



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

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

WILTON BRITO DA SILVA

Propor a implantação de poços drenantes para redução do impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem.

PALMAS – TO

2016/2

WILTON BRITO DA SILVA

Propor a implantação de poços drenantes para redução do impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem.

Projeto apresentado como requisito Final da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Engenharia Civil, do CEULP/ULBRA orientado pela Professora Msc. Jaqueline Henrique.

PALMAS/TO

2016/2

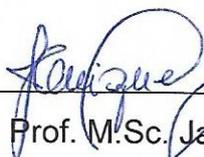
WILTON BRITO DA SILVA

Propor a implantação de poços drenantes para redução do impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem.

Projeto apresentado como requisito final da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Engenharia Civil, do CEULP/ULBRA orientado por a Professora Msc. Jaqueline Henrique.

Aprovada em _____ de novembro de 2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Jaqueline Henrique


Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos

À Deus, a meus pais; Luzia e Milton, e a
minha Irmã Luziane, pela força, esforço e
apoio durante estes anos longe de vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas lições de vida que este estudo me proporcionou. Aos Professores, Jaqueline Henrique e Carlos Spartacus da Silva Oliveira pela atenção, Senso crítico, amizade, orientação e compreensão do trabalho. A Técnica Engenharia, pelo apoio cedendo os laudos de sondagens. Aos meus pais, Milton da silva e luzia britto da silva, pela minha existência e oportunidade de crescimento como Pessoa e filho.

Aos amigos de faculdade pela amizade e companheirismo. A minha Namorada Vanessa coelho brilhante pelo amor e companheirismo. A minha irmã Luziane britto da silva, pelo companheirismo e compreensão. Aos meus avós; Maria Brito e Manoel José, Maria Nazaré e João pereira (in memoria), obrigado pelo exemplo de família; ao meu avô João pereira (in memoria) pelo carinho e amor que sempre teve por mim. Obrigado a todos!

RESUMO

A intensa urbanização e a ocupação desordenada acarreta o aumento da impermeabilidade do solo impedindo que a água infiltre, sendo a mesma drenada pelos sistemas de drenagem urbana e direcionada para rios a jusante.

Os sistemas de drenagem urbana são sobrecarregados devido a ocupação desordenada e grande impermeabilização do solo, apesar dos sistemas serem dimensionados seguindo diretrizes e normas pertinentes aos órgãos fiscalizadores, a área de contribuição para o sistema de drenagem aumenta gradativamente em conjunto com a urbanização, tornando os sistemas de drenagem urbana ineficazes, ou seja, não são capazes de conduzir a vazão excedente gerada pelo avanço da impermeabilização do solo, conseqüentemente gerando inundações e enchentes.

Neste estudo é proposto a implantação do sistema de poços drenantes para serem empregados nos lotes, sendo este sistema implantado para trabalhar em conjunto com os sistemas de drenagem já empregados, os poços são responsáveis por amortecer a vazão que é lançada na microdrenagem oriunda do telhado da residência e conseqüentemente contribuir para o reabastecimento do equilíbrio hídrico que existia antes da urbanização.

Palavras-Chave: poços de infiltração, drenagem urbana, impermeabilização do solo.

ABSTRACT

The intense urbanization and the disorderly occupation entails increasing soil impermeability preventing water seeping, being the same drained by urban drainage systems and directed to downstream rivers.

urban drainage systems are overloaded due to disorganized occupation and large soil sealing, although the systems are dimensioned according to guidelines and relevant standards to regulatory agencies, the contribution area for the drainage system gradually increases together with urbanization, making the ineffective urban drainage systems, or are not able to conduct the excess flow generated by the advance of soil sealing, thereby causing flooding and floods.

In this study we propose the implementation of drainage wells system to be employed in lots, which is implanted system to work in conjunction with drainage systems already employed, the wells are responsible for cushioning the flow that is thrown in microdrainage coming from the roof of residence and consequently contribute to the replenishment of water balance that existed before the urbanization.

Keywords: infiltration wells, urban drainage, soil sealing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais elementos da rede de microdrenagem.....	13
Tabela 2- Vantagens dos poços de infiltração.....	19
Tabela 3- Partis constituintes de poços de infiltração	22
Tabela 4- Estimativa do coeficiente de infiltração de acordo com o tipo de solo.....	29
Tabela 5- Volume drenado e transportado para a microdrenagem.....	33

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Modificações no hidrograma de escoamento superficial devido à alta taxa.....	16
Figura 2- Velocidade de infiltração x tempo.....	17
Figura 3- Exemplo de poço drenante, Lyon, França.....	19
Figura 4- Exemplo de poço drenante.....	20
Figura 5- Exemplo de poço drenante com tijolos assentados em crivo.....	21
Figura 6- Exemplo de poço drenante instalado em uma edificação.....	21
Figura 7- Quadra 706 sul, Palmas Tocantins.....	24
Figura 8- intensidade pluviométrica de palmas.....	28
Figura 9- área de telhado e lote para base de calculo.....	31
Figura 10- volume transportado a microdrenagem sem a implantação do poço drenante.....	32
Figura 11- volume transportado a microdrenagem sem e com a implantação do poço drenante.....	33
Figura 12- Disposição do poço drenante no lote.....	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo Geral	10
2.2. Objetivo específico	10
3. REFERENCIAL TEORICO	11
3.1. Drenagem Urbana	11
3.1.1. Microdrenagem	12
3.1.2. Macrodrenagem	14
3.2. Ineficiência dos sistemas convencionais de drenagem urbana.....	14
3.3. Infiltração do solo	15
3.4. Medidas de controle na fonte.....	17
3.4.1. Poços Drenantes	18
3.4.1.1. Parâmetros necessários ao projeto	23
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. Ambiente da pesquisa	24
4.2. Levantamento de dados	24
4.2.1. Procedimento	25
4.2.1.1. Sistema de Poço drenante	25
4.2.1.2. Sistema convencional de micro e macrodrenagem.....	25
4.3. O projeto a ser desenvolvido para implantação no atual.....	26
4.3.1. Projeto do poço drenante:	26
5. RESULTADOS E DISCURSÕES	27
5.1. Vazão de projeto.....	27
5.1.1. Intensidade pluviométrica.....	27
5.2. Solo analisado.....	29
5.2.1. Infiltração da água no solo	29
5.3. Poço drenante	30
5.3.1. Volume do poço drenante	30
5.3.2. Volume de entrada	31
5.3.3. Área de infiltração	31
5.3.4. Volume drenado.....	32
5.4. Tempo de enchimento do poço drenante	33

5.5. Tempo de esvaziamento do poço drenante	34
5.6. Disposições e considerações em relação ao lote	34
5.7. Qualidades do sistema de poços drenantes.....	35
6. INEFICIÊNCIA DOS SISTEMAS CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA.....	36
7. CONCLUSÃO	37
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O ciclo da água, é imprescindível para a manutenção da vida do planeta terra, o mesmo é responsável por a variação climática e nível dos rios, mares, lagos.

O calor que é irradiado pelo sol é responsável por um fenômeno conhecido como evaporação, transformando o líquido em estado gasoso. O vapor da água fria se condensa na atmosfera em forma de gotículas formando nuvens, neste instante ocorre o inverso, ou seja, a transformação da água em estado gasoso para líquido suspenso no ar, dando-se o nome deste processo de condensação. Com o acúmulo de água condensada na atmosfera ocorre o processo de precipitação, ou seja, quando as gotículas de água tornam-se pesadas e caem sobre superfície da terra. Quando a mesma entra em contato com a superfície terrestre ocorre a infiltração, sendo este processo responsável por suprir os lençóis e conseqüentemente o nível dos rios, lagos, mares, oceanos, e alimentar as plantas que utilizam a água e transpiram para a atmosfera novamente. Com o avanço dos centros urbanos, a ocupação desordenada e não planejada, a alta taxa de impermeabilização da superfície em conjunto com a má gestão de efluentes, são responsáveis por um acarretamento de problemas, dentre o mesmo, a inundação se destaca como um problema cíclico e de calamidade pública.

Os sistemas de drenagem empregados atualmente se mostram ineficazes por consequência da falta de controle ocupacional, ou seja, com o aumento da taxa de impermeabilização do solo há também um aumento da vazão de escoamento, cujo a qual ocasiona o problema de sobrecarregamento do sistema, tornando o mesmo ineficaz. Diante destas problemáticas analisa-se a necessidade de empregar uma medida de controle de fonte, no caso em questão, poço drenante, que em conjunto com as estruturas de drenagem clássicas formem um sistema que supra a vazão de escoamento superficial, além de contribuir para o reabastecimento do equilíbrio hídrico que existia antes da ocupação.

Através deste estudo analisaremos a redução do impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem, impactos estes como o amortecimento e a redução da vazão que é lançada na microdrenagem com destino ao rio, com a

implantação de poços drenantes, e apresentaremos técnicas, análises e cálculos para a elaboração de poços drenantes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Propor a implantação de poços drenantes na quadra 706 Sul, Palmas-TO, para redução do impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem.

2.2. Objetivo específico

- Estimar a velocidade de infiltração do solo;
- Dimensionar poço drenante baseado na análise do perfil do solo.
- Identificar as qualidades do sistema de poços drenantes.
- Pesquisar bibliograficamente a efetividade do sistema de drenagem convencional.

3. REFERENCIAL TEORICO

O ciclo Hidrológico é um fato natural de circulação da água na atmosfera sendo esse processo interminável, pois o mesmo é essencial para conduzir a vida no planeta terra. Segundo (TUCCI, 1993). Esse ciclo ocorre no sentido superfície-atmosfera, onde a via do fluxo da água se dá pela evaporação das águas e transpiração das plantas, e no sentido atmosfera-superfície a transferência da água se dá em qualquer estado físico, mais comumente a precipitação pluvial e de neve

Desde tempos remotos, as áreas das margens de rios tediavam a ser ocupadas pelos seres humanos, pois a qual ofereciam uma fonte abundante de água, além de proporcionar benefícios como irrigação, pesca, locomoção pelas águas, no entanto, a proximidade com as margens dos rios ofereciam riscos devido as cheias naturais do mesmo.

O risco para a saúde pública decorrente da utilização de águas pluviais para a higiene foi constatado tempos depois, para sanar esse risco deu-se a solução de uma evacuação rápida das águas pluviais pelos condutos de drenagem urbana, afastando a presença nociva da água da população e assim minimizando a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e de inundações (Baptista et al.,2005).

3.1. Drenagem Urbana

O Termo Drenagem urbana é definido por Porto et al. (1993), como o conjunto de medidas com o objetivo de minimizar os riscos e diminuir os prejuízos causados pelas inundações possibilitando desta forma, um desenvolvimento urbano harmônico articulado e sustentável.

O sistema de drenagem é parte de um conjunto de melhoramentos públicos de uma área urbana que compreende também as redes de água, esgoto sanitário, cabos elétricos e telefones, a malha viária dentre outros (FCTH, 1999). Diferentemente dos demais, o sistema de drenagem possui duas particularidades importantes:

- O escoamento das águas pluviais acontece existindo ou não um sistema de drenagem adequado. Ou seja, a inexistência ou mau funcionamento do sistema fará

com que as águas da chuva se acumulem ou escoem pelas superfícies urbanas, ocasionando os alagamentos;

- A solicitação do sistema de drenagem só se dá durante e após a ocorrência de um evento chuvoso e a intensidade da solicitação também é dependente da intensidade e duração da chuva;

Os sistemas clássicos de drenagem urbana são divididos de acordo com suas dimensões e funções principais em microdrenagem e macrodrenagem, brevemente descritos na sequência.

3.1.1. Microdrenagem

Bidone e Tucci (1995) definem a microdrenagem urbana como o sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana associada ao sistema viário. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco hidrológico moderado, ou seja, para vazões de 2 a 10 anos de período de retorno.

Segundo (FCTH, 1999), o adequado dimensionamento e manutenção da rede de microdrenagem resultam em melhorias nas inconveniências ou interrupções das atividades urbanas quando da ocorrência de alagamentos e enxurradas. Os principais elementos que compõem a rede de microdrenagem são apresentados na tabela 1.

Segundo Silveira, André, 2002, O dimensionamento de uma rede pluvial é baseado nas seguintes etapas:

- subdivisão da área e traçado;
- determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- dimensionamento da rede de condutos.

Ainda segundo o Autor os principais dados necessários à elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem são plantas, cadastro, ocupação urbana, e características hidrológicas do corpo receptor. Devem ser estudados diversos traçados da rede de galerias, considerando-se os dados topográficos existentes, o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico e plano urbanístico.

Tabela 1 – Principais elementos da rede de microdrenagem

Terminologia	Descrição
Galeria	Canalizações utilizadas para a condução das águas pluviais que adentram o sistema por meio das bocas-de-lobo e das ligações privadas
Poços de visita	Dispositivos em pontos estratégicos do sistema de galerias para permitirem a inspeção e limpeza. Estes dispositivos devem ser posicionados, em média a cada 100m, ao longo do sistema, para facilitar a inspeção e limpeza, ou em pontos onde ocorre mudança de direção, declividade e/ou diâmetro das galerias
Trecho	Porção da galeria situada entre dois poços de visita
Bocas-de-lobo	Dispositivos localizados das sarjetas, em pontos estrategicamente localizados para a captação de águas pluviais. Podem ser do tipo: com grade de entrada, com grade lateral, com grade e entrada lateral e de fenda longitudinal.
Conduitos de ligação	Canalizações que conduzem as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as caixas de ligação ou poços de visita a jusante
Caixas de ligação ou de passagem	Caixa de concreto ou alvenaria, sem tampão externo ou visitável ao nível da rua.
Meios-fios	Estruturas dispostas entre o passeio e a via de rodagem, paralelas ao eixo da rua e cuja face superior posiciona-se no mesmo nível do passeio.
Sarjetas	Canais situados junto ao meio-fio e ao longo da via, que recebem as águas do escoamento superficial e as conduzem para os locais de captação (bocas-de-lobo)
Sarjetões	Calhas localizadas nos cruzamentos de vias que conduzem o fluxo das águas na travessia de ruas transversais ou desviam o fluxo de um lado para outro da rua. Os sarjetões podem ser formados pela própria pavimentação ou de concreto.
Estruturas de dissipação de energia hidráulica	Devem ser utilizadas nas saídas das galerias em cursos d'água para evitar a erosão causada pela concentração do escoamento pluvial.
Conduitos forçados	Elementos que conduzem as águas pluviais sob pressão diferente da atmosférica
Estações de Bombeamento	Equipamentos utilizados para conduzir as águas pluviais em locais onde o escoamento por gravidade não é possível

Fonte: Bidone e Tucci, 1995 e FCTH, 1999

3.1.2. Macrodrenagem

As estruturas de macrodrenagem destinam-se à condução final das águas captadas pela drenagem primária, dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, valas e galerias, que são elementos englobados como estruturas de microdrenagem. Segundo (FCTH, 1999) a macrodrenagem pode abranger áreas superiores a 4km² e seus projetos devem considerar como tempo de retorno precipitações de 25 a 100 anos. A manutenção do sistema de Macrodrenagem é de extrema importância, para manter um perfeito funcionamento do sistema de drenagem urbana evitando assim, enchentes e também riscos decorrentes a poluição hídrica.

3.2. Ineficiência dos sistemas convencionais de drenagem urbana

Segundo PEIXOTO, Vinicius (2011), na ocorrência de uma precipitação, toda água que chega ao solo é infiltrada até o instante em que ocorre a saturação da sua superfície. A partir desse instante, a água continua a infiltrar, entretanto inicia-se o processo de escoamento superficial, que de modo simplificado é o deflúvio excedente do processo de infiltração. Desse modo esses dois componentes do ciclo hidrológico-infiltração e escoamento superficial-estão intimamente ligados. O impedimento do primeiro implica o excesso do segundo. O autor cita que a ocupação irregular de áreas de risco combinada com a falta de planejamento urbano tem gerado, nos centros urbanos de todo o Brasil, uma série de problemas, dentre os quais a ocorrência de enchentes é um dos mais graves e recorrentes.

Nesta pesquisa propomos a implantação do sistema de poços drenantes para reduzir o impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem.

O problema da ineficiência das redes de micro e macrodrenagem, segundo PEIXOTO, Vinicius (2011), é a sobrecarga das seções das calhas, localizadas no sentido das cotas mais baixas no sistema, gerando assim as enchentes, que trazem uma série de prejuízos financeiros e sociais. Segundo o autor, o emprego de medidas que em intervenções por meio de obras hidráulicas, tais como construções de diques, barragens, ampliação de calhas de rios, entre outras, não resolvem a problemática das enchentes de forma definitiva, uma vez que estas medidas se tornam defasadas ao longo do tempo devido ao crescimento ininterrupto das cidades. Além disso

medidas estruturais possuem um custo bastante elevado o que muitas vezes impossibilita a realização das mesmas por parte do poder público.

A urbanização que ocorreu nas últimas décadas aliada a ocupação desordenada e intensa impermeabilização do solo, segundo TOMINAGA, Erika (2013) tem contribuído em grandes proporções para as cheias que ano a ano vem afligindo as cidades brasileiras bem como para a piora da qualidade das águas dos corpos hídricos.

3.3. Infiltração do solo

Para (CARVALHO; FONSECA E BATISTA; DUARTE, 2006) a infiltração é o processo caracterizado pela travessia da água na superfície do solo, sendo um processo de grande importância pois a qual está diretamente relacionada tanto com o ciclo hidrológico quanto com o escoamento superficial que ocasiona as inundações.

Ainda segundo (CARVALHO; FONSECA E BATISTA; DUARTE, 2006), quando o solo está inicialmente no estado seco a taxa de infiltração de água no mesmo é alta, no entanto quando o qual está se saturando a taxa de infiltração decresce com o decorrer do tempo, se aproximadamente de um valor constante, que é denominada como taxa de infiltração estável, sendo a mesma conhecida como velocidade de infiltração básica no solo pela água.

Segundo (CRUZ; ARAUJO; SOUZA, 1999), quando comparados os períodos de pré-ocupação e pós-ocupação do solo urbano, observa-se uma significativa mudança no comportamento do hidrógrama no terreno, na figura 1 é apresentado um hidrógrama cujo o qual representa duas chuvas em um terreno pré e pós-ocupação. Nota-se um acréscimo no pico de vazão, ocasionado pelo aumento da taxa de impermeabilidade do solo, o que gera um grande volume excedente em um curto espaço de tempo assim ocasionando enchentes.

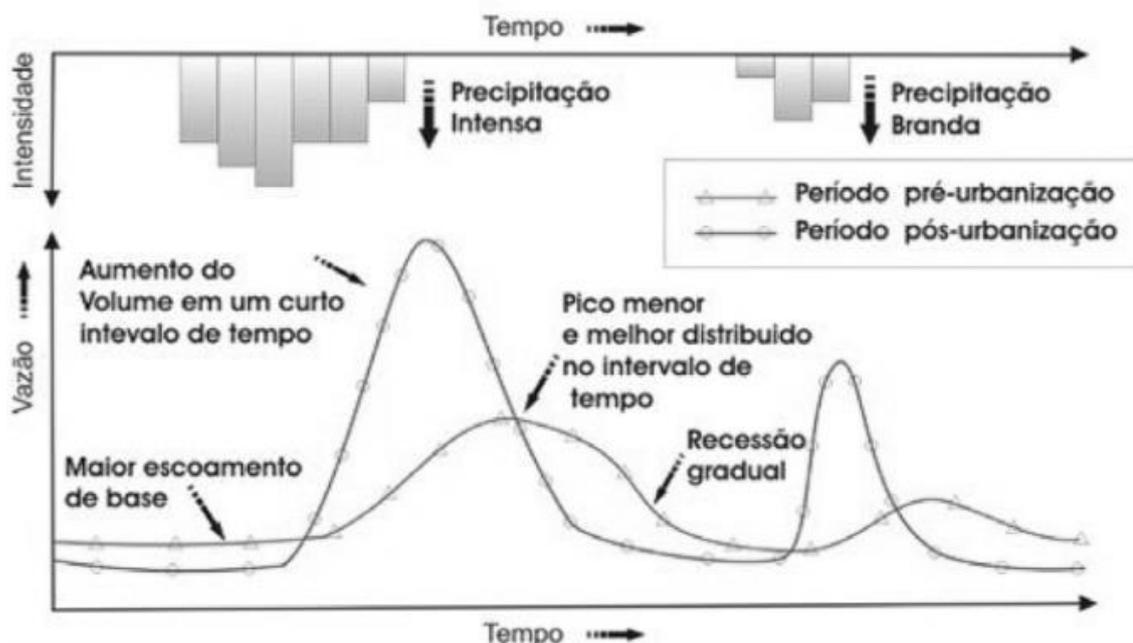


Figura 1- Modificações no hidrograma de escoamento superficial devido a alta taxa de impermeabilização (Fonte: Reis,2005).

(CARVALHO; FONSECA E BATISTA; DUARTE, 2006), citam alguns fatores que podem intervir na capacidade de infiltração do solo, dentre eles;

- Condição da superfices: um fator determinante no processo de infiltração, em centros urbanos a mesma apresenta superfices impermeaveis restringindo assim o acesso da agua ao solo.
- Tipo de Solo: as estruturas e testuras do solo são consideravelmente importantes para a taxa de infiltração, essas propriedades interferem em aspectos importantes como coesão, ângulo de atrito e indise de vazio.
- Condição do solo: a capacidade de infiltração tende a ser almentada com preparo do solo, se o manejo do mesmo for adequado.
- Umidade inicial do solo: Quanto mais seco estiver o solo inicialmente a sua capacidade de absorção de agua será maior.
- Temperatura: Devido a diminuição da viscosidade da agua causado pela alta da temperatura, quanto maior for a temperatura maior a taxa de infiltração do solo.
- Compactação do solo: A capacidade de infiltração do solo regride com a compactação do mesmo, pois com a compactação o indise de vazios diminui influenciando assim na capacidade de absorção do solo.

A infiltração da água no solo, segundo RODRIGO SOZA-2009/irrigação e drenagem-UFRA-ICA, ocorre de forma decrescente variando com o tempo de contato do solo com a água. O solo passa a se umedecer e a velocidade de infiltração admite um valor constante denominada de velocidade de infiltração básica (VIB).

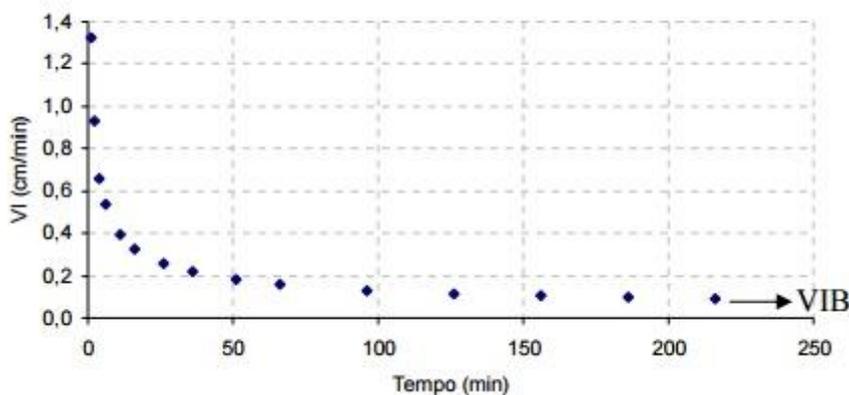


Figura 2- Velocidade de infiltração x tempo (fonte- Irrigação e drenagem /UFRA-ICA 2009)

Bernado (2005) classifica a VIB, como:

- Maior de 3,0cm/h: VIB muito alta
- Entre 1,5 e 3,0cm/h: VIB alta
- Entre 0,5 e 1,5cm/h: VIB media
- Menor que 0,5 cm/h VIB baixa

3.4. Medidas de controle na fonte

Para a manutenção da vida na terra é indispensável a perfeita rotina do ciclo hidrológico natural, uma vez que o mesmo é responsável por abastecer os lenções freáticos que conseqüentemente afetam do nível dos rios, além de alimentar as plantas que por se só mantem um papel importante transpirando a água por ela captada de volta para a natureza, no entanto uma vez que a superfície se encontra totalmente ou parcialmente impermeável a infiltração no solo é regredida ocasionando assim uma mudança no ciclo hidrológico naquela região. A medida de controle na

fonte, possibilita tanto amortecer a vazão de águas pluviais destinada às drenagens urbanas como amenizar a mudança no ciclo hidrológico provocada pela urbanização.

Segundo TOMINAGA, ERIKA (2013), diferentemente dos sistemas clássicos de drenagem, os sistemas de controle na fonte se baseiam na retenção e na infiltração das águas e colaboram para a sustentabilidade do sistema de drenagem. A autora ainda cita que estas medidas visam o rearranjo temporal e espacial das vazões e, no caso de estruturas de infiltração, contribuem para a diminuição do volume escoado, reduzindo a probabilidade de inundações a jusante no sistema de drenagem.

Como cita (Reis, R. P. A; Oliveira 2008), a degradação da qualidade da água ocasionada pelo excesso de escoamento superficial que “lava” os meios urbanos, carreando elevada carga poluidora para os leitos dos rios, pode ser amenizada com a implantação de controle na fonte. A medida de controle de fonte aqui proposta para reduzir o impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem em uma quadra em Palmas Tocantins, é o poço drenante.

3.4.1. Poços Drenantes

Baptista et al., 2005, esclarece que os poços drenantes ou poços de infiltração, se assemelham às trincheiras de infiltração, a alimentação pode se dar diretamente pela captação através de um sistema de condutos pluviais, cita ainda que a capacidade do mesmo é relativamente baixa, no entanto o qual pode ser adotado como um complemento para outro sistema de drenagem.



Figura 3- Exemplo de poço drenante, Lyon, França (Fonte: Baptista et al., 2005)

As vantagens deste dispositivo de drenagem podem ser verificadas na tabela 2, a seguir.

Tabela 2- Vantagens dos poços de infiltração

Vantagens
A infiltração possibilita uma redução do volume de escoamento superficial, aliviando o sistema de drenagem a jusante
Integração com o meio ambiente urbano, pois ocupa pequenos espaços e é bastante discreto
Boa utilização no caso de solos superficiais pouco permeáveis e camadas profundas com grande capacidade de infiltração
Possibilidade de recarga do lençol freático e melhoria da qualidade da água

Fontes Variadas

Segundo (Reis, R. P. A; Oliveira 2008), o poço drenante, corresponde a uma vala cilíndrica escavada no solo, sendo a qual revestida por tijolos assentados em crivos ou simplesmente tubos de concretos perfurados, permitindo o contato da água com o solo e assim garantindo a infiltração, o Autor ainda comenta que as valas cilíndricas devem ser envolvidas por manta geotêxtil, tanto as laterais solo/tubo quando o fundo do poço que com a utilização de agregados graúdos, mais usualmente a Brita formam um sistema de infiltração que aja o máximo aproveitamento da área de contato com o solo, conseqüentemente uma máxima vazão infiltrada.

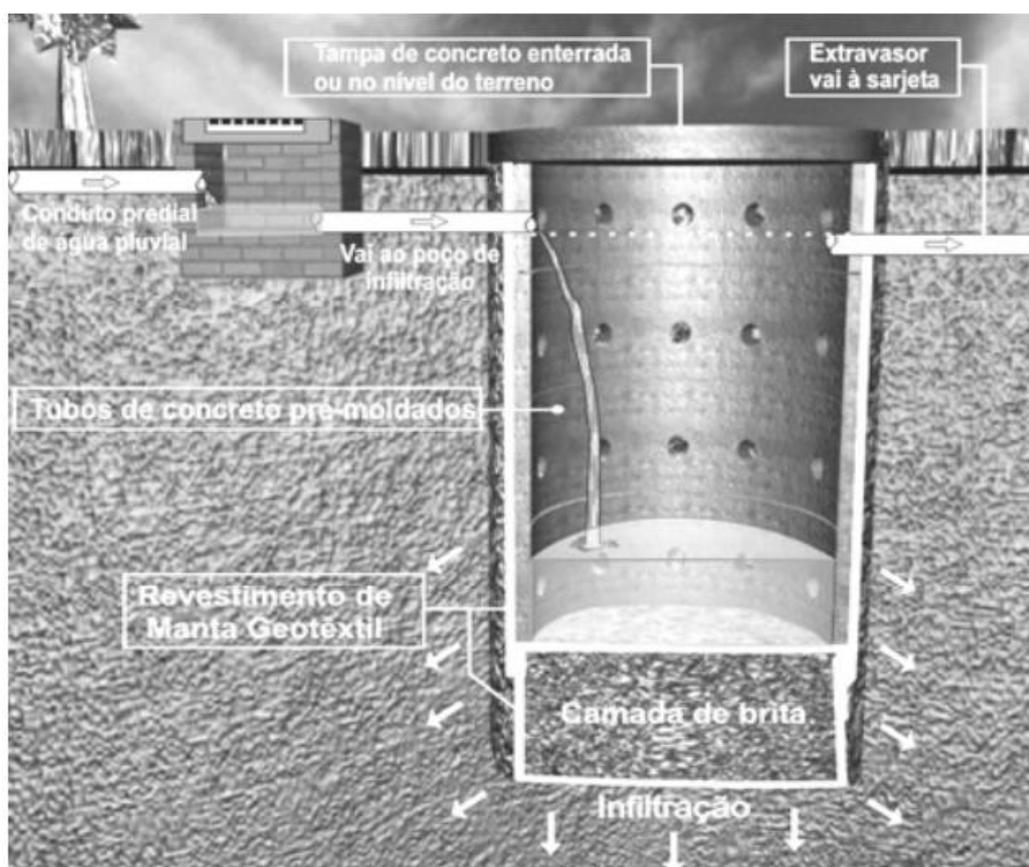


Figura 4- Exemplo de poço drenante (Fonte: Reis, R. P. A; Oliveira 2008)

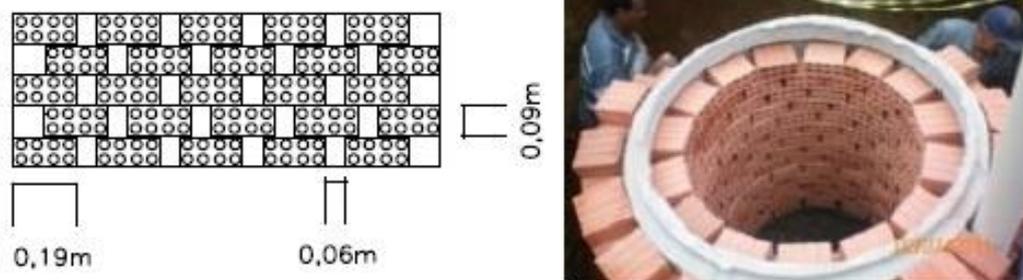


Figura 5- Exemplo de poço drenante com tijolos assentados em crivo (Fonte: diversas)

Reis, R. P. A; Oliveira 2008, ainda explica que nos poços de infiltração, é feita toda a captação da água de chuva advinda da edificação e somente após a saturação do solo, ou seja, quando o mesmo tem sua capacidade de infiltração reduzida, o poço enche e a partir deste instante começa a contribuir para o sistema de drenagem pública. Na figura 4 a seguir (Reis, R. P. A; Oliveira 2008) ilustra a instalação de um poço drenante em uma edificação.

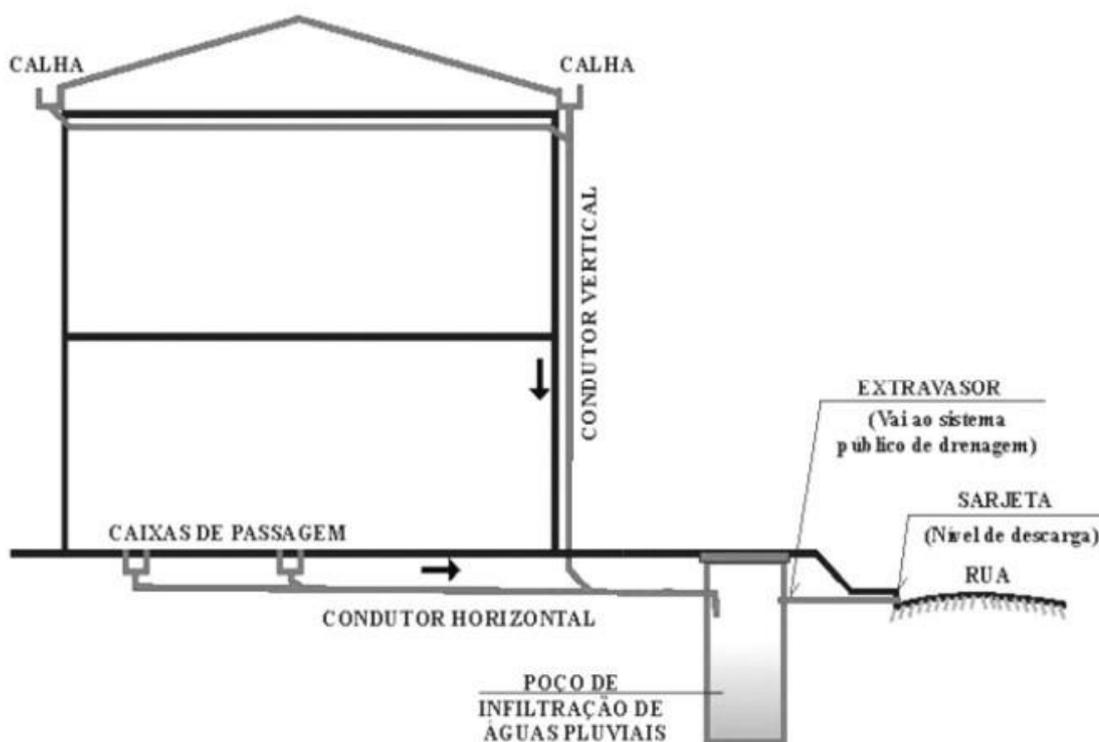


Figura 6- Exemplo de poço drenante instalado em uma edificação (Fonte: Reis, R. P. A; Oliveira 2008)

As partes constituintes deste dispositivo de drenagem podem ser verificadas na tabela 3, a seguir.

Tabela 3- Partes constituintes de poços de infiltração

Terminologia	Descrição
Manta Geotêxtil	Manta Permeável com propriedades mecânicas e hidráulicas, utilizada para envolver a vala, e fazer com que o solo obtenha uma máxima infiltração.
Extravasor	Canalização responsável por destinar para o sistema de drenagem pública a água que excede quando o poço de infiltração está cheio.
Conduto Horizontal	Canalização utilizada para a destinação das águas pluviais captadas pela edificação ao poço drenante.
Tubos de concreto perfurados	Tubos de concretos pré-moldados com furos para facilitar o contato com o solo
Tijolos assentados em crivo	Tijolos assentados de forma a haver entre eles uma fenda que possibilite um maior contato solo/água
Camada de agregado graúdo	Camada utilizada ao fundo da vala geralmente com brita 3.
Caixa de Inspeção	Caixa Quadrada, cujo o objetivo é inspecionar o sistema de drenagem para que não aja um entupimento na canalização.

(Fonte: Reis, R. P. A; Oliveira. L. H.; Sales, M. M. 2008).

Reis, R. P. A; Oliveira. L. H.; Sales, M. M. (2008), monitoraram durante o período de 10 meses um poço de infiltração ilustrativamente igual ao da figura 3. Os autores empregaram o mesmo em um solo argiloso sendo a vala com diâmetro de 1,10m e profundidade de 1,30m, recebendo a água captada por um telhado com área igual a 107,5m², o poço por eles observado foi capaz de infiltrar em intervalos de 50 minutos em média 1,70m³ de água, no entanto após os 10 meses de estudos foi constatado 31,47% de redução na capacidade de vazão da manta geotêxtil por eles utilizadas, entretanto ressaltam que apesar desta redução na sua capacidade de vazão, os ensaios de permeabilidade mostraram que a taxa de infiltração do sistema mantinha-se constante, podendo-se afirmar que a capacidade de vazão remanescente na manta geotêxtil ainda que reduzida era superior a capacidade de infiltração do solo, ou seja o sistema de poço drenante não foi afetado.

3.4.1.1. Parâmetros necessários ao projeto

Reis, R. P. A; Oliveira. L. H.; Sales, M. M. (2008), apontam alguns parâmetros necessários para a implantação de um poço de infiltração, sendo eles:

- Caracterização dos índices físicos do solo.
- Perfil do solo correspondente a profundidade do sistema de infiltração.
- Coeficiente médio de permeabilidade e taxa média de infiltração do solo analisado.
- Áreas de contribuição para o sistema.
- Diâmetro do poço drenante.
- Número de poços necessários.
- Tempo de esvaziamento e enchimento do poço.
- Capacidade de amortecimento e profundidade máxima do poço de infiltração.

4. METODOLOGIA

4.1. Ambiente da pesquisa

O trabalho será realizado na área correspondente a quadra 706 sul, localizada em Palmas Tocantins.

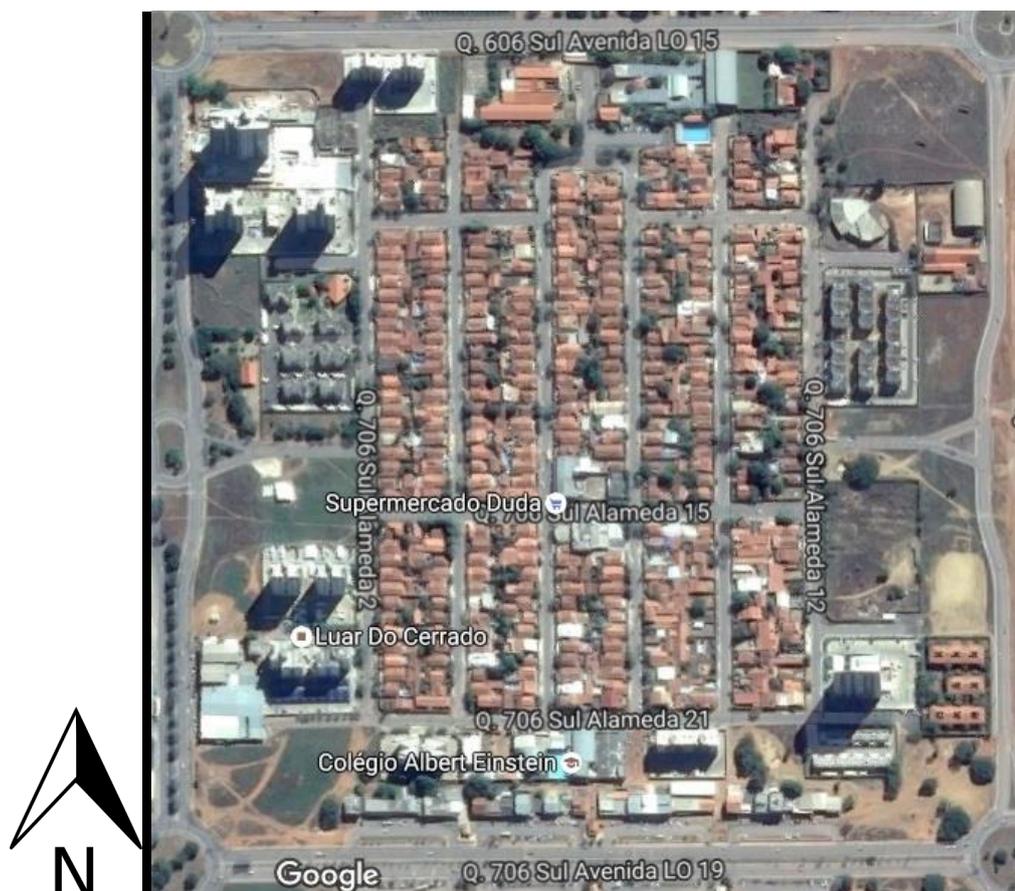


Figura 7- Quadra 706 sul, Palmas Tocantins (Fonte: Google Earth,2016)

4.2. Levantamento de dados

As etapas seguintes consistirão em coletar dados do processo convencional e do processo de implantação proposto. Para a proposta de implantação do projeto no sistema de micro e macrodrenagem, foi necessária a observação de importantes itens do sistema de drenagem, como: o comportamento do sistema de drenagem convencional, o impacto da destinação de efluentes para áreas a jusante. Os seguintes dados que foram coletados:

4.2.1. Procedimento

4.2.1.1. Sistema de Poço drenante

A técnica engenharia forneceu os laudos de sondagem de uma quadra de palmas que apresentou o maior número de furos. Com base nesses Laudos, foi dimensionado o sistema de poços drenantes, levando em conta o horizonte do solo, e o índice de infiltração, no entanto apesar do número de furos ser inferior ao mínimo para se caracterizar toda a quadra, por se tratar de um estudo empírico, o solo aqui analisado foi o que mais vezes foi visto nos laudos obtidos há um nível de 5m.

- Índice de infiltração do solo

Através dos dados fornecidos pela empresa Técnica Engenharia foi analisado o índice de infiltração do solo pelas propriedades do mesmo.

- Tempo de esvaziamento e enchimento do sistema

Analisou-se o tempo que leva para o sistema encher e começar a contribuir para a drenagem urbana, e o tempo que o mesmo leva para esvaziar-se.

- Horizonte do solo

Através dos laudos de sondagem fornecidos pela empresa de engenharia, foi conhecido o solo ao qual foi projetado o sistema de poços drenantes, bem como o nível do lençol freático no mesmo.

4.2.1.2. Sistema convencional de micro e macrodrenagem

Verificar a efetividade do sistema de drenagem convencional empregado através de pesquisa bibliográfica.

4.3. O projeto a ser desenvolvido para implantação no atual

4.3.1. Projeto do poço drenante:

- Procedimento:

Foi dimensionado um sistema de poços drenantes para ser empregado em cada lote da quadra analisada, calculando o índice de infiltração do solo, conforme recomendação do manual de drenagem urbana de porto alegre-2005 foi dimensionado o volume e diâmetro do poço. O material empregado para elaboração do mesmo foi oriundo de uma pesquisa bibliográfica, já a capacidade de absorção do poço e o tempo que o mesmo leva para esvaziar/encher, e o tempo que o mesmo começa a contribuir para a microdrenagem foram obtidos através de análises e compilação dos dados.

- Os dados coletados foram analisados e tabulados em planilhas, gráficos, destacando pontos importantes, como;
 - Tempo de esvaziamento do poço drenante
 - Tempo para encher o poço drenante.
 - Intensidade Pluviométrica para um período de retorno de 10 anos
 - Vazão de projeto do telhado para o dimensionamento do poço
 - Diâmetro e volume do poço
 - Volume drenado pelo solo observado
 - Materiais constituintes do poço drenante
 - Área de infiltração do poço
- Disposição no lote

Foi analisado a melhor disposição do poço no lote levando em consideração os outros poços empregados nos vizinhos e visando não restringir a construção de habitação no lote.

5. RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1. Vazão de projeto

Para o dimensionamento do sistema de poços drenantes para a quadra 706 sul em Palmas Tocantins, faz-se necessário a obtenção da vazão de projeto, que é a vazão do sistema de drenagem residencial oriunda do telhado das residências para o sistema de micro drenagem.

Para obtenção da vazão de projeto utilizou-se a equação racional conforme recomendação da NBR 10844. Foram necessários alguns parâmetros como:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

Q: Vazão de projeto em (L/min)

I: intensidade pluviométrica (mm/h)

A: área de contribuição (m²)

5.1.1. Intensidade pluviométrica

Segundo o plano municipal de drenagem urbana de Palmas, PMSB volume III; drenagem urbana; 2014, em Palmas o regime de chuvas ocorre no período de outubro a abril, com precipitações intensas, normalmente maiores de 80mm/24h, com recorrência quase que diária, já nos outros meses as chuvas são bastante reduzidas.

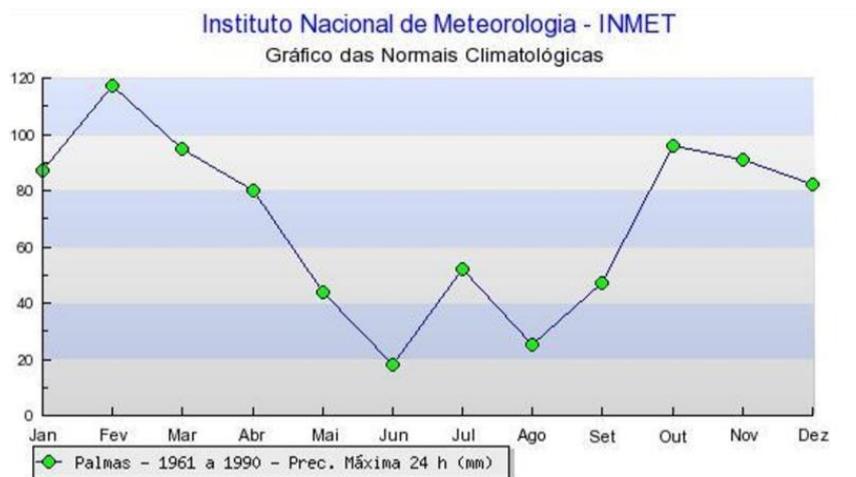


Figura 8- intensidade pluviométrica de palmas (fonte-INMET)

Ainda segundo o PMSB, equação idf obtida para Palmas nos estudos do PDDPA, com coeficiente de correlação em 99,97%, foi a seguinte:

$$i = \frac{749,97 * T_r^{0,104}}{(t_d + 9)^{0,702}}$$

Onde:

I: intensidade de precipitação (mm/h)

Tr: tempo de retorno de anos

Td: tempo de duração em minutos

Segundo recomendações na NBR 10844 (ABNT, 1989) considerou-se tempo de duração igual a 5 minutos e tempo de retorno de 5 anos. A intensidade pluviométrica para esses dados é 139,04mm/h

Considerando como base uma residência com área de contribuição igual a 96m² de telhado a vazão de projeto a ser transportada a microdrenagem é 222,46 litros/min.

5.2. Solo analisado

A partir dos laudos de sondagens obtidos perante a empresa de engenharia; Técnica engenharia, observou-se que o solo para a faixa de até 5 metros de profundidade em média é um solo Silte Argiloso.

5.2.1. Infiltração da água no solo

Segundo SOUZA.M.R.O. RODRIGO-2009 a Velocidade de infiltração básica do solo pode ser considerada como a condutividade hidráulica. Condutividade está que TOMAZ PLÍNIO-2010 cita que é por aproximação o mesmo coeficiente de infiltração que Botelho 1998, estipula para diferentes constituições do solo. Abaixo na tabela 4, Botelho, 1998, estabelece valores para Coeficiente de infiltração para diferentes tipos de materiais.

Tabela 4- Estimativa do coeficiente de infiltração de acordo com o tipo de solo

Constituição provável do solo	Coeficiente de infiltração (litros/m²/dia)
Rochas, argilas compactadas	<20
Argilas de cor amarela ou marrom, mediamente compactas	20 a 40
Argila Arenosa	40 a 60
Areia ou Silte argiloso	60 a 90
Areia bem selecionada	>90

Fonte: Botelho, 1998

De acordo com Botelho, 1998, o coeficiente de infiltração do silte argiloso pode ser estimado entre o intervalo de 60 a 90 litros/m²/dia. considerando um valor intermediário deste intervalo obtém-se o valor de 75 litros/m²/dia.

5.3. Poço drenante

O poço drenante aqui dimensionado irá consistir conforme recomendação de Reis, R. P. A; Oliveira 2008, em um furo cilíndrico, revestido por uma camada de tijolo crivado envolto por uma camada geotêxtil, fazendo a função solo/revestimento. O fundo do poço será composto por uma camada de agregado graúdo cujo qual tenha uma boa porosidade.

5.3.1. Volume do poço drenante

Este estudo irá usar como base para o dimensionamento das dimensões do poço de infiltração o manual de drenagem urbana de porto alegre – Rio Grande do Sul, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2005.

Segundo o Manual de drenagem o volume do poço de infiltração é dado pela formula;

$$V = 4,25 A \cdot AI$$

Onde:

V: volume em m³;

A: área drenada para jusante do empreendimento (ha);

AI: área impermeável que drena a precipitação para os condutos pluviais (% da área total A).

Considerando uma residência com área de telhado igual a 96m² e com lote igual a 240 m²

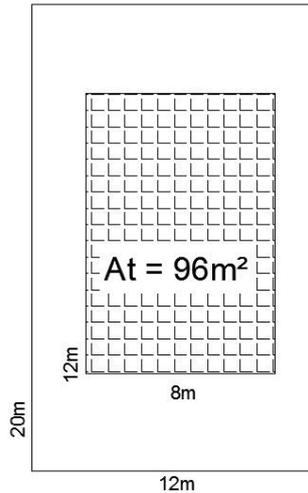


Figura 9- área de telhado e lote para base de calculo (Fonte: elaborado pelo autor)

Temos que;

$$A = 240\text{m}^2 \text{ ou } 0.024\text{ha}$$

$$A_i = (96/240) * 100 = 40\%$$

Portanto o volume obtido para o poço drenante é igual a $4,08\text{m}^3$

$$V = 4,25 * 0,024 * 40$$

O nível do lençol freático considerando a pior situação dos laudos em anexos permite segundo a NBR 7229/1993 que a cota de fundo do poço de infiltração seja no mínimo 1,5 metros a cima do lençol freático, portanto na pior situação aqui analisada o nível do lençol freático está em 5m, tornando possível adotar altura de 3,5m, no entanto adotou-se profundidade de 2m, obtendo-se a partir desta um diâmetro igual a 1,61m.

5.3.2. Volume de entrada

O volume de entrada ou vazão de projeto é o mesmo calculado no item 5.1.1.

$$Q = 222,46 \text{ litros/min}$$

5.3.3. Área de infiltração

O volume infiltrado pelo poço drenante é o produto da condutividade hidráulica pela área de drenagem do poço; esta área é obtida através do produto do comprimento de circunferência do poço pela altura do mesmo, somados com a área da base do poço.

Área lateral: $(1,61 \cdot r) \cdot 2 = 10,13 \text{m}^2$

Área da base: $rd^2/4 = 2,04 \text{m}^2$

Portanto a área de infiltração do poço é a soma da área lateral com a da base

Área de infiltração= 12,17m²

5.3.4. Volume drenado

Como explicado no item 5.2, o solo aqui analisado é o silte argiloso, com coeficiente de infiltração estimado em 75 litros/m²/dia, portanto o produto do mesmo com a área de infiltração do poço é a vazão que solo infiltra.

Qi = 75 litros/m²/dia x 12,17m²

A vazão para esse poço drenante quando o solo está saturado é de 912,75 litros/dia. Considerando a chuva com intensidade pluviométrica encontrada no item 5.1.1, o gráfico do volume transportado para a microdrenagem em função do tempo sem a implantação do poço drenante é exposto na figura 10 a seguir:

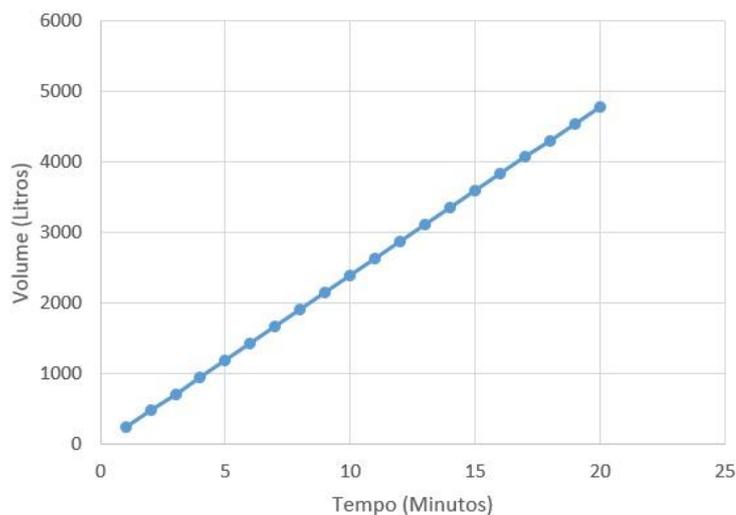


Figura 10- volume transportado a microdrenagem sem a implantação do poço drenante (Fonte: elaborado pelo autor)

5.4. Tempo de enchimento do poço drenante

O tempo para encher o poço drenante é obtido quando a diferença entre a infiltração no solo e a vazão oriunda do telhado alcançam o volume dimensionado no item 5.3.1, cujo o qual é 4,08m³.

Tabela 5- Volume drenado e trasportado para a microdrenagem

SEM POÇO DRENANTE		COM POÇO DRENANTE		INFILTRAÇÃO NO SOLO	
volume (L)	tempo (min)	volume (L)	tempo (min)	volume (L)	tempo (min)
222,46	1	221,827	1	0,633	1
444,92	2	443,654	2	1,266	2
667,38	3	665,481	3	1,899	3
889,84	4	887,308	4	2,532	4
1112,3	5	1109,135	5	3,165	5
1334,76	6	1330,962	6	3,798	6
1557,22	7	1552,789	7	4,431	7
1779,68	8	1774,616	8	5,064	8
2002,14	9	1996,443	9	5,697	9
2224,6	10	2218,27	10	6,33	10
2447,06	11	2440,097	11	6,963	11
2669,52	12	2661,924	12	7,596	12
2891,98	13	2883,751	13	8,229	13
3114,44	14	3105,578	14	8,862	14
3336,9	15	3327,405	15	9,495	15
3559,36	16	3549,232	16	10,128	16
3781,82	17	3771,059	17	10,761	17
4004,28	18	3992,886	18	11,394	18
4226,74	19	4214,713	19	12,027	19
4449,2	20	4436,54	20	12,66	20

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da Tabela 4 pode-se notar que o volume do poço é alcançado entre o intervalo de 18 e 19 minutos, portando para saber o tempo de esvaziamento faz-se necessario utilizar de uma regreção linear; cujo o valor encontrado é 18,34 minutos.

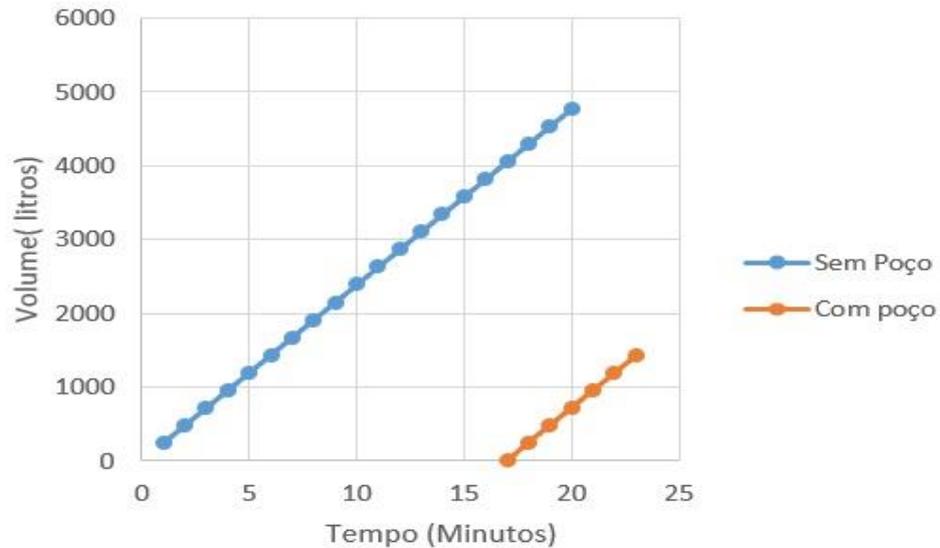


Figura 11- volume transportado a microdrenagem sem e com a implantação do poço drenante (Fonte: elaborado pelo autor)

Portanto para uma intensidade pluviométrica igual a 139.04mm/h, com uma residência de 96m² de telhado contribuindo 222,46 litros/min para a microdrenagem, o sistema de poço drenante, só irá começa a contribuir para a microdrenagem a partir do momento em que o mesmo enche, ou seja, 18,34 minutos após o início da chuva.

5.5. Tempo de esvaziamento do poço drenante

Para que o poço drenante se esvazie por inteiro é necessário que o solo drene toda a água nele armazenada, ou seja os 4,08m³ de água.

Este tempo é uma relação entre o volume armazenado e a vazão de infiltração do solo;

$$\text{Tempo de esvaziamento} = \frac{4080,00 \text{ litros}}{38,03 \text{ litros/hora}}$$

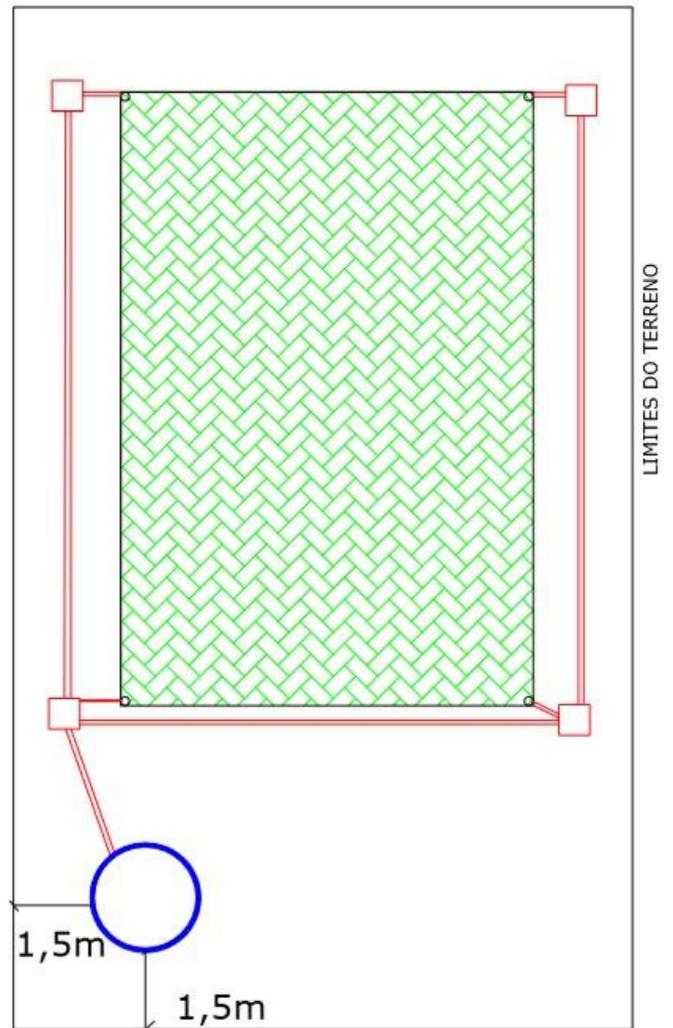
O tempo de esvaziamento é portanto, 107,28 horas ou 4 dias e 11,28 Horas.

5.6. Disposições e considerações em relação ao lote

O Poço drenante deve permanecer na parte frontal do lote a poucos metros da sargeta, permanecendo no mesmo traçado da canalização oriunda da drenagem das calhas do telhado para a sargeta.

Segundo a NBR 7229- Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, deve-se respeitar a distancia horizontal minima 1,50 m de construções, limites de terreno e fossa septica.

- LEGENDA**
- Telhado
 - Sistema de drenagem do telhado
 - Poço drenante



Sarjeta

Figura 12- Disposição do poço drenante no lote (Fonte: elaborado pelo autor)

5.7. Qualidades do sistema de poços drenantes

Após o estudo e dimensionamento do poço drenante constatou-se que o mesmo tem qualidades importantes como:

- A infiltração da água no reservatório gera uma redução do volume transportado a microdrenagem pela residência, aliviando o sistema de drenagem.
- Notou-se que assim como, Reis, R. P. A; Oliveira. L. H.; Sales, M. M, 2003, constatou, os poços drenantes restabelecem os pontos de recarga de lençol freático, tornando o poço com grande importância ambiental, mantendo o balanço hídrico natural.
- O volume transportado do telhado para a microdrenagem é zero até o tempo de enchimento do poço de infiltração, no caso aqui dimensionado 18,34 minutos após o início da chuva.

6. INEFICIÊNCIA DOS SISTEMAS CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA

O conjunto de drenagem urbana, constituído por micro e macrodrenagem como descrito no referencial teórico, tem a função de carrear a água drenada desde o lote da residência até o rio a jusante, este sistema apesar de ser dimensionado seguindo normativas estabelecidas perante aos órgãos competentes mostram segundo o item 4.2 do referencial teórico que com o avanço da urbanização e o aumento de áreas impermeabilizadas, que os mesmos se encontram sobrecarregados, ocasionando enchentes e alagamentos.

O emprego do poço drenante nos lotes segundo mostrou o estudo aqui feito, gera uma diminuição no volume que é lançado na microdrenagem, conseqüentemente uma diminuição no volume que é carreado pela macrodrenagem para o rio.

7. CONCLUSÃO

Por fim concluiu-se que o tempo para o poço drenante encher e assim começar a contribuir para a microdrenagem é 18,34 minutos, isso levando em consideração uma chuva de 139,04 mm/h com tempo de retorno igual a 5 anos e uma residência com área de telhado igual a 96m² e de lote igual a 240m².

O nível do lençol freático de acordo com os laudos em anexos exibiram como pior situação, ou seja, mais próximo a superfície, altura de 5 metros. Segundo a NBR 7229/1993 a distância mínima entre o poço drenante e o lençol freático é 1,5m, permitindo assim que o poço tenha altura máxima de 3,5m. Apesar de permitir 3,5m, a profundidade do poço foi estipulada em 2m.

O volume do poço encontrado foi equivalente a 4,08m³, permitindo através da profundidade de 2m adotada a obtenção do diâmetro do mesmo, cujo o qual foi de 1,61m. O silte argiloso foi o solo com maior número de aparições a uma profundidade máxima de 5m, observa-se que, apesar dos laudos fornecidos pela técnica engenharia não alcançarem o número de furos suficientes para caracterizar toda a quadra, por se tratar de um estudo empírico a escolha do solo foi feita por maior número de repetições.

O poço drenante aqui dimensionado é constituído de um furo cilíndrico, revestido por uma camada de tijolos crivado, como mostra a figura 5, os tijolos são revestidos por uma manta geotêxtil, fazendo a função solo/revestimento. O fundo do poço é composto por uma camada de agregado graúdo cujo o qual tenha alta porosidade.

A vazão de infiltração do solo silte argiloso analisado é 38,03 litros/h, e o tempo de esvaziamento do poço encontrado através da vazão de infiltração do solo é 107,28 horas, sendo este tempo muito longo constata-se que por se tratar de um material com baixa infiltração tendendo a um solo argiloso, o solo aqui observado é inadequado para a implantação de poços drenantes.

A integração de poços drenantes como complemento do sistema já implantado de micro e macrodrenagem urbana possibilita a redução do escoamento superficial, proporcionando, assim, melhoria na qualidade do saneamento ambiental e preservação da saúde pública.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. Manual de hidráulica, 8. ed. São Paulo: E. Blücher, 1998

BRAGA, B., TUCCI, C. E. M. e TOZZI, M. (Org.) Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: ABRH: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998

CETESB. Drenagem urbana: manual de projeto. 3. ed. São Paulo: CETESB, 1986.

TUCCI, C. E. M. e MARQUES, D. M. L. M. Avaliação e Controle da Drenagem Urbana. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande Do Sul - UFRGS, 2000

TOMAZ PLÍNIO. Curso de Manejo de águas pluviais Capítulo 17- Infiltração e condutividade K, 2010.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina dos Textos, 2005.

Reis, R. P. A; Oliveira. L. H.; Sales, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. São Paulo. 2008

GRIBBIN, J. E. Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

REIS, R.P.A; OLIVEIRA, LH; SALES, M.M. (2005) proposição de parâmetros de dimensionamento e avaliação de poço de infiltração d agua pluvial. In: M. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental –Campo Grande. ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Saneamento Ambiental Brasileiro: Rio de Janeiro, RJ, 2005, P.1-9.

ANEXO H- LAUDO 8 DE SONDAGEM ALPHA ARQUITETURA

LAUDO DE SONDAGEM

site: www.tecnicaeng.com.br
email: tecnicaeng@gmail.com.br

Interessado: Alpha Arquitetura e Construções Ltda	Furo: SP 05
Obra: Residencial	Folha: 08
Local obra: ARSE 72, Alameda 02, HM, Lote 02, Palmas - TO	Data do Laudo: 20/04/11

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"
Diâmetro interno = 1 3/8" Altura da queda = 75 cm Diâmetro da Haste = 1"

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1ª e 2ª		1ª e 2ª penetração					2ª e 3ª penetração					*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
			15	15	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
-1,00	01															Silte argiloso marrom.
-2,00	02		4	4											mole*	Silte argiloso vermelho.
-3,00	03		4	4											mole*	
-4,00	04		6	7											média*	
-5,00	05		5	6											média*	
-6,00	06		8	8											média*	
-7,00	07		11	12											mediamente compacta**	
-8,00	08		8	8											pouco compacta**	Silte arenoso vermelho com pedregulho laterítico fino.
-9,00	09		8	9											mediamente compacta**	
-10,00	10		9	10											média*	
-11,00	11		9	11											rija*	Silte arenoso variegado com pedregulho laterítico grosso.
-12,00	12		15	22											compacta**	
-13,00	13		41	30/18											muito compacta**	
-13,08	14		50/08												muito compacta**	

ANEXO L- LAUDO 12 DE SONDAGEM LUMAN CONSTRUTORA

LAUDO DE SONDAGEM

site: www.tecnica.eng.br/
email: tecnicaeng@gmail.com

Interessado: Luman Construtora e Incorporadora Ltda.	Furo: SP 01
Obra: Residencial	Folha: 04
Local obra: ARSE 72, Alameda 02, Lote 20, Palmas - TO	Data do Laudo: 26/12/11

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Peso batente = 65 Kg Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"
Diâmetro interno = 1 3/8" Altura da queda = 75 cm Diâmetro da Haste = 1"

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1ª e 2ª		2ª e 3ª penetração					*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
			15	15	10	20	30	40	50		
-1,00	01										Silte argilo-arenoso vermelho com pedregulho laterítico fino.
-2,00	02		17	15						rija*	
-3,00	03		12	4						mole*	
-4,00	04		13	12						rija*	
-5,00	05		9	8						média*	Silte argilo-arenoso variegado com pedregulho laterítico fino.
-6,00	06		7	8						média*	
-7,00	07		7	5						mole*	Silte argilo-arenoso variegado com pedregulho laterítico médio.
-8,00	08		9	7						média*	
-9,00	09		25	31						dura*	
-10,00	10		26	30						dura*	Silte areno-argiloso vermelho com pedregulho laterítico grosso.
-10,24	11		50/24	31/09						muito compacta**	

