



MODELO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E DRENAGEM URBANA DE BAIXO CUSTO

Andressa Rodrigues Lima * - limaandressa30@gmail.com

Artur Cristiano Alves Da Silva ** -artca.artca@gmail.com

Damaris Adriana Do Amaral *** - damarisadriana91@gmail.com

Gabriela Freitas Sório **** - gabi.sorio@hotmail.com

Hélio Rubens Jacintho Pereira Junior ***** - hejaper@gmail.com

Valmir de Jesus Rodrigues Almenara ***** - valmir.almenara@gmail.com

Resumo: O presente trabalho tem como o principal objetivo a conscientização, trazendo os conceitos fundamentais da natureza em relação à água no planeta, que de alguma forma passa despercebido pela humanidade. Bem como analisar a viabilidade econômica em técnicas compensatórias de captação de água da chuva e drenagem urbana. Estes sistemas substituem a água potável em diversas. Estudaremos também as técnicas aplicadas pelo poder público para retenção de cheias. Buscaremos técnicas inovadoras ou adequações de técnicas já existentes. Nessa busca desenvolveremos o estudo de uma nova forma de implantar a técnica de infiltração da água no solo através de canaletas coletoras que farão a retenção da água e os dutos que terão a missão de infiltrar o volume coletado, essa nova técnica será aplicada a uma edificação. Assim, todo volume de chuva que caem sobre a área impermeabilizada do lote, restringindo o escoamento superficial sobre toda bacia hidrográfica e a redução do volume à jusante o que ocasiona as enchentes e inundações. É notório que com a retenção individualizada menor que seja ao final em um montante

de número residências terá um volume captado considerável. Assim, colaborando para reduzir o escoamento superficial e evitando ocorrências, transtornos e perdas as regiões que margeiam os rios que atravessam as cidades.

Palavras-Chaves: Chuva, Drenagem Urbana, infiltração no solo, percolação.

Abstract: This document has as a goal to aware, highlighting some basic concepts of nature regarded to the water of the planet, which somehow goes unnoticed by humanity. Also, the content wants to analyze the economic viability of some compensatory techniques that catch the rainwater and provide urban drainage. Those systems substitute the potable water in many situations. The content of this document contains a study of techniques applied by governments to avoid the flood. According to the project applied, the group will display innovative methods or adequation in the market. In this project, the team will study a new methodology to implement a technique of water drainage on the soil by collector channel that will contain the water and the ducts will be responsible in the drain of the volume. The test with this technique will be implemented in a building. In this context, all capacity of the water that irrigates the waterproof area, with this technique, the water will appropriately be drained to a hydrographic basin, and the water capacity reduced will avoid the flood. It is notary that individual retention, however small it is, the sum of residences will represent a considerable volume. Thus, the punctual drainage will reduce the superficial flow. It will avoid the occurrences, disorders and loss in the regions that are around rivers that cross the cities.

Keywords: Rain, Urban Drainage, soil infiltration, percolation

1. Introdução

A urbanização tem se expandido significativamente, promovendo áreas cada vez mais impermeáveis, contribuindo para escoamentos artificiais, inundações, falta de água, epidemias, etc. Sobrecarregando os recursos naturais, principalmente a água potável, tornando-a um recurso cada vez mais escasso. Com a população Brasileira aumentando em meados do século XX, as pessoas tiveram uma evolução muito ágil no setor de produção e conseqüentemente de urbanização. A partir dessa evolução de concentração industrial, os centros urbanos passaram a ter uma maior concentração da população de diversas regiões em busca de condições melhores para vida. Devido essa ocupação acelerada, tivemos um atraso em planejamento urbano, acarretando diversas moradias em

lugares irregulares localizados em áreas de encostas, margens de rios, lagos, represas e córregos, invadindo área de preservação da prefeitura ou áreas privadas, montando as “favelas/puxadinhos” hoje é classificado como aglomerantes subnormais (IBGE).

No Brasil, a urbanização ocorreu rapidamente, de 1950 a 2008, a população urbana saltou de 55,9% para 86%. Como consequência dessas ocorrências, a bacia hidrográfica é afetada. (IBGE, 2007; UFNPA, 2008).

Esse crescimento não planejado contribui para vários problemas ambientais, o que gera custos e um impacto negativo para a população, com frequentes inundações, secas mais duradouras, além de comprometer o suprimento urbano e a manutenção dos ecossistemas naturais.

Tiago de Miranda “Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), no ano de 2005 o Brasil tinha uma taxa de urbanização de 84,2% e, de acordo com algumas projeções, até 2050, a porcentagem da população brasileira que vive em centros urbanos deve pular para 93,6%. Em termos absolutos, serão 237,751 milhões de pessoas morando nas cidades do país na metade deste século. Por outro lado, a população rural terá caído de 29,462 milhões para 16,335 milhões entre 2005 e 2050”.

Antes de Cristo, os egípcios aprenderam a lidar com as enchentes através de construção de barragens que protegiam a cidade e controlavam a infiltração e tornavam o solo mais fértil. Mesmo depois de tantos séculos, continuamos sofrendo com as inundações que trazem prejuízos diversos. A despreocupação com os efeitos causados pela urbanização onde as construções invadem a natureza de maneira irregular e não planejada, resultando em problemas que se acumulam entre si, afetando principalmente a saúde, o meio ambiente e a segurança.

Consequentemente, a redução de áreas verdes, está motivando os profissionais da área de construção civil e ambiental a procurar formas de reverter a situação com projetos sustentáveis, com foco na drenagem e captação de águas pluviais. Dessa forma, é possível reduzir esses impactos, proporcionando uma melhoria na qualidade de vida da população e reduzindo os impactos causados na bacia hidrográfica.

2. Saída temporária: controvérsias e análise dos projetos de lei

A água é global, está em todas as regiões do Planeta, extremamente importante para a preservação do ecossistema, da vida e de todos os seres vivos existente no planeta. Sendo o principal solvente para minerais, vitaminas, aminoácidos, glicose e outras pequenas moléculas.

Segundo a Agência Nacional de Águas, 70% da superfície do planeta consiste em água. Porém, o maior volume dessa água é água salgada e apenas 2,5% é água doce e dessa escassa porção, quase 98% estão “ábdito” em forma de água subterrâneas. Isso significa que a maior parte de água prontamente disponível e utilizável é mínima, perto da quantidade total de água no planeta Terra. Em média 10% do uso da água é destinado ao abastecimento público, 23% à indústria e 67% à agricultura. A água doce usada pela população vem de barragens, rios, lagos, represas, poços, reservas subterrâneas e, em certos casos, do mar.

O Brasil é um país favorecido no quesito quantidade de água. Possui a maior reserva de água doce da Terra, ou 12% do total mundial. Mas a sua divisão não é igual em toda extensão nacional. A Amazônia, por exemplo, é uma região que possui a maior bacia hidrográfica do mundo. Sendo considerado um rio de extrema importância para o nosso planeta.

“A água já foi considerada um recurso inesgotável; pois o ecossistema fazia crer que os mananciais de águas cristalinas, abundantes e renováveis nunca chegaria ao fim. Apesar de o planeta ser constituído superficialmente por aproximadamente 75% de água, existe o paradoxo da escassez, pois a água não está distribuída geograficamente de maneira uniforme” (TUNDISI,2008).

3. Impermeabilização do solo

Trata-se simplesmente da interrupção do ciclo hidrológico, pois a impermeabilidade do solo significa na perda da capacidade de infiltração e percolação da água pelo solo. Processo que ocorre com muita frequência nas cidades com o acelerado desenvolvimento da urbanização, e que aos poucos vem cedendo lugar as edificações,

asfaltamento, cimentação, e com a própria edificação construída. Assim promovendo um aumento do escoamento superficial impactando sobre o volume corpo hídrico, colapsando o sistema de escoamento drenagem, sobretudo nos dias de grande precipitação pluviométrica.

A impermeabilização do solo tem impactos negativos ao meio ambiente, como a redução de infiltração da água da chuva no solo, ocorrem recalques de terreno, devido à desidratação e o nível do lençol freático baixo possibilitando a não sustentação do solo. A água no interior do solo exerce forças que influenciam o estado de tensão do solo, modificando sua estabilidade, entre outros atributos edáficos pertinentes (Carvalho e Almeida, 2018).

Como também o impacto nos cursos hídricos, onde o volume de água excessivo não infiltrado no solo é transferido para os corpos hídricos, gerando aumento da velocidade das águas, proporcionando os erosões e assoreamentos dos corpos hídricos, e causando a elevação dos níveis na vazante, e também pelo represamento das águas, assim ocorrendo acréscimo na temperatura das águas.

As áreas impermeabilizadas geram ilhas de calor que interferem na atmosfera, alterando a temperatura local. Os pavimentos asfálticos ou concreto, absorvem e irradiam muito calor. Os edifícios como uma forma de refletir a luz do sol e amenizar as temperaturas internas utilizam o método da reflexão o que acaba refletindo esse calor para o solo. Bem como aumentando as ocorrências de chuvas ácidas, que nada mais é o acúmulo da combinação dos vapores d'água presentes na atmosfera mais os poluentes liberados por indústrias, veículos e usinas energéticas.

Já o impacto social e de saúde pública também é de grande relevância, as áreas de alagamento instantâneo, causam transtornos para mobilidade urbana, a partir do fluxo dos veículos e pedestres, panes automotivas, interrupção de energia, entre outros, e ainda promovendo inundações de edificações residenciais e comerciais, geralmente nas proximidades corpos hídricos. Com o grande risco de contaminação de doenças infectocontagiosas. A água no interior do solo exerce forças que influenciam o estado de tensão do solo, modificando sua estabilidade, entre outros atributos edáficos pertinentes (Carvalho e Almeida, 2018).

4. A necessidade da retenção da água pluvial

A ocupação urbana através de áreas impermeáveis, como telhados, ruas, calçadas, estacionamentos, entre outras. Altera o volume e qualidade do ciclo hidrológico. O resultado dessas superfícies tem sido aumento das inundações urbanas e a degradação da qualidade das águas das chuvas.

A drenagem urbana foi desenvolvida com o princípio de conduzir a água das precipitações o mais rápido possível a jusante. Desta forma, as inundações aumentam em uma grandiosidade significativa produzindo um aumento na frequência e magnitude das inundações. Essa amplificação traz consigo um aumento significativo na produção de resíduos e uma deterioração na qualidade da água.

As ações públicas para resolver esses problemas no Brasil estão focados principalmente em medidas estruturais. Soluções geralmente encontradas simplesmente transferem a inundação de um ponto para outro a jusante na bacia. Essas ações locais de visão sobre o efeito e não sobre as causas do aumento do fluxo, que é o aumento de superfícies impermeáveis.

A necessidade em fazer a retenção de água nas residências tem como objetivo diminuir o pico de água nas bacias, evitando alagamentos, por meio de um satisfatório atraso das ondas de inundações, obtido pelo armazenamento de parte do volume drenado. Assim, inundações tendem a diminuir, pois se cada residência reter parte, ao final, em um montante de residências terá um volume captado considerável. Colaborando para manter o volume das bacias e piscinões, além da redução de custo na conta mensal de água. Deste modo, a água pluvial captada pode ser utilizada para fins que não necessitem de potabilidade, como regar jardins, lavar carro, lavar quintal, utilizar para dar descarga, entre outros.

5. Canaletas de retenção e infiltração

Após revisão de várias técnicas compensatórias para elaboração deste trabalho e com o objetivo de trazer um método diferente, para que ficasse evidente a importância

ambiental desse trabalho. O método deveria ser econômico, ecológico e que trouxesse algo que dispusesse de durabilidade, consistência de funcionalidade, baixo custo de execução e mínimo de custo de manutenção, fácil aplicabilidade e execução, com foco direcionado para atender as necessidades dos usuários e estar em sintonia com o meio ambiente. Bem como, sair da uniformidade que todos os sistemas apresentam, e que ainda pudesse ser agregado também às técnicas já existentes no mercado. Na pesquisa e estudo sobre as trincheiras de infiltração identificou-se que poderia melhorar a técnica, agregando a uma residência de uma forma mais favorável do ponto de vista de arquitetura e engenharia. Sendo de fundamental importância, multiplicar ainda mais seu potencial de captação, para assim obter resultados confiáveis e completos. Resultando no sistema composto por canaletas e condutos de infiltração, sendo bem semelhante ao sistema de trincheiras de infiltração e ao filtro de infiltração das fossas sépticas.

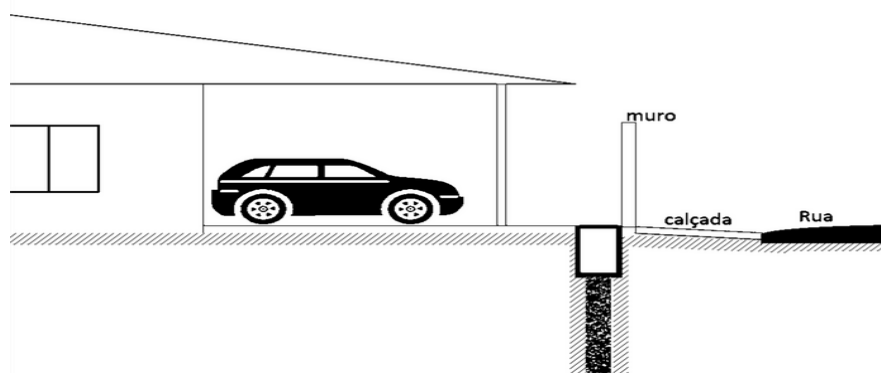
Trincheiras de infiltração são implantadas em áreas com espaços limitados, a exemplo de calçadas, rodovias, lotes residenciais e estacionamentos (DUCHENE; MCBEAN; THOMSON, 1994).

Portanto, o desafio foi realizar seu dimensionamento para que pudesse a incluir dentro de uma edificação de uma forma que não comprometesse o escoamento e a sua eficiência, bem como respeitar todos os requisitos da engenharia e da arquitetura da obra.

O objetivo principal da técnica compensatória é promover a infiltração do volume das precipitações e assim promover a redução do escoamento superficial, que impacta no volume do corpo hídrico, evitando o colapso do sistema de drenagem, bem como reduzindo o volume à jusante e principalmente minimizando as enchentes, inundações e transbordamento de rios e córregos que trazem, prejuízos financeiros, transtorno na mobilidade urbana, impacto social e de saúde pública.

A implantação se dará no alinhamento frontal do terreno, para que assim possa ser feito uma interferência na tubulação da água pluvial direcionada a rede pluvial pública conforme figura 1.

Figura 1: croqui demonstrando a implantação do sistema



Fonte: Autores (2020)

O funcionamento será através de canaletas coletoras que farão a retenção da água de uma precipitação sobre a área impermeabilizada e os dutos terão a missão de infiltrar o volume coletado. Conforme a canaleta recebe a água, os dutos também serão alimentados preenchendo os vazios entre a brita e na sequência realizando a infiltração e percolação no solo. Sabe-se que o solo ao passar do tempo de percolação se torna saturado, diminuindo a sua capacidade de infiltração. O que fará com que a capacidade de acúmulo do volume de água na canaleta seja atingida. O excedente seguirá para rede pública através do extravasor. Para a implantação deste sistema requer análises prévias referente aos aspectos urbanos de uso e ocupação do solo, levantamentos topográficos e hidro geológicos, bem como as normas e especificações vigentes, entre outros.

O distanciamento deverá ser considerado na concepção de seu projeto desde a sua base dos condutos de infiltração ao lençol freático. A fim de evitar potencial contaminação e não comprometer a capacidade de infiltração e de percolação (DUCHENE; MCBEAN; THOMSON, 1994; UNITED., 1999).

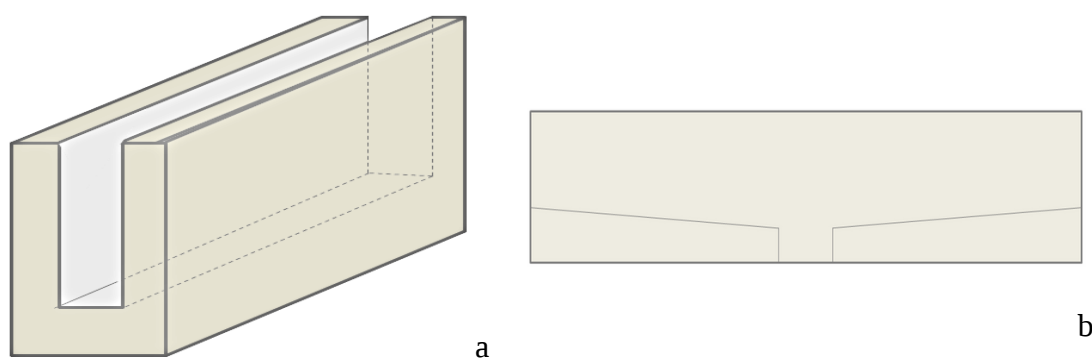
6. Configuração da técnica compensatória

A canaleta de retenção e infiltração com condutos possui apenas dois componentes principais em sua configuração.

Canaletas

As canaletas têm a responsabilidade de acolher todo o escoamento superficial provindo das áreas impermeáveis, como os telhados, pisos cerâmicos ou concreto. Poderão ser em alvenaria ou concreto, o dimensionamento é uma técnica linear, onde o comprimento é superior à sua largura x profundidade, devendo ser dimensionado conforme o tamanho do lote, para que se possa captar e reter todo o escoamento superficial (figura 2).

Figura 2: Vista isométrica (a) corte frontal (b) da canaleta de retenção e infiltração



Fontes: Autores (2020)

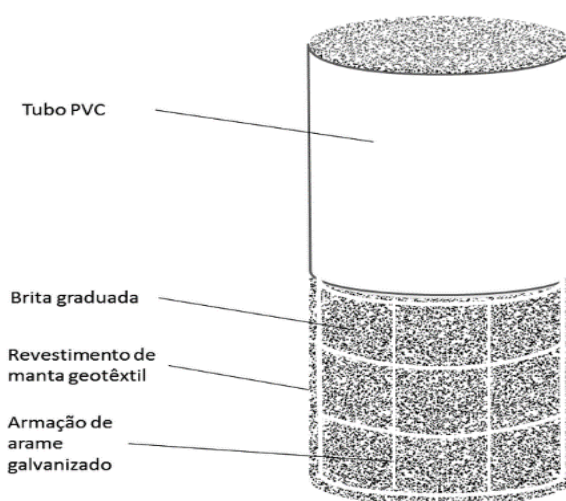
O fundo das canaletas deverá ter uma pequena declividade com grau mínimo para escoar toda a água, levando em conta que, enquanto não houver chuva não permaneça com resquício e possa gerar outros tipos de eventos prejudiciais à saúde. De acordo com ROESNER e URBONAS (1992 apud PINTO; 2011) este tempo de infiltração deve estar entre 48 e 72 horas, visando uma efetividade da estrutura para chuvas consecutivas.

A canaleta deverá ser instalada nivelando ao piso acabado em sua face superior, para que o escoamento superficial seja conduzido para a área de retenção. Após a coleta, a canaleta deverá distribuir aos condutos de infiltração o volume captado.

Condutos infiltrantes

Com a responsabilidade de conduzir toda a água coletada para o solo por meio de seu espaço dimensionado, diâmetro e de seu comprimento abaixo do nível da canaleta e adentrando ao solo. Os mesmos deverão ser revestidos por uma manta geotêxtil ancorados uma armação de arame resistente, que formará um envelopamento para toda a área do conduto de infiltração e contribuindo na retenção de prováveis agregados finos. Também será formado porosidade de 33%, o que proporcionará a função de camada de armazenamento e de uma camada de material granular, do tipo brita 1, com infiltração. Este conduto deverá ter um cobrimento inicial em tubo pvc para não causar nenhum problema no requisito da edificação em relação a umidade (figura 3).

Figura 3: Diagrama do conduto de infiltração com detalhamentos de materiais.



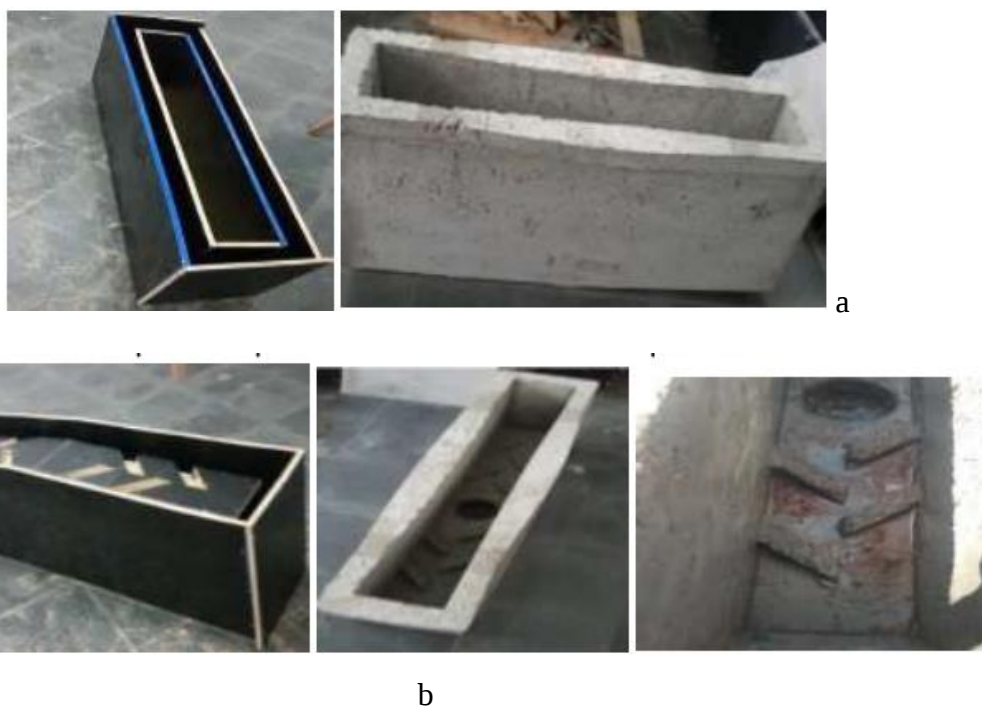
Fonte: Autores (2020)

7. Ensaio prático da canaleta de retenção e infiltração

Foi construída uma canaleta de área útil de 0,15m x 0,35m x 1,00m, com volume total de 0,0525 m³ ou 52,5 litros em concreto 25Mpa. No fundo foi instalado ressaltos do tipo dissipador de energia, para promover a retenção de resíduos e redução da colmatação

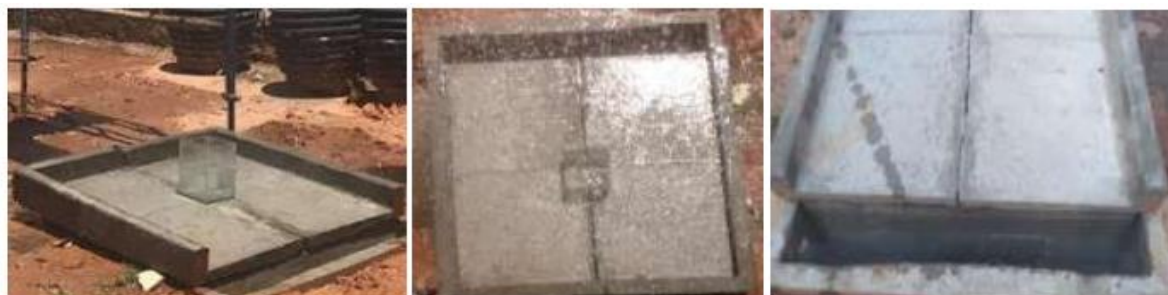
do dreno, foi aplicado um declive de 10° para completo escoamento direcionado para a saída de 120mm (figura 4). A área de captação foi construída em concreto 25Mpa, com as seguintes dimensões 1,00m x 1,00m (figura 5). Os dutos verticais drenantes foram feitos em tubo de pvc esgoto branco de 150mm, tela galvanizada fio 3,8mm malha de 8,5" x 8,5", com manta geotêxtil FX15 branco de gramatura 150 mm² (figura 6).

Figura 4: canaleta vista frontal (a) e vista superior (b)



Fonte: Autores (2020)

Figura 5: área de captação



Fonte: Autores (2020)

Figura 6: duto vertical drenante



Fonte: Autores (2020)

Com o intuito de obter um sistema com maior eficácia possível, realizou ensaios com vários tipos agregados para possibilitar a construção de um conjunto de parâmetros sobre drenagem e infiltração (tabela 1).

Tabela 1: tipos de agregados e resultados obtidos.

Agregado		Volume do Tubo (m³)	Peso do Agregado (Kg)	Volume de Água (L)	Verificação
	Argila Expandida	0,0176	8,08	06	Descartado em razão do alto índice de volume de vazio que permitirá colmatção.
	Brita N. 01	0,0176	22,88	07	Aprovado devido ao baixo índice de volume de vazio e sua excelente eficiência de drenagem
	Brita N. 02	0,0176	23,41	05	Descartado em razão do alto índice de volume de vazio que permitirá colmatção.
	Brita N. 03	0,0176	23,76	-	Descartado em razão do alto índice de volume de vazio que permitirá colmatção.
	Brita N. 04	0,0176	24,64	-	Descartado em razão do alto índice de volume de vazio que permitirá colmatção.

Fonte: Autores (2020)

Local

Para a realização dos ensaios e testes de eficiência do objeto de estudo deste trabalho, foi escolhida a área do estacionamento da ATHON Ensino Superior, região central da cidade de Sorocaba/SP. Em razão de se ter o conhecimento do perfil do solo

através de sondagem a Percussão – SPT (*Standard Penetration Test*) tem por objetivo medir a resistência do solo, obtenção de amostras para a determinação de seu perfil, observação do nível do lençol freático, além de possibilitar a execução de vários outros ensaios locais aproveitando-se a perfuração. Na sondagem foram perfurado e analisado material de 4 metros de profundidade de solo e seus respectivos SPTs conforme registro. Em que se pode notar que o solo estudado se tratava de um solo arenoso argiloso.

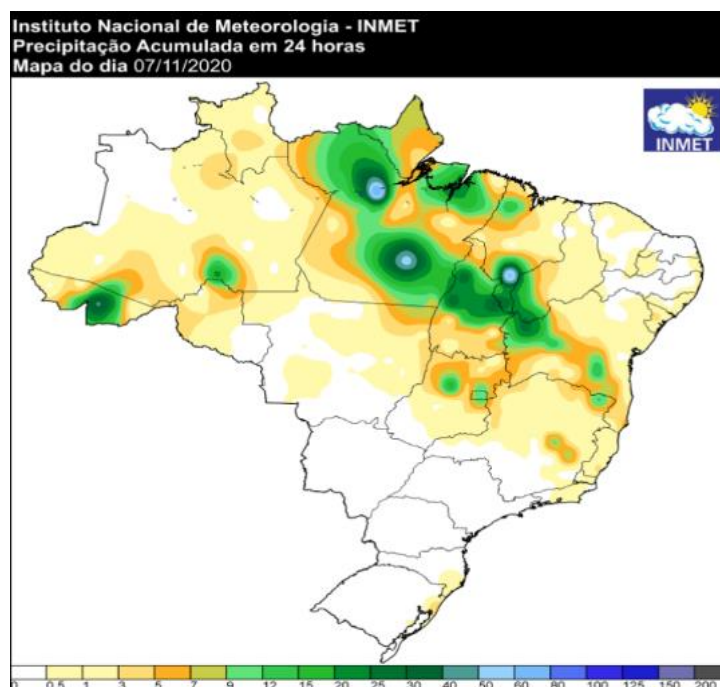
O solo areno-argiloso pode ser definido como a camada mais superficial da crosta terrestre, portanto, ele é formado por meio de decomposição de rochas que sucede devido a 66 ações ligadas a temperatura e processos erosivos originados pelos ventos, chuvas e seres vivos (fungos, bactéria, entre outros). O tipo de solo pode variar muito, devido a sua tonalidade e particularidades. O solo é composto por pequenos fragmentos de minerais e rochas, que se aglomeram de acordo com o tamanho, por exemplo: argila, silte e areia. Cada região tem um tipo de solo e se caracteriza por isso, pois é isso que determina a particularidade de cada região, como por exemplo: qual o tipo da flora, aspectos naturais e se é forte na agricultura. O solo areno-argiloso possui pouca coerência e se transforma em lama em contato com a água, sendo um intermediário entre areia e argila.

8. Os ensaios

Para o presente estudo foram necessários à realização de dois ensaios práticos, em razão do primeiro evento realizado dia 07/11/2020 em que o panorama climático e de precipitações se encontrava com baixo índice pluviométrico na casa de 10mm dentro do período que antecipou os ensaios, conforme figura 7, onde foi possível observar-se um solo com baixa porcentagem de umidade que não permitiu identificar os valores para a total saturação do duto vertical de drenagem conforme as tabelas 2 e 3.

Para o segundo ensaio, evento realizado dia 14/11/2020 no qual, o panorama climático e de precipitações já se mostrava diferente ao primeiro evento, em razão de ocorrência de precipitações nos dias anteriores conforme figura 8. O que se observou um solo com porcentagem maior de umidade, onde se permitiu realizar o ensaio de saturação do duto vertical de drenagem, bem como o tempo de enchimento da canaleta de detenção, conforme as tabelas 4 e 5.

Figura 7: Mapa de precipitação acumulada nos últimos 5 dias - 07/11/2020



Fonte: INMET

Tabela 2: Ensaio: Duto Vertical Drenante 07/11/2020

NÚMERO ENSAIO	VOLUME PRECIPITAÇÃO (MM)	VOLUME ESCOAMENTO (LITROS/MIN)	TEMPO DE SATURAÇÃO (MIN)	VARIAÇÃO DO TEMPO (MINUTOS)	VOLUME PARA SATURAÇÃO (LITROS)
1	90,00	6,667	29:45	0	263,01

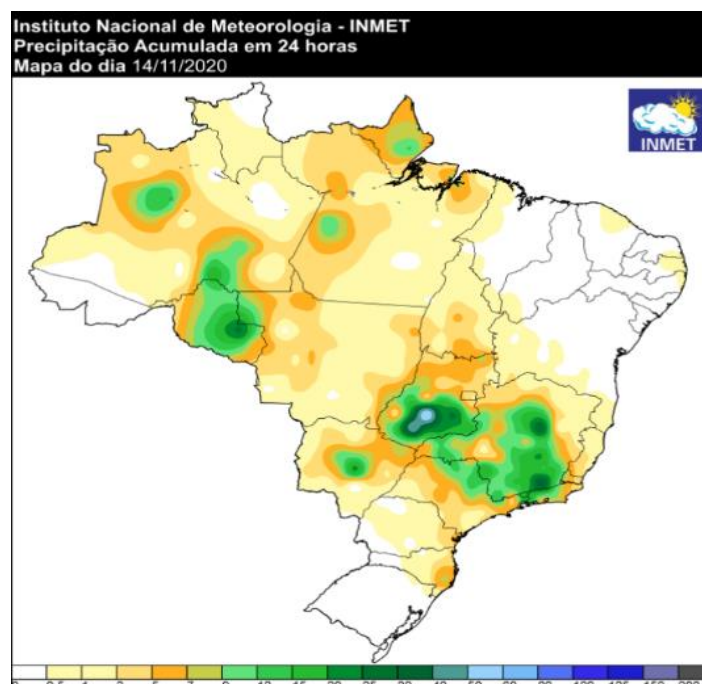
Fonte: Autores (2020)

Tabela 3: Ensaio: Canaleta de Detenção 07/11/2020

NÚMERO ENSAIO	VOLUME PRECIPITAÇÃO (MM)	VOLUME ESCOAMENTO (LITROS/MIN)	TEMPO DE SATURAÇÃO (MIN)	VARIAÇÃO DO TEMPO (MINUTOS)	VOLUME PARA SATURAÇÃO (LITROS)
1	90,00	6,667	29:45	0	0

Fonte: Autores (2020)

Figura 8: Mapa de precipitação acumulada nos últimos 5 dias - 14/11/2020



Fonte: inmet

Tabela 4: Ensaio: Duto Vertical Drenante 14/11/2020

NÚMERO ENSAIO	VOLUME PRECIPITAÇÃO (MM)	VOLUME ESCOAMENTO (LITROS/MIN)	TEMPO DE SATURAÇÃO (MIN)	VARIAÇÃO DO TEMPO (MINUTOS)	VOLUME PARA SATURAÇÃO (LITROS)
1	90,00	6,667	17:47	0	116,47
2	90,00	6,667	22:41	4:54	30,26
2	90,00	6,667	20:13	2:13	14,20
3	90,00	6,667	20:43	0,30	3,33

Fonte: Autores (2020)

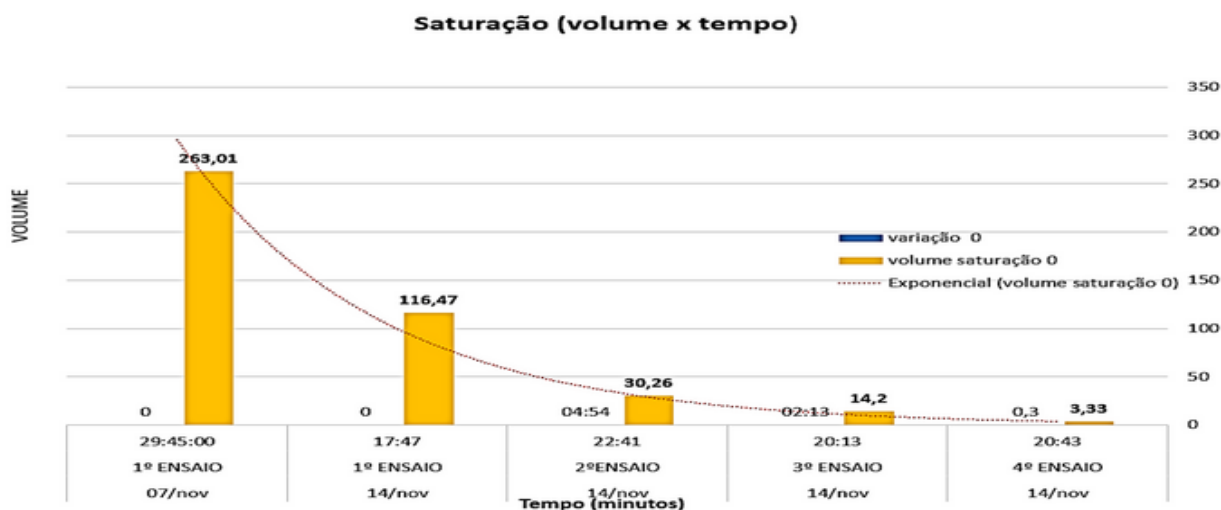
Tabela 5: Ensaio: Canaleta de Detenção 14/11/2020

NÚMERO ENSAIO	VOLUME PRECIPITAÇÃO (MM)	VOLUME ESCOAMENTO (LITROS/MIN)	TEMPO DE SATURAÇÃO (MIN)	VARIAÇÃO DO TEMPO (MINUTOS)	VOLUME PARA SATURAÇÃO (LITROS)
1	90,00	6,667	7:32	0	48,80
2	90,00	6,667	7:32	0	48,80
3	90,00	6,667	7:12	0,20	47,46
4	90,00	6,667	4:54	1,59	30,27

Fonte: Autores (2020)

No gráfico da figura 9 fica notório as diferenças entre o período de estiagem e comparação uma taxa de umidade de solo mais elevada dos dois ensaios realizados. Assim como as diferenças de tempo e volume

Figura 9: gráfico do índice de saturação



Fonte: Autores (2020)

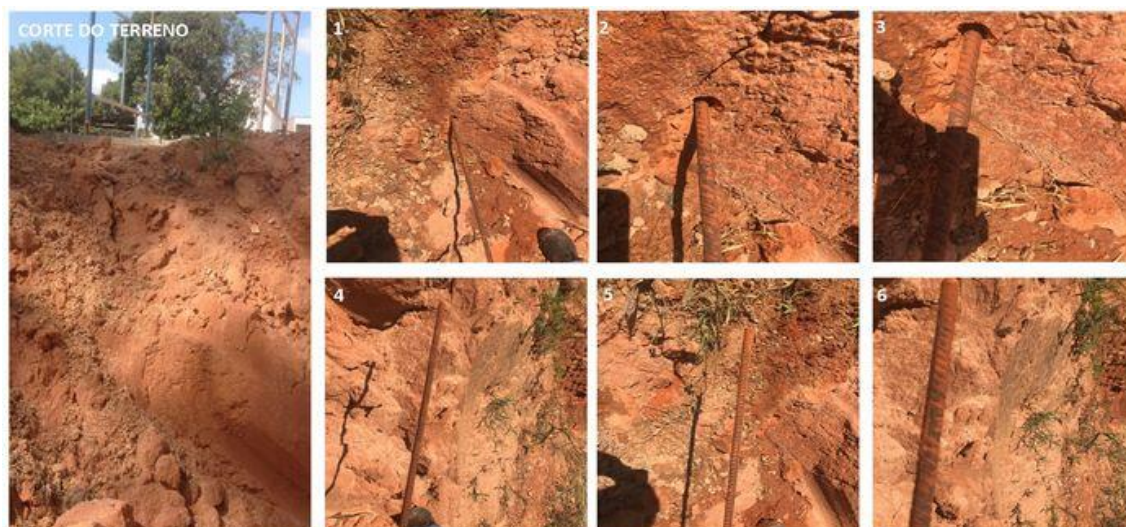
Observar-se que o sistema se mostra eficiente tanto em reservar quanto infiltrar o volume de água de uma precipitação pelo período próximo de 20 minutos.

Para a verificação de infiltração e percolação do solo foi introduzido no corte do terreno um vergalhão de 10 mm para que se pudesse observar e certificar que a água precipitada estava realmente infiltrando e percolando nos vazios do solo, o que pode ser comprovado na sequência das imagens da figura 10.

9. Resultados e Discussão

Os resultados apresentados no primeiro ensaio demonstraram que as precipitações iniciais simuladas após um período de estiagem no qual as taxas de umidade do solo estavam baixas, o sistema demonstrou ser completamente eficaz para retenção e infiltração do volume de água. Podendo ser observado que o duto vertical drenante teve a capacidade de receber todo volume da precipitação e que manteve a canaleta com volume mínimo

Figura 10: Verificação de infiltração de água no solo



Fonte: autores (2020)

que se refere ao escoamento superficial coletado pela área de captação. Porém, se fez necessário o consumo de 263 litros ou $0,263\text{m}^3$ em aproximadamente 39 minutos para um enchimento completo, volume este que não promoveu a saturação total do componente do sistema. Em razão da necessidade de se racionar o consumo de água pelo baixo volume dos reservatórios municipais que abastecem o a cidade suspendemos os ensaios. Para o segundo evento pode ser observado que após um período de precipitações de aproximadamente 2 dias no período noturno o que aproximadamente deram em torno de 8 a 9 horas de precipitação com um volume acumulado de 10mm, onde o solo se encontrava com a taxa de umidade maior, permitindo assim que os ensaios pudessem ter maior eficiência. Onde se notou que os dutos verticais drenantes proporcionou um tempo menor para enchimento total, mas não a saturação total. Quatro ensaios puderam ser realizados onde a variação de tempo teve um relativo aumento e o volume teve uma redução considerável. No 4º e último ensaio, observou-se que o tempo de escoamento e infiltração do sistema passou a ter baixas alterações o que demonstra que o solo havia atingido o volume necessário para saturação e que permitiu observar e comprovar a real eficiência do sistema. Vale ressaltar e evidenciar que o sistema necessita de verificações e análises prévias para sua execução. Tais como, infraestrutura existente no lote e região periférica, a topografia, principalmente os aspectos hidrogeológicos. Para que haja uma

conclusão mais assertiva e completo no que se refere o estudo desta técnica compensatória, como um todo, se faz necessário apresentar valores construtivo da técnica estuda, como pode ser apreciado conforme tabela 6.

A técnica compensatória se mostra de forma mais efetiva financeiramente em razão as demais técnicas estudas, visto que permiti ser construída com insumos de fácil acesso e baixos valores no mercado, além de permitir a manutenção preventiva através de acessos em sua canaleta

Tabela 10 — Tabela Comparativa de Custos de Técnicas Compensatórias

DESCRIÇÃO	UNID	VALOR	FONTE
 Cisternas	cj	R\$ 1.586,32	LEROY MERLIN
 Telhado verde	m²	R\$ 140,00	ECOTELHADO
 Paineis Sanduiche Hidropônico	m²	R\$ 60,00	KAATOP
 Ecopavimento	m²	R\$ 47,51	ECOTELHADO
 Concreto Permeavel	m²	R\$ 111,40	LEROY MERLIN
 Piso Intertravado	m²	R\$ 33,00	LEROY MERLIN
 Jardim de Chuva	m³	R\$ 299,90	SINAPI
 Jardim Filtrante	m³	R\$ 150,00	SINAPI
 trincheira de infiltração	m³	R\$ 89,73	SINAPI
 Canaleta de retenção com dutos verticais de infiltração	m³	R\$ 152,39	SINAPI

Fonte: Autores (2020)

10. Referências

- AUGUSTO, A., BARBOSA, A., NASCIMENTO, G., VINICIUS, P. e FERNANDES, T. Projeto Técnico de Captação e Reuso da Água. Rio de Janeiro, 2014. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Administração pública) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- BRASIL. Presidência da República - Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos: **LEI No 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000** - Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 17 Jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm. Acesso em: 22 Jun. 2020.
- CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. CONCRETO permeável: o que é quais os seus grandes atrativos?. Tecnosil. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-permeavel-o-que-e-e-quais-seus-grandes-atrativos/>. Acesso em: 1 Abr. 2020.
- CÂMARA MUNICIPAL DE SOROCABA. **Plano diretor de desenvolvimento físico territorial**. Sorocaba SP, 2014.
- MIRANDA, A.T. **Urbanização do Brasil - Consequências e características das cidades**. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/urbanizacao-do-brasil-consequencias-e-caracteristicas-das-cidades.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 22 Jun. 2020.
- DMITRUK, H.B. (Org.). **Cadernos metodológicos: diretrizes da metodologia científica**. 5. ed. Chapecó: Argos, 2001. 123 p.
- ECOTELHADO. **Ecopavimento permeável drenante**. Disponível em: <https://ecotelhado.com/sistema/ecopavimento/>. Acesso em: 1 Abr. 2020.
- ECYCLE. **Captação de água da chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/6346-ciclo-da-agua>. Acesso em: 22 Jun. 2020.

ECYCLE. **Ciclo da água: entenda como ele ocorre na natureza.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/6346-ciclo-da-agua>. Acesso em: 22 Jun. 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Instrumentação Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Plantando Água.** Disponível em: https://www.iniciativaverde.org.br/upfiles/fckeditor/file/2014_01_31_folder_6000_jardi_m_filtrante_final.pdf. Acesso em: 29 Mar. 2020.

FERNANDES, D.R.M., MEDEIROS NETO, V.B. e MATTOS, K.M.C. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN / RN. Foz do Iguaçu - PR. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, out. 2007. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650479_0552.pdf. Acesso em: 5 Abr. 2020.

MAEBARA, A.K. Avaliação da legislação brasileira do uso conjugado de água de chuva. São Carlos. **Dissertação** (Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos. 2018

MELO, T.A.T., COUTINHO, A.P., CABRAL, J.J.S.P., ANTONINO, A.C.D. e CIRILO, J.A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, v.14, n.4, p.147-165. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000400011 . Acesso em: 19 Mar. 2020.

MIRANDA, A.T. **Urbanização do Brasil.** Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/urbanizacao-do-brasil-consequencias-e-caracteristicas-das-cidades.htm>. Acesso em: 22 Jun. 2020.

MORELI TUCCI, C.E. **Sistemas de Drenagem Urbana em Áreas Urbanas.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rjgn0qbVxJ0&t=376s>. Acesso em: 22 Jun. 2020.

ROSA, M. Rotatória com jardim de chuva. **Site Onegreen.** Disponível em: <https://onegreen.com.br/jardins-de-chuva-estao-surgindo-pela-cidade-de-sao-paulo/>. Acesso em: 19 Mar. 2020.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. ONG reutiliza água com ajuda de jardim. Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/ong-reutiliza-agua-com-ajuda-de-jardim-filtrante-em-sao-carlos-sp/>. Acesso em: 29 Mar. 2020.

RIBEIRO, B.F., BLAUTH, G.P., BEATI, A.A.G.F. Estudo da efetividade dos jardins filtrantes no tratamento de efluentes sanitários. **Trabalho de conclusão de curso, Universidade São Francisco**. 2019. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/04/efetividade-jardins-filtrantes-tratamento-efluentes.pdf>. Acesso em: 29 Mar. 2020.

SOCIALISMO Criativo. **Bueiro Inteligente**. 2018. Disponível em: <https://www.socialismocriativo.com.br/bueiro-inteligente/>. Acesso em: 24 Mar. 2020.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Dossiê Água, Estudos Avançados. v.22, n.63. p.7-16, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm/?lang=pt>. Acesso em: 22 Jun. 2020.

* **Andressa Rodrigues Lima: é aluna do curso de Engenharia Civil ESAMC Sorocaba.**

** **Artur Cristiano Alves Da Silva: é aluna do curso de Engenharia Civil ESAMC Sorocaba.**

*** **Damaris Adriana Do Amaral: é aluna do curso de Engenharia Civil ESAMC Sorocaba.**

**** **Gabriela Freitas Sório: é aluna do curso de Engenharia Civil ESAMC Sorocaba.**

***** **Hélio Rubens Jacintho Pereira Junior: é biólogo e professor dos cursos de Engenharia da ATHON Ensino Superior Sorocaba.**

***** **Valmir de Jesus Rodrigues Almenara: é engenheiro civil e professor dos cursos de Engenharia da ATHON Ensino Superior Sorocaba.**