



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LEOGILTON FONTES DE QUEIROZ FILHO

**DRENAGEM EM OBRAS DE ENGENHARIA - ESTUDO DE CASO: CIDADE
DE JOSÉ DA PENHA – RN**

Pau dos Ferros - RN

Abril de 2019

LEOGILTON FONTES DE QUEIROZ FILHO

**DRENAGEM EM OBRAS DE ENGENHARIA - ESTUDO DE CASO: CIDADE
DE JOSÉ DA PENHA – RN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora do curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semiárido em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof. MSc. Marília Cavalcanti Santiago
(UFERSA – Centro Multidisciplinar Pau dos Ferros)

Coorientador: Prof. MSc. José Daniel Jales Silva
(UFERSA – Centro Multidisciplinar Pau dos Ferros)

Pau dos Ferros – RN

Abril de 2019

© 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.

Q3d QUEIROZ FILHO, LEOGILTON FONTES DE.
DRENAGEM EM OBRAS DE ENGENHARIA - ESTUDO DE
CASO: CIDADE DE JOSÉ DA PENHA ? RN / LEOGILTON
FONTES DE QUEIROZ FILHO. - 2019.
43 f. : il.

Orientador: Marília Cavalcanti Santiago.
Coorientador: José Daniel Jales Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Administração,
2019.

1. Planejamento urbano. 2. Drenagem. 3. Lençol
freático. I. Santiago, Marília Cavalcanti ,
orient. II. Silva, José Daniel Jales , co-orient.
III. Título.

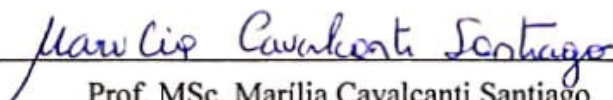
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS

**DRENAGEM EM OBRAS DE ENGENHARIA: ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE JOSÉ DA PENHA – RN**

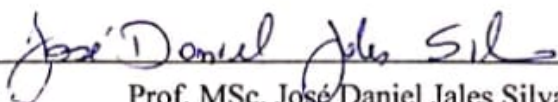
Leogilton Fontes de Queiroz Filho

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora do curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semiárido em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Civil

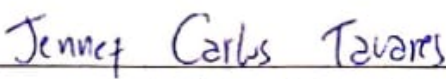
Banca Examinadora:


Prof. MSc. Marília Cavalcanti Santiago

(Orientador – UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros)


Prof. MSc. José Daniel Jales Silva

(UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros)


Prof. Jeneff Carlos Tavares

(UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros)

Pau dos Ferros, 20 de Março de 2019.

*Se for pra desistir, desista de ser fraco.
(Autor desconhecido)*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço à Deus pelo dom da vida e por me proporcionar saúde e força para superar todos os desafios encontrados não somente na elaboração deste trabalho, mas em toda a minha vida.

Aos meus pais pelo amor incondicional, pelo apoio em toda minha trajetória acadêmica e por acreditarem no meu potencial. Certamente eles foram a peça-chave para a realização desse trabalho.

A minha namorada Ludmyla por ter depositado todo o seu amor, carinho e atenção, ajudando nas horas em que mais preciso e sempre me motivando a fazer o melhor.

A minha orientadora MSc. Marilia Cavalcanti Santiago pela imensa contribuição para a construção desse trabalho. Pelas sugestões, correções e cada minuto dedicado. Ao coorientador MSc. José Daniel Jales Silva pela contribuição e atenção.

A todos que contribuíram com a minha formação acadêmica, direta ou indiretamente, professores e amigos, em especial aos meus grandes amigos Sávio Felipe e Cícero Renato.

RESUMO

O planejamento urbano no tocante aos recursos hídricos nas grandes, médias e pequenas cidades, em sua grande maioria, é bastante ineficaz. A drenagem superficial através de dispositivos como meio-fio, sarjetas e bocas de lobo não são as únicas preocupações das gestões municipais. Para a cidade de José da Penha, além da drenagem superficial, há a preocupação com o lençol freático e sua afloração. Este trabalho tem como objetivo discutir e apresentar uma proposta de drenagem para um terreno alagadiço, viabilizando a implantação de equipamentos de convivência e lazer para a comunidade. A metodologia utilizada partiu inicialmente da pesquisa documental, seguida da análise ocupacional, levantamento topográfico e comparação de dados entre épocas que apresentaram o maior índice de acúmulo d'água na região em estudo. Percebeu-se que em apenas 27 dias, com um acúmulo de precipitação de 130,9mm, foi o suficiente para inutilizar o terreno durante devido seu alagamento. Sob essa perspectiva, os resultados dispõem de métodos para o rebaixamento do lençol freático por meio da utilização de drenos verticais e uma camada de material drenante, com objetivo de redirecionar a água subterrânea para um local adequado, sempre enfocando a necessidade de estudos mais aprofundados e a realização de ensaios para obtenção de dados mais precisos como, por exemplo, uma prospecção do solo.

Palavras-chave: Planejamento urbano; Drenagem; Lençol freático.

ABSTRACT

Urban planning for water resources in large, medium and small cities is largely ineffective. The surface drainage is done by curb, the cans and the mouths of wolf are not so unique as the municipal managements. For the city of José da Penha, besides the superficial drainage, there is a problem with the brake and its outcrop. This work has the objective of presenting a proposal of evaluation for a level of flood, making feasible an implantation of equipment of coexistence and leisure for the community. The methodology used was the documentary research, followed by the occupational analysis, the topographic survey and the comparative data among those that received the highest index of water accumulation in the study region. Losing only 27 days, with an accumulation of 130.9mm, was enough to render the land unusable during its flooding. From a perspective, the resources of methods for lowering the water table by the use of vertical drainage and a layer of drainage material, with the aim of redirecting the water to a suitable place, similarly weaken the carrying out of further studies and the realization of tests to search for more accurate data, such as a soil survey.

Keywords: Urban planning; Drainage; Water table.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Meio-Fio do tipo MFC05.....	16
Figura 2: Sarjeta do tipo STC03.....	16
Figura 3: Boca-de-Lobo Simples.....	17
Figura 4: Galerias pluviais ligadas a caixas de passagem.	17
Figura 5: Drenagem a céu aberto.....	19
Figura 6: Esquema de bombeamento direto	20
Figura 7: Ponteiros filtrantes	20
Figura 8: Poço Profundo.....	21
Figura 9: Fluxograma das etapas da elaboração do projeto	22
Figura 10: Localização geográfica do município de José da Penha - RN.....	23
Figura 11: Gleba a ser estudada.....	24
Figura 12: Levantamento da poligonal da gleba através da obtenção dos pontos	25
Figura 13: Área de estudo.....	25
Figura 14: Curvas de nível da área estudada	26
Figura 15: Área em estudo no ano de 2009	27
Figura 16: Área sem água acumulada	27
Figura 17: Área com acúmulo de água.....	29
Figura 18: Percurso natural do riacho	30
Figura 19: Acúmulo de água após a ponte	30
Figura 20: Localização dos cacimbões e poços artesianos.....	31
Figura 21: Acúmulo de água na área em estudo.....	33
Figura 22: Proposta para drenagem da água subterrânea	34
Figura 23: Representação do tubo drenante	35
Figura 24: Galerias de águas pluviais.....	35
Figura 25: Local adequado para destinação final das águas pluviais e subterrânea drenada..	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados pluviométricos de 01/06/2018 à 29/01/2019.....	28
Tabela 2: Dados dos cacimbões e poços artesianos.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	12
3.2 PLANEJAMENTO URBANO	13
3.3 DRENAGEM URBANA	14
3.3.1 Meio-Fio	15
3.3.2 Sarjetas	16
3.3.3 Bocas de Lobo.....	16
3.3.3.4 Galerias pluviais.....	17
3.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	17
3.5 DRENAGEM E REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO.....	18
3.5.1 Drenagem superficial e subsuperficial	18
3.5.2 Drenagem a céu aberto	18
3.5.3 Rebaixamento do nível freático	19
4 METODOLOGIA.....	21
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
7 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA EM ESTUDO	31
8 VIABILIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ÁREA EM ESTUDO	32
8.1 PROJETO MUNICIPAL: COMPLEXO ESPORTIVO, CULTURAL E AMBIENTAL	32
8.2 PROPOSTAS DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA E ADEQUAÇÃO DA DRENAGEM SUPERFICIAL	33
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico é constantemente impactado com o desenvolvimento urbano, uma vez que este é um processo contínuo. Na maioria das cidades brasileiras, sejam estas de pequeno, médio ou grande porte, o planejamento urbano, no tocante aos recursos hídricos, é bastante ineficiente e até inexistente na maioria das localidades. Tais observações podem ser comprovadas pelas enchentes que ocorrem todos os anos nas cidades devido à falta de sistemas de drenagem eficientes, provocando grandes impactos socioeconômicos, ambientais e políticos.

Na construção civil, é indispensável que haja um estudo adequado de captação e correta destinação dos recursos hídricos para garantir segurança e desempenho nas obras de engenharia. A falta da implantação de soluções eficazes que captem e direcionem corretamente as águas pluviais e/ou subterrâneas podem provocar grandes complicações como destruição total ou parcial de pavimentos, erosões, deslizamentos e, em situações mais graves, propagação de doenças por veiculação hídrica (Bezerra et al. 2016). No que se refere às águas subterrâneas é de suma importância uma investigação do subsolo, uma vez que é bastante comum a presença de lençóis freáticos superficiais em diversas áreas, podendo provocar graves problemas na construção de uma edificação como, por exemplo, recalques e fissuras.

No município de José da Penha no Estado do Rio Grande do Norte, a exemplo da maioria das cidades de médio e pequeno portes, é perceptível a expansão territorial, embora ainda possua grandes áreas não edificadas. Dentre os lotes sem uso, ou seja, sem construções, existe uma área situada às margens da BR – 405 que há mais de 20 anos, desperta o interesse da gestão pública para ser ocupada com obras de uso coletivo e de lazer como praças de evento, espaços esportivos, culturais e ambientais. Porém, os avanços destas ideias têm sido protelados pela falta de projeto de drenagem, considerando que nesse local o nível do lençol freático aflora na superfície, favorecendo ao acúmulo de água principalmente em época de chuvas na região, o que gera preocupação e insegurança para a concretização das ideias para ocupação a área em questão.

O presente projeto traz um estudo prático e teórico sobre essa área de interesse municipal com problemas de drenagem na cidade de José da Penha – RN. O objetivo é analisar alternativas necessárias para viabilizar a construção civil, colocando em prática todo o arcabouço teórico sobre projetos de drenagem como ponto central da proposta em tela. Ao longo deste trabalho, as primeiras observações inferidas pontuam sobre as seguintes questões: É possível a construção de uma obra civil em áreas alagadas? Quais as possíveis soluções para esta problemática? Quais

possíveis impactos socioeconômicos provenientes da urbanização de uma área que interliga duas classes sociais em uma cidade de pequeno porte?

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

- ✓ Apresentar uma proposta de drenagem para a área em estudo, viabilizando a implantação de equipamentos de convivência e lazer para a comunidade.

Objetivos Específicos

- ✓ Realizar o reconhecimento da área em estudo quanto a presença de estruturas de captação de águas subterrâneas;
- ✓ Verificar os pontos de afloração do lençol freático na área estudada;
- ✓ Analisar possíveis soluções de drenagem que viabilizem a edificação na área em questão

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

Em seus primeiros contatos com a terra, o homem mantinha uma forte relação com a natureza e o conhecimento sobre propriedade ainda era inexistente. Para a sobrevivência, a fixação em uma única localidade era imprópria, pois não se tinha nenhuma noção sobre o cultivo da terra, surgindo a necessidade de estar sempre em movimento em busca de alimentos.

Com o desenvolvimento da agricultura no Período Neolítico¹, surge a possibilidade de fixação em um único local, onde o homem poderia cultivar os recursos necessários para a sua sobrevivência. Além deste feito, a agricultura contribuiu com o movimento migratório e com o surgimento de civilizações em determinados espaços distintos, contribuindo com a expansão territorial e com a vontade de conhecer novas terras. A terra passou a possuir um valor econômico, surgindo à ideia de posse e sendo utilizada não mais de forma coletiva.

A grande parte da economia atual provém da comercialização de serviços e produtos industrializados e as oportunidades de emprego ofertados, a priori, nas grandes cidades,

¹ Também chamado de Pedra Polida ou Nova Pedra, teve duração entre 10 a 6mil anos a.C. Neste período, devido as mudanças geológicas, a sobrevivência dos humanos foi favorecida pela modificação da natureza, onde os animais de grande porte foram desaparecendo e florestas tropicais começaram a se formar, propiciando que o homem pudesse se estabelecer e cultivar seu próprio alimento.

contribuindo para a migração rural para a zona urbana. No Brasil, segundo censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1960, 54,92% dos habitantes residiam em meio rural, enquanto 45,08% em meio urbano. A título de comparação, uma outra pesquisa demográfica realizada pela mesma instituição em 2010 constatou que apenas 15,64% viviam em zona rural, enquanto 84,36% estavam em zona urbana. É importante mencionar que nestas pesquisas, em 1960 a população era estimada em aproximadamente 71 milhões de habitante, enquanto em 2010 era de, aproximadamente, 181 milhões, indicando que, em cinquenta anos, houve um aumento significativo na população brasileira.

Segundo projeções populacionais realizadas pelo IBGE², no ano de 2018 estima-se uma população de aproximadamente 208,5 milhões de habitantes. De acordo com estes dados, é perceptível que o país vem enfrentando um acelerado e desordenado processo de urbanização, onde a ocupação do solo é um ponto de bastante relevância para a organização do espaço citadino. Esse fenômeno de ocupação intensiva do solo, comumente sem planejamento, é chamado de adensamento urbano. Nas cidades brasileiras, independentemente do seu porte, a grande maioria não possui uma infraestrutura adequada para suportar este crescimento populacional, mantendo o respeito pelo meio ambiente e priorizando a qualidade de vida dos habitantes.

3.2 PLANEJAMENTO URBANO

Com o aumento populacional, ocorre a ocupação do solo, seja pela construção de edifícios, estabelecimentos comerciais, domicílios, vias públicas ou espaços coletivos como praças e parques. Essas ocupações, em sua maioria, ocorrem em espaços ociosos presentes tanto no centro urbano quanto nas periferias das cidades.

Para que possa ser ofertado uma condição habitacional mínima, Mota (1999) argumenta que esse aumento populacional e a expansão do espaço urbano sempre deve ser acompanhado com o avanço de toda a infraestrutura urbana, a fim de que essas modificações não interfiram negativamente no meio ambiente e na qualidade de vida dos habitantes. Não obstante, é perceptível que para algumas cidades brasileiras esse processo de urbanização segue um inadequado planejamento, ocasionando assim um crescimento desordenado e prejudicial, além da falta de infraestrutura importante para manter a qualidade ambiental. Sob essa perspectiva,

² Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047>> Acesso em 09 de novembro de 2018.

Lombardo (1985) destaca que o crescimento acelerado e desordenado contribui com a deterioração do espaço urbano, preocupando os órgãos e profissionais do meio ambiente.

Como consequência, esse fenômeno, quando não planejado, prejudica a forma de utilização do solo e modifica a paisagem urbana. Para Silva (1997), os problemas relacionados a urbanização são: deterioração do ambiente urbano, carência de habitação, segregação de classes sociais, desemprego, segurança e saneamento básico. Seguindo esse raciocínio, Camargo e Amorim (2005) relacionam os centros urbanos como uma segunda natureza, na qual consiste em um espaço que foi modificado pelo homem para manter os parâmetros da modernização, criando assim um ecossistema próprio dessas áreas com modificações climáticas, ambientais e diferentes formas de ocupação do solo, interferindo diretamente na qualidade de vida.

A intervenção do poder público para combater o desordenado adensamento urbano, é de grande importância para o desenvolvimento das cidades. Para isso, o Estatuto da Cidade determina, pela Lei Federal de 1988, Art. 182, § 1º, que todos os municípios com mais de 20 mil habitantes têm a responsabilidade de elaborar de um Plano Diretor, conjunto de princípios e regras orientadas que visam o desenvolvimento socioeconômico, controle da ocupação do solo e das demais vertentes relacionadas à estrutura urbana.

Assim, um planejamento urbano eficaz analisa, organiza e configura a morfologia urbana em suas diversas vertentes como ocupação do solo, saneamento básico, transporte coletivo, vias públicas, crescimento demográfico e obras de engenharia, de modo que não agride o meio ambiente, conduzindo a cidade a um futuro sustentável, para promover uma melhor qualidade de vida.

3.3 DRENAGEM URBANA

A importância da água para qualquer forma de vida existente nos dias atuais é uma preocupação mundial. Além de constituir um dos mais valiosos recursos minerais, possui várias utilizações indispensáveis para o desenvolvimento como a obtenção de energia hidrelétrica, navegação e transporte de cargas e passageiros, agricultura, indústria, saúde, todas as atividades enfim. Entretanto, apesar das suas vantagens, pode se tornar um fator complicador em determinadas áreas como, por exemplo, na construção civil, desde que não sejam devidamente usadas, protegidas e drenadas sem impactos ambientais (CHIOSSI, 2013).

Conhecido o ciclo hidrológico, em seu contato com a superfície terrestre, a água está sujeita à três situações: escoamento, infiltração e evaporação, podendo, ou não, acontecer em

conjunto. A primeira devido a ação da gravidade e topografia do terreno, é direcionada para reservatórios naturais ou sistemas de armazenamento construídos pelo homem. A infiltração corresponde à entrada da água no interior da superfície terrestre, abastecendo os reservatórios subterrâneos, enquanto a evaporação é o conjunto de fenômenos físicos responsáveis por transformar a água precipitada em vapor, iniciando-se assim um novo ciclo.

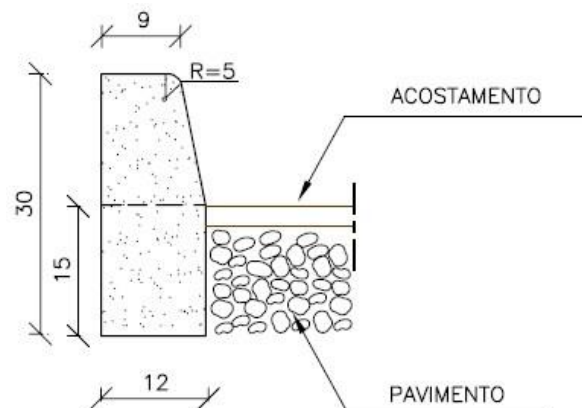
O acelerado processo de urbanização, quando não planejado ao que concerne a drenagem urbana, pode provocar graves complicações. Para Tavares et al. (2015) esse processo é o principal fator responsável pelas frequentes inundações nos grandes centros urbanos, na qual pode ser justificada pela ocupação inadequada e impermeabilização das bacias hidrográficas. Sob essa perspectiva, observa-se que a mudança na cobertura do solo através da urbanização atinge diretamente sua resposta à ocorrência de chuvas, alterando suas condições de infiltração e escoamento superficial, resultando em vazões elevadas que precisam ser controladas a partir de dispositivos de drenagem.

Os sistemas tradicionais de drenagem, compostos por microdrenagem e macrodrenagem apresentam como objetivo, permitir o escoamento das águas pluviais de forma rápida e eficaz para a jusante do ponto de coleta, reduzindo a exposição e possíveis riscos de inundações que podem afetar diretamente na durabilidade das edificações (TAVARES, 2015). Além disso, contribuem com um ambiente mais seguro e fornecem proteção da qualidade ambiental e bem-estar social.

A microdrenagem corresponde as estruturas responsáveis por coletar as águas pluviais nas áreas urbanas, constituído pelas guias, sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visita e demais dispositivos com essa finalidade. A macrodrenagem refere-se ao sistema composto pelos principais talwegues como rios, córregos, canais e outras estruturas semelhantes responsáveis pelo escoamento final das águas captadas das bacias hidrográficas pelos dispositivos da microdrenagem.

3.3.1 Meio-Fio

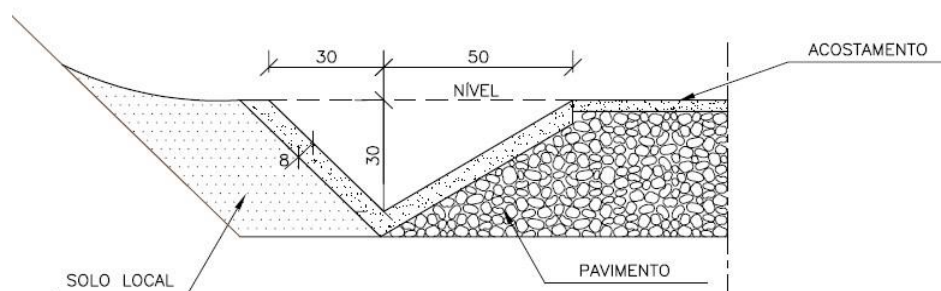
Também denominado de guia da calçada, (figura 1) o meio-fio marca o desnível entre os passeios e as vias de trânsito, assegurando a proteção dos pedestres e contribuindo na trajetória do escoamento das águas pluviais. Dentre os tipos de dispositivos de meio-fio definidos pela DNIT (2006) estão os MFC01, MFC02, MFC03, MFC04, MFC05, MFC06, MFC07 e MFC08, onde cada um apresenta uma geometria diferente e são compostos por material de concreto.

Figura 1: Meio-Fio do tipo MFC05

Fonte: Adaptado do DNIT (2006)

3.3.2 Sarjetas

Dispositivo de drenagem contínuo localizado nas extremidades longitudinais da via, é responsável pela captação e condução das águas pluviais com finalidade de evitar a ocorrência de enchentes, como pode ser visto na figura 2. Dentre os tipos de sarjeta, o DNIT (2006) define três geometrias, o triangular e trapezoidal, podendo estes serem compostos por material de concreto ou grama, e o de canteiro central, composto por concreto.

Figura 2: Sarjeta do tipo STC03

Fonte: Adaptado do DNIT (2006)

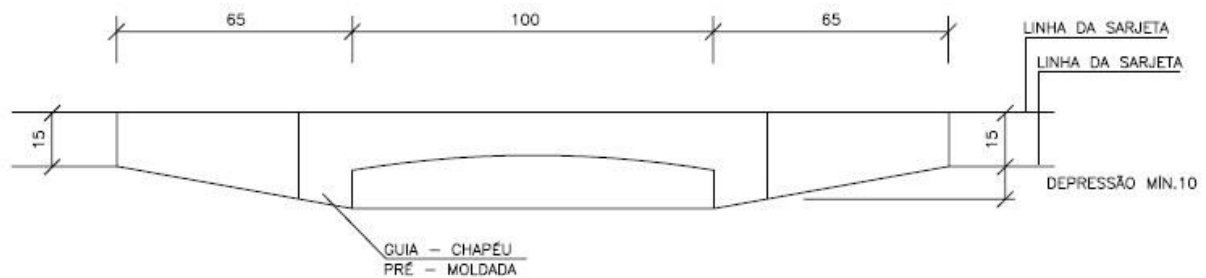
3.3.3 Bocas de Lobo

Dispositivos de concreto em forma de caixas, as bocas-de-lobo, são responsáveis por coletar e direcionar as águas pluviais escoadas através das sarjetas para a rede coletora (figura 3). Dentre os tipos especificados pela DNIT (2006), esses dispositivos podem ser dos tipos:

- Bocas-de-Lobo Simples;

- Bocas-de-Lobo Combinadas – Chapéu e Grelha Simples;
- Bocas-de-Lobo Simples com Grelhas de Concreto;
- Bocas-de-Lobo Duplas com Grelhas de Concreto.

Figura 3: Boca-de-Lobo Simples

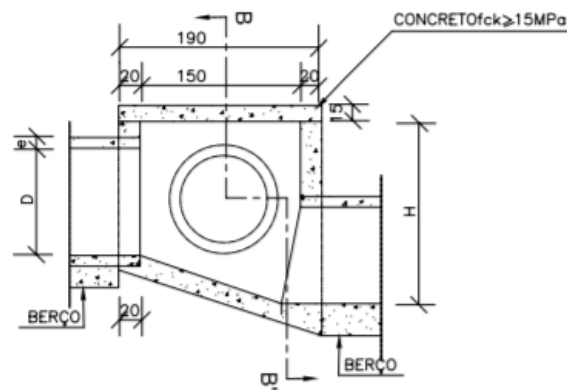


Fonte: Adaptado do DNIT (2006)

3.3.3.4 Galerias pluviais

Dispositivos responsáveis pela captação das águas através das bocas de lobo, formadas por dutos de concreto ligados a caixas de ligação e passagem, permitindo o devido transporte e destinação final das contribuições pluviais (figura 4).

Figura 4: Galerias pluviais ligadas a caixas de passagem.



Fonte: Adaptado do DNIT (2006)

3.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água que se encontra no subsolo é proveniente das chuvas, através do processo de infiltração no solo, que, pela ação da gravidade, atinge uma zona superficial com vazios, poros e fraturas preenchidos com ar, denominada zona insaturada. Dependendo da permeabilidade do solo, essa água continua a realizar um movimento descendente até encontrar a zona saturada, onde todos os seus vazios estão preenchidos. Entretanto, a água subterrânea pode originar-se de

outras duas maneiras: a primeira através da parte aquosa do magma, que acontece apenas em determinadas regiões. A segunda refere-se à água fóssil que se depositou conjuntamente com os sedimentos de uma bacia hidrográfica, estando, portanto, aprisionada numa rocha (CHIOSSI, 2013)

Tem-se, então, a formação do lençol freático, definido como um reservatório natural de águas subterrâneas acumuladas nas zonas de saturação, sendo um dos responsáveis pelo abastecimento dos rios. Com efeito, o nível freático varia de acordo com a região, topografia, características do solo e rochas, bem como as estações do ano. Em vista disso, de acordo com as modificações climáticas, em épocas de estiagem o nível sofre um abaixamento, enquanto em épocas de cheias essa posição se eleva.

3.5 DRENAGEM E REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

Diversas obras de engenharia são de difícil execução devido ao nível elevado do lençol freático. Na escavação do terreno para a construção da fundação ou de pavimentos subterrâneos, a formação de lama dificulta a execução e, em alguns casos, até a inviabiliza. Chiossi (2013) apresenta algumas soluções para esse problema como a drenagem ou, em casos mais específicos, o rebaixamento do nível freático.

3.5.1 Drenagem superficial e subsuperficial

Bastante comum na construção de estradas, a presença de um lençol freático dificulta a execução da obra devido ao risco de escorregamento dos taludes. Como solução, adota-se processos de drenagem para diminuir o teor de água.

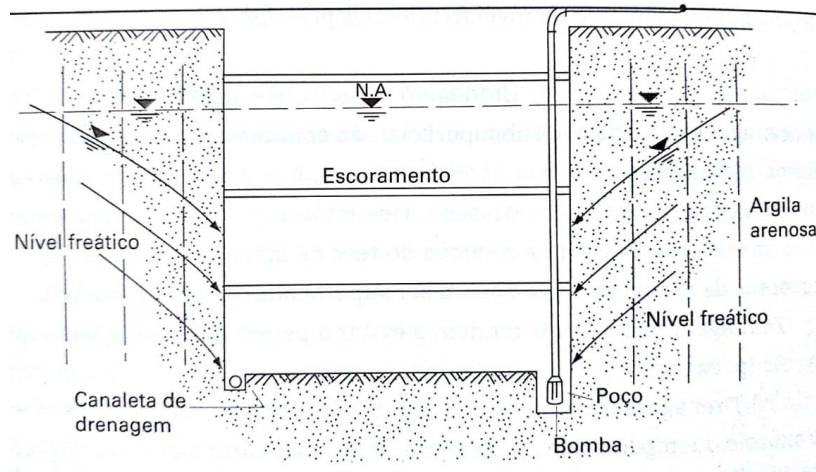
Para as águas superficiais, a utilização de impermeabilizantes como, por exemplo, o betume, nos taludes serve para evitar a penetração das águas pluviais no solo, enquanto são utilizados valetas e tubulações perfurados abaixo da superfície para drenar as águas subsuperficiais existentes ou adjacentes.

3.5.2 Drenagem a céu aberto

Sistema composto por canaletas envolvidas por uma camada filtrante ao fundo de escavações, tendo como objetivo captar e eliminar a água subterrânea ou pluvial através de um sistema de bombeamento. Como apresentado na figura 5, os drenos são dispostos nos sentidos longitudinais e transversais da escavação, dependendo da quantidade de água infiltrada, do grau

de drenagem desejado e das características do subsolo. Para garantir a integridade da estrutura, são dispostas escoras para evitar o desmoronamento.

Figura 5: Drenagem a céu aberto



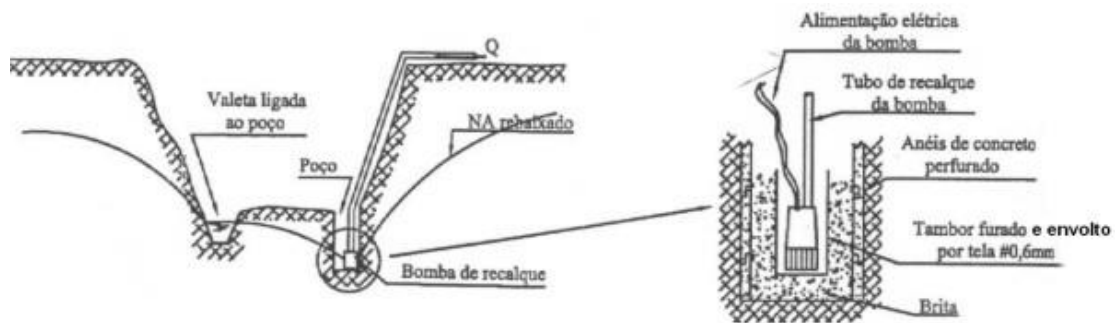
Fonte: Chiossi (2013)

3.5.3 Rebaixamento do nível freático

Algumas obras necessitam de escavações profundas como, por exemplo, barragens, túneis e edifícios subterrâneos. Para isso, é necessário o rebaixamento do lençol freático a fim de possibilitar a execução das obras. Para Alonso (2007), diversos fatores influenciam na escolha do procedimento a ser adotado, como a permeabilidade e tipo do solo, características do aquífero, construções vizinhas e o próprio projeto a ser executado. Chiossi (2013) acrescenta que o procedimento correto só pode ser escolhido após ensaios preliminares, além de um estudo peculiar dos possíveis recalques que possam surgir nas edificações vizinhas considerando, se necessário, injeções de água no subsolo. Diversos são os métodos utilizados como o bombeamento direto, ponteiros filtrantes, poços profundos e outros.

3.5.3.1 Bombeamento direto

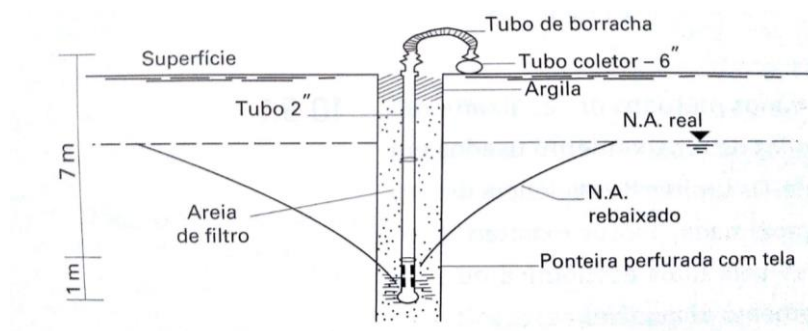
Sendo um dos métodos mais simples (figura 6), consiste na captação da água através de valetas posicionadas no fundo das escavações, direcionando para poços estrategicamente posicionados, e assim sendo expulsa por meio de bombas de recalque.

Figura 6: Esquema de bombeamento direto

Fonte: Geocities (2018)³

3.5.3.2 Ponteiros filtrantes

As ponteiros filtrantes são compostas por um tubo de aço perfurado, seguido por um tubo metálico fechado com entre 8 a 9 metros de comprimento, realizando a drenagem por gravidade ou a vácuo (CHIOSSI, 2013). Dependendo da profundidade que se deseja rebaixar, seu funcionamento pode ser dividido em várias etapas, envolvendo todo o local. As ponteiros são dispostas, distantes uma das outras, entre 1 e 3 metros, ligadas em suas pontas por um cano coletor comum que direcionam a água subterrânea captada para uma bomba de recalque. Um esquema padrão pode ser visualizada na figura 7.

Figura 7: Ponteiros filtrantes

Fonte: Chiossi (2013)

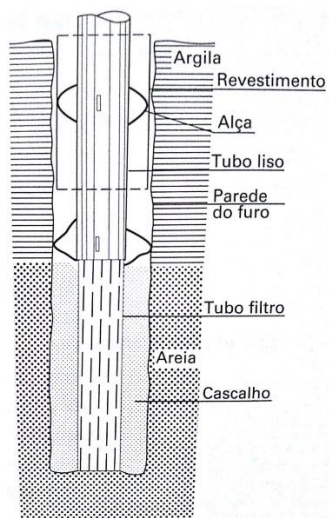
Segundo Loturgo (2011), as ponteiros mais utilizadas no Brasil possuem entre 0,3m a 1,0m de comprimento, com diâmetros que variam entre 3,8cm a 5,8cm, fabricadas de tubos de aço galvanizado ou PVC.

³ Disponível em: < <http://www.geocities.ws/construcaopratica/bombeame.html> > Acesso em 11 de novembro de 2018.

3.5.3.4 Poços profundos

Método utilizado quando se pretende eliminar grandes quantidades de água em aquíferos profundos e são aplicados em solos com condutividade hidráulica elevada. Possui um alto custo de implantação, sendo recomendado apenas para obras com longo período de duração. Seu modelo é representado na figura 8.

Figura 8: Poço Profundo



Fonte: Chiossi (2013)

Segundo Chiossi (2013) o poço fundo possui diâmetros de 15 a 30 centímetros, composto por tubos lisos e perfurados, emendados uns aos outros por solda. Nas extremidades dos poços, são colocadas bombas submersas que podem chegar a vazão de 15 L/s, de acordo com as condições hidrogeológicas locais.

4 METODOLOGIA

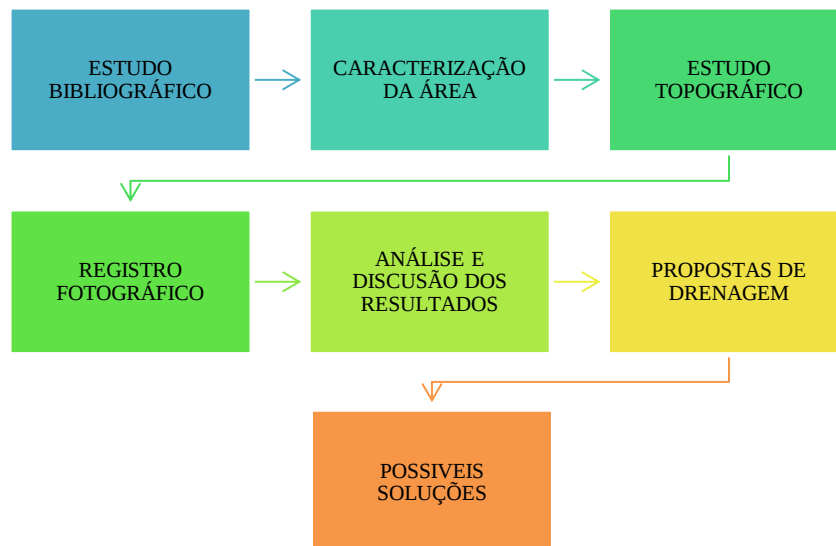
Para a elaboração deste trabalho, diversas metodologias foram utilizadas. Sob esta perspectiva, o estudo sobre a influência do lençol freático nas construções civis, bem como a drenagem das águas pluviais foi um ponto importante para a compreensão e apreensão da problemática abordada, possibilitando um grau de confiança para apresentação da proposta.

De posse desse arcabouço teórico, a caracterização do espaço estudado entra em destaque, providenciando dados importantes para a discussão e elaboração do projeto. Concomitantemente, o estudo topográfico da área objeto procedeu-se de forma a contribuir ao entendimento de como se comporta o escoamento das águas pluviais, bem como na perspectiva

e terraplenagem. Além disso, a obtenção das curvas de nível é de suma importância para definir o nível do lençol freático.

A Figura 9 apresenta resumidamente cada parte do processo realizado para a consolidação da proposta preliminar.

Figura 9: Fluxograma das etapas da elaboração do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Isto posto, as etapas para a elaboração da proposta, bem como a apresentação da redação preliminar foram:

- Pesquisa bibliográfica e documental: Para Gil (2008), segue como a busca por materiais já elaborados, de preferência livros e artigos. Neste trabalho, o estudo sobre casos semelhantes é indispensável para se familiarizar com a problemática, bem como sobre os principais tópicos abordados como dispositivos de drenagem, lençol freático e caracterização do solo, contando também com a seleção dos autores que subsidiaram o estudo até a sua concretude. Essa etapa foi realizada no decorrer de todo o curso da pesquisa.

- Análise ocupacional: visitas *in loco* para obter as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho como, por exemplo, a localização de todos os cacimbões e poços artesanais nas proximidades da área em estudo.

- Levantamento topográfico: a utilização de ferramentas topográficas como Estação Total e seus acessórios, assim como os *softwares* Global Mapper, AutoCAD e Google Earth foi necessário para a vetorização e levantamento da área objeto, bem como a obtenção das curvas

de nível. Essa etapa compreende como elemento principal para a elaboração do projeto de drenagem.

- Registro fotográfico: com a utilização de uma câmera de celular, foi obtido imagens importantes para o registro das atividades e apresentação da área em estudo.

- Discussão dos resultados: através de estudos sobre dispositivos de drenagem, lençol freático e suas técnicas de rebaixamento, presentes na literatura técnica, em conjunto com os dados obtidos em campo, esta etapa procedeu-se para a apresentação e elaboração das soluções da problemática abordada. Esse processo ocorreu em conjunto com a elaboração da redação preliminar e final.

- Redação preliminar, revisão e entrega do trabalho final como contribuição para a academia e pesquisa científica na área abordada, subsidiando outros estudos e projetos a serem desenvolvidos no campo da construção civil, ao que concerne a drenagem.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área objeto localiza-se na cidade de José da Penha (Figura 10), município do estado do Rio Grande do Norte, distante 421km da capital do estado, Natal, pertencente à mesorregião do Alto Oeste Potiguar. Cidade interiorana dispõe de uma área total de 117,635 km², com uma estimativa população para o ano de 2018 de 5.957, segundo o senso realizado em 2010 pelo IBGE.

Figura 10: Localização geográfica do município de José da Penha - RN



Fonte: Queiroz Filho (2017)

Devido ao baixo número de habitantes e seu desenvolvimento temporalmente lento, o município não apresenta uma economia impactante com relação às demais cidades vizinhas. O processo de urbanização é constante e inevitável, e embora em algumas cidades isso ocorra lentamente, seu planejamento é importante para que problemas futuros possam ser evitados.

Nas margens da BR-405, a área a ser estudada apresenta uma geometria irregular conforme pode ser visualizado na imagem 11. Localizada às margens da BR 405, é de interesse da administração a construção de uma área para recreação, que esta ligará o centro da cidade com um bairro mais periférico, localizado em um dos extremos, no sentido para o município de Rafael Fernandes – RN.

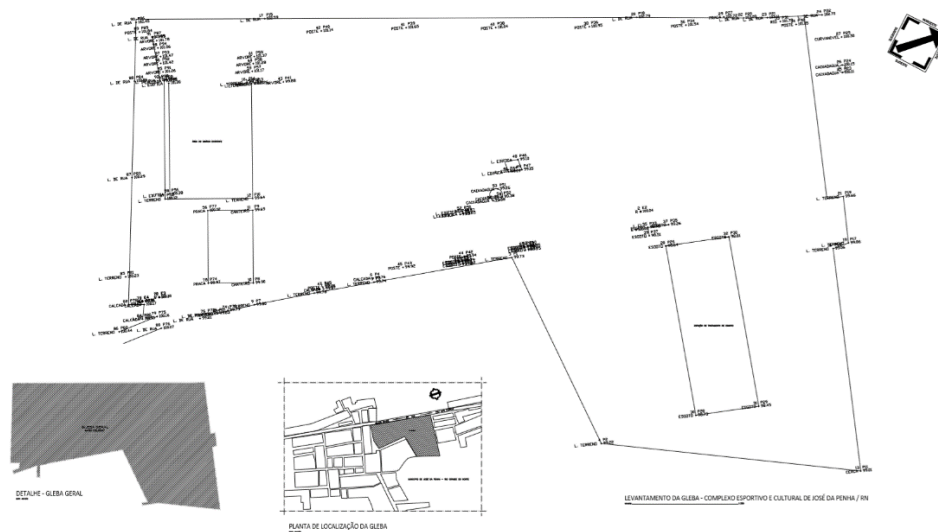
Figura 11: Gleba a ser estudada



Fonte: Autoria própria (2019)

Com o auxílio do equipamento topográfico - Estação Total, foi realizado o levantamento planimétrico da gleba, apresentado na figura 12, representando uma área total de 50.132,03 m², possuindo em seu espaço algumas edificações, destacando-se, um ginásio poliesportivo, uma academia pública e uma estação de tratamento de esgoto, além de um cacimbão, protegido por uma pequena edificação, que disponibiliza água para a população em épocas de estiagem (figura 13).

Figura 12: Levantamento da poligonal da gleba através da obtenção dos pontos



Fonte: Prefeitura municipal de José da Penha (2019)

Figura 13: Área de estudo

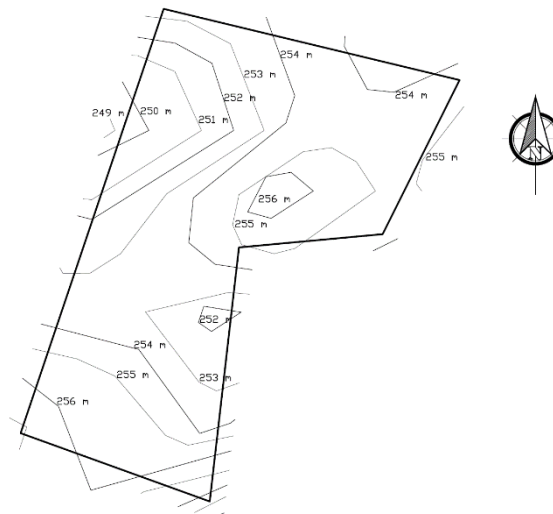


Fonte: Autoria própria (2019)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise topográfica do terreno é de fundamental importância para entender a morfologia territorial e partir para o processo de construção do meio urbano, bem como nas análises geotécnicas e estudos de drenagem. A partir das curvas de nível, obtidas pelo software Global Mapper (figura 14), percebe-se que a área apresenta um nível máximo e mínimo, respectivamente, de 256 e 250 metros do nível do mar. Vale ressaltar que para fins acadêmicos, tais dados servem como base para estudos teóricos e elaboração de propostas projetuais, porém a execução real de obras de engenharia, um levantamento mais apurado é de suma importância.

Figura 14: Curvas de nível da área estudada



Fonte: Autoria própria (2019)

A motivo para que este espaço não possua nenhuma edificação, seja pública ou privada, recorre ao fato desta área, em períodos chuvosos, permanecer alagada por um longo período de tempo. Isso ocorre, certamente, pela presença de um lençol freático com seu nível elevado, bem como o escoamento das águas pluviais das áreas adjacentes mais elevadas. O estudo de métodos para viabilizar a construção civil nesse espaço requer diversos dados para que possa ser lançado um projeto de drenagem.

O contexto histórico de precipitações ajuda a compreender a situação e identificar os pontos mais desfavoráveis e propícios a receber esses acúmulos de água. Sob essa perspectiva, o levantamento dos dados pluviométricos foi necessário para identificar datas com o maior acúmulo de chuvas com objetivo de analisar como se comportou a área em estudo em relação à drenagem.

De acordo com o monitoramento pluviométrico da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, disponibilizando dados desde 1992, neste período foi possível identificar que o ano de 2009 apresentou o maior acúmulo de chuva, com 1.338,7mm, conforme apresentado no ANEXO A. A partir desses dados, com o auxílio da ferramenta Google Earth e seu banco de dados (figura 15), grande parte da área fica alagada, representada na imagem pelas manchas mais escuras que indicam locais de acúmulo de água.

Figura 15: Área em estudo no ano de 2009



Fonte: Google Earth (2009)

De acordo com moradores locais, mesmo após um longo período de estiagem, bastam apenas algumas precipitações, de pequena intensidade, para que a área fique alagada. Além disso, quando há novamente um longo período sem chuvas, a água permanece acumulada. A figura 16 apresenta uma fotografia tirada no dia 02 de janeiro de 2019. Como pode ser observado, a área está limpa e seca, visto que nas últimas semanas do ano de 2018 a prefeitura de José da Penha utilizou sua frota de máquinas para realizar cortes de terra e limpezas nos espaços públicos.

Figura 16: Área sem água acumulada



Fonte: Autoria própria (2019)

Para confirmar as colocações dos moradores e constatar a problemática aqui abordada, a tabela 1 apresenta dados pluviométricos a partir do dia primeiro de junho de 2018 até o dia 29 de janeiro de 2019.

Tabela 1: Dados pluviométricos de 01/06/2018 à 29/01/2019

DATA	P(mm)	DATA	P(mm)	DATA	P(mm)	DATA	P(mm)
30/07/2018	0	14/09/2018	0	04/11/2018	0	20/12/2018	0
31/07/2018	0	15/09/2018	0	05/11/2018	0	21/12/2018	0
01/08/2018	0	16/09/2018	0	06/11/2018	0	22/12/2018	0
02/08/2018	0	17/09/2018	0	07/11/2018	0	23/12/2018	0
03/08/2018	0	18/09/2018	0	08/11/2018	0	24/12/2018	15.5
04/08/2018	0	19/09/2018	0	09/11/2018	0	25/12/2018	0
05/08/2018	0	20/09/2018	0	10/11/2018	0	26/12/2018	0
06/08/2018	0	21/09/2018	0	11/11/2018	0	27/12/2018	0
07/08/2018	0	22/09/2018	0	12/11/2018	0	28/12/2018	0
08/08/2018	0.2	23/09/2018	0	13/11/2018	0	29/12/2018	0
09/08/2018	0	24/09/2018	0	14/11/2018	0	30/12/2018	0
10/08/2018	0	25/09/2018	0	15/11/2018	0	31/12/2018	0
11/08/2018	0	26/09/2018	0	16/11/2018	0	01/01/2019	0
12/08/2018	0	27/09/2018	0	17/11/2018	0	02/01/2019	0
13/08/2018	0	28/09/2018	0	18/11/2018	0	03/01/2019	0
14/08/2018	0	29/09/2018	0	19/11/2018	0	04/01/2019	0.3
15/08/2018	0	30/09/2018	0	20/11/2018	0	05/01/2019	0
16/08/2018	0	01/10/2018	0	21/11/2018	0	06/01/2019	3.9
17/08/2018	0	02/10/2018	0	22/11/2018	0	07/01/2019	0
18/08/2018	0	03/10/2018	0	23/11/2018	9.8	08/01/2019	29.1
19/08/2018	0	04/10/2018	0	24/11/2018	0	09/01/2019	0.6
20/08/2018	0	05/10/2018	0	25/11/2018	0	10/01/2019	0
21/08/2018	0	06/10/2018	0	26/11/2018	0	11/01/2019	0
22/08/2018	0	07/10/2018	0	27/11/2018	0	12/01/2019	0
23/08/2018	0	08/10/2018	0	28/11/2018	-1	13/01/2019	0.5
24/08/2018	0	09/10/2018	0	29/11/2018	0	14/01/2019	8.5
25/08/2018	0	10/10/2018	0	30/11/2018	0	15/01/2019	0
26/08/2018	0	11/10/2018	0	01/12/2018	0	16/01/2019	0
27/08/2018	0	12/10/2018	0	02/12/2018	0	17/01/2019	57
28/08/2018	0	13/10/2018	0	03/12/2018	0	18/01/2019	31
29/08/2018	0	14/10/2018	0	04/12/2018	0	19/01/2019	0
30/08/2018	0	15/10/2018	0	05/12/2018	0	20/01/2019	0
31/08/2018	0	16/10/2018	0	06/12/2018	0	21/01/2019	0
01/09/2018	0	17/10/2018	0	07/12/2018	-1	22/01/2019	0
02/09/2018	0	18/10/2018	0	08/12/2018	0	23/01/2019	0
03/09/2018	0	19/10/2018	0	09/12/2018	0	24/01/2019	0
04/09/2018	0	20/10/2018	0	10/12/2018	2.7	25/01/2019	0
05/09/2018	0	21/10/2018	0	11/12/2018	0	26/01/2019	0
06/09/2018	0	27/10/2018	0	12/12/2018	0	27/01/2019	0
07/09/2018	0	28/10/2018	0	13/12/2018	0	28/01/2019	0
08/09/2018	0	29/10/2018	0	14/12/2018	1	29/01/2019	0
09/09/2018	0	30/10/2018	0	15/12/2018	1.6		
10/09/2018	0	31/10/2018	0	16/12/2018	0		
11/09/2018	0	01/11/2018	0	17/12/2018	0.5		
12/09/2018	0	02/11/2018	0	18/12/2018	3.3		
13/09/2018	0	03/11/2018	0	19/12/2018	-1		

Fonte: EMPARN (2019)⁴

⁴ Disponível em: <<http://www.emparn.m.gov.br>>. Acesso em Janeiro de 2019.

A situação da área fotografada no dia 29 de janeiro de 2019, pode ser visualizada claramente na figura 17 abaixo.

Figura 17: Área com acúmulo de água



Fonte: Autoria própria (2019)

Através dos dados apresentados na Tabela 1, nota-se que nos últimos meses do ano de 2018 houve uma pequena precipitação, enquanto do início do ano de 2019 até o dia em que está registrado na figura 17, 29 de janeiro de 2019, houve um acúmulo de chuva de 130,9 mm. Fazendo uma comparação entre as figuras 16 e 17, percebe-se que há uma ausência de drenagem nesta área, bem como a presença de um lençol freático.

Outro ponto importante a ser mencionado é a passagem de um riacho nas proximidades da área em estudo, conforme pode ser visualizado na figura 18. Seguindo seu percurso natural, as águas pluviais e contribuição de outros reservatórios naturais seguem até o açude que abastece a cidade.

Figura 18: Percurso natural do riacho



Fonte: Autoria própria (2019)

Observa-se que este percurso atravessa a BR – 405, através de uma ponte de pequena dimensão, passando ao norte da área em estudo. Além disso, há um acúmulo de água, após a ponte, como pode ser visto na figura 19.

Figura 19: Acúmulo de água após a ponte



Fonte: Autoria própria (2019)

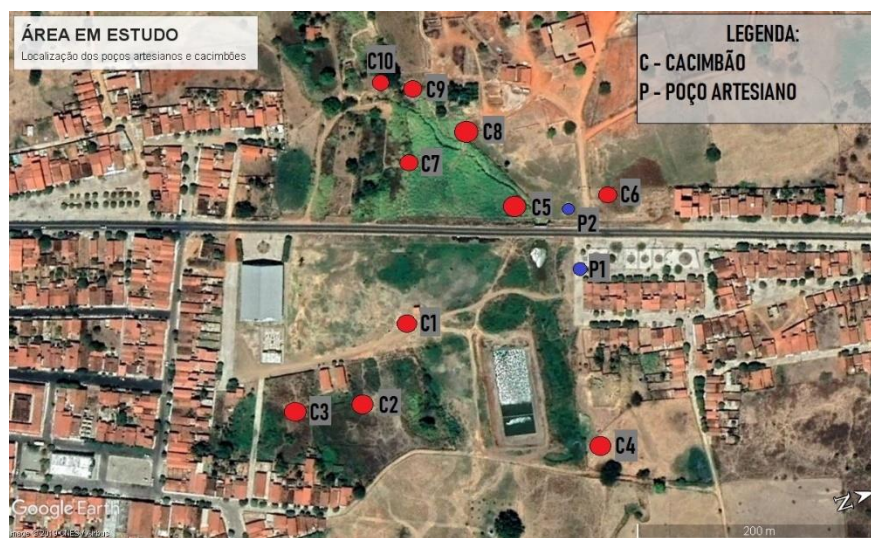
Para a segurança das construções vizinhas e as que venham a ser construídas na área em estudo, além de um projeto de drenagem, provavelmente a alternativas viável para a solução, será o rebaixamento do lençol freático. Além disso, a construção de uma estrutura que evite que a água do riacho saia do seu percurso natural em invernos rigorosos é de suma importância à jusante da ponte. Moradores locais relatam que, em 2004, excepcionalmente, a barreira de um pequeno açude que fica ao oeste da área em questão se rompeu, direcionando um grande volume de água através do riacho. Devido à falta de uma estrutura para barrar esse volume excessivo,

casas foram inundadas e a área em estudo ficou completamente alagada em épocas chuvosas relativamente recentes. Apesar de ser um caso excepcional, ainda segundo os moradores, houveram épocas que apenas com intensas precipitações as residências foram inundadas.

7 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA EM ESTUDO

É bastante comum em regiões que sofrem pela seca a construção de cacimbões para aproveitar as águas subterrâneas. Na área em estudo e em suas proximidades, como pode ser visualizado na figura 20, existem, no total, 10 cacimbões, além de dois poços artesianos.

Figura 20: Localização dos cacimbões e poços artesianos



Fonte: Autoria própria (2019)

A tabela 2 indica, para cada cacimão, características como: diâmetro, profundidade (considerando o nível do solo e o fundo do cacimão) e o nível da água existente. Esses dados foram obtidos na quarta semana de fevereiro de 2019, após um período de precipitação considerável.

Tabela 2: Dados dos cacimbões e poços artesianos

ESTRUTURA	DIÂMETRO (M)	PROFUNDIDADE (M)	NÍVEL DE ÁGUA (M)
CACIMBÃO 1	3,80	5,00	4,00
CACIMBÃO 2	-	-	-
CACIMBÃO 3	-	-	-
CACIMBÃO 4	-	-	-
CACIMBÃO 5	6	5	3,2
CACIMBÃO 6	-	-	-
CACIMBÃO 7	-	-	-
ESTRUTURA	DIÂMETRO (M)	PROFUNDIDADE (M)	NÍVEL DE ÁGUA (M)

CACIMBÃO 8	3	4	1,8
CACIMBÃO 9	6	8	5
CACIMBÃO 10	6	6,3	3,35
POÇO ARTESIANO 1	-	-	-
POÇO ARTESIANO 2	0,6	52	-

Fonte: Autoria própria (2019)

Os itens sem informações na tabela acima referem-se a estruturas que apresentaram impossibilidade de coleta de dados devido a intensa vegetação que a circunda ou por estar localizada em propriedade privada. Para os casos dos poços artesianos, as informações coletadas vieram dos proprietários, sendo que o poço 1 não possuía dados confiáveis, visto a dificuldade por ser de propriedade municipal. Através desses dados é notório que esta área, em épocas de inverno, apresente um nível de lençol freático próximo à superfície. Para a construção civil nesta área torna-se necessário uma caracterização do solo, ao que se refere à espessura de cada camada, compacidade, consistência, existência de rochas e, como foco principal, a localização do nível d'água.

Este método faz-se necessário a contratação de mão de obra especializada, e seus resultados não serão aqui apresentados devido à impossibilidade econômica de realizar uma prospecção do solo. Os métodos utilizados, para este trabalho, relacionam nas observações dos níveis de água apresentados nas estruturas de captação de águas subterrâneas, apresentando propostas que podem ser utilizadas sob a condição de um estudo mais aprofundado sobre o problema analisado nesse estudo.

8 VIABILIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ÁREA EM ESTUDO

A prefeitura de José da Penha já possui um projeto para a área em estudo, mas antes que se possa prosseguir com sua execução, o problema de drenagem das águas subterrâneas deve ser estudado para a tomada de decisão mais eficiente quanto aos processos construtivos necessários para sua execução.

8.1 Projeto Municipal: Complexo Esportivo, Cultural e Ambiental

O projeto, como pode ser observado no ANEXO B, não possui edificações com grandes solicitações para o solo. Dentre as edificações, através da análise dos projetos estruturais, a maior solicitação está na construção de um mini auditório para aulas e eventos culturais, com uma fundação do tipo sapata com profundidade de 1,5 metros.

Ao se observar as vias de acesso ao Complexo, é de suma importância, além de um projeto de drenagem subterrânea, a utilização de dispositivos de drenagem superficial para captação e direcionamento das águas pluviais. O projeto já indica uma distribuição de sarjetas, bocas de lobo e galerias. Entretanto este projeto complementar não foi finalizado devido a problemática do lençol freático, uma vez ainda não se pensou em como será a destinação final dessa contribuição pluvial, compreendendo a necessidade de reservar essa água para contribuir com o abastecimento local.

8.2 Propostas de drenagem subterrânea e adequação da drenagem superficial

Como pôde ser observado nas curvas de nível obtidas, a área possui um desnível entre suas extremidades, de modo que em sua região sul, próximo ao ginásio de esportes já existente, encontra-se área mais elevada, e, em sua região norte, está a área mais baixa. Esta segunda, especificamente, devido ao seu nível mais rebaixado, é o local onde se tem o acúmulo de água mais significativo, como pode ser visualizado na figura 21.

Figura 21: Acúmulo de água na área em estudo



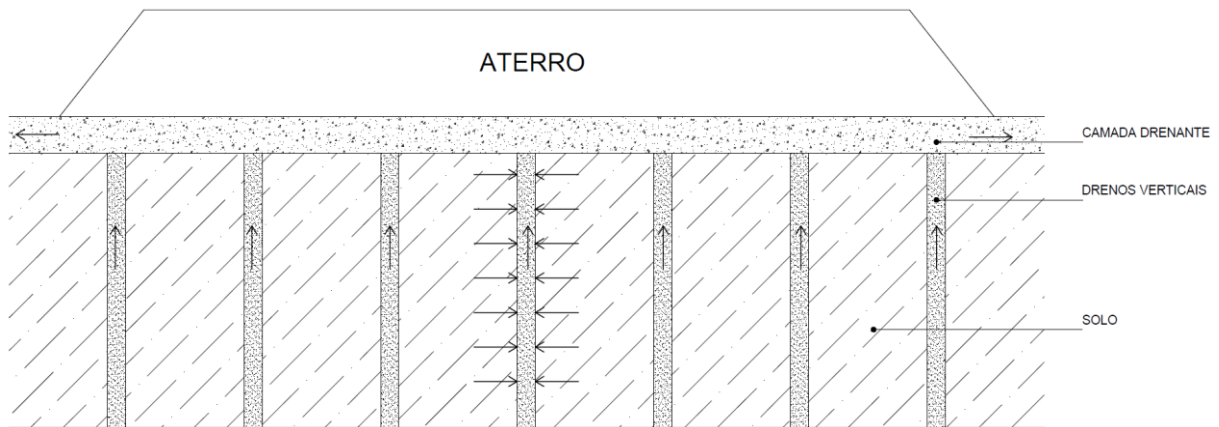
Fonte: Autoria própria (2019)

No projeto a ser construído não apresenta nenhum desnível a partir do meio fio do ginásio de esportes, o que significa a possível execução um aterro em grande parte da área em estudo. Dessa forma, considerando que o nível da superfície será elevado e que a fundação mais solicitada do projeto possui 1,5 metros de profundidade, diversos métodos podem ser utilizados para viabilizar a construção civil nesta área.

Considerando as informações já dispostas sobre a área em estudo, como posposta para solucionar tal problemática, sugere-se à implantação de uma camada drenante seguida de

cravação de drenos verticais e execução do corpo de aterro. Uma ilustração deste método pode ser observada na figura 22.

Figura 22: Proposta para drenagem da água subterrânea

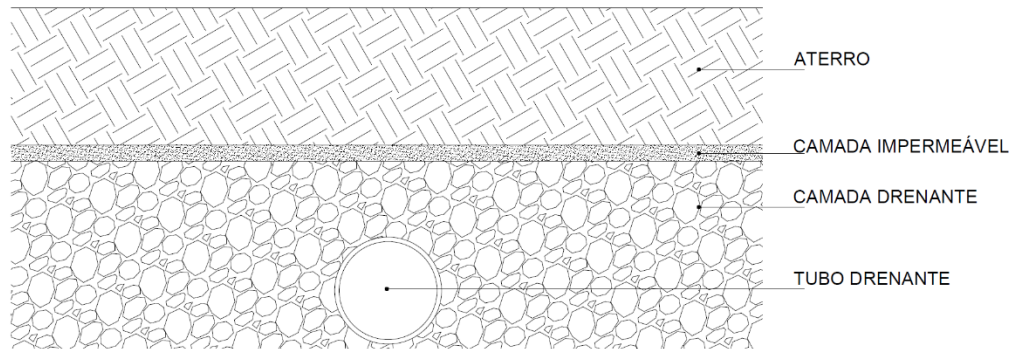


Fonte: Autoria própria (2019)

Neste método, drenos pré-fabricados são cravados no solo até atingirem a profundidade desejada em projeto; procede-se com a remoção do material interno dos drenos, substituindo-os por um material filtrante com alto teor de permeabilidade. Em seguida, executa-se a camada drenante com um material com granulometria adequada, atentando-se quanto à inclinação para direcionar as contribuições para um local apropriado, por gravidade. Como alternativa para melhorar o processo de drenagem e assegurar que o nível do lençol freático não ultrapasse o nível desejado, pode-se utilizar uma geomanta impermeável⁵. Prossegue-se com a execução do aterro, ocasionando a percolação da água através dos drenos devido à sobrecarga aplicada, atingindo a base do aterro e direcionada pela camada drenante. Com isso, o adensamento do solo é acelerado devido à redução do volume de vazios, perda de água e aumento da resistência ao cisalhamento.

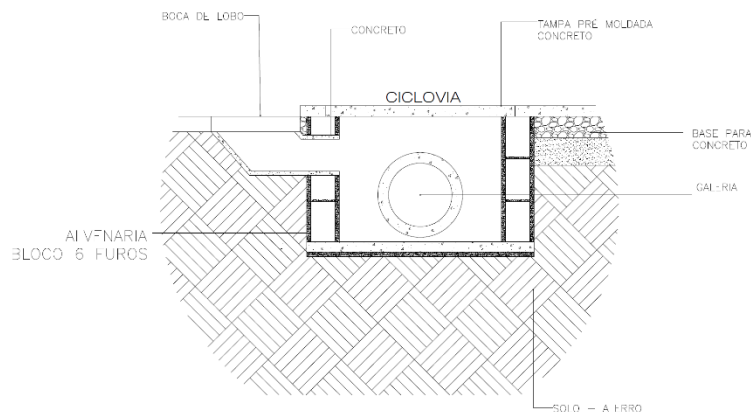
A destinação final da água do lençol freático deve ser direcionada ao percurso natural do riacho que passa ao sentido norte da área em estudo. Para isto, a instalação de drenos horizontais (figura 23) para captação da água proveniente do lençol freático são essenciais para o direcionamento correto das contribuições.

⁵ Produto geossintético geralmente aplicados em obras de proteção ambiental e impermeabilização. Consiste em um produto composta de PVC com fios sintéticos que impossibilita a passagem de água.

Figura 23: Representação do tubo drenante

Fonte: Autoria própria (2019)

Em relação às águas pluviais captadas pelos dispositivos de drenagem superficiais, o projeto para edificação da área de lazer no local em estudo da prefeitura já prevê a distribuição de galerias subterrâneas, como pode ser observado na figura 24. Entretanto sua destinação final ainda não foi definida, considerando que o ideal seria a captação dessa água para um sistema de distribuição para utilização doméstica, caso os testes de qualidade atestassem sua potabilidade.

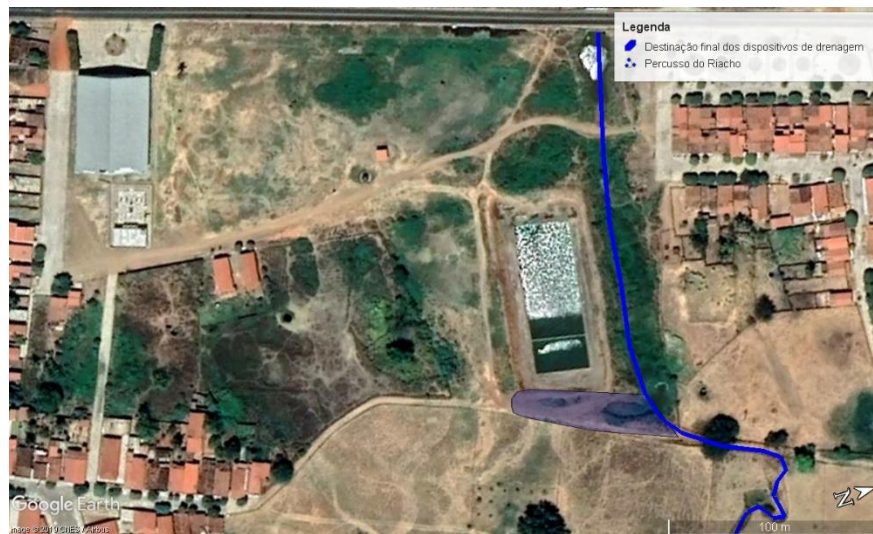
Figura 24: Galerias de águas pluviais

Fonte: Prefeitura de José da Penha (2019)⁶

Como proposta para adequação do projeto de drenagem já existente (ANEXO C), uma solução viável seria direcionar essas contribuições, galerias e drenos horizontais, para a região leste, de encontro com o percurso do riacho, como pode ser observado na área demarcada na figura 25.

⁶ Retirado do projeto de drenagem do Complexo Esportivo, Cultural e Ambiental do Município de José da Penha

Figura 25: Local adequado para destinação final das águas pluviais e subterrânea drenada



Fonte: Autoria própria (2019)

Visto que esta área é de propriedade municipal, e que em projeto ela não será utilizada, pode-se realizar a construção de uma lagoa ou qualquer outro tipo de estrutura que possa armazenar grande volume de água. É de suma importância que toda essa água redirecionada seja reaproveitada, uma vez que o “cacimbão 1” perderá boa parte do seu volume d’água, e quando em épocas de estiagem o município possua meios de abastecer a população.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acúmulo de volume d’água na área em estudo provavelmente está diretamente associado às precipitações e seu processo de infiltração. As áreas adjacentes ao local em estudo, localizada em um nível mais baixo, favorecem ao escoamento das águas pluviais, direcionando suas contribuições para o local analisado. Além disso, apesar de não ter sido realizado prospecção de solo, é notório a presença de um lençol freático com nível elevado, levando em consideração a análise dos cacimbões e a presença de poços artesianos nas proximidades, que se mantém abastecidos de água mesmo nas épocas de seca.

A falta de um plano adequado de urbanização e uso inadequado do solo, associado ao processo acelerado da impermeabilização de grandes áreas e a ausência de um sistema de drenagem eficiente podem gerar prejuízos que afetam diretamente a população em vários aspectos. Com relação a economia, as inundações de casas e a inviabilização de construções em áreas alagadas deve ser um ponto a ser analisado e solucionado pela gestão municipal.

Para a viabilização da construção de edificações na área em estudo, imprescindivelmente deve-se, como primeira etapa, realizar um estudo mais aprofundado sobre

o nível do lençol freático através de prospecção conjuntamente com a caracterização do solo. Além disso, é necessário um monitoramento mais longo do acúmulo d'águas em consequência aos diferentes regimes de precipitações.

Cuidados devem ser tomados em termos ambientais. Devido a presença do lençol freático em um nível elevado, sua contaminação pelos sistemas de tratamento de esgoto como, por exemplo, tanque séptico e sumidouro é bastante preocupante. Para evitar este problema, além de viabilizar a construção na área em estudo, a redução e estabilização do nível do lençol em um nível mais abaixo, através dos métodos mencionados neste trabalho, é de suma importância. Outro ponto a ser considerado refere-se à destinação final das águas subterrâneas e superficiais drenadas, bem como o seu reaproveitamento. Para isto, deve-se realizar um estudo mais aprofundado e evitar o desperdício desse importante recurso natural.

Como sugestão de método para solucionar tal problemática, a utilização de drenos verticais, seguido de uma camada drenante com inclinações necessárias para o direcionamento das águas subterrâneas para um local apropriado será conveniente. Para isso, segue como procedimento necessário o correto dimensionamento dos drenos, bem como o espaçamento entre eles de modo a garantir a correta destinação das águas. Este dimensionamento segue como sugestão para trabalhos futuros.

Com isso, conclui-se que a viabilização da construção de um grande projeto urbanístico, no município de José da Penha, em uma área com problemas de drenagem implica no avanço da infraestrutura da cidade, propiciando a adoção de novas ideias de reestruturação da cidade.

REFERÊNCIAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Rebaixamento Temporário de Aquíferos**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 152 p.

BEZERRA, A. M. el. al. Drenagem urbana de águas pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN. In: **VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 2016. Campina Grande.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Álbum de projetos – tipo de dispositivos de drenagem**. 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006. n. p. (IPR. Publ., 725).

CAMARGO, C.; AMORIM, M. Qualidade ambiental e adensamento urbano na cidade de Presidente Prudente/SP. Scripta Nova. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2005, vol. IX, núm. 194 (46).

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de engenharia**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LOMBARDO, M. A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações e método**. São Paulo, 1995. Tese (Título de Livre Docência em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

LOTURGO, B. Rebaixamento de lençol freático com ponteiros filtrantes. **Revista Técnica**. Editora Pini, edição 78, 2011.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999

QUEIROZ FILHO, L. F. **PROJETO DE LOTEAMENTO URBANO: Uma proposta para o município de José da Penha – RN**. 2017. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2017.

SILVA, J. A. da. **Direito Urbanístico Brasileiro**. 2ª ed. rev. At. 2ª tiragem. São Paulo MALHEIROS EDITORES, 1997, 421p.

TAVARES, Luiz Ronaldo Starling et al. **Drenagem, pavimentação e urbanização de vias**. Brasília: Confea; Crea-DF; Abepv, 2015. 280 p.

ANEXO A – DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA CIDADE DE JOSÉ DA PENHA NO ANO DE 2009⁷

ANEXO B – PROJETO URBANÍSTICO DO COMPLEXO ESPORTIVO, CULTURAL E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE JOSÉ DA PENHA⁸

ANEXO C – PROJETO DE DRENAGEM DO COMPLEXO ESPORTIVO, CULTURAL E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE JOSÉ DA PENHA⁹

ANEXO A

DATA	P(mm)	DATA	P(mm)	DATA	P(mm)	DATA	P(mm)
01/01/2009	0	03/04/2009	0	04/07/2009	2.5	04/10/2009	0

⁷ Disponível em: <http://189.124.130.5:8181/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso em Janeiro de 2019

⁸ Projeto urbanístico do Complexo Esportivo, Cultural e Ambiental, disponibilizado pela Secretaria de Obras e Urbanismo do município de José da Penha

⁹ Projeto de drenagem do Complexo Esportivo, Cultural e Ambiental, disponibilizado pela Secretaria de Obras e Urbanismo do município de José da Penha

02/01/2009	0	04/04/2009	0	05/07/2009	0	05/10/2009	0
03/01/2009	0	05/04/2009	2	06/07/2009	0	06/10/2009	0
04/01/2009	0	06/04/2009	10	07/07/2009	15	07/10/2009	0
05/01/2009	0	07/04/2009	0	08/07/2009	0	08/10/2009	0
06/01/2009	0	08/04/2009	0	09/07/2009	5	09/10/2009	0
07/01/2009	0	09/04/2009	3	10/07/2009	0	10/10/2009	0
08/01/2009	0	10/04/2009	15	11/07/2009	0	11/10/2009	0
09/01/2009	0	11/04/2009	30	12/07/2009	0	12/10/2009	0
10/01/2009	0	12/04/2009	15	13/07/2009	0	13/10/2009	0
11/01/2009	0	13/04/2009	4	14/07/2009	0	14/10/2009	0
12/01/2009	0	14/04/2009	0	15/07/2009	5	15/10/2009	0
13/01/2009	0	15/04/2009	59	16/07/2009	0	16/10/2009	0
14/01/2009	0	16/04/2009	52	17/07/2009	0	17/10/2009	0
15/01/2009	0	17/04/2009	10	18/07/2009	0	18/10/2009	0
16/01/2009	0	18/04/2009	8	19/07/2009	0	19/10/2009	0
17/01/2009	0	19/04/2009	3	20/07/2009	0	20/10/2009	0
18/01/2009	0	20/04/2009	14	21/07/2009	3.8	21/10/2009	0
19/01/2009	0	21/04/2009	10	22/07/2009	0	22/10/2009	0
20/01/2009	0	22/04/2009	19	23/07/2009	9.8	23/10/2009	0
21/01/2009	0	23/04/2009	93	24/07/2009	0	24/10/2009	0
22/01/2009	44	24/04/2009	3	25/07/2009	0	25/10/2009	0
23/01/2009	7	25/04/2009	0	26/07/2009	0	26/10/2009	13
24/01/2009	0	26/04/2009	0	27/07/2009	0	27/10/2009	0
25/01/2009	0	27/04/2009	42	28/07/2009	0	28/10/2009	0
26/01/2009	0	28/04/2009	14	29/07/2009	0	29/10/2009	0
27/01/2009	0	29/04/2009	18	30/07/2009	0	30/10/2009	0
28/01/2009	0	30/04/2009	0	31/07/2009	0	31/10/2009	0
29/01/2009	14.5	01/05/2009	48.5	01/08/2009	0	01/11/2009	0
30/01/2009	17.5	02/05/2009	0	02/08/2009	0	02/11/2009	0
31/01/2009	0	03/05/2009	0	03/08/2009	0	03/11/2009	0
01/02/2009	0	04/05/2009	5	04/08/2009	0	04/11/2009	0
02/02/2009	0	05/05/2009	16	05/08/2009	0	05/11/2009	0
03/02/2009	3	06/05/2009	13	06/08/2009	0	06/11/2009	0
04/02/2009	15	07/05/2009	29	07/08/2009	0	07/11/2009	0
05/02/2009	0	08/05/2009	0	08/08/2009	0	08/11/2009	0
06/02/2009	0	09/05/2009	0.5	09/08/2009	0	09/11/2009	0
07/02/2009	0	10/05/2009	0	10/08/2009	0	10/11/2009	0
08/02/2009	0	11/05/2009	13	11/08/2009	0	11/11/2009	0
09/02/2009	0	12/05/2009	4	12/08/2009	0	12/11/2009	0
10/02/2009	0	13/05/2009	2.5	13/08/2009	0	13/11/2009	0
11/02/2009	0	14/05/2009	10.2	14/08/2009	0	14/11/2009	0
12/02/2009	6.5	15/05/2009	5	15/08/2009	0	15/11/2009	0
13/02/2009	0	16/05/2009	0	16/08/2009	0	16/11/2009	0
14/02/2009	10	17/05/2009	0	17/08/2009	0	17/11/2009	0
15/02/2009	0	18/05/2009	0	18/08/2009	0	18/11/2009	0
16/02/2009	8	19/05/2009	0	19/08/2009	0	19/11/2009	0
17/02/2009	0	20/05/2009	0	20/08/2009	0	20/11/2009	0
18/02/2009	32	21/05/2009	0	21/08/2009	0	21/11/2009	0
19/02/2009	0	22/05/2009	8	22/08/2009	0	22/11/2009	0
20/02/2009	48	23/05/2009	4	23/08/2009	0	23/11/2009	0
21/02/2009	0	24/05/2009	0	24/08/2009	0	24/11/2009	0
22/02/2009	20	25/05/2009	0	25/08/2009	5.7	25/11/2009	0
23/02/2009	16	26/05/2009	10	26/08/2009	2.1	26/11/2009	0
24/02/2009	11	27/05/2009	18	27/08/2009	27.5	27/11/2009	0

25/02/2009	10	28/05/2009	0	28/08/2009	0	28/11/2009	0
26/02/2009	0	29/05/2009	0	29/08/2009	0	29/11/2009	0
27/02/2009	15	30/05/2009	0	30/08/2009	0	30/11/2009	0
28/02/2009	0	31/05/2009	0	31/08/2009	0	01/12/2009	0
01/03/2009	38	01/06/2009	0	01/09/2009	0	02/12/2009	0
02/03/2009	67	02/06/2009	0	02/09/2009	0	03/12/2009	0
03/03/2009	22.9	03/06/2009	45	03/09/2009	0	04/12/2009	0
04/03/2009	0	04/06/2009	0	04/09/2009	0	05/12/2009	0
05/03/2009	0	05/06/2009	14	05/09/2009	0	06/12/2009	5
06/03/2009	0	06/06/2009	0	06/09/2009	0	07/12/2009	0
07/03/2009	0	07/06/2009	3	07/09/2009	0	08/12/2009	0
08/03/2009	0	08/06/2009	0	08/09/2009	0	09/12/2009	0
09/03/2009	0	09/06/2009	0	09/09/2009	0	10/12/2009	0
10/03/2009	0	10/06/2009	0	10/09/2009	0	11/12/2009	0
11/03/2009	0	11/06/2009	0	11/09/2009	0	12/12/2009	0
12/03/2009	0	12/06/2009	0	12/09/2009	0	13/12/2009	0
13/03/2009	0	13/06/2009	0	13/09/2009	0	14/12/2009	0
14/03/2009	0	14/06/2009	0	14/09/2009	0	15/12/2009	0
15/03/2009	0	15/06/2009	0	15/09/2009	0	16/12/2009	0
16/03/2009	0	16/06/2009	0	16/09/2009	0	17/12/2009	0
17/03/2009	4	17/06/2009	0	17/09/2009	0	18/12/2009	0
18/03/2009	0	18/06/2009	0	18/09/2009	0	19/12/2009	0
19/03/2009	0	19/06/2009	0	19/09/2009	0	20/12/2009	0
20/03/2009	0	20/06/2009	0	20/09/2009	0	21/12/2009	0
21/03/2009	0	21/06/2009	0	21/09/2009	0	22/12/2009	68.7
22/03/2009	0	22/06/2009	0	22/09/2009	0	23/12/2009	0
23/03/2009	0	23/06/2009	0	23/09/2009	0	24/12/2009	0
24/03/2009	0	24/06/2009	0	24/09/2009	0	25/12/2009	0
25/03/2009	9.5	25/06/2009	0	25/09/2009	0	26/12/2009	0
26/03/2009	18	26/06/2009	3	26/09/2009	0	27/12/2009	26
27/03/2009	0	27/06/2009	5	27/09/2009	0	28/12/2009	0
28/03/2009	0	28/06/2009	0	28/09/2009	0	29/12/2009	0
29/03/2009	0	29/06/2009	0	29/09/2009	0	30/12/2009	0
30/03/2009	0	30/06/2009	0	30/09/2009	0	31/12/2009	0
31/03/2009	0	01/07/2009	22	01/10/2009	0		
01/04/2009	10	02/07/2009	0	02/10/2009	0		
02/04/2009	0	03/07/2009	0	03/10/2009	0		

ANEXO B

