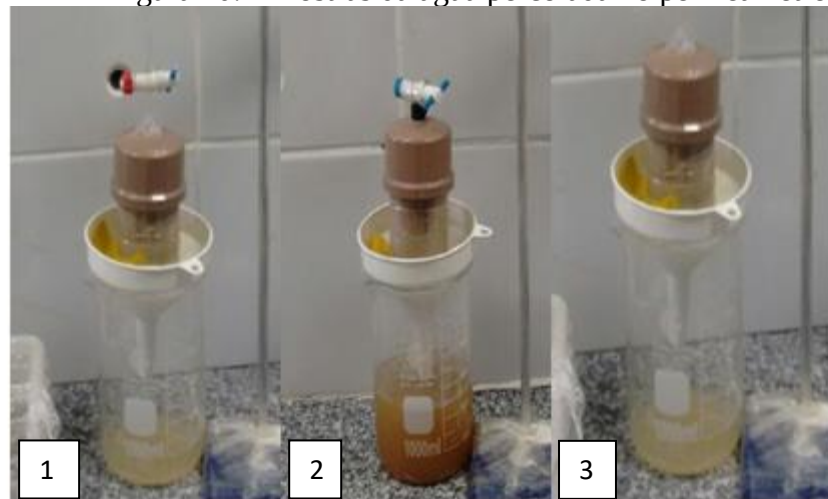
Tabela 1: Tempo em segundos da percolação da água em 10ml com o TNT

Tempo (Segundos)	
TNT	
Solo 1	47
Solo 2	4
Solo 3	7

Fonte: Autora, 2017.

O Solo 2 apresentou menor tempo, possivelmente devido a presença de raízes que podem ter formado caminho preferencial para a drenagem. A Figura ilustra a percolação de água nos ensaios.

Figura 20: Amostras da água percolada no permeâmetro



Fonte: Autora, 2017.

4.3 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM GEOTÊXTIL

Na tabela 2, estão presentes os tempos em segundos da quantidade percolada de água em 10 ml em um geotêxtil. A amostra 1 promoveu menor passagem de água comparada com as outras duas. Salienta-se que o geotêxtil barrou mais a água e como citado anteriormente nesse mesmo estudo, é possível que ocorra um fenômeno chamado colmatção do Geotêxtil, onde as partículas do solo podem se encaixar nos poros do Geotêxtil, fazendo com que a manta possa barrar a água, consequentemente diminuindo o seu tempo para filtração, consequentemente propiciando a retenção de água no subsolo por maior tempo.

A Figura 20 apresenta a amostra 2 utilizando-se o geotêxtil, onde esta apresentou maior permeabilidade. Provavelmente, essa alta permeabilidade foi ocasionada devido o solo ser constituído de matéria orgânica e ao adicionar-se água o solo perdeu a coesão o que ocasionou o carregamento das partículas junto á água, tal como a ocorrência de caminho preferencial.

Figura 21: Amostra 2 utilizando o Geotêxtil



Fonte: Autora 2017.

Tabela 2: Tempos em segundos da percolação da água em 10ml com o Geotêxtil .

Tempo (Segundos)	
Manta de Geotêxtil	
Amostra 1	204
Amostra 2	15
Amostra 3	30

Fonte: Autora, 2017

4.4 ENSAIO DE PERMEABILIDADE COM MANTA DE CARNAÚBA

Na Tabela 3, avaliando-se os tempos em segundos, verificou-se que novamente a amostra 1 foi a que proporcionou maior retenção de água. Isso aconteceu devido a manta ter absorvido lentamente a água. Nas amostras 2 e 3 ocorreu grande permeabilidade.

Segundo Silva (2016), a folha da carnaúba apresenta grande absorção de umidade após o processo de ciclagem, mas antes desse processo a folha tem pouca molhabilidade por presença de cera. Esperava-se então que a manta de folhas de carnaúba apresentasse uma grande retenção de água. O que pode ter ocasionado esta alta permeabilidade da manta de Carnaúba foi a forma como a mesma foi tecida, apresentando espaços vazios entre uma folha e outra, que formou um caminho preferencial da água.

Em comparação com a análise realizada na manta de Geotêxtil pôde-se observar que a manta de Carnaúba obteve uma maior permeabilidade.

A Figura 21 a seguir, apresenta como se deu o arranjo da manta de carnaúba, no experimento, para realização do procedimento de permeabilidade.

Figura 22: Utilização da Manta de Carnaúba no permeâmetro de carga variável



Fonte: Autora, 2017

Tabela 3: Tempos em segundos da percolação da água em 10ml com a Manta de Carnaúba

Tempo (Segundos)	
Manta de Carnaúba	
Amostra 1	90
Amostra 2	10
Amostra 3	18

Fonte: Autora, 2017

Comparando-se a utilização do TNT com as duas mantas, foi possível perceber que o TNT não teve influência de permeabilidade, desta forma as características de percolação da água observadas no TNT, foram atribuídas a cada tipo de amostra de solo. Já comparando a manta de Geotêxtil e a manta de Carnaúba, percebeu-se que o Geotêxtil foi bem mais eficiente no quesito de impermeabilização que a manta de Carnaúba.

Salienta-se que a maior retenção da água, pode ter ocorrido devido ao fenômeno citado no subtópico 2.3.1 desse mesmo estudo, em que é possível que tenha ocorrido o fenômeno da colmatação do geotêxtil, onde as partículas do solo podem se encaixar nos poros do geotêxtil,

fazendo com que a manta possa barrar a água, consequentemente aumentando o seu tempo de filtração.

4.5 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

A condutividade hidráulica do solo saturado (K) é uma medida de grande importância, pois indica a qualidade estrutural do solo, pelo fato de estar diretamente relacionada com a geometria e a continuidade dos poros preenchidos com água (MESQUITA & MORAES, 2004).

Desse modo, foi possível obter resultados e observações acerca dos tipos de solo e seus comportamentos perante a utilização das mantas de Geotêxtil e folha de Carnaúba, através da condutividade hidráulica de cada amostra, podendo comprovar todas as análises citadas anteriormente por meio de resultados numéricos.

A Tabela 4 apresenta os valores das condutividades hidráulicas de cada amostra. A partir dos resultados obtidos pode-se observar que a amostra 2 (sem manta), apresenta maior condutividade hidráulica e de acordo com a tabela 5 seu tipo de solo é Areia fina a silte grosso. Comparando a manta de Carnaúba com a manta Geotêxtil, a amostra 2 da Manta de Carnaúba apresenta maior condutividade, e a que apresenta menor condutividade hidráulica é a amostra 1 de Geotêxtil. Quando os valores dos expoentes forem menores que 10^{-7} o solo é considerado impermeável. Dessa forma chega-se à conclusão que neste estudo seria mais viável utilizar na barragem subterrânea a amostra 1 com a manta de Geotêxtil, pois este é o valor que mais se aproxima da impermeabilidade.

Tabela 4: Condutividade Hidráulica das amostras

Condutividade Hidráulica (cm/s)			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Sem Manta	$2,09 \times 10^{-3}$	$2,45 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$
Manta de Carnaúba	$1,09 \times 10^{-3}$	$9,8 \times 10^{-3}$	$5,45 \times 10^{-3}$
Manta de Geotêxtil	$4,8 \times 10^{-4}$	$6,5 \times 10^{-3}$	$3,26 \times 10^{-3}$

Fonte: Autora, 2017.

Para a identificação do tipo de solo de acordo com os valores característicos, analisou-se apenas as amostras que estavam sem as mantas, pois assim, se poderia identificar qual o real tipo de solo coletado em cada localidade. E de acordo com a tabela 5, a amostra do solo 1, foi classificada em Areia fina a silte fofo ou silte denso a silte argiloso, e as amostras de solo 2 e 3 em areia fina a silte fofo. Observa-se dessa forma a influência da manta de Geotêxtil para barrar

a água, pois a condutividade hidráulica com a presença dessa manta no solo 1 diminui o expoente, aumentando a impermeabilização.

Tabela 5: Valores característicos de condutividade hidráulica de cada classe de textura do solo
Valores Característicos para os tipos de solos (cm/s)

Pedregulho grosso	$10^2 - 1$
Pedregulho fino á areia grossa	$1 - 10^{-1}$
Areia fina á silte fofo	$10^{-1} - 10^{-3}$
Silte denso á silte argiloso	$10^{-3} - 10^{-4}$
Argila siltosa á argila	$10^{-4} - 10^{-7}$

Fonte: Adaptadas de Soil Survey Staff (1993) apud Silva et al. (2001).

Ainda com os resultados obtidos de condutividade hidráulica, há uma classificação para a permeabilidade dos solos. Esta classificação está expressa na Tabela 6.

Pode ser observado na Tabela 7 que a amostra do solo 2 sem manta e com a manta de Carnaúba e a amostra 3 sem manta, foram classificadas como rápidas, portanto essas amostras são mais permeáveis. Já a amostra do solo 1 com a manta de Geotêxtil foi considerada como Lenta, ou seja, essa amostra é a mais impermeável.

Tabela 6: Tabela adaptada de Classificação da Permeabilidade

Classe	Permeabilidade (cm/s)
Rápida	$> 7,06 \times 10^{-3}$
Moderada a rápida	$7,06 \times 10^{-3} - 3,53 \times 10^{-3}$
Moderada	$3,53 \times 10^{-3} - 1,75 \times 10^{-3}$
Lenta a moderada	$1,75 \times 10^{-3} - 5,5 \times 10^{-4}$
Lenta	$5,5 \times 10^{-4} - 1,39 \times 10^{-4}$
Muito lenta	$< 1,39 \times 10^{-4}$

Fonte: Adaptadas de Soil Survey Staff (1993) apud Silva et al. (2001).

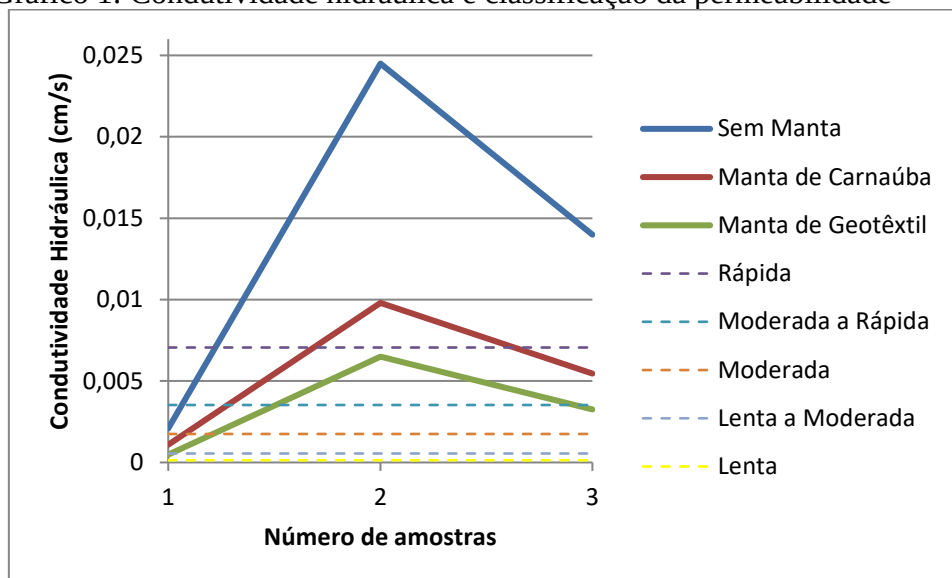
Tabela 7: Classificação da permeabilidade do solo de acordo com a condutividade hidráulica, proposta pela Soil Survey (1993).

Permeabilidade dos Solos (mmh^{-1})			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Sem Manta	$2,09 \times 10^{-3}$ (Moderada)	$24,5 \times 10^{-3}$ (Rápida)	14×10^{-3} (Rápida)
Manta de Carnaúba	$1,09 \times 10^{-3}$ (Lenta a moderada)	$9,8 \times 10^{-3}$ (Rápida)	$5,45 \times 10^{-3}$ (Lenta a moderada)
Manta de Geotêxtil	$4,8 \times 10^{-4}$ (Lenta)	$6,54 \times 10^{-3}$ (Moderada a Rápida)	$3,27 \times 10^{-3}$ (Moderada)

Fonte: Autora, 2017.

O Gráfico 1 representa os valores de condutividade hidráulica obtidas em todas os experimentos realizados. O gráfico ainda apresenta os valores limites de classificação quanto a permeabilidade.

Gráfico 1: Condutividade hidráulica e classificação da permeabilidade



Fonte: Autora, 2017.

No Gráfico 1 observa-se que houve uma maior condutividade hidráulica no experimento que não utilizou nenhuma manta. Dentre as amostras analisadas a amostra de número 2 (solo com maior teor de matéria orgânica) obteve um maior coeficiente de condutividade hidráulica. De acordo com os resultados obtidos o uso da manta de geotêxtil se mostrou mais eficiente do que a manta de carnaúba e do que a não utilização de manta. A amostra de número 1 (solo mais argiloso) utilizado no experimento com manta de geotêxtil apresentou o menor coeficiente de condutividade hidráulica. Isso ocorre, devido as partículas apresentarem maior coesão e menos poros com relação aos outros tipos de solo analisados (solo com maior teor de matéria orgânica e solo mais arenoso). O gráfico ainda apresenta a classificação quanto a permeabilidade de acordo com a Tabela 6. As amostras que se encontraram acima da linha tracejada (Rápida) são classificadas como um solo que tem uma permeabilidade rápida, ou seja, com elevada permeabilidade. A amostra que está situada entre as linhas tracejadas (Moderada a Rápida e Rápida) que é o solo da amostra de número 2 com manta de geotêxtil é classificado com uma permeabilidade moderada a rápida de acordo com a Tabela 6. Assim, classificam-se todas as amostradas que foram utilizadas nos experimentos de acordo com as faixas de coeficientes da Tabela 6. Na Tabela 7 encontram-se todas as classificações de acordo com a Tabela 6 e conforme se apresenta no Gráfico 1.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, foi possível determinar os valores de condutividade hidráulica de cada amostra através do permeâmetro de carga variável. Este método foi baseado na apostila de Drenagem Agrícola da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia (2007). Concluiu-se que entre os três tipos de solos analisados, seriam viáveis a construção de uma barragem subterrânea com o tipo de solo coletado da amostra 1 (silte), por ter se aproximado mais do quesito impermeabilização da água, em relação aos outros dois tipos.

A Carnaúba apresentou boa retenção de água, porém não é uma quantidade significativa para este estudo, isto pode ter sido ocasionado pelos arranjos dos poros presentes na manta, advindos da tecelagem manual destas fibras.

A manta de Geotêxtil apresentou melhor índice de retenção de água, tendo um resultado significativo mais próximo de impermeabilização quando em conjunto com o tipo de solo da amostra 1 (silte). Porém, como dito anteriormente, só acontece a impermeabilização quando o expoente do valor de condutividade hidráulica for menor que 10^{-7} , e nenhum dos testes chegaram a este valor.

Dessa forma, conclui-se que para fins de emprego em barragem subterrânea, seria mais viável utilizar uma manta que junto ao solo da amostra 1 (siltoso) fosse capaz de impermeabilizar completamente, garantindo uma maior eficiência no acúmulo de água necessário para este tipo de obra, haja visto que a finalidade da manta seria proporcionar longo período de retenção e acúmulo de água no subsolo a montante da mesma.

Ressalta-se que faz-se necessário a realização de outros estudos com vista ao emprego desses materiais alternativos para proteção ambiental, tal como outros arranjos estruturais de tais mantas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B.S. **Filtração da Água da Lavagem de Betoneira com Uso de Geotêxtil: Análise da Qualidade e da Possibilidade de Reuso**. 2016. 48 f. Monografia (Graduação) – Curso Bacharelado em Ciencia e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi – Árido, Pau dos Ferros.

Associação Brasileira das Indústrias de Não Tecidos e Tecidos – ABINT. **Programa Setorial da Qualidade de Geotêxteis Não Tecidos**. 1299/RS002. Maio, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10318: Geossintéticos Termos e Definições**. 2013.

BATHURST, R.J. **Classificação dos Geossintéticos**. Disponível em: <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/1.pdf>>. Acesso em: 03 de Maio de 2017.

BRASIL, Ntc. **A História dos Geossintéticos: Histórico e Evolução dos Geossintéticos**. 2015. Disponível em: <<https://www.ntcbrasil.com.br/blog/a-historia-dos-geossinteticos/>>. Acesso em: 03 maio 2017.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; MOURA, Magna Joelma Beserra de; GAMA, Gislene Feitosa Brito. **Potencialidades da Água de Chuva no Semi – Árido Brasileiro**. Petrolina – PE: Embrapa Semi-Árido, 2007, Comitê de Publicação da Embrapa Semi-Árido.

CARNEIRO, José Ricardo da Cunha. **Durabilidade de Materiais Geossintéticos em Estruturas de Caráter Ambiental – A importância da Incorporação de Aditivos**. Dissertação para Doutorado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dezembro de 2009.

CARVALHO, Luiz Fernando Meneses. **Tratamento de Fibras de Carnaúba [Copernicia Prunifera (Miller) H. E. Moore] Para o Desenvolvimento de Compósito Biodegradável com Matriz de Polihidroxubutirato**. 2011. 105 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de ciências exatas e da terra. Natal, 2011.

CAVALCANTE, Eduardo Santos et al. **OBTENÇÃO DA CURVA DE DESIDRATAÇÃO DA FIBRA DE CARNAÚBA (COPERNICIA PRUNIFERA) PARA A FABRICAÇÃO DE PÁS EÓLICAS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2014, Campo Grande - Ms. **Centro de Convenções “Arquiteto Rubens Gil de Camillo**. Campo Grande - Ms: Conbea, 2014. p. 1 - 4.

COSTA, Celme Tôrres; PUERARI, Edenise M.; CASTRO, Marco Aurelio H. de. **Barragem Subterrânea: A experiência do estado do Ceará. Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 16, n. 1, 2002.

COSTA, Maria Requeira da; **Avaliação Potencial de Aproveitamento de Reservatórios Constituído por Barragens Subterrâneas no Semi-Árido Brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife – PE, 2002.

CUNHA, Tiago Pedro Silva. **Análise dos Impactos Sociais Causados com a implantação de barragem subterrânea no povoado de Santo André, em Currais Novos-RN**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal-RN, 2016.

DNOCS. ABC Gráfica Offset, Salvador – BH. 1973, 223p.

DUQUE, J. G.. **Solo e Água no Polígono das Secas**. Ministério de Viação e Obras Públicas –

FREITAS, R. A. S. **Comportamento de geotêxteis como filtro em resíduo - fosfogesso e lama vermelha**. 2003. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GEO BRASIL: Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional das Águas, jan. 2017. Anual.

MELO, J.D.D, E. (Org.) et al. A biodegradable composite material based on polyhydroxybutyrate (PHB) and carnauba fibers, *Composites: Part B* 43 (2012) 2827–2835.

RIO DE JANEIRO, SILVA, Maria Sonia Lopes da. et al. Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semi-árido brasileiro. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2008.

MELLO, J. L. P, SILVA, L.D.B, **Drenagem Agrícola**. 2007. Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Mendes, M.J.A. **Comportamento Carga – Alongamento de Geotêxteis não tecidos submetidos à Tração Confinada** . 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

PEREIRA, M.m. et al. DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA EM UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2015, São Cristóvão - Se. **CONIRD**. São Cristóvão - Se: Conird, 2015. p. 1 – 6

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1983. 280 p.

REMÍGIO, Aline Flávia Nunes. **Estudo da Colmatação Biológica de Sistemas Filtrodrenantes Sintéticos de Obras de disposição de resíduos domésticos urbanos sob Condições Anaeróbias**. 2006. 154 f. Tese de Doutorado em Geotecnia. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, L.M.P. **Desenvolvimento e Caracterização de Biocompósito de Látex (Borracha Natural) e Fibra de Carnaúba**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SCHUJMAN, 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.

SILVA, J.L.V. **Colmatação Biológica de Geotêxteis**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, Suzana Aparecida da. **Geotêxteis como Elementos Redutores da Capacidade Poluente de Chorumes**. Tese de Doutorado em Geotecnia. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2014.