



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE PORTO AMBOIM - ISUP
(Decreto Presidencial N.º 168/12, Diário da República N.º 141, 1.ª Série, de 24 de Julho)

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

**PROJECTO DE VALA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS DA ZONA 3, BAIRRO
DA ASSACA, MUNICÍPIO DO SUMBE**

Realizado por: Paulo Ngalo e António Cazombo Avelar

Curso: Engenharia de Construção Civil

Ano de Frequência: 3º ano

Plano Curricular: Hidráulica Aplicada-II

Orientador: Eng.º Wilson Kambaca da Costa Manuel

SUMBE, JUNHO DE 2025

Índice

1.	Introdução.....	4
2.	Objectivo	4
3.	Impacto Social e Económico	5
4.	Impacto Devido ao Escocamento Pluvial.....	6
5.	Condições do Projecto	6
6.	Estudo da Bacia Hidrográfica.....	6
7.	Resíduos Sólidos na Drenagem	7
7.1.	Causas.....	7
7.2.	Entre os métodos de limpeza, destacam-se:.....	7
7.3.	Como forma de prevenção, recomenda-se:.....	8
8.	Descrição da Zona de Estudo	8
8.1.	Localização geográfica.....	8
8.2.	Características da Vala de Drenagem.....	9
8.3.	Climatologia.....	10
8.4.	Materiais Utilizados	12
8.5.	Diagnóstico da Vala de Drenagem de Águas Pluviais do Bairro da Assaca Município do Sumbe.....	13
8.5.1.	Caracterização Geral	13
8.5.2.	Estado actual:.....	13
8.5.3.	Condições Actuais da Vala.....	14
8.5.4.	Problemas Identificados.....	14
8.5.5.	Implicações Técnicas e Sociais.....	14
9.	Redimensionamento da vala de drenagem de águas pluviais localizada no bairro da Assaca, município do Sumbe	15
9.1.	Cálculos Hidrológico.....	15
9.1.1.	Dados de Base.....	15
9.2.	Cálculo Hidráulico	16
9.2.1.	Elementos Geométricos da Secção do Canal	18
10.	Cálculos de Dimensionamento Hidrológico e Hidráulico da vala de Drenagem do Bairro da Assaca no Município do Sumbe.....	19
10.1.	Resumo dos Cálculos.....	22
10.2.	Soluções Para evitar Factores de Inundações	28
10.2.1.	Adequação da Secção Hidráulica da Vala	29

10.2.2.	Revestimento e Estabilização do Canal	29
10.2.3.	Manutenção e Limpeza Periódica	29
10.2.4.	Controlo da Ocupação nas Margens	29
10.2.5.	Estruturas Complementares de Controlo de Vazão	30
10.2.6.	Educação Ambiental e Envolvimento Comunitário	30
10.3.	Propostas de Intervenção para Redimensionamento e Melhoria do Escoamento da Vala de Drenagem do Bairro da Assaca, Município do Sumbe	30
11.	Conclusão	32
12.	Recomendações	33
13.	Referências Bibliográficas	34

1. Introdução

O crescimento urbano acelerado, muitas vezes não acompanhado pela devida infraestrutura, tem provocado sérios desafios relacionados à drenagem pluvial nas zonas urbanas. No bairro da Assaca, localizado no município de Sumbe, a situação da vala de drenagem de águas pluviais é um reflexo claro dessa realidade. A vala em questão cumpre a função essencial de conduzir o escoamento superficial das águas das chuvas, reduzindo o risco de alagamentos e a deterioração das vias públicas. No entanto, a estrutura apresenta diversas deficiências que comprometem seu desempenho e impactam diretamente o meio ambiente e a saúde pública da comunidade.

Com 402 metros de extensão, 1,65 m de altura, 2,10 m de base e 5,50 m de largura de lâmina de água, a vala atravessa uma área sensível: de um lado, encontra-se o posto médico do bairro da Assaca e, do outro, a Estrada Nacional 100, que é uma via de circulação estratégica. A estrutura possui apenas um revestimento nos taludes, cuja função é conter os desníveis laterais do solo, sem, no entanto, apresentar um revestimento estrutural contínuo em materiais como betão armado, o que a torna vulnerável à erosão, ao assoreamento e à degradação acelerada.

Além disso, a ausência de fiscalização e de práticas sustentáveis por parte dos moradores e estabelecimentos da zona resulta no acúmulo de resíduos sólidos, como plásticos e restos orgânicos, dentro da vala. Esse cenário tem potencializado os riscos de contaminação, proliferação de vetores de doenças e entupimentos, agravando os impactos tanto ambientais quanto sociais.

Diante dessa realidade, se propôs redimensionar esta vala de drenagem para sua funcionalidade plena, promovendo assim um ambiente urbano mais seguro, limpo e saudável.

Redimensionar a vala de drenagem de águas pluviais localizada no bairro da Assaca, município do Sumbe, apresentando melhorias de escoamento para evitar inundações e erosões do solo.

2. Objectivo

3. Impacto Social e Económico

A má conservação da vala representa sérios riscos à saúde pública, sobretudo pela proximidade do posto médico, expondo a população a vetores de doenças como mosquitos e roedores. O entupimento por resíduos sólidos e a obstrução do fluxo agravam os riscos de alagamentos, afetando diretamente as casas próximas e a circulação de pessoas e bens.

Do ponto de vista económico, os custos de reabilitação podem ser significativos, porém amplamente compensados pela redução de prejuízos com manutenção emergencial, perdas materiais em inundações, e melhorias na qualidade de vida da população local. A valorização imobiliária da zona e o fortalecimento da infraestrutura urbana também são impactos positivos esperados.

4. Impacto Devido ao Escocamento Pluvial

Escocamento pluvial sem controlo adequado pode gerar erosão nas margens da vala, transporte de sedimentos e contaminação de corpos d'água receptores. A ausência de dispositivos como dissipadores de energia e sistemas de retenção de sólidos agrava esses impactos, principalmente em episódios de chuvas intensas.

Além disso, a descarga de grandes volumes de água em curto intervalo compromete a estabilidade da vala e aumenta o risco de transbordamento, afetando diretamente a segurança da comunidade. Medidas de contenção, redimensionamento hidráulico e educação ambiental são fundamentais para minimizar os impactos adversos do escocamento na bacia urbana.

5. Condições do Projecto

A vala de drenagem possui geometria de secção transversal trapezoidal, uma escolha comum em projetos de canais a céu aberto devido à sua eficiência hidráulica e estabilidade estrutural. Com uma base de fundo de 2,10 metros, altura de 1,65 metros e uma largura de lâmina de água de 5,50 metros, a secção proporciona boa capacidade de escoamento, porém, sem revestimento estrutural em betão armado, está sujeita à erosão, instabilidade dos taludes e assoreamento.

O solo predominante é de natureza argiloso, com tendência à instabilidade em períodos chuvosos prolongados. O projecto actual carece de elementos de dissipação de energia, bueiros eficientes e protecção contra deslizamentos laterais. O único revestimento presente na vala em pedras argamassadas visa conter o talude, sem garantir integridade hidráulica da estrutura, o que compromete o desempenho global do sistema.

6. Estudo da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica que contribui para a vala é de natureza predominantemente suburbana, com maior presença de residências e com ocupação mista. A drenagem ocorre principalmente por superfície pavimentada e solos expostos.

- Área estimada: 26 hectares = 260 000 m² (0,26 km²)
- Tipo de solo: Argiloso;
- Cobertura: Urbano residencial e institucional;
- Declividade: Moderada;
- Chuvas: 356,5 mm/ano.

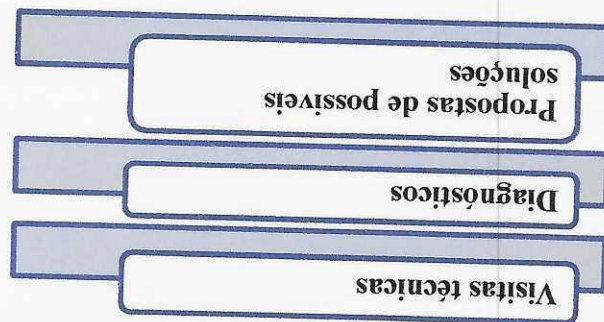
As águas captadas incluem escoamento direto das chuvas, águas residuais e resíduos sólidos oriundos de residências e parte da Estrada Nacional 100.

7. Resíduos Sólidos na Drenagem

O acúmulo de resíduos sólidos na vala é um dos principais fatores que comprometem sua eficiência. Os principais resíduos encontrados são sacos plásticos, garrafas PET (plásticos chamado Polietileno Tereftalato), garrafas de vidro e materiais orgânicos. Destaca-se que muitos dos resíduos têm origem nas residências vizinhas.

7.1. Causas

As causas estão associadas ao descarte inadequado de lixo pela população e à ausência de sistemas de coleta e educação ambiental adequados. Esses resíduos causam entupimentos, reduzem a secção hidráulica da vala e aumentam o risco de transbordamentos. A proximidade com a Estrada Nacional 100 também aumenta o risco de poluição urbana.



Esquema do desenvolvimento do trabalho

O estudo foi realizado no bairro da Assaca, município do Sumbe, Província do Cuanza Sul, entre o mês de março à junho de 2025. A vala em causa tem como ponto inicial, em direcção a Agência de transportes da Macon-Posto do Sumbe e término em direcção a cabine eléctrica. A vala em causa está ligada a outras valas que recolhem as águas das chuvas e desaguan em parte ao rio Cambongo.

Durante os trabalhos de campo foram feitos coletas de dados e consequentemente um relatório técnico em função das suas principais envolturas.

8. Descrição da Zona de Estudo

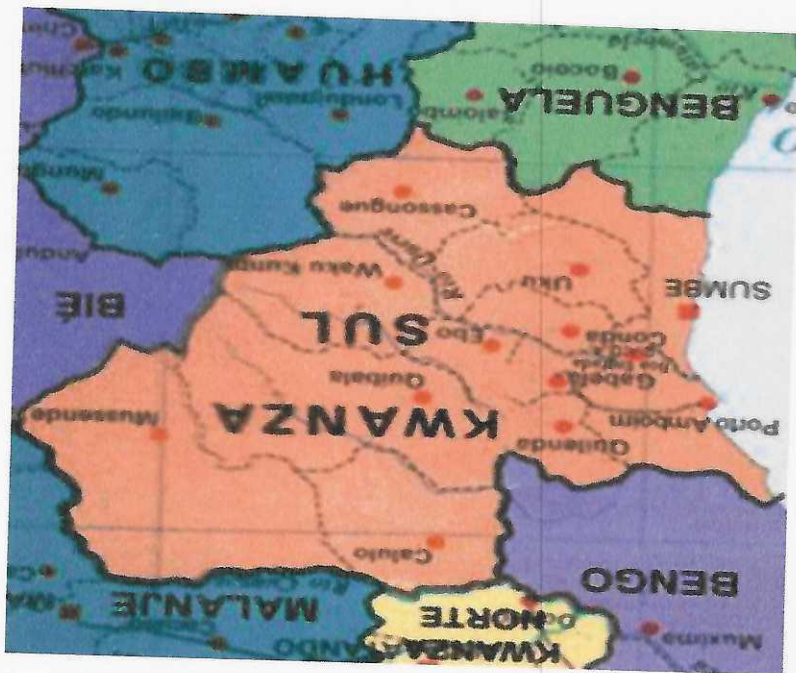
- 7.2. **Entre os métodos de limpeza, destacam-se:**
 - Limpeza manual periódica;
 - Emprego de retroescavadeiras para remoção de sedimentos;
 - Instalação de grades ou caixas coletoras em pontos estratégicos.
- 7.3. **Como forma de prevenção, recomenda-se:**
 - Campanhas de sensibilização comunitária;
 - Instalação de contentores de lixo nas imediações;
 - Fiscalização e regulamentação do uso e manutenção da vala.

Sumbe é uma cidade e município litorânea de Angola, capital da província do Cuanza

Localização Geográfica do município do Sumbe ao interior da Província do Cuanza

INS

Figura: I



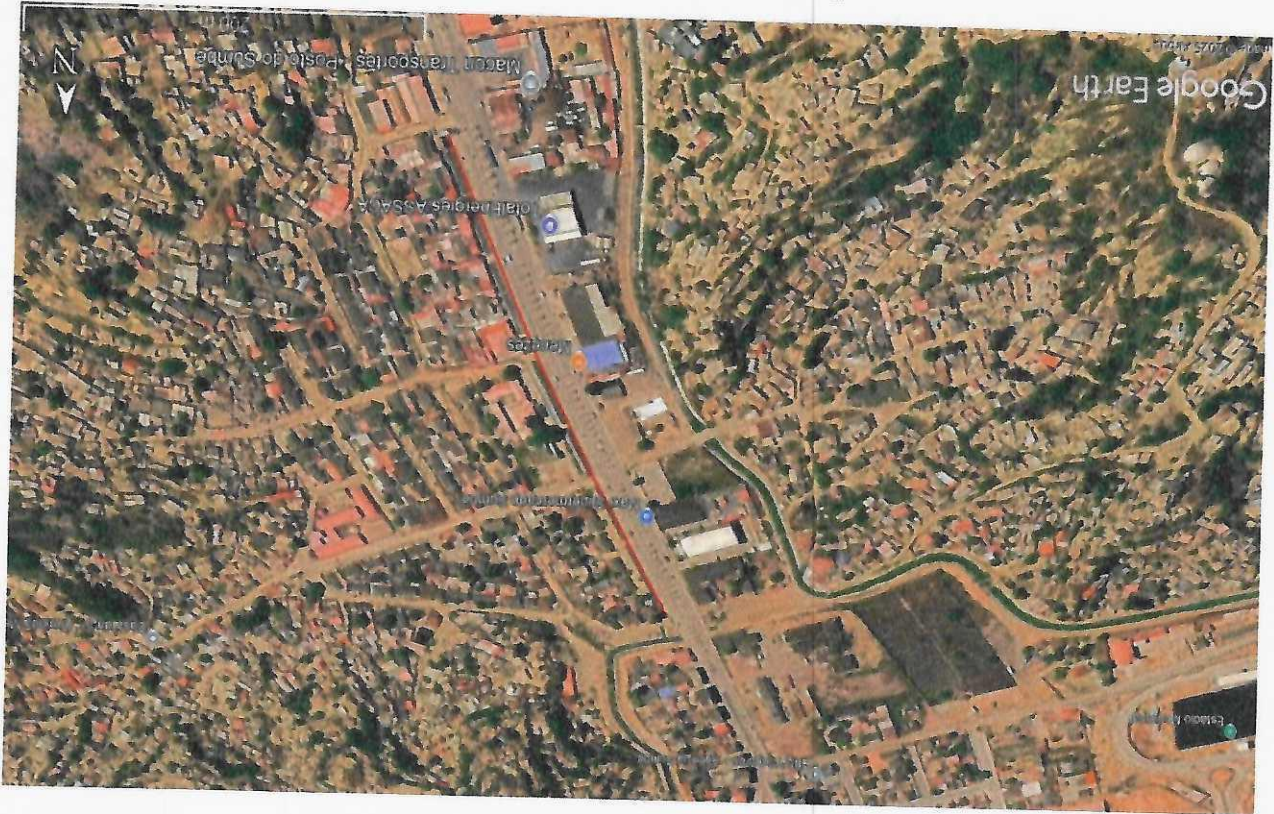
Fonte: google web site

O município compõe-se da comuna sede, equivalente à cidade de Sumbe, e pelas comunas de Gangua, Gungo e Quicombo. O Quicombo, por sua vez, tem sido absorvido pelo enorme crescimento da cidade de Sumbe, comportando-se como um distrito urbano.

8.2. Características da Vale de Drenagem

A vala em causa é um canal aberto sem um revestimento de proteção de maior durabilidade como o betão, que ajudam a proteger as paredes e o fundo da vala, evitando desmoronamento das paredes e que por sua vez suportar as águas da chuva. Ela contém somente revestimento em pedras argamassadas para conter os taludes sem que tenha um revestimento de maior durabilidade conforme mencionado. A vala tem uma base de fundo de 2,10 metros, altura de 1,65 metros e uma largura de lâmina de água de 5,50 metros e com uma extensão aproximadamente 402 metros. Conforme a imagem abaixo.

Figura: 2 Trecho em estudo (traçado de cor vermelha)



Fonte: Google Earth (adaptado)

A figura abaixo demonstra a delimitação da área de contribuição em estudo apresentado de forma opaco e com a indicação do trecho em cor vermelha.



Figura: 3

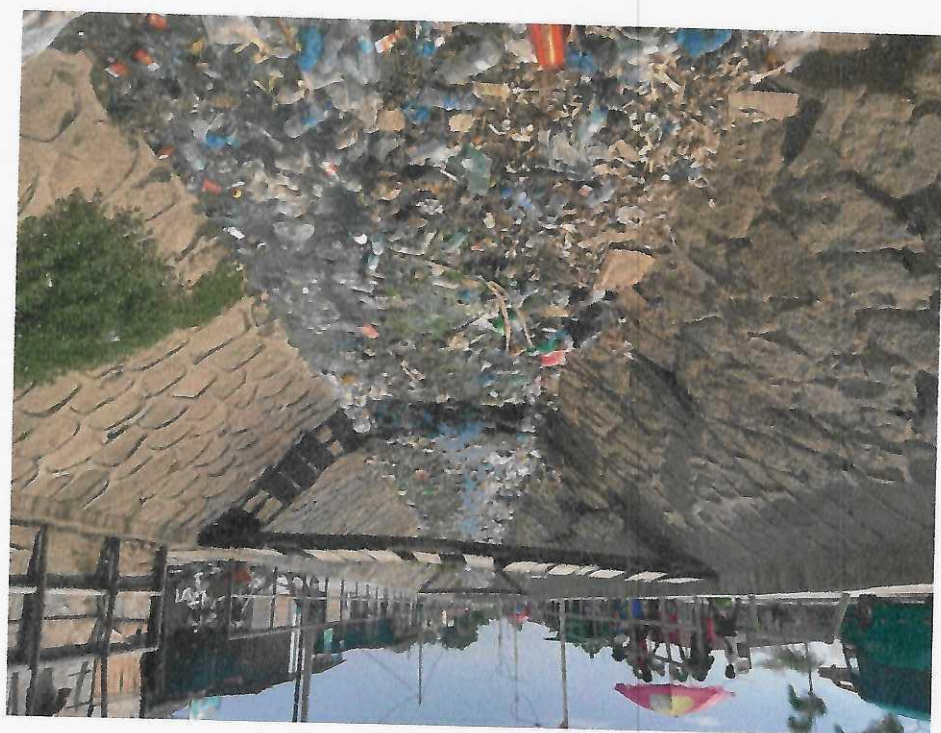


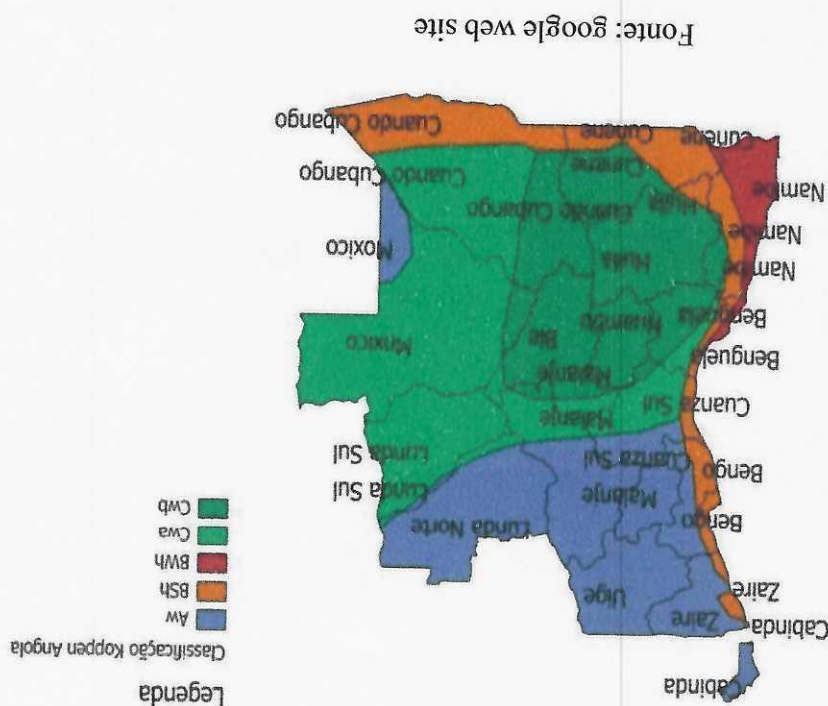
Figura: 4 Vista das Características da Vala de Drenagem

8.3. Climatologia

Em Angola podem ser encontrados cinco tipos de clima segundo a classificação climática de Köppen:

Tipos de Clima existentes em Angola, Segundo a Classificação Climática de Köppen

Figura: 5



Fonte: google web site

- Aw (Clima tropical com estação seca de inverno e chuvas no verão);
- Bsh (Clima semiárido quente);
- Bwh (Clima árido quente);
- Cwa (Clima temperado húmido com inverno seco e verão quente);
- Cwb (Clima temperado húmido com inverno seco e verão temperado).

O clima em Sumbe é conhecido como um clima semiárido quente. Em Sumbe, existe pouca pluviosidade ao longo do ano. A classificação do clima é Bsh de acordo com a Köppen e Geiger. A temperatura média anual em Sumbe é de 27°C. A mínima anual é de 17 graus Celsius. A temperatura média máxima em Abril é de 30°C e a mínima média é de 24°C. A pluviosidade

média anual é de 356,5 mm, 0,0 mm é a precipitação do mês Julho, que é o mês mais seco. Em março cai a maioria da precipitação, com uma média de 80,1 mm. Abaixo a tabela 1.

Tabela: 1

Dados climáticos de Sumbe

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
30	31	31	32	32	30	29	28	29	30	30	30
27	27	28	28	27	25	24	23	24	26	27	27
24	25	26	25	24	22	20	20	21	23	24	24
37,7	50,4	60,1	66,8	16,4	1,0	0	1,0	4,5	20,0	54,1	34,5

8.4. Materiais Utilizados

Para a realização deste trabalho, utilizaram-se os seguintes materiais: Um telemóvel para registos fotográficos, trena e fita métrica, uma calculadora, uma prancheta para esboços, caderno de anotações e caneta, computador para digitalização de conteúdos.

8.5. Diagnóstico da Vala de Drenagem de Águas Pluviais do Bairro da Assaca Município do Sumbe

8.5.1. Caracterização Geral

- Localização: Bairro da Assaca, município do Sumbe, província do Cuanza Sul.
- Extensão da vala: 402 metros lineares.
- Altura das paredes: 1,65 m.
- Largura da superfície de água: 5,50 m.
- Base do fundo (seção trapezoidal): 2,10 m.
- Limites: Lado esquerdo está Estrada Nacional 100 e lado direito está residências e Posto médico do bairro.
- Tipo de revestimento: Pedra argamassada.

8.5.2. Estado atual:

Vala de secção trapezoidal não revestida em material durável e resistente como betão armado, exposta a processos erosivos e acúmulo de resíduos.

8.5.3. Condições Atuais da Vala

- **Revestimento em pedra argamassada:** A estrutura possui proteção superficial que oferece resistência moderada à erosão. Contudo, esse revestimento não apresenta o mesmo desempenho mecânico e hidráulico que o betão armado, sendo mais suscetível a degradações com o tempo.

- **Desgaste e falhas localizadas:** Observam-se pontos com degradação da argamassa e possível descolamento das pedras, especialmente em trechos com maior vazão.
- **Acúmulo de resíduos sólidos:** Grande presença de lixo (principalmente plásticos), provenientes de residências vizinha.

- **Obstrução parcial do fluxo:** O lixo e sedimentos retêm a água, causando represamento e perda de eficiência da drenagem.

- **Risco de infiltrações:** A presença de juntas mal seladas ou degradadas pode favorecer processos de lixiviação do solo adjacente, mesmo com revestimento.

8.5.4. Problemas Identificados

- Degradação do revestimento em trechos críticos.
- Redução da eficiência hidráulica por obstruções.
- Risco de erosão nas áreas onde o revestimento cedeu.
- Possível instabilidade de margens.
- Contaminação ambiental por resíduos sólidos.

8.5.5. Implicações Técnicas e Sociais

- **Técnicas:** Diminuição da durabilidade e da eficiência da vala como sistema de drenagem, risco de colapsos parciais e necessidade de manutenção frequente.
- **Sociais:** Impacto negativo na qualidade de vida da população local, risco sanitário elevado e degradação do ambiente urbano.

Figura: 6

Condições da vala de drenagem



Início da vala e suas características

Nota: Em vista, o estado da vala e suas condicionantes como depósito de resíduos sólidos na vala e crescimento de vegetação.

9. Redimensionamento da vala de drenagem de águas pluviais localizada no bairro da Assaca, município do Sumbe

9.1. Cálculos Hidrológico

Um modelo hidrológico pode ser definido como uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície e/ou subsuperfície terrestre. O desenvolvimento Hidráulico deste estudo tem a finalidade de identificar e qualificar as circunstâncias climáticas e pluviométricas da região de projecto, fornecendo assim os subsídios necessários para a verificação da capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem.

Para uma representação mais precisa das condições hidrológicas da região de projecto, é necessária a obtenção dos dados de precipitação em um período mínimo de 15 anos, para definição da Curva Hidrológica da região. Sabendo que o município do Sumbe encontra-se numa zona costeira de Angola bem como o município de Benguela da Província de Benguela terão dados climáticos semelhantes, obtve-se a partir das precipitações pluviométricas da Província de Benguela para que seja de forma inteira. Utilizou-se o critério da classificação de Köppen, bem como a orientação dos trópicos para alocação da cidade em causa.

9.1.1. Dados de Base

Para o cálculo hidrológico obtém-se a partir da seguinte fórmula:

$$Q_h \text{ (hidrológico)} = C \cdot I \cdot A_d / 360 \text{ em (m}^3/\text{s)}$$

Esta fórmula é obtida a partir do Método Racional, que possibilita determinar o caudal pico de uma bacia hidrográfica (Vazão).

Sendo:

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade média da chuva (mm/h);

A_d = área da bacia drenada (a área é expressa em Km²)

Para obter o cálculo da intensidade (I) usou-se mediante métodos probabilísticos obtiveram os valores de precipitação máxima diária provável (P) para diferentes períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anos de retorno. Através de uns coeficientes de duração, se discretiva essa precipitação máxima por durações de episódios de chuva. Estes valores podem ser vistos na tabela abaixo.

Tabela: 2

Precipitação Máxima Prevista para Diversos Tempos De Duração e para Diferentes Tempos de Retorno

Tempo de Duração	Quociente	2	5	10	25	50	100	200	500
24 h	X24	49,7	83,8	106,3	134,9	156,0	177,0	197,9	225,5
18 h	X18 = 91%	45,2	76,2	96,8	107,9	142,0	161,1	180,1	205,2
12 h	X12 = 80%	39,8	67,0	85,1	107,9	124,8	141,6	158,3	180,4
8 h	X8 = 68%	33,8	57,0	72,3	91,7	106,1	120,4	134,6	153,3
6 h	X6 = 61%	30,3	51,1	64,9	82,3	95,2	108,0	120,7	137,6
5 h	X5 = 57%	28,3	47,8	60,6	76,9	88,9	100,9	112,8	128,5
4 h	X4 = 52%	25,8	43,6	55,3	70,1	81,1	92,0	102,9	117,3
3 h	X3 = 46%	22,9	38,5	48,9	62,0	71,8	81,4	91,0	103,7
2 h	X2 = 39%	19,4	32,7	41,5	52,6	60,8	69,0	77,2	87,9
1 h	X1 = 30%	14,9	25,1	31,9	40,5	46,8	53,1	59,4	67,6

Nota: Investigação – Projecto Pluviosidade Província de Benguela.

Fonte: Jorge E. Matos, DCT ISP Jean Piaget de Benguela.

Em seguida calcula-se a Intensidade das chuvas. A precipitação (P) é a máxima prevista, já calculada na tabela 3 e o tempo (t) são as horas que dura a precipitação. Para calcular a intensidade da chuva, aplica-se a seguinte fórmula:

$$I = \frac{P \text{ (mm)}}{t \text{ duração (h)}} \text{ (mm/h)}$$

Como a precipitação (P) já é função da Duração do episódio de chuvas e da Frequência com que se pode produzir esse episódio (período de retorno), depois de calcular a intensidade dispomos dos três parâmetros $I - D - F$ (intensidade – duração – frequência). Na tabela 3 apresentam-se os valores da intensidade da precipitação para diversos tempos de duração e para diferentes tempos de retorno.

Tabela: 3

Intensidades (I) Máximas Previstas para Diversos Tempos de Duração e para Diferentes Tempos de Retorno

Tempo de duração	Intensidade da Chuva (mm/h) segundo o Período de Retorno									
H	min	2	5	10	25	50	100	200	500	
24 h	1440	2,1	3,5	4,4	5,6	6,5	7,4	8,2	9,4	
18 h	1080	2,5	4,2	5,4	6,0	7,9	8,9	10,0	11,4	
12 h	720	3,3	5,6	7,1	9,0	10,4	11,8	13,2	15,0	
8 h	480	4,2	7,1	9,0	11,5	13,3	15,0	16,8	19,2	
6 h	360	5,1	8,5	10,8	13,7	15,9	18,0	20,1	22,9	
5 h	300	5,7	9,6	12,1	15,4	17,8	20,2	22,6	25,7	
4 h	240	6,5	10,9	13,8	17,5	20,3	23,0	25,7	29,3	
3 h	180	7,6	12,8	16,3	20,7	23,9	27,1	30,3	34,6	
2 h	120	9,7	16,3	20,7	26,3	30,4	34,5	38,6	44,0	
1 h	60	14,9	25,1	31,9	40,5	46,8	53,1	59,4	67,6	

Nota: Investigação – Projecto Pluviosidade Província de Benguela. Período de retorno expresso por “Anos”.

Fonte: Jorge E. Matos, DCT ISP Jean Piaget de Benguela.

Coefficiente de Escorrimento Superficial

No Método Racional, o valor do coeficiente de escoamento superficial da bacia, será determinada a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais.

Coefficiente de Escocamento Superficial (Runoff) – “C”

Tipologia da área de drenagem	Coefficiente de escocamento superficial
Áreas sem melhoramentos ou naturais.	
- Solo argiloso, declividade baixa < 2%	0.15 – 0.20
- Solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0.20 – 0.25
- Solo argiloso declividade alta > 7%	0.25 – 0.30

Fonte: Manual de Drenagem de Rodovias IPR-724, DNIT.

9.2. Cálculo Hidráulico

Para determinação do caudal hidráulico (Vazão) usou-se a fórmula de Manning, onde se calcula uma vez que já temos o comprimento e o tempo de escoamento das águas das chuvas.

A fórmula mais conhecida pelo dimensionamento dos condutos livres usadas no Brasil e nos Estados Unidos e de mais Países de língua Inglesa, e a fórmula experimente do engenheiro Irlandês R. Manning (1816-1897), elaborada em 1891.

$$V = (1/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Assim a vazão (Q) será expressa em:

$$Q = A \cdot V$$

Sendo:

V = velocidade média na secção (m/s);

n = coeficiente de Manning;

Rh = raio hidráulico (m). O raio hidráulico é o quociente entre a área molhada e o perímetro molhado;

i = declividade (m/m).

A = Área molhada (m²)

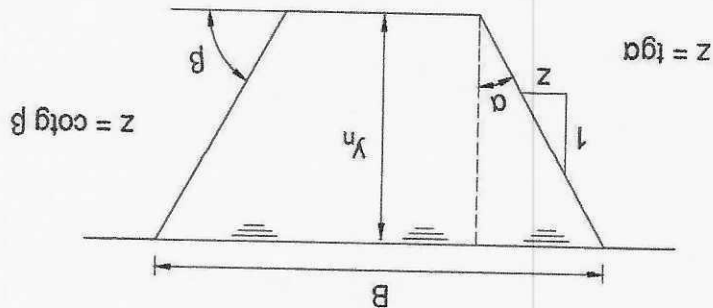
9.2.1. Elementos Geométricos da Seção do Canal

Seção Transversal

Na Figura 7 abaixo são apresentados os elementos geométricos da seção transversal dos canais.

Figura: 7

Elementos Geométricos da Seção Transversal dos Canais.



Fonte: Prof. Francisco Piza (2013)

Onde:

- Profundidade de escoamento (y): é a distância vertical entre o ponto mais baixo da seção e a superfície livre. No regime de escoamento uniforme, $y = y_n$ (profundidade normal) e no regime de escoamento crítico, $y = y_c$ (profundidade crítica).
- Seção molhada (A): é toda seção perpendicular molhada pela água.
- Perímetro molhado (P): é o comprimento da linha de contorno molhada pela água.
- Raio hidráulico (R): é a relação entre a área molhada e o perímetro molhado.
- Profundidade média ou profundidade hidráulica (y_m): é a relação entre a área molhada (A) e a largura da superfície líquida (B).
- Talude (z): é a tangente do ângulo (α) de inclinação das paredes do canal.

Tabela: 5 Equações para o Cálculo das Seções Transversais Usuais de Canais

Seção	Área molhada (A)	Perímetro molhado (P)	Rato hidráulico (R)	Largura da superfície (B)	Profundidade média (y _m)
	$y (b + zy)$	$b + 2y \sqrt{z^2 + 1}$	$\frac{b}{4}$	$b + 2zy$	$\frac{b}{4}$
	zy^2	$2y \sqrt{z^2 + 1}$	$\frac{2\sqrt{z^2 + 1}}{zy}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$
	by	$b + 2y$	$\frac{b}{4}$	b	y
	$\frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta)$	$\frac{\theta D}{2}$	$\theta = \pi d$	$D \left(\frac{\sin \theta}{2} \right)$	$\frac{8}{D} \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\theta - \sin \theta} \right)$
	$\frac{\pi D^2}{8}$	$\frac{\pi D}{2}$	$\frac{4}{D} = \frac{2}{y}$	$D = 2y$	$\frac{\pi D}{8}$

Fonte: Azevedo Netto

Inclinação Usual dos Taludes

Tabela: 6

Tipo de solo	
Arenoso	≥ 3
Barro-arene	2,0 - 2,5
Barro argilo	1,5 - 2,0
Argiloso	1,0 - 2,0
Cascalho	1,0 - 1,5
Rocha	0,25 - 1,0

Fonte: Azevedo Netto.

Tabela: 7

Coeficientes de Rugosidade de Manning (n)

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,035	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espraiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espraiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

10. Cálculos de Dimensionamento Hidrológico e Hidráulico da vala de Drenagem do Bairro da Assaca no Município do Sumbe

1º Passo.

Escolha do tipo de secção.

Neste trabalho propomos uma vala de drenagem do tipo de secção trapezoidal.

Segundo THIADO B. ORTEGA, as secções do tipo trapezoidal são empregadas em diversas aplicações de canais porque são de fácil execução, podendo ser adaptadas a uma grande diversidade de solos, desde aqueles com elevada resistência, aplicando-se nas paredes do canal abatimento reduzido, até solos poucos resistentes, usando-se neste caso abatimentos elevados das paredes do canal ou revestimentos mais delgados.

Além da sua forma geométrica ela se adapta em qual tipo de revestimento e é fácil em fazer a sua manutenção, e de baixo na sua execução.

2º Passo.

Cálculos de parâmetros hidrológicos (Cálculo hidrológico)

Para realização destes cálculos adotamos o modelo de curvas IDF, ou seja, Intensidade – Duração – Frequência. (Jorge E. Matos-ISJ DCT), determinamos a intensidade média da chuva (I).

$$I = \frac{P \text{ (mm)}}{t \text{ duração (h)}} \text{ (mm/h)}$$

Onde:

P = 106,3 mm (precipitação máxima por tempos de duração de 10 anos, tabela 2)
t = 24 horas (tempo de duração da precipitação, tabela: 2).

Então:

$$I = \frac{106,3 \text{ mm}}{24 \text{ h}} = 4,42 \text{ mm/h}$$

A partir do **Método Racional** determinamos a vazão de pico da bacia hidrográfica do bairro da Assaca.

A fórmula da vazão (Q) será:

$$Qh = C \cdot I \cdot A_d / 360 \quad \text{em (m}^3/\text{s)}$$

Sendo:

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade média da chuva (mm/h);

A_d = área da bacia drenada;

O número total de habitantes no município do Sumbe é aproximadamente de 313 894 habitantes segundo estatísticas de 2018 pelo INE. Focando ao bairro da Assaca ser uma zona suburbana, a densidade populacional costuma variar de 100 e 400 habitantes por quilômetro quadrado (hab/km^2), dependendo da ocupação do solo e das infraestruturas disponíveis. Adotando uma densidade média de 300 hab/km^2 adequada a áreas com habitação espaçada e uso misto do solo, estima-se que 1 km^2 possa acomodar 300 habitantes. Aplicando esta densidade à área em estudo, o número estimado de habitantes seria: $0,26 \times 300 = 78$ habitantes em $0,26 \text{ km}^2 = 26\text{ha}$.

Assim sendo, temos os seguintes dados:

$$A_d = 0,26 \text{ km}^2 = 26\text{ha}$$

$$I = 4,42 \text{ mm/h}$$

C = 0,20 – 0,25 (Adotado o coeficiente de solo argiloso de declividade média 2% e 7% na tabela: 4)

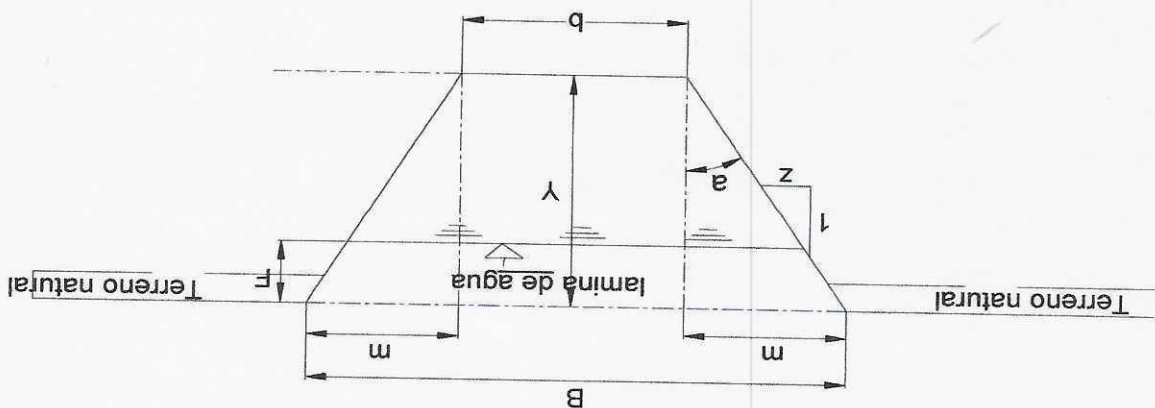
$$Qh = C \cdot I \cdot A_d / 360 \quad \text{em (m}^3/\text{s)}$$

$$Qh = \frac{0,25 \times 4,42 \times 26}{360} = 0,079 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dados geométricos da vala de drenagem adotados para o dimensionamento.

Figura: 8

Representação Geométrica da Vala de Drenagem



Segundo o nosso levantamento em campo foi possível medir a largura da superfície líquida (B), largura de fundo (b) e a profundidade de escoamento (Y). Assim sendo, abaixo estão descritas as seguintes dimensões:

- B = 5,50 m
- y = 1,65 m
- b = 2,10 m
- Em função das características geométricas da seção transversal do canal, o valor

do talude "z" é obtido a partir da seguinte fórmula geométrica:

$$B = b + 2 \cdot z \cdot y \quad \text{logo,} \quad z = \frac{B - b}{2 \cdot y} = \frac{5,50 \text{ m} - 2,10 \text{ m}}{2 \cdot 1,65 \text{ m}} = 1,03$$

Nota: Segundo *Macedo, João Jorge Soares*, na sua obra: *Drenagem Urbana – Projecto de Canais* (ABRHH, 2009), descreve a geometria dos canais trapezoidais e mostra que o talude pode ser obtido a partir das dimensões superiores e inferiores do canal.

Chow. Ven Te, na sua obra: *Open-Channel Hydraulics* (McGraw-Hill, 1959) define o parâmetro "z" como a inclinação do talude: "horizontal-to-vertical ratio". Aplica a geometria do trapézio para deduzir variáveis da seção.

$z = m = 1,03$ (está dentro dos parâmetros recomendados da inclinação do talude em função do tipo de solo argiloso, tabela: 6 indica variação de z de 1,0 – 2,0).

Nota: Segundo *Macedo (2009)*, *ABNT NBR 11682: 2009* e *Silva, Walter Lins de*, na sua obra: *Hidráulica Geral* (Ed. UFBA, 2002); o “ z ” e “ m ” têm equivalência, essa equivalência é frequentemente mencionada em contextos distintos: na hidráulica, o termo “ z ” é usado quase exclusivamente, na geotecnia, o “ m ” (ou até i) é mais comum para apresentar taludes de corte ou aterro.

- F (folga da vala) = 15% de $Y = 0,247$ m

Através destes dados temos os seguintes cálculos:

1º Passo;

Área molhada (A), perímetro molhado (P), Raio hidráulico (Rh) e profundidade média (Y_m), usando as equações para o cálculo das seções transversais usuais de canais (ver tabela 6). (AZEVEDO, 1991).

$$\text{tg}\alpha = \frac{H}{V} \iff \text{tg}\alpha = \frac{1,03}{1} = 0,97; \alpha = \arctg 0,97 = 44^\circ$$

Área molhada

$$A = Y (b + zY) = 1,65(2,10 + 1,03 \cdot 1,65) = 6,27 m^2$$

Perímetro molhado

$$P = b + zY \sqrt{z^2 + 1} = 2,10 + 2 \cdot 1,65 \cdot \sqrt{1,03^2 + 1} = 6,84 m$$

Raio hidráulico

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{6,27 m^2}{6,84 m} = 0,917 m;$$

Profundidade média

$$Y_m = \frac{A}{B} = \frac{6,27 m^2}{5,50 m} = 1,14 m;$$

2º Passo;

Cálculo da vazão hidráulica através do método de Manning.

$$V = (1/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q = A \cdot V$$

Visto que a vala tem uma extensão de aproximadamente 402 m (L), e o ponto inicial está em direção a agência de transportes da Macon, com $y = 1,60$ m, e o ponto de escoamento interliga a outras valas está adjacente a cabine eléctrica (ponto final) com $y = 1,65$ m, tem uma diferença de nível de 0,05 m ($\Delta h = 0,05$ m), determinamos a declividade da vala de drenagem (i).

$$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{0,05 \text{ m}}{402 \text{ m}} = 0,00012 = 0,012\%$$

Assim sendo, determina-se a velocidade de escoamento e o caudal hidráulico (vazão).

Adotado coeficientes de rugosidade de Manning $n = 0,017$ canais com alvenaria de pedra argamassada, ver tabela 7.

Velocidade de Escoamento

$$V = (1/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$V = (1/0,017) \cdot 0,917^{2/3} \cdot 0,0012^{1/2}$$

$$V = 1,923 \text{ m/s}$$

Caudal Hidráulico (Vazão)

$$Q = (A \cdot V) = (6,27 \text{ m}^2 \cdot 1,923 \text{ m/s}) = 12,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_h (\text{hidrológico}) = 0,079 \text{ m}^3/\text{s} < Q (\text{hidráulico}) = 12,06 \text{ m}^3/\text{s ok}$$

O cálculo cumpre com o requisito proposto na requalificação, porque o caudal hidráulico é maior que o caudal hidrológico ($Q_h < Q$).

Não cumpri com os requisitos, quando o caudal hidráulico for menor que o caudal hidrológico ($Q_h > Q$), neste caso deve-se rever os dados da largura da superfície (B), base do canal (b), talude (z), altura do canal (Y), ou ainda propor outra secção transversal.

10.1. Resumo dos Cálculos

Tabela: 8

Parâmetros Hidrológicos da Vala.

Elementos hidrológicos						
Precipitação (P)	Tempo de duração da Precipitação (h)	Intensidade média da chuva (I)	Coefficiente de Escoamento (C)	Área da bacia (Ad)	Vazão de pico da bacia Hidrográfica (Qh)	
106,3mm	24 horas	4,42 mm/h	0,25	26 ha	0,079 m³/s	

Tabela: 9

Parâmetros Hidráulicos da Vala.

Elementos hidráulicos										
Largura da Superfície líquida (B)	Profundidade de Escoamento (Y)	Largura de fundo (b)	Talude (z)	Área molhada (A)	Perímetro molhado (P)	Raio Hidráulico (Rh)	Profundidade média (Ym)	Declividade (I)	Velocidade de Escoamento (V)	Vazão Hidráulico /Caudal (Q)
5,50 m	1,65 m	2,10 m	1,03	6,27 m²	6,84 m	0,917 m	1,14 m	0,012%	1,923 m/s	12,06m³/s

10.2. Soluções Para evitar Factores de Inundações

A ocorrência de inundações em áreas urbanas está frequentemente associada à ausência de infraestrutura adequada de drenagem, à ocupação irregular do solo e à má gestão dos sistemas existentes. No caso específico da vala de drenagem do bairro da Assaca, propõem-se as seguintes soluções para mitigar os factores de inundação:

10.2.1. Adequação da Secção Hidráulica da Vala

A geometria da vala deve ser projetada para acomodar o caudal máximo previsto para a bacia hidrográfica local. Isso inclui o dimensionamento adequado da largura do fundo (b), da largura da lâmina de água (B), da profundidade (Y) e do talude (z). Além disso, a declividade longitudinal deve ser suficiente para garantir a autolimpieza do canal, evitando o acúmulo de sedimentos (TUCCI, 2008).

10.2.2. Revestimento e Estabilização do Canal

A adoção de revestimentos como betão reduz o risco de erosão nas paredes e no fundo da vala, aumentando sua durabilidade e capacidade hidráulica. Essa solução também reduz a infiltração indesejada e melhora a condução do escoamento superficial (MACEDO, 2009).

10.2.3. Manutenção e Limpeza Periódica

A remoção regular de resíduos sólidos é essencial para garantir o pleno funcionamento da vala. Resíduos como plásticos, folhas e materiais provenientes de residências devem ser removidos periodicamente, especialmente antes e durante o período chuvoso, evitando obstruções e transbordamentos.

10.2.4. Controlo da Ocupação nas Margens

É fundamental respeitar as faixas de proteção da vala, impedindo construções ou lançamentos indevidos próximos ao canal. A ocupação desordenada compromete a eficiência hidráulica e aumenta o risco de inundações e contaminação da água (TUCCI, 2008).

10.2.5. Estruturas Complementares de Controle de Vazão

A implantação de caixas de retenção, bacias de detenção e poços de infiltração contribui para o controle do pico de vazão e a redução do volume escoado diretamente para a vala. Essas estruturas permitem o armazenamento temporário das águas pluviais e a posterior infiltração no solo.

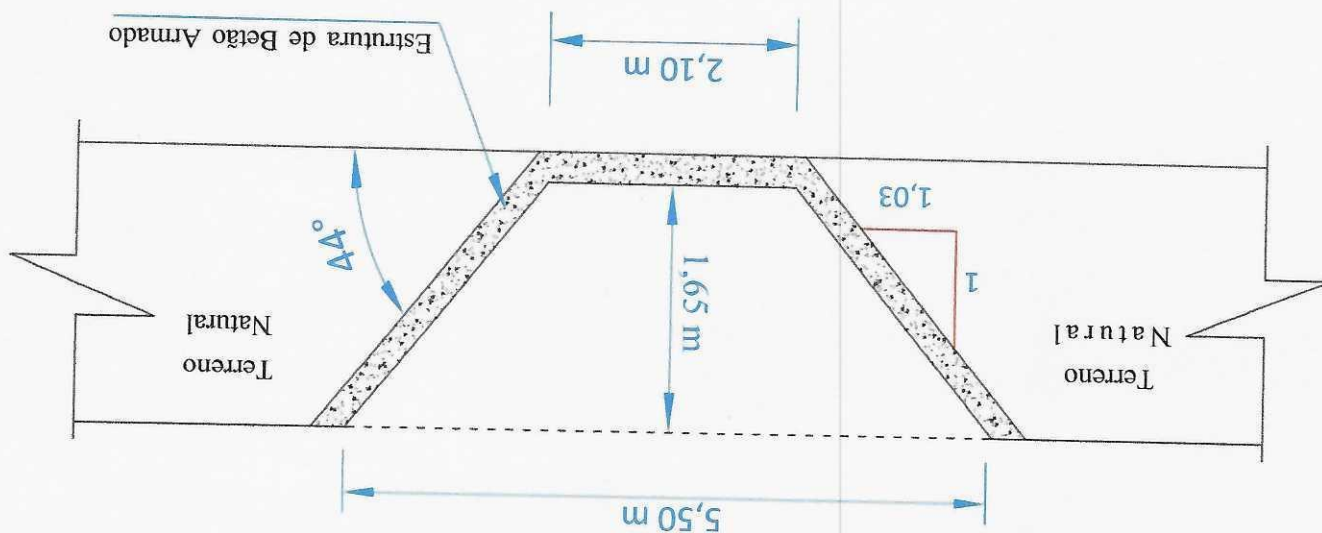
10.2.6. Educação Ambiental e Envolvimento Comunitário

A conscientização da população local sobre o impacto do lixo e do descarte irregular de resíduos é essencial. A comunidade deve ser envolvida na conservação da vala, atuando como agente fiscalizador e colaborando com práticas sustentáveis.

10.3. Propostas de Intervenção para Redimensionamento e Melhoria do Escoamento da Vala de Drenagem do Bairro da Assaca, Município do Sumbe.

Figura: 9

Estado actual da vala - Secção Transversal



Para garantir a durabilidade, eficiência hidráulica e funcionalidade da vala, propõem-se as seguintes intervenções:

- Rampa de serviço em trecho acessível lateral à vala, com piso reforçado e superfície antiderrapante, garantindo acesso para ações de limpeza mecânica.
- Com base em critérios de projecto estabelecidos na norma portuguesa NP EN 752 e nas orientações do Manual de Drenagem Urbana (LNEC, 2006), recomenda-se que a declividade mínima de valas e canais abertos em zonas urbanas não seja inferior a 0,001, a fim de manter o escoamento eficiente e evitar processos de sedimentação. Neste sentido, propõe-se o ajuste da declividade actual de 0,0012 para 0,001.
- Revisão e reforço da geometria da secção trapezoidal, com base inferior de 2,10 m, largura superior de 5,50 m e altura entre 1,60 e 1,65 m, mantendo o talude $z = 1,03$, que permite boa capacidade hidráulica em áreas urbanas compactas.
- Instalação de bacias de retenção ou caixas dissipadoras a montante, com o objetivo de reter sólidos e reduzir a intensidade do escoamento durante chuvas intensas.
- Criação de pontos de inspeção e monitoramento ao longo dos 402 metros da vala, possibilitando ações corretivas mais ágeis.

11. Conclusão

O presente trabalho analisou tecnicamente a vala de drenagem do bairro da Assaca, no município do Sumbe, evidenciando a necessidade de intervenções preventivas e corretivas voltadas à melhoria do sistema de drenagem pluvial local. Através do estudo da geometria da vala, do comportamento hidráulico do escoamento e da caracterização da bacia hidrográfica, constatou-se que, embora ainda não tenham sido registrados eventos de inundação, o atual dimensionamento e estado de conservação da infraestrutura representam um risco crescente para a ocorrência de alagamentos e erosões, sobretudo em períodos de chuvas intensas.

A presença contínua de resíduos sólidos no interior da vala, oriundos de habitações vizinhas, bem como o desgaste do revestimento em pedra argamassada, comprometem o desempenho hidráulico da estrutura. As propostas de redimensionamento, reforço estrutural e controle de resíduos apresentados neste trabalho têm por objetivo antecipar e mitigar os efeitos adversos que podem comprometer a eficiência do sistema de drenagem.

Conclui-se, portanto, que a reabilitação e o redimensionamento da vala da Assaca configuram-se como medidas essenciais para assegurar o funcionamento adequado do escoamento pluvial, garantir a proteção da infraestrutura urbana e promover a segurança ambiental e sanitária da população local. Espera-se que este estudo contribua como base técnica para a tomada de decisões futuras no contexto da gestão urbana e do planejamento hidráulico no município do Sumbe.

12. Recomendações

A vala de drenagem do bairro da Assaca apresenta características geométricas razoáveis para o escoamento de águas pluviais, porém enfrenta desafios como a presença de resíduos sólidos, dificuldades de manutenção e taludes relativamente íngremes ($z = 1,03$). Com base nisso, recomenda-se:

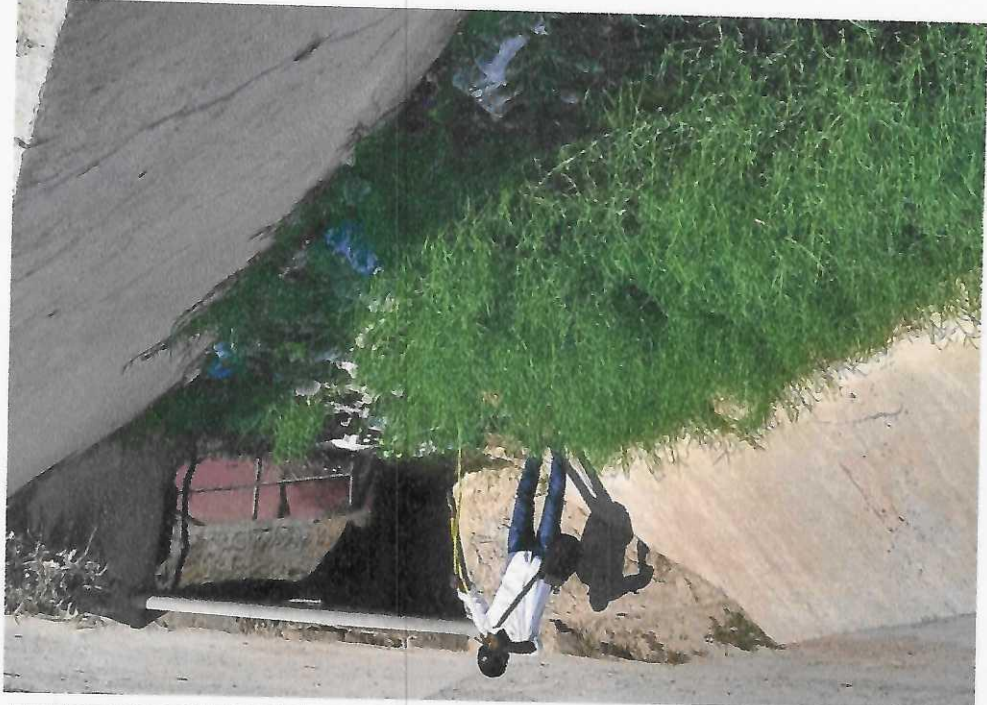
- Implantação de uma rampa de acesso permanente, construída em betão com largura mínima de 1,5 m e inclinação inferior a 10%, para permitir a entrada de mini retroescavadeiras ou outros equipamentos leves de limpeza periódica.
- Melhorias no controle de resíduos sólidos, com instalação de grades metálicas e caixas de inspeção para interceptação de materiais oriundos das residências e do posto médico vizinho.
- Reforço do revestimento da vala, especialmente em zonas críticas, com betão simples ou ciclópico, substituindo ou complementando o atual revestimento em pedra argamassada.
- Estabilização dos taludes, considerando o valor $z = 1,03$, por meio de mantas geotêxteis, gabões ou vegetação adequada, a fim de evitar escorregamentos e erosão.
- Educação e sensibilização da comunidade local, com ações voltadas à gestão correta dos resíduos e valorização da infraestrutura de drenagem urbana.

Adicionalmente, recomenda-se a substituição parcial ou total do revestimento atual em pedra argamassada por revestimento em betão ciclópico, especialmente nos trechos de maior solicitação hidráulica ou com histórico de degradação. O betão ciclópico, por combinar betão simples com blocos de pedra, oferece uma solução mais econômica, durável e com melhor resistência à erosão em comparação com a pedra argamassada tradicional. Essa alternativa proporciona maior estabilidade aos taludes e reduz a frequência de intervenções de manutenção, sendo amplamente recomendada em projectos de drenagem urbana, conforme Tucci (2002).

13. Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9649: Projeto de canais de irrigação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- Agência Nacional de Águas (ANA). Manual de Drenagem Urbana Sustentável. <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/planejamento-e-gestao/manuais> em: <https://www.abntcatalogo.com.br>
- Azzout, Y. B., Cres, F. N., & Alfakih, E. (1994). Techniques Alternatives en Assainissement Puvial (Technique et Document ed.). (C. r. Choix, Ed.) Paris, França: Lavoisier.
- Azevedo Neto, J., & Alvarez, G. (1991). Manual de Hidráulica. Sao Paulo: E. Blucher.
- Azevedo, N. (1991). Manual de hidráulica (Vol. 724p). Sao Paulo: E. Blucher.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. ABES, 2006.
- Baptista, M., Lima, E., Silva, & Tucci. (2005). Indicador de performance de sistemas de drenagem Urbana por vias, sectores e bairros. (P. Joao Pessoa, Ed.) In XVI Simposio Brasileiro de Recursos Hidricos.
- Batistela, T. S. (2009). O Zoneamento Ambiental e o desafio da construção da gestão Ambiental Urbana. (U. d. Brasília, Ed.) Brasília: Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo).
- BERNARDO, L. C. Hidráulica Aplicada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- COSTA, W. K. da Patologias em sistemas de drenagem pluvial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br>
- Carvalho, J. (2002). Obras Hidráulicas. Apostila.
- Carvalho, J. D. (2009). Obras Hidráulicas. (U. F.-D. Engenharia, Ed.) Lavras – Mg: Ufla.
- CHOW, V. T. Open-Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill, 1959.
- Google Scholar – <https://scholar.google.com>
- <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sumbe>

- Jorge, E. M. (1 de Dezembro de 2017). Pluviosidade da Província de Benguela. Benguela: Universidade de Jaen Piaget de Benguela, Departamento de Ciências & Tecnologia.
- MACEDO, J. J. S. Drenagem Urbana – Projeto de Canais. Rio de Janeiro: ABRH, 2009.
- MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, HABITAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS DE ANGOLA. Manual de Projetos Hidráulicos Urbanos. Luanda, 2019.
- NASCIMENTO, J. W. B. Impactos ambientais em áreas urbanas: drenagem pluvial e resíduos sólidos. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 3, p. 297-304, 2010.
- OPAS. Gestão de riscos ambientais urbanos e saúde pública. <https://www.paho.org/pt/topicos/ambiente-e-saude>
- PEREIRA, M. G.; CAVALCANTI, E. P. Gestão de Resíduos Sólidos em Áreas Urbanas. Revista RBGU, 2018. <https://www.scielo.br/j/urb/>
- PORTO, R. L. L.; TUCCI, C. E. M. Manual de Drenagem Urbana. Secretaria de Recursos Hídricos - Ministério do Meio Ambiente, 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/>
- TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana: Avaliação e Controle de Enchentes. TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 2008. Disponível em: <http://www.labhidro.ufrs.br/tucci/>
- TUCCI, C. (1995). Indundacoes Urbanas. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS.
- TUCCI, C. (2005). Aguas Urbanas: Interfaces no gerenciamento. In: Philippi JR, A. Saneamento Saude e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentavel. Barueri: Manole.
- Tomaz, E. P. (2002). Cálculos hidrológicos e hidráulicos para. Guarulhos: ISBN 85-87678-07.
- UFRGS, 1993.



Proyecto Integrador