

MODELAGEM E ANÁLISE DE UMA REDE DE MICRODRENAGEM NA ZONA URBANA DE CRUZ DAS ALMAS-BA.

*Alan Cunha Mendes¹; Paulo Romero Guimarães Serrano de Andrade² **

Resumo – A crescente urbanização das cidades, por vezes descontrolada, traz consigo, entre outros impactos, o aumento das áreas impermeáveis provocando redução da parcela da água da chuva que pode infiltrar no solo, promovendo alterações no ciclo hidrológico no meio urbano. Com isso, são observados aumento do volume do escoamento superficial e dos picos de vazão, ampliando o risco de inundações e alagamentos. O presente estudo analisa um sistema de microdrenagem na zona urbana de Cruz das Almas, no estado da Bahia. A avaliação hidrológico-hidráulica desse sistema é realizada com base em estudo de eventos extremos de vazão, a partir de séries históricas de dados de intensidade-duração-frequência de chuvas, utilizando-se o modelo matemático computacional UFC8. Os resultados alcançados demonstram que o sistema de microdrenagem está subdimensionado, apresentando problemas estruturais, pontos de estrangulamento, com recorrência de eventos extremos e consequente alagamentos na sua área de influência. A falta de manutenção dos elementos do sistema de drenagem pluvial, lançamento clandestino de esgotos domésticos e carreamento de resíduos sólidos para as sarjetas, bocas de lobo e galerias da rede, são alguns dos agravantes evidenciados. Ao final, o estudo propõe um novo projeto para o sistema de microdrenagem.

Palavras-Chave – Drenagem urbana, microdrenagem, modelagem computacional.

MODELING AND ANALYSIS OF THE MICRODRAINAGE SYSTEM IN URBAN AREA OF CRUZ DAS ALMAS-BA.

Abstract – The increasing urbanization of cities, sometimes uncontrolled, brings with it, among other impacts, the increase of impermeable areas causing a reduction of the amount of rainwater that can infiltrate the soil, promoting changes in the urban hydrological cycle. As a result, increases in runoff volume and runoff are observed, increasing the risk of flooding and flooding. The present study analyzes a microdrainage system in the urban area of Cruz das Almas city, in the state of Bahia. The hydrological-hydraulic assessment of this system is based on the study of extreme flow events, based on historical series of intensity-duration-frequency data of rainfall, using the computational mathematical model UFC8. The results show that the microdrainage system is underdimensioned, presenting structural problems, bottlenecks, recurrence of extreme events and consequent flooding in the area. The lack of maintenance of the elements of the rainwater drainage system, the clandestine launch of domestic sewage and the transport of solid waste to the gutters, loopholes and galleries of the network are some of the aggravating factors. At the end, the study proposes a new project for the microdrainage system.

Keywords – Urban drainage, microdrainage, computational modeling.

¹ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB / CETEC. e-mail: mendes.a.c@hotmail.com

^{2*} Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB / CETEC. e-mail: paulo@ufrb.edu.br.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos, e até a Idade Moderna, a drenagem urbana não era considerada essencial e um aspecto preponderante ao desenvolvimento e ordenamento dos núcleos urbanos (Matos, 2003). De acordo com Desbordes (1987) apud Silveira (2002), o primeiro notório alarde quanto à importância da drenagem urbana ocorreu na Itália, no século XVIII, quando se relacionou as águas de banhados e áreas alagadiças com a mortalidade de pessoas e animais. Entretanto, foi necessário um século para que a drenagem pluvial deixasse de ser tratada meramente como uma prática acessória, quando começaram a surgir grandes aglomerados urbanos.

Entre as décadas 60 e 70 o Brasil passou a ser urbano e em 1970 cerca 55,92% da população já vivia nas cidades, chegando em 2010 esta porcentagem ao patamar de 84,35% (IBGE, 2010). Concomitante com a urbanização surgem novas obras de engenharia como edifícios, pavimentação de ruas, calçadas, com conseqüente remoção da cobertura vegetal original do solo, provocando uma alteração na permeabilidade natural destas áreas. A impermeabilização provoca uma redução na infiltração de água da chuva, levando a um forte aumento do escoamento de águas pluviais (Poletto e Tassi, 2012).

No Brasil, todas as grandes cidades têm algum ponto de inundação e cidades de médio porte têm pelo menos alguns pontos inundados durante os períodos de grande precipitação, segundo Poletto e Tassi, 2012. Os autores ainda indicam que houve uma piora nas últimas décadas, onde as cidades brasileiras não conseguem controlar esses eventos. Butler e Parkinson (2004) defendem que em termos humanos, o benefício mais valioso de um sistema de drenagem urbana eficaz é a manutenção da saúde pública. Esta finalidade, porém é muitas vezes negligenciada na prática, mesmo sendo de extrema importância na proteção contra a propagação de doenças.

Em virtude de suas interações com outros setores das engenharias civil e ambiental, como o esgotamento sanitário e resíduos sólidos, no Brasil o conceito de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas só foi recentemente incluído no âmbito do saneamento básico com o advento da Lei Federal 11.445/2007. Os sistemas de drenagem urbana fazem parte do conjunto de serviços públicos existentes em uma área urbana. Entre suas finalidades, podem ser referidas: a promoção da coleta, escoamento e disposição de águas de chuva nas cidades; atuação de forma preventiva nas inundações e alagamentos; redução da exposição da população e das propriedades ao risco de inundações, proteção da qualidade ambiental e o bem-estar social (DAEE/CETESB, 1980).

A motivação para realização do presente trabalho surgiu com a necessidade de se avaliar um sistema de microdrenagem na zona urbana da cidade de Cruz das Almas/BA, especificamente o que atende as ruas Ângelo José Vieira e Permínio Bispo Anunciação, e adjacências, localizadas no bairro Alberto Passos, diante dos frequentes alagamentos que causam sérios transtornos e prejuízos, principalmente às pessoas ali residentes. Ao final, apontados pontos de estrangulamento da rede de microdrenagem, estão propostas ações para minimização dos problemas identificados.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Cruz das Almas tem uma área de 145.742 km², dista 157 km da cidade de Salvador, capital do Estado da Bahia, e integra a região denominada de Território de Identidade do Recôncavo. Possui uma área de 145,742 km², localizando-se pelas coordenadas de 12°39'21" de Latitude Sul e 39°07'26" de Longitude Oeste.

O clima é do tipo tropical úmido a subúmido, com temperatura média de 23,4°C e precipitação média anual de 1173,9 mm (PBSMP, 2014). Conta com uma população de 64.552 habitantes (IBGE, 2011).

Pelo parcelamento do uso do solo, conforme Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Cruz das Almas (PBSMP, 2014), a área de estudo está localizada na Zona de Ocupação Consolidada - ZOCON 1. Segundo testemunho de moradores das ruas Ângelo José Vieira e Permínio Bispo Anunciação, ali são frequentes os problemas de alagamentos no inverno, momento em que as águas pluviais escoam sobre os passeios e invadem as residências. Pela precariedade do sistema de microdrenagem existente, a solução emergencial adotada por muitos deles foi construir muretas (batentes) nas portas de entrada das casas (Figura 1).



Figura 1 – Residências com muretas nas portas de entrada (Fonte: próprio autor)

Para realização do presente trabalho fez-se necessário o desenvolvimento de estudos hidrológicos e hidráulicos para avaliar o sistema de microdrenagem existente. Para auxiliar, foi usado o modelo computacional UFC8.

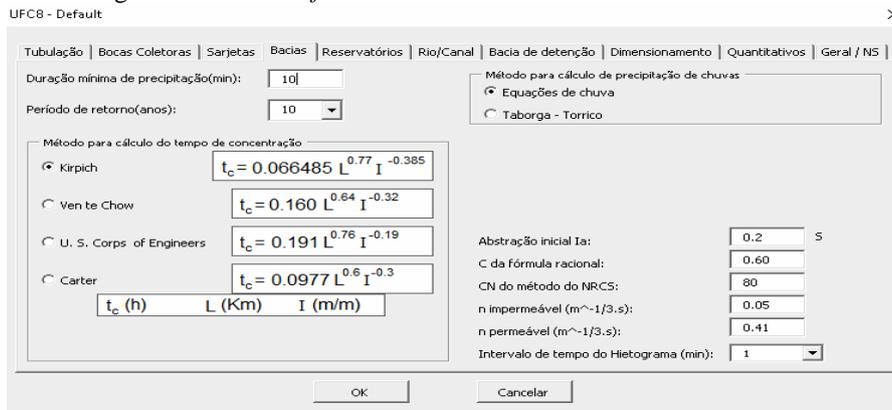
O UFC8: é um software para desenho, dimensionamento e definição de quantitativos de redes de drenagem urbana, que faz seus cálculos através do software SWMM (Storm Water Management Model) da empresa EPA (Environmental Protection Agency / USA), que é bastante utilizado para este tipo de projeto. O UFC8 é um software com uma interface amigável e bastante eficaz, por apresentar sua interface em AutoCAD (Bezerra e Castro, 2010). O software UFC8 permite ao usuário elaborar um projeto seguindo a metodologia geral mostrada na Figura 2.



Figura 2 – Metodologia geral de utilização do UFC8 (Fonte: Bezerra e Castro, 2009).

Inicialmente, deve-se acessar a janela *Default* do UFC8 (Figura 3) e informar características do sistema de drenagem: tipos de tubulação; diâmetros mínimos aceitáveis, recobrimento mínimo, tipos de boca coletora (e sua geometria), o formato geométrico das sarjetas. Sendo a cheia de projeto um fator mais importante em um projeto de drenagem urbana, o UFC8 permite ao usuário escolher entre três métodos de cálculo de chuvas. A escolha da equação para determinação do tempo de concentração (t_c) deve ser adotada nesta mesma janela.

Figura 3 – Janela *Default* com características da bacia e do sistema.



Precipitação de projeto: O software UFC8 automaticamente calcula a intensidade de precipitação. No estudo foi utilizado o método das Equações de Chuva, com base nas equações IDF definidas no trabalho de MATOS (2006), com base em dados da estação meteorológica de Cruz das Almas - BA. Para o período de retorno $T_r = 5$ anos essa equação se expressa por:

$$I(\text{mm/h}) = (793,1044)/(t + 9)^{0,7475} \quad (1)$$

Coefficiente de escoamento (C) do Método Racional: A determinação dos coeficientes de escoamento foi feita a partir de análises de imagens de satélite e visitas a campo. Sendo heterogênea a cobertura da área de estudo, utilizou-se coeficiente de escoamento ponderado. Ao calcular no UFC8, a intensidade de chuva é estimada pelo método indicado e a vazão é calculada pelo método racional.

Áreas de contribuição: delimitada a poligonal da área de estudo (com área total de 18.926,7 m²), foram traçadas as áreas de contribuição, observados dados de levantamentos plani-altimétricos (com curvas de nível de metro em metro), as divisões entre terrenos e características geométricas de ruas e passeios, tudo apoiado em observações de campo (Figuras 4 e 5).



Figura 4 – Poligonal da área de estudo (Fonte: próprio autor, adaptado do Google Maps, 2017).

Dimensionamento da rede: Executado o traçado da rede, indicado o sentido do escoamento das vazões, inserindo também as singularidades, como poços de visita, caixa de visita ou caixas de ligação, o dimensionamento da rede ocorre solicitando ao programa a planilha de dimensionamento, esta que pode interagir com o SWMM dado o propósito de transferir dados e fazer simulações.

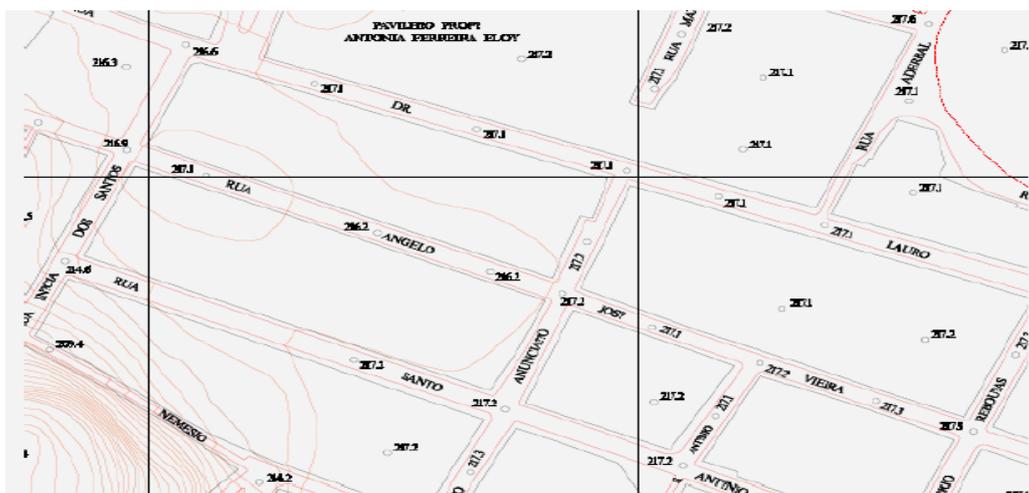


Figura 5 – Planialtimetria da área de estudo (Fonte: Secretária de Infraestrutura de Cruz das Almas, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema de microdrenagem existente

A capacidade de condução das sarjetas da área de estudo, o engolimento das bocas de lobo e capacidade da galeria foram calculados através do UFC8. Para um melhor entendimento, a disposição de elementos da rede de microdrenagem está considerada na Figura 6.

Sarjetas: foram traçadas as bacias (Figura 7) para o cálculo da vazão máxima suportada pelas sarjetas, com conseqüente verificação de dimensionamento pelo software UFC8 (Tabela 1). Na determinação do *runoff* dos lotes e passeios foi calculado um valor ponderado de acordo com a área de cada um deles. Com suporte do Google Maps, estimou-se que 80% da área de cada lote da região de estudo é ocupada por telhados, sendo o restante composto por vegetação arbustiva e rala. Os coeficientes de escoamentos, respectivamente, são 0,95 e 0,10. A equação 2 define o *runoff* ponderado (C) para cada lote,

$$C_{\text{lote}} = (0,80 \times 0,95) + (0,20 \times 0,10) = 0,78 \quad (2)$$

Pela equação 3 foi estimado o *runoff* ponderado para lotes e passeios.

$$C_{\text{lote e passeio}} = (0,902 \times 0,78) + (0,098 \times 0,95) = 0,796 \quad (3)$$

Pela Tabela 1, observa-se que as sarjetas 1, 2 e 4 (ver figura 7) estão subdimensionadas. As sarjetas são divididas em trechos, devida a adequação necessária para uso do software, onde o primeiro número da coluna representa o número da sarjeta e o segundo o trecho.

Tabela 1 – Capacidade e vazão captada pelas sarjetas.

UFC8 - Sarjetas

Trecho	CTM(m)	CTJ(m)	Comprim.(m)	Decliv.	Manning	Bacia 1	Bacia 2	Capac.(L/s)	Q trecho(L/s)
(1-1)	217,10	217,00	147,41	0,0007	0,0160	2	1	23,36	67,05
(2-1)	217,10	217,00	149,52	0,0007	0,0160	4	3	23,36	65,64
(3-1)	217,39	217,13	85,39	0,0030	0,0160	6	5	48,36	42,75
(4-1)	217,38	217,33	78,89	0,0006	0,0160	8	7	21,63	28,64
(5-1)	217,36	217,32	58,45	0,0007	0,0160	10	9	23,36	14,77
(5-2)	217,32	217,31	2,11	0,0047	0,0160	10	9	60,53	15,30
(6-1)	217,28	217,06	59,76	0,0037	0,0160	12	11	53,71	26,78
(6-2)	217,06	217,00	3,13	0,0192	0,0160	12	11	122,34	28,18
(7-1)	217,19	217,08	61,96	0,0018	0,0160	14	13	37,46	18,00
(7-2)	217,08	217,05	4,55	0,0066	0,0160	14	13	71,73	19,32
(8-1)	217,27	217,09	28,00	0,0064	0,0160	16	15	70,64	7,93
(8-2)	217,09	217,08	3,66	0,0027	0,0160	16	15	45,88	8,97
(8-3)	217,08	217,01	32,37	0,0022	0,0160	16	15	41,41	18,14
(8-4)	217,01	217,00	6,33	0,0016	0,0160	16	15	35,32	19,93

Galerias: não se obtendo dados cadastrais sobre o sistema de drenagem, determinou-se em visita de campo, a partir de poço de visita (PV), que o diâmetro da galeria é de 400 mm. Essa galeria recolhe as vazões provenientes das BC1, BC2, BC3 e BC4, lançando o deságue num outro PV situado na Rua Lauro Passos, nas imediações, a jusante. Pelos cálculos hidráulicos realizados, o diâmetro de 400mm é satisfatório (Tabela 3). Entretanto, esta condição pode estar relacionada ao subdimensionamento das BCs, que funcionam “estranguladas”, limitando a vazão à galeria.

Tabela 3 – Vazão e diâmetro da galeria existente.

Trecho da Galeria	Vazão no trecho (L/s)	Velocidade (m/s)	Diâmetro (mm)
PV – Rua Lauro Passos	121,46	1,37	400

Sistema de microdrenagem proposto

Pelos estudos realizados, conclui-se que o sistema de microdrenagem está subdimensionado. A solução proposta busca corrigir os equívocos do sistema atual, dentro de padrões hidrológicos e hidráulicos recomendáveis, considerando que: as bocas coletoras serão alocadas de maneira adequada (sempre a montante dos cruzamentos); as dimensões das sarjetas 1, 2 e 4 serão alteradas de 12 para 15 cm de abertura, atribuindo-se uma boca coletora em ponto intermediário. No novo sistema proposto, as sarjetas foram verificadas de acordo com a Tabela 4 (a nomenclatura dos elementos é a mesma da Figura 6).

Tabela 4 – Capacidade e vazão captada pelas sarjetas do sistema de drenagem proposto.

Trecho	CTM(m)	CTJ(m)	Comprim.(m)	Decliv.	Bacia 1	Bacia 2	Capac.(L/s)	Q trecho(L/s)	Altura Sarjeta (cm)
(1-1)	216.15	216.1	45.66	0.0011	2	1	72.87	23	15
(1-2)	217.1	217	103.09	0.001	8	7	69.48	69.99	15
(2-1)	216.7	216.69	45.19	0.0002	4	3	33.83	21.87	12
(2-2)	217.1	217.05	106.8	0.0005	6	5	49.13	44.35	12
(3-1)	217.27	217.09	27.98	0.0064	10	9	70.64	7.79	12
(3-2)	217.09	217.08	3.64	0.0027	10	9	45.88	8.81	12
(3-3)	217.08	217	33.28	0.0024	10	9	43.26	18.08	12
(3-4)	217.01	217	5.42	0.0018	10	9	37.46	19.59	12
(4-1)	217.26	217.06	56.11	0.0036	12	11	52.98	16.53	12
(4-2)	217.06	217.05	2.55	0.0039	12	11	55.14	17.28	12
(5-1)	217.19	217.1	66.22	0.0014	14	13	33.04	20.2	12
(6-1)	217.39	217.1	85.5	0.0034	16	15	51.48	41.59	12
(7-1)	217.38	217.32	79.87	0.0008	18	17	24.97	23.1	12
(8-1)	217.37	217.32	61.19	0.0008	20	19	24.97	16.22	12

Já as bocas coletoras, além de realocadas (Figura 8), todas tiveram suas capacidades de engolimento ampliadas, sendo superiores às vazões captadas pelas sarjetas (Tabela 5).

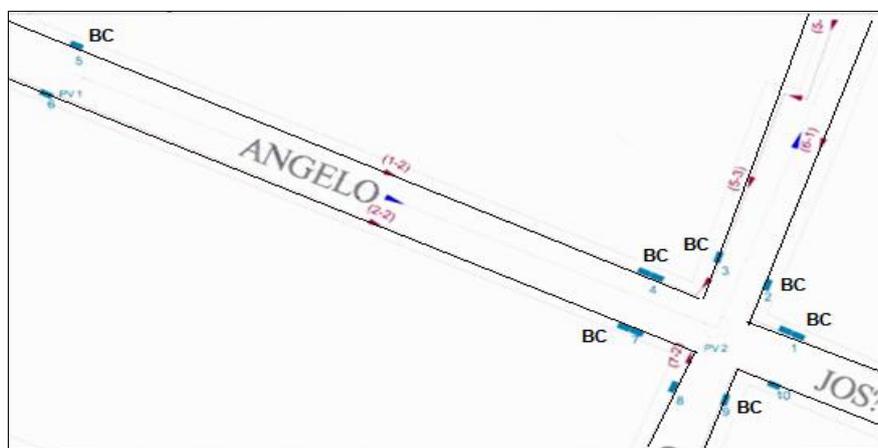


Figura 8- Disposição das bocas coletoras no sistema de drenagem proposto.

Tabela 5 – Capacidade e vazão recebida das bocas coletoras do sistema de drenagem proposto.

Boca de Lobo	Tipo	Capacidade (L/s)	Vazão recebida (L/s)	Comprimento (cm)	Altura (cm)
BC. 1	Dupla com entrada pela guia	86.56	54.39	BC 95	15
BC. 2	Simples com entrada pela guia	43.28	26.26	95	15
BC 3	Simples com entrada pela guia	43.28	25.47	95	15
BC 4	Dupla com entrada pela guia	86.56	61.76	95	15
BC 5	Simples com entrada pela guia	43.28	30.05	95	15
BC. 6	Simples com entrada pela guia	43.28	28.52	95	15
BC. 7	Dupla com entrada pela guia	86.56	51.12	95	15
BC. 8	Simples com entrada pela guia	43.28	22.36	95	15
BC 9	Simples com entrada pela guia	43.28	20.85	95	15
BC 10	Simples com entrada pela guia	43.28	30.53	95	15

O sistema de microdrenagem proposto terá um novo trecho de galeria, com finalidade de atender as novas bocas coletoras (BC). O seu dimensionamento prevê galerias com diâmetro de 400 mm (Tabela 6), o mínimo estipulado pelo UFC8. Os tubos de ligação entre as bocas coletoras e o poço de visita terão diâmetros de 300 mm.

Tabela 6 – Dimensionamento das galerias do sistema de drenagem proposto.

Trecho	Mon.	Jus.	Comprim. (m)	CTM (m)	CTJ (m)	Prof. Mon. (m)	Prof. Jus. (m)	Seção	DN (mm)	Q. trecho(L/s)	Veloc. (m/s)	Lâmina (%)
(1-1)	PV1	PV2	108.6	216.73	217.04	1.95	2.81	Circular	400	27.59	0.45	51
(1-2)	PV2	Fim	71.6	217.04	217.28	2.81	3.4	Circular	400	128.75	1.4	69
1	BC5	PV1	4.6	216.1	216.73	1.3	1.95	Circular	300	11.35	0.56	36
2	BC6	PV1	5	216.68	216.73	1.3	1.38	Circular	300	16.88	0.82	33
3	BC4	PV2	13.8	216.95	217.04	1.3	1.46	Circular	300	14.12	0.78	30
4	BC7	PV2	13.1	216.95	217.04	1.3	1.46	Circular	300	20.98	0.88	37
5	BC3	PV2	12.5	217.01	217.04	1.3	1.39	Circular	300	12.59	0.76	28
6	BC2	PV2	10.7	217.08	217.04	1.3	1.31	Circular	300	9.53	0.7	25
7	BC1	PV2	11.3	217.35	217.04	1.3	1.3	Circular	300	23.55	1.61	26
8	BC10	PV2	13.2	217.33	217.04	1.3	1.3	Circular	300	9.02	1.13	17
9	BC9	PV2	12.7	217.32	217.04	1.3	1.3	Circular	300	6.67	1.03	15
10	BC8	PV2	12.4	217.06	217.04	1.3	1.34	Circular	300	11.77	0.75	27

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os estudos realizados pode-se concluir que o sistema de microdrenagem existente nas ruas Ângelo José Vieira e Permínio Bispo Anunciação está subdimensionado. A falta de manutenção dos elementos do atual sistema de drenagem pluvial, o lançamento desordenado de lixo nas bocas coletoras, são agravantes aos problemas evidenciados.

O uso do software UFC8 se mostrou de grande valia, em sendo uma ferramenta prática e rápida para dimensionamento dos elementos da microdrenagem. A qualidade dos resultados também deve ser destacada, vez que o software minimiza as aproximações e eventuais desacertos nos cálculos. O mesmo também se mostrou eficiente não apenas em avaliar o sistema de drenagem existente, como também dimensionar um novo que pode oferecer, se implantado, solução aos problemas com inundações na área.

Como recomendações vale apontar: que se promova a limpeza e desobstrução periódica de sarjetas, bocas-de-lobo e galerias; que se implante programas de conscientização da sociedade acerca do impacto dos resíduos sólidos na drenagem; que se estude a implantação do novo projeto de microdrenagem, o que trará maior conforto para a população que reside na área de estudo.

REFERÊNCIAS

- BUTLER, D. e PARKINSON, J. (1997) Towards sustainable urban drainage. *Água Ciência e Tecnologia*, 35(9), pp. 53–63.
- BEZERRA, A. A.; CASTRO, M. A. H. (2010). Elaboração de projetos de Drenagem Urbana: utilização do software UFC8. In *Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Fortaleza. Nov 2010.
- DAEE/CETESB. Drenagem Urbana, Manual de Projeto. Departamento de Águas e Energia Elétrica e Companhia de Tecnologia de Saneamento, São Paulo. 1989.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos. Cidades. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=290980&search=bahia|cruz-das-almas|infograficos:-informacoes-completas>> Acesso em: 17 fev. 2017.
- MATOS, J. S. (2003). Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico. Lisboa, Volume 16.
- POLETO, C.; TASSI, R. (2012). Sustainable Urban Drainage Systems, Drainage Systems, Prof. Muhammad Salik Javaid (Ed.), ISBN: 978-953-51-0243-4, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/drainage-systems/sustainable-drainage-systems>.
- PREFEITURA DE CRUZ DAS ALMAS. Plano Municipal De Saneamento Básico Participativo PMSBP. Diagnostico do Saneamento Básico. 2014. [Disponível em: <<http://www.cruzdalmas.ba.gov.br/downloads/16.pdf>>]. Acesso em: 13 fev. 2017.
- SILVEIRA, A. L. L. Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão. Apostila do curso de gestores regionais de recursos hídricos. IPH, UFRGS. 2002.