



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

FACULDADE DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE CARGAS GERADAS PELO VERTEDOR TRIANGULAR EM PROCESSOS DE MISTURA DE PESTICIDAS USADOS NO REGADIO DE CHÓKWÈ

Autor: Custódio José Rafael

Tutor: Mário Tauzene Afonso Matangue.

Co-Tutor: Enoque Moiane

Chókwè, Setembro de 2019



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de Licenciatura sobre a DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE CARGAS GERADAS PELO VERTEDOR TRIANGULAR EM PROCESSOS DE MISTURA DE PESTICIDAS USADOS NO REGADIO DE CHÓKWÈ, apresentado ao Curso de na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Autor: Custódio José Rafael

Tutor: Mário Tauzene Afonso Matangue

Co-Tutor: Enoque Moiane

ÍNDICE

RESUMO.....	I
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos.....	2
1.1.1. Geral.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
1.2. Definição do problema do estudo e justificativa.....	2
1.3. Hipótese de estudo.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Estruturas hidráulicas para mistura rápida.....	4
2.1.1. Injectores e difusores.....	4
2.1.2. Calha Parshall.....	5
2.1.3. Vertedores.....	7
2.2. Gradiente de velocidade.....	10
2.2.1. Tempo de mistura.....	11
2.2.2. Perda de carga.....	11
2.2.3. Volume de água na camara de mistura.....	12
2.3. Pesticidas.....	12
2.3.1. Propriedades físicas e químicas do oxadiazão.....	12
2.3.2. Aplicações do oxadiazão.....	13
2.3.3. Equipamento de proteção individual.....	13
2.3.4. Importância da agitação da calda.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. Área de estudo.....	15
3.2. Descrição do regadio de chókwe.....	15
3.3. Identificação dos pesticidas utilizados no regadio de Chókwe.....	16
3.4. Dimensionamento do vertedor triangular.....	17
3.5. Construção do vertedor triangular.....	17
3.5.1. Fundações e laje de fundo.....	17
3.5.2. Levantamento das paredes.....	18
3.6. Determinação das perdas de cargas geradas pelo vertedor triangular.....	19
3.7. Verificação do nível de homogeneidade da calda de pesticida obtido no processo de mistura.....	20
4. RESULTADOS.....	23
4.1. Dimensionamento do vertedor.....	23
4.2. Desenho da estrutura completa com destaque ao vertedor triangular.....	23
4.3. Determinação de gradientes de velocidade.....	25
4.4. Verificação de nível de homogeneidade da calda.....	25
5. DISCUSSÃO.....	27

6.	CONCLUSÃO	29
7.	RECOMENDAÇÕES.....	30
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
9.	ANEXOS	32
9.1.	Anexos A: Tabelas	32
9.2.	Anexo B: MEMORIAL DE CÁLCULOS	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Malhas Difusoras.....	4
Figura 2: Calha Parshall. A largura da garganta w do medidor é a grandeza que o define	6
Figura 3: Vertedor triangular	9
Figura 4: Vertedor triangular em 3D	9
Figura 5: Homogeneidade da calda.....	14
Figura 6: Mapa do distrito de Chókwè, ilustrando o local de estudo	15
Figura 7: Tipo de herbicida utilizado.....	16
Figura 8: Processo de compactação de areia e brita	18
Figura 9: Reboco e impermeabilização das paredes internas da estrutura.....	19
Figura 10: Vertedor triangular em operação	20
Figura 11: Balde personalizado para dosear pesticidas	21
Figura 12: Colecta das amostras de calda após a mistura.....	22
Figura 13: Processo de verificação de homogeneidade da calda.....	22
Figura 14: Projecção de vertedor em alçados	23
Figura 15: Planta baixa de toda estrutura incluindo a alocação de pilares	24
Figura 16: Projecção da estrutura completa em 3D, com detalhes do vertedor.....	24
Figura 17: Verificação de nível de homogeneidade da calda	25

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Vantagens e desvantagens da mistura rápida com injectores e difusores.....	5
Tabela 2: Vantagens e desvantagens da mistura rápida com calha parshall.....	7
Tabela 3: Vantagens e desvantagens de vertedouros	10
Tabela 4: Resultados do dimensionamento do vertedor considerando 20 litros por segundo	23
Tabela 5: Resultados do dimensionamento do vertedor considerando 4,45 litros por segundo ...	23
Tabela 6: Verificação de gradiente nos três caudais testados	25
Tabela 7: Resultado da verificação de homogeneidade da calda.....	26
Tabela 8: Materiais necessários para a realização do trabalho	32
Tabela 9: Valores do caudal em relação a carga hidráulica	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

DNA – Direcção Nacional de Águas

EPI – Equipamentos de Protecção Individual

ETA – Estação de Tratamento de Água

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

ha – hectare

H_{dv} - Desnível entre o fundo da camara e vértice do vertedor

H_f – Perdas de carga (m)

HICEP – Hidráulica de Chókwe, Empresa Pública

ISPG – Instituto Superior Politécnico de Gaza

km – quilómetros

m – metros

Q – Caudal ou vazão (m^3/s)

Rot. – rotação de válvula do reservatório

T – tempo (s)

V – Volume de água (m^3)

γ – Peso específico da água (kgf/m^3)

μ – Viscosidade dinâmica ($kgf/m^2.s$)

DEDICATÓRIA

*A Deus pelo seu amor e infinita grandeza e misericórdia.
Aos Meus pais José Rafael e Adelaide Custódio José e aos meus irmãos, especialmente, o
Ricardo José Rafael pelo apoio e a minha namorada Laurentina.*

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a DEUS, que me possibilitou a conclusão do curso e esteve ao meu lado, conduzindo-me e fortalecendo-me nos, não raros, momentos de fraqueza.

Agradeço a minha família, sobretudo à minha mãe Adelaide Custódio José, meu pai José Rafael e meus irmãos, especialmente meu irmão Ricardo José Rafael, que me incentivaram e compreenderam a minha ausência continuada, e pelo seu apoio incondicional. Sem o apoio familiar seria muito difícil dedicar-me à pesquisa.

A minha namorada Laurentina, pelo apoio incondicional e que me incentivou e compreendeu a minha ausência continuada.

A todos os docentes do ISPG pela oportunidade de terem participado na construção deste sonho que está se realizando e principalmente pelos seus ensinamentos que ficaram marcados. Em especial ao Dr. Mário Tausene Afonso Matangue pela orientação, confiança, apoio e ensinamentos prestados.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, especialmente ao Luís Djedje e Cláudia Irene pelo companheirismo durante a formação e realização deste trabalho. Ao mestre das obras, Sérgio, pela ajuda e trabalho que juntos desenvolvemos durante a realização deste trabalho.

A família Isaque e Patrícia, a Sra Dionísia e a Sra Joana, pelo acolhimento e apoio durante a minha formação e realização do presente trabalho

Aos meus irmãos na fé, Irmão Luís Nhameleque, Eliseu Gujamo, a evangelista Lídia, pastor Hilario Zunguze e todos outros cristãos da Igreja Evangélica Assembleia de Deus.

A Sra Ermelinda, dona da lanchonete próxima ao ISPG, pelo apoio sempre que precisava durante a minha formação.

A todos que contribuíram directa ou indirectamente para esta conquista, o meu muito obrigado (Khanimabo, nyibonghide).



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Chókwè, _____ de _____ de _____

(Custódio José Rafael)

RESUMO

O vertedor triangular apresenta diversas vantagens como a operação em pequenos caudais, baixo custo de operação e manutenção. A estrutura gera perdas de cargas que são aproveitadas nas ETAs para a mistura rápida de coagulante, onde já se fez estudo e mostrou que para a sua excelente mistura o gradiente de velocidade deve estar entre 700 s^{-1} e 1100 s^{-1} , a tempo de mistura não superior a 5s.

No regadio de Chókwè usa-se sistema manual para mistura de pesticidas, isso que gera varias desvantagens durante o manuseio, como a facilidade da injeção ao corpo humano, elevada mão-de-obra, coloca a saúde pública em risco, aplicação da força humana durante o preparo da calda.

Tem-se como objectivo neste trabalho determinar gradientes óptimos de mistura gerado pelo vertedor triangular em processos de mistura de pesticidas usados no regadio de Chókwè.

Foi feito um dimensionamento hidráulico do vertedor com base nas equações disponíveis nas literaturas, onde posteriormente se procedeu com a sua construção e colocou-se em funcionamento que permitiu a determinação das perdas de cargas geradas e a verificação do nível de homogeneidade da calda. Utilizou-se pesticidas aplicados na cultura de arroz para o presente estudo, especificamente o oxadiazão.

Esta estrutura gerou gradientes de velocidade de, entre $2.267,809 \text{ s}^{-1}$ e $2.287,648 \text{ s}^{-1}$, que foram capazes de misturar pesticidas em pouco, menos que um (1) segundo, tempo e que se recomenda a sua implementação nos regadios ou em campos agrícolas e evitar fazer a preparação da calda de pesticidas manualmente como tem sido feito, isso que reduz a aplicação da força humana, mão-de-obra, vulnerabilidade a saúde, etc.

Palavras-chaves: gradiente de velocidade, pesticidas, vertedor triangular, perda de carga

ABSTRACT

The triangular spillway has several advantages such as small flow operation, low operation and maintenance cost. The structure generates load losses that are used in the ETAs for the fast coagulant mixture, where it has been studied and showed that for its excellent mixture the speed gradient must be between 700 s^{-1} and 1100 s^{-1} , in time of a mixture not exceeding 5 s.

In Chókwè irrigation, a manual pesticide mixing system is used, which generates several disadvantages during handling, such as the ease of injection into the human body, high labor, putting public health at risk, the application of human force during the preparation of the syrup.

The objective of this work is to determine optimal mixing gradients generated by the triangular spillway in pesticide mixing processes used in the Chókwè irrigation.

A hydraulic sizing of the spillway was made based on the equations available in the literature, where it was later proceeded with its construction and put into operation that allowed the determination of the generated losses and the level of homogeneity of the syrup. The rice crop pesticides were used for the present study, specifically oxadiazon.

This structure generated velocity gradients of between $2,267,809 \text{ s}^{-1}$ and $2,287,648 \text{ s}^{-1}$, which were able to mix pesticides in a little, less than one (1) second, time and their implementation in irrigated areas is recommended or in agricultural fields, and avoid preparing pesticide spray manually as has been done, which reduces the application of human force, labor, health vulnerability, and so on.

Keywords: speed gradient; pesticides; triangular spillway; pressure drop.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e a demanda crescente de alimentos têm motivado o uso de grandes quantidades de pesticidas nas plantações (para prevenir ou combater pragas), visando assegurar maior produtividade. Muitos produtos são utilizados para eliminar formas de vida vegetal ou animais indesejáveis nas culturas agrícolas e na pecuária (Sanches *et al.*, 2003).

Segundo Boland, *et al.* (2005), o uso de pesticidas, sempre que possível, deve ser completamente evitado. Antes de se enveredar por esta solução dever-se-á explorar todas as opções possíveis quanto ao uso de métodos alternativos de protecção de plantas, sem a utilização de produtos químicos. Apenas caso nenhum desses métodos resultar, dever-se-á, como último recurso, considerar o controlo químico.

É assim considerado devido ao seu potencial tóxico o que requer muita atenção durante o seu preparo e aplicação, o que origina vulnerabilidade a saúde pública porque segundo Boland *et al.* (2005), quando se trabalha no campo, muitas das vezes não se seguem cuidadosamente as instruções de segurança sobre o uso e aplicação do produto o que expõe o trabalhador a riscos de saúde irresponsáveis.

Estes são muito tóxicos em contacto com o corpo humano, e no regadio de Chókwè são muito usados e o seu preparo é manualmente feito nos depósitos extras ou mesmo no próprio tanque pulverizador, exigindo muito a força humana para o processo da preparação da calda. Sendo este regadio muito grande, os produtores também tem grandes áreas de produção e por aplicar esses agrotóxicos para o alcance dos seus objectivos, o que coloca em perigo a vida humana porque devem preparar grandes volumes.

Assim sendo, surge a necessidade de utilização das estruturas hidráulicas como os vertedores para o preparo da calda de pesticidas e sabendo que, segundo Netto (1998), há muito tempo que estes (vertedores) estão sendo utilizados para medição de vazão de pequenos cursos de água e condutos, assim como o controlo de escoamento em galerias e canais. Mas com o passar do tempo foi se descobrindo o aproveitamento das perdas de cargas nela geradas para a mistura rápida de coagulante nas estações de tratamento de água. O mesmo pode ser feito na agricultura, no processo de preparação de calda de pesticida, este que para além de reduzir o trabalho humano neste processo pode também prevenir contra a intoxicação que o homem esta exposto, visto que esses produtos são altamente tóxicos. A implementação dessas estruturas nos regadios ou nos campos agrícolas pode

reduzir as vulnerabilidades a saúde pública, para além de reduzir mão-de-obra durante o seu preparo e com capacidade de produzir grandes quantidades em pouco período de tempo.

1.1. Objectivos

1.1.1. Geral

- Determinar gradientes óptimos de mistura gerado pelo vertedor triangular em processos de mistura de pesticidas usados no regadio de Chókwè

1.1.2. Específicos

- Identificar os pesticidas utilizados no regadio de Chókwè;
- Dimensionar e construir o vertedor triangular;
- Determinar as perdas de cargas geradas pelo vertedor triangular,
- Verificar o nível de homogeneidade da calda de pesticida obtido no processo de mistura.

1.2. Definição do problema do estudo e justificativa

A selecção do volume de líquido é recomendado no rótulo do frasco de pesticida, mas geralmente no regadio de Chókwè é aplicado 200 litros por hectare. O preparo da calda no regadio é manualmente feito num deposito com capacidade de 200 litros, outros fazem no tanque pulverizador, mexendo com um pedaço de madeira com vista homogeneizar a mistura, durante 10 a 15 minutos, e segundo a FAO & OIT (2015), durante a mistura de pesticidas, o líquido pode espirrar na pele ou nos olhos, para além de ser derramados na roupa e assim entrar em contato com a pele, o que pode ocasionar algumas consequências a saúde.

Sabendo dos danos que a mistura de pesticidas possa ocasionar na saúde pública, e tendo em conta a dimensão do regadio de Chókwè, segundo Abbas (2018), muitos produtores desempenham as suas actividades em áreas muito maiores (mais de 10 ha), o que torna muito trabalhoso preparar grandes volumes de calda de pesticidas para sua aplicação. Assim, surge a necessidade da implementação de uma estrutura hidráulica para mistura rápida desses productos. Neste caso, optou-se pela implementação de vertedor triangular, sabendo que este tipo de estrutura já está sendo usado a nível mundial nas estações de tratamento de água para o consumo, para mistura rápida do coagulante com água bruta. Assim, em menos de 5 segundos pode-se ter a calda preparada a bom nível de homogeneidade.

A escolha deste tipo de estrutura é devido as suas vantagens de implementação, operação e manutenção. E a escolha do campus do ISPG para implementação deste estudo foi devido a segurança, sabendo que esta instituição dispõe de um corpo de segurança que vai prevenir face a vandalização da estrutura, e também pode ser usado como material didáctico para alguns cursos ministrados naquela instituição de ensino superior.

1.3. Hipótese de estudo

As perdas de cargas geradas pelo vertedor triangular apresentam gradientes óptimos para mistura rápida de pesticidas utilizados no regadio de Chókwè.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estruturas hidráulicas para mistura rápida

Segundo SANEAGO (2006), nas estações de tratamento de água são usados vários tipos de estruturas hidráulicas para a mistura rápida do coagulante com água bruta, dentre eles, os mais utilizados são as injectores e difusores, a calha Parshall e vertedores.

2.1.1. Injectores e difusores

Segundo PAZ (2007) os difusores são dispositivos inseridos em uma secção transversal de escoamento de água (canal ou tubulação) com o objectivo de distribuir o coagulante uniformemente. Os injectores para diâmetros das adutoras inferiores a 300 mm introduzem o coagulante em um único ponto na parede da tubulação e para diâmetros maiores no centro do cano. Em qualquer caso os injectores precisam de grades, deflectores ou restrições à jusante da aplicação do coagulante para otimizar a mistura (Bernardo & Dantas, 2005 citados por PAZ, 2007).

As malhas difusoras são instaladas nas condutas fechadas, onde fluxo do coagulante na conduta é contrária ao fluxo da água em tratamento, como ilustra a figura 1.

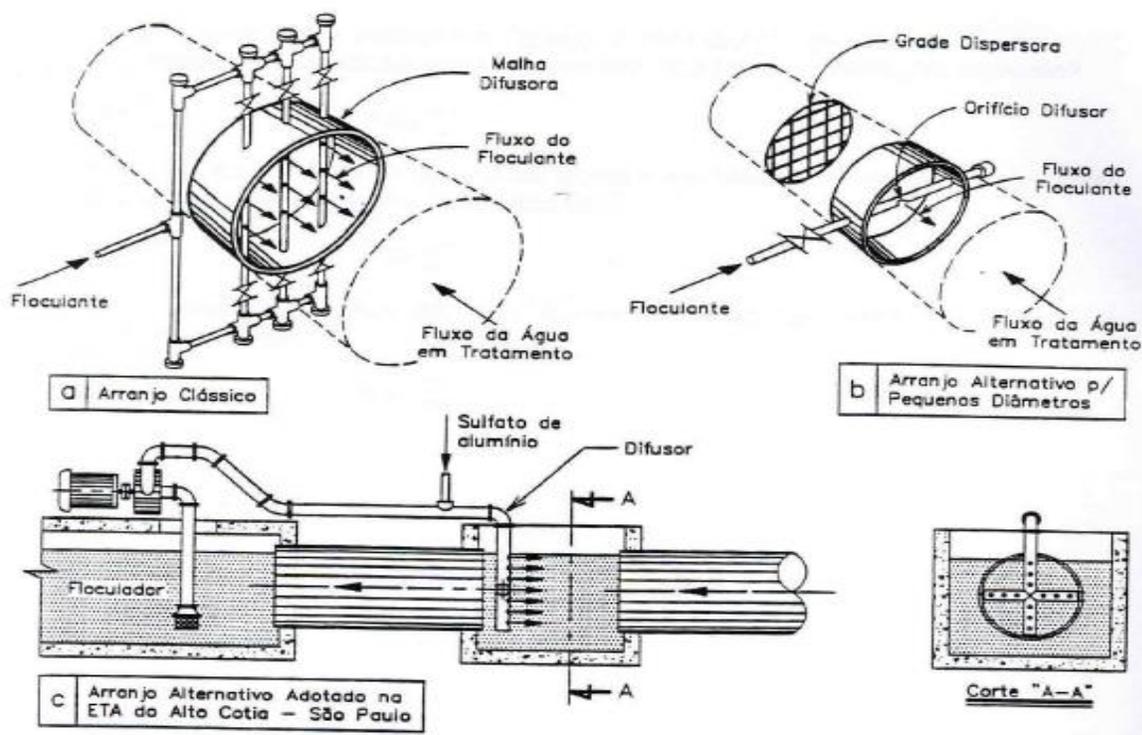


Figura 1: Malhas Difusoras (fonte: SANEAGO, 2006)

A tabela 1, ilustra as vantagens e desvantagens da mistura rápida com injectores e difusores, durante a instalação, operação e manutenção.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens da mistura rápida com injectores e difusores

Injectores	
Vantagens	Desvantagens
1. A unidade tem maior eficiência na mistura, comparado com o backmix, particularmente no tratamento de água coagulada no mecanismo de neutralização de cargas (Vigneswaran <i>et al.</i> 1995; AWWA, 1991). O misturador ocupa pouco espaço em planta	1. O gradiente de velocidade e o tempo de mistura não podem ser modificados quando existe variação da vazão do afluyente à ETA. 2. A unidade apresenta risco potencial de entupimento do injector, precisando cuidados de preparação do coagulante para minimizar o problema. 3. O misturador requer grade, defletor constrição à jusante da aplicação do coagulante, para otimizar a mistura 4. O uso de injectores em tubulações de grandes diâmetros não é recomendado porque a dispersão do coagulante é ineficiente, assim, Vigneswaram <i>et al.</i> (1995) recomendam a sua utilização em ETAs com vazões inferiores a 580 litros por segundo. 5. Dificil acesso a unidade para manutenção 6. O operador da ETA não pode visualizar a aplicação do coagulante.
Difusores	
Aplicam-se as mesmas vantagens dos injetores	1. Aplicam-se as desvantagens 1, 2, 3, 5 e 6 no caso de difusor em tubulação. 2. Aplicam-se as desvantagens 1, 2 e 3 no caso de difusor em canal.

(Fonte: PAZ, 2007)

2.1.2. Calha Parshall

O dispositivo mais empregado actualmente para a mudança de regime de escoamento é a calha Parshall, dispositivo que serve também para a medição da vazão da estação de tratamento (Richter & Netto, 1991, citado por Ody, 2014).

A calha Parshall é um dispositivo que foi desenvolvido pelo engenheiro do Serviço de Irrigação dos Departamento de Agricultura dos EUA, R.L. Parshall, sendo composta por uma secção convergente, uma secção estrangulada e uma secção divergente. A calha Parshall, ou medidor Parshall, é classificada em função da largura de sua garganta, denominada de W, ou seja, em função da sua menor dimensão em planta (Netto, 1998).

Quanto à selecção da calha Parshall, deve-se fazer considerações sobre as dimensões do canal existente e também possíveis variações de vazão no horizonte de projecto. Deve-se optar por uma calha que tenha a sua garganta com uma medida entre um terço e a metade da largura do canal no qual será instalada (Netto, 1998).

Segundo Netto (1998), Morgan e Ryan projetaram em 1974, para Greeley, no Colorado, EUA, um Parshall modificado, que associa as funções de um medidor às de um dispositivo de mistura rápida: dispersão de coagulantes em tratamento de água.

Este é o dispositivo mais utilizado como misturador rápido. A Calha Parshall alia a função de medidor de vazão à de misturador rápido, quando convenientemente utilizado (SANEAGO, 2006). Este dispositivo contém dados padronizados para o dimensionamento.

Na calha Parshall acontece elevação brusca da superfície livre de água, sob distância curta, acompanhada de instabilidade, com ondulações e entrada de ar do ambiente com conseqüente perda de energia em forma de grande turbulência, necessária para a mistura rápida, como mostra a figura 2.

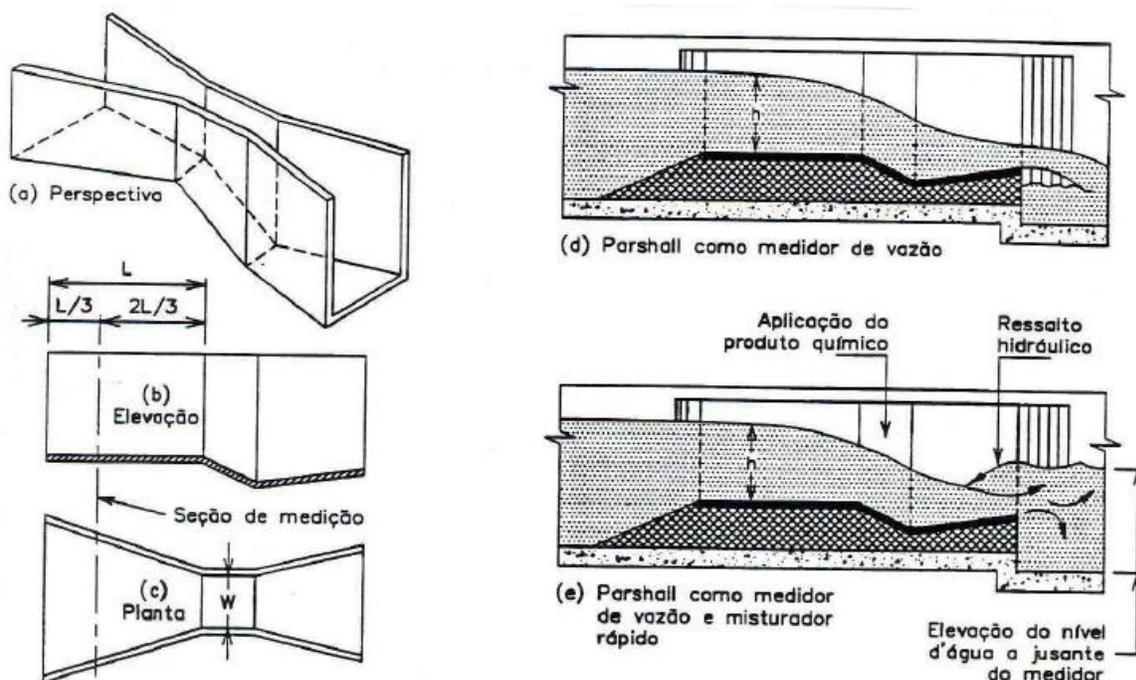


Figura 2: Calha Parshall (fonte: SENEAGO,2006)

Algumas particularidades da utilização da calha parshall como misturador rápido estão na tabela 2.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens da mistura rápida com calha parshall

Vantagens	Desvantagens
<ol style="list-style-type: none">1. A mistura não requer energia elétrica.2. A manutenção é simplificada pela ausência de partes móveis e pela facilidade de acessar à unidade.3. A mistura é ideal para ETAs com vazão afluente constante.4. A unidade é extensivamente utilizada nas ETAs de países como Índia, Brasil e Quênia (VIGNESWARAN <i>et al.</i> 1995).5. A possibilidade de sedimentação de material no fundo do canal é mínima	<ol style="list-style-type: none">1. O misturador, depois de implantado, não pode controlar o gradiente de velocidade e o tempo de mistura quando a vazão afluente à ETA muda (VIGNESWARAN <i>et al.</i> 1995). No entanto, a previsão de uma malha ou vertedor com altura de crista ajustável à jusante do ressalto, pode minimizar esse problema, mas requer cuidado na operação (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).2. A variação da vazão afluente à ETA pode gerar submersão do ressalto, diminuindo a eficiência da mistura (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).3. O misturador pode apresentar erosão no local onde o ressalto é gerado (VIGNESWARAN <i>et al.</i> 1995).4. A construção não é tão simples, comparada com os vertedores5. A unidade ocupa maior espaço em planta na ETA, comparado com difusores, injetores ou misturadores estáticos.6. As unidades para vazões inferiores a 40 L/s podem ser muito pequenas, dificultando sua construção.

(Fonte: PAZ, 2007)

2.1.3. Vertedores

Os vertedores podem ser definidos como simples paredes, diques ou aberturas sobre os quais o líquido escoar. O termo aplica-se também a obstáculos à passagem da corrente e aos extravasores de represas (Netto, 1998). O mesmo autor salienta que os vertedores são orifícios sem borda superior. No vertedor, o nível de água à montante eleva-se até atingir uma cota determinada, que produz uma lâmina sobre a barreira, compatível com a vazão descarregada, formando uma queda de água turbulenta necessária para dispersar o coagulante; assim, pode ser utilizado como misturador rápido e como medidor de vazão.

2.1.3.1. Classificação dos vertedores

Assumindo as mais variadas formas e disposições, os vertedores apresentam comportamentos diversos, sendo muito dos factores podem servir de base para a sua classificação (Netto, 1998).

➤ **Forma**

- Simples (Triangulares, rectangulares, circulares, trapezoidais, etc).
- Compostos (secções combinadas)

➤ **Altura relativa da soleira**

- Vertedores completos ou livres ($p > p'$)
- Vertedores incompletos ou afogados ($p < p'$)

➤ **Quanto a espessura da parede**

- Vertedor de Soleira delgada (chapas ou madeira)
- Vertedor de Soleira espessa ($e > 0,66 H$)

➤ **Quanto a largura**

- Vertedores contraídos com contracção lateral (comprimento soleira $<$ largura do canal)
- Vertedores sem contracção lateral (comprimento soleira = largura do canal)

2.1.3.1.1. Vertedores rectangulares (sem e com contracções)

Segundo Netto 1998, as contracções nos vertedores tem uma grande influência por isso que apresenta fórmulas diferentes para a determinação de vazão.

Fórmula de Francis para cálculo de vazão

$$Q = 1,838L.H^{\frac{3}{2}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Para o caso das contracções, segundo Francis, deve-se considerar a aplicação da fórmula um valor corrigido para L.

Para uma contracção: $L' = L - 0,1H$ (Equação 2)

Para duas contracções: $L' = L - 0,2H$ (Equação 3)

2.1.3.1.2. Vertedores trapezoidais de Cipoletti

Vertedor trapezoidal tipo Cipoletti tem as faces inclinadas de 1 : 4 ($\text{tg } a = \frac{1}{4}$), o que compensa a redução de descarga que haveria no vertedor rectangular, de mesmo comprimento da soleira, em consequência da contracção lateral (NENGOUE, 2015). Segundo o mesmo autor, a descarga do vertedor trapezoidal é calculada como a soma das vazões de um vertedor e de um vertedor rectangular. Na figura 4, esta ilustrado um vertedor trapezoidal

Fórmula de Francis para o cálculo da vazão: $Q = 1,86 L H^{\frac{3}{2}}$ (Equação 4)

2.1.3.1.3. Vertedor triangular

Para medida de pequenas vazões ($Q < 0,03 \text{ m}^3 / \text{s}$) é preferível o emprego dos vertedores triangulares, por que, como é evidente, a carga H é medida mais facilmente que nos vertedores rectangulares (NENGOUE, 2015).

Os vertedores triangulares possibilitam maior precisão na medida de cargas correspondentes a vazões reduzidas e são geralmente trabalhados em chapas metálicas (Netto, 1998).

Fórmula de Thompson para o cálculo de vazão: $Q = 1,4H^{\frac{3}{2}}$ (Equação 5)

Na figura (3) está ilustrado um vertedor triangular, demonstrando a carga hidráulica.

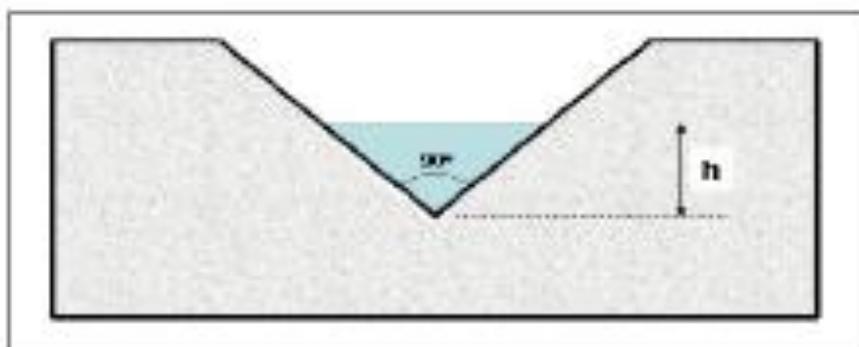


Figura 3: Vertedor triangular (fonte: Vianna, 2012)

Na figura (4), está ilustrado o vertedor triangular com todos seus componentes em 3D

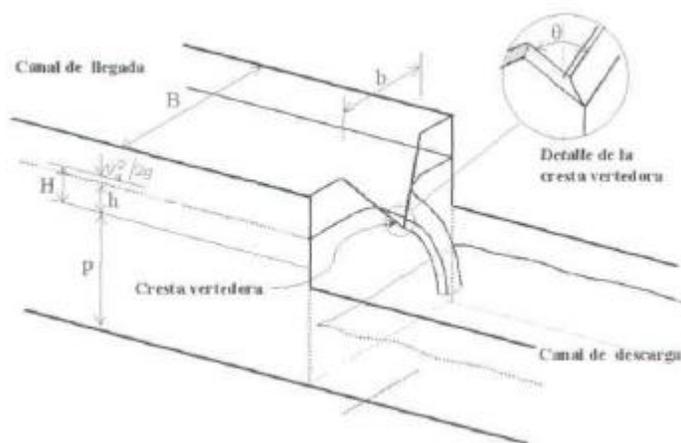


Figura 4: Vertedor triangular em 3D (fonte: Chávez, 2001)

Os vertedores podem apresentar diferentes configurações; o rectangular é preferido pelos engenheiros porque permite maior uniformidade do escoamento e da mistura, fato que não acontece

com os vertedores triangulares ou trapezoidais, porque alguns podem formar uma grossa lâmina de água, o que dificulta a penetração do coagulante e reduz o desempenho do processo (AWWA, 1990 citado por PAZ, 2007). A tabela 3 ilustra algumas vantagens e desvantagens da sua implementação nas estações de tratamento de água.

Tabela 3: Vantagens e desvantagens de vertedouros

Vantagens	Desvantagens
<ol style="list-style-type: none">1. A mistura não requer energia elétrica.2. A manutenção é simplificada pela ausência de partes móveis e pela facilidade de acessar à unidade.3. O vertedor pode ser utilizado como medidor de vazão.4. A mistura é ideal para ETAs com vazão afluente constante.5. A unidade é extensivamente utilizada nas ETAs de países como Índia, Brasil e Quênia (VIGNESWARAN <i>et al.</i> 1995).6. A unidade pode ser facilmente projetada e construída.7. O vertedor é recomendado para ETAs com vazões pequenas (VIGNESWARAN <i>et al.</i> 1995 e DI BERNARDO e DANTAS, 2005).	<ol style="list-style-type: none">1. A perda de carga hidráulica pode ser maior que a gerada nos misturadores do tipo calha <i>Parshall</i> (VIGNESWARAN <i>et al.</i> 1995).2. O misturador requer limpeza periódica pela acumulação de sedimentos antes do vertedor.3. As unidades não se ajustam à variação de vazão afluente à ETA; assim, uma vez instalada, o gradiente de velocidade e o tempo de mistura não podem ser controlados.4. O misturador pode apresentar erosão na estrutura, no local da queda de água

(Fonte: PAZ, 2007)

2.2. Gradiente de velocidade

O conceito de gradiente de velocidade, aplicado particularmente às operações unitárias de mistura rápida e floculação, teve origem nas primeiras teorias sobre a conjunção de partículas, o vonSmoluchowski em 1917, demonstrou que a taxa de colisão entre partículas é resultado do movimento do fluido e, portanto, controlável (Richter e Netto 1991, citados por Ody 2014).

Segundo Ody (2014), o gradiente de velocidade e o tempo de mistura podem ser calculados pelas fórmulas abaixo, apresentadas por Richter e Azevedo Netto:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * h_p}{\mu * T}} \quad (\text{Equação 6}) \quad \text{ou} \quad G = \sqrt{\frac{\gamma * Q * h_p}{\mu * V}} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

G = gradiente de velocidade, em s⁻¹;

γ = peso específico da água, em kgf/m³;

μ = coeficiente de viscosidade absoluta, em kgf . s/m²;

h_p = perda de carga no ressalto, em m;

T = tempo de mistura, em s

V = volume em que a perda se dissipa

Q = caudal da água a ser tratada

2.2.1. Tempo de mistura

Esse parâmetro será determinado pela seguinte equação:

$$T = \frac{l_m}{v_1+v_2} \quad \text{ou} \quad \text{(Equação 8)}$$

$$T = \frac{V}{Q} \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde:

T = tempo de mistura, em s;

v_1 = velocidade da água na secção antes do ressalto, em m/s;

v_2 = velocidade da água na secção após os ressalto, em m/s;

l_m = comprimento do ressalto, em m.

V = volume da água na camara (anteparo)

A dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis deve ser feita a gradientes de velocidade compreendidos entre 700 s⁻¹ e 1100 s⁻¹, em um tempo de mistura não superior a 5 s (ABNT, 1992).

2.2.2. Perda de carga

A perda de carga será determinada pela seguinte equação:

$$h_p = H_{dv} + H - L_m \quad \text{(Equação 10)}$$

Onde:

h_p = perda de carga no ressalto, em m;

H = carga hidráulica, em m;

L_m = Altura da lâmina da água na câmara, em m.

H_{dv} = Desnível entre o fundo da camara e vértice do vertedor

2.2.3. Volume de água na camara de mistura

Volume da água na camara de mistura será calculada pela seguinte equação:

$$V = C * L * L_m \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

C = comprimento da camara, em m;

L = largura da câmara, em m;

L_m = altura lâmina de água na câmara, em m.

2.3. Pesticidas

O conhecimento e as aptidões no que se refere à protecção das culturas contra pragas e doenças melhoraram, significativamente, através dos séculos. Ao longo dos tempos foram, sempre, empregues produtos químicos vegetais e inorgânicos com o objectivo de se restringir os danos provocados pelas pragas e doenças da produção agrícola e animal (Boland *et al.*, 2005).

Pesticidas é o nome genérico usado para designar os produtos agro-químicos que são usados com objectivos de protecção das culturas, eles podem ser distribuídos em herbicidas, insecticidas, acaricidas, fungicidas, etc. Um pesticida é uma substância que pretende evitar, destruir, repelir e controlar qualquer praga ou doença causada por micro-organismos, assim como ervas daninhas indesejadas (Boland *et al.*, 2005). Segundo o mesmo autor, os pesticidas podem afectar pragas e micro-organismos prejudiciais através do contacto directo, alimentação ou outros tipos de exposição durante as fases de crescimento da cultura. A produção da planta pode ser protegida durante as fases de conservação, armazenamento, transporte, distribuição e processamento.

Existem diversos tipos de pesticidas, estes, variando de acordo com a cultura. Segundo Agro-Serviços (2013), alguns pesticidas mais usados a nível mundial para a cultura de arroz são: azimsulfurão, bentazone, MCPA, oxadiazão, molinato, sulfato de cobre, profoxidime, cicloxidime, glifosato, imazamox, etc. Destes, no regadio de Chókwè é mais usado o MCPA, propanil e arroztar (oxadiazão).

2.3.1. Propriedades físicas e químicas do oxadiazão

Segundo CHEMCHINA (2011), as propriedades físicas e químicas do oxadiazão são as seguintes: o produto técnico é cristal incolor ou amarelo claro e não absorve umidade; ponto de fusão é de

cerca de 90 °C; pressão de vapor de $\leq 0,133\text{MP}$ (20 °C); solubilidade (20 °C) de 0,7mg / L em água, 600g / L em acetona e anisol, 1kg / L em benzeno, tolueno e clorofórmio e 100g / L em etanol e metanol; estável sob condições normais de armazenamento.

2.3.2. Aplicações do oxadiazão

Segundo CHEMCHINA (2011), é um herbicida selectivo antes e depois da germinação, principalmente absorvido através de brotos ou folhas de caule; mais eficaz em ervas daninhas no estágio de germinação, e diminui com o crescimento de ervas daninhas; basicamente ineficaz em plantas daninhas adultas, e úteis no controle de *Echinochloa crusgalli*, *Semen Euphorbiae*, *Paspalum*, *Cyperus difformis*, *Cyperus deformis*, *Sheathed Monochoria*, *Sagittaria pygmea*, *Equisetum ramosissimum* e gramíneas anuais nas famílias Amarantáceas, Chenopodiaceas, Euforbiáceas, Oxalidáceas e nas famílias de convolvuláceas em arroz, soja, algodão, cana-de-açúcar e outros campos e pomares.

2.3.3. Equipamento de proteção individual

Segundo Ciati *et al.*, (2005), existem roupas e equipamentos específicos para o aplicador de agrotóxicos, que têm por finalidade evitar o contacto directo com o produto durante a aplicação, e cada equipamento de proteção tem uma função específica, como:

- Proteção da pele - usar luvas, chapéu de abas largas e avental impermeáveis, camisa com mangas longas e calça;
- Proteção dos pés - botas impermeáveis;
- Proteção dos olhos e face – óculos de segurança e protetor facial;
- Proteção quanto à inalação do produto - máscaras com filtros específicos, para a aplicação de agrotóxicos.

2.3.4. Importância da agitação da calda

Segundo a ANDEF (2010), o primeiro passo na regulação de qualquer pulverizador é saber se o sistema de agitadores funciona adequadamente. No caso dos pulverizadores tratorizados, a tomada de potência (TDP) é que aciona a bomba e o sistema de agitação mecânico. Deve-se trabalhar com uma rotação de 540 rpm na tomada de potência (TDP), por ser esta a rotação para o qual o sistema normalmente é dimensionado.

O mesmo autor, volta dizer que no caso de ser selecionada uma rotação do motor inferior à especificada para proporcionar 540 rpm na TDP, interferências negativas sobre o sistema de agitação poderão ser observadas, em função da redução no número de revoluções da hélice (agitador mecânico) ou da quantidade de calda devolvida ao tanque pelo retorno (agitação hidráulica). Ambas as reduções podem interferir diretamente na eficácia dos produtos fitossanitários utilizados, principalmente em função da sua formulação.

Formulações pó-molhável (PM) ou suspensão concentrada (SC), por possuírem partículas sólidas em suspensão, tendem a se depositar no fundo do pulverizador em condições de agitação ineficiente. Formulações concentrado emulsionável (CE), cujo princípio ativo é um líquido não solúvel em água (óleo por exemplo), tendem a migrar para a superfície nestas mesmas condições (ANDEF, 2010). Isso faz com que, no início da aplicação, a concentração de produtos seja superior (PM ou SC) ou inferior (CE) à do final, ocasionando uma má distribuição mesmo quando a dose por área está adequada como mostra a figura 5.

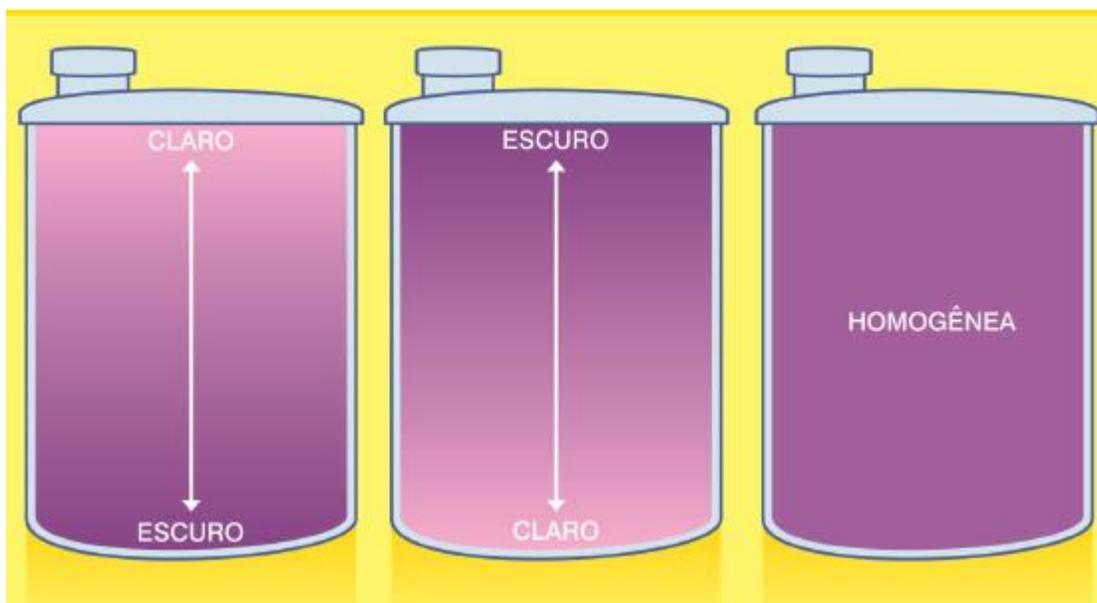


Figura 5: Homogeneidade da calda (fonte: ANDEF, 2010)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Devido as condições de segurança, o projecto não será implementado no regadio de Chókwè, mas sim no campus politécnico do Instituto Superior Politécnico de Gaza, que se situa no posto administrativo de Lionde, distrito de Chókwè na província de Gaza, sul de Moçambique.

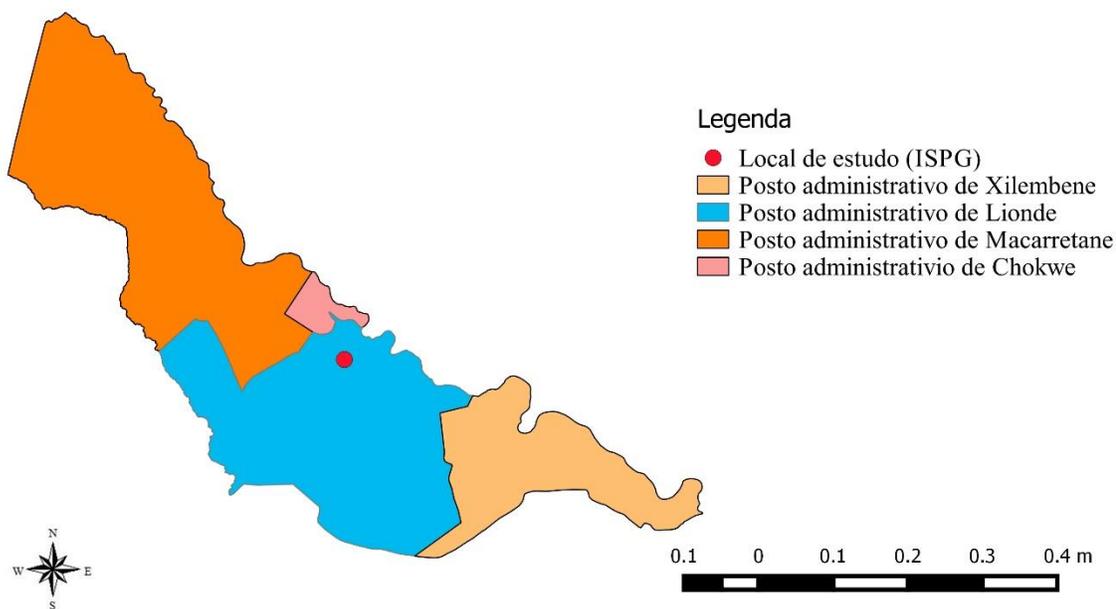


Figura 6: Mapa do distrito de Chókwè, ilustrando o local de estudo

3.2. Descrição do regadio de chókwè

O regadio do Chókwè é o maior regadio no país. Situa-se a cerca de 200 Km a Norte da cidade de Maputo, na Província de Gaza, abrangendo uma área de cerca de 31 000 ha. Estende-se na margem direita do rio Limpopo, possuindo um comprimento de cerca de 8 e 50 Km a montante e a jusante da Barragem de Macarretane, respectivamente, e uma largura que varia entre 3 e 18 Km (DNA, 1996).

Segundo a HICEP (2003), o Regadio de Chókwè serve uma área equipada total de cerca de 28.000 ha (incluindo 2.200 ha por bombagem), a partir de um açude de derivação das águas do rio Limpopo (Macarretane). Estende-se desde a barragem de Macarretane até a região de Chalocuane, Mapapa e Mwachicoluane, num comprimento com cerca de 95 km. O abastecimento de água é assegurado

pelo caudal natural do curso de água em época quente e pelo caudal do rio dos Elefantes, afluente do rio Limpopo, reforçado pelas descargas da barragem de Massingir, em época fria.

A irrigação do Perímetro irrigado do Chókwè é feita a partir do rio Limpopo, através da derivação no açude de Macarretane. Este regadio caracteriza-se por possuir dois sectores distintos, nomeadamente: o Regadio Eduardo Mondlane, com 26.000 ha e diversos sistemas de regadios pequenos e médios, pertencentes ao sector privado e estatal (DNA, 1996).

As principais infraestruturas existentes são as seguintes: barragem de derivação de Macarretane; sistema de distribuição com uma rede de canais de irrigação; sistema de drenagem com uma rede de canais de drenagem; rede viária e diques de defesa.

3.3. Identificação dos pesticidas utilizados no regadio de Chókwè

A identificação dos pesticidas utilizados no regadio foi feita através de uma interação com os agricultores, onde mencionaram diversos tipos de pesticidas para diversas culturas, mas neste regadio produz-se mais o arroz, este que também requer maior quantidade de pesticidas para o controlo de diversas pragas. O principal pesticida usado neste regadio para esta cultura é herbicida, nos estágios pré-emergente e pós-emergente. Para o presente estudo utilizou-se o herbicida *arroztar 25% EC* com substância activa *oxadiazão 250g/l*, como mostra figura 7.



Figura 7: Tipo de herbicida utilizado

3.4. Dimensionamento do vertedor triangular

Inicialmente devia-se utilizar uma bomba com capacidade de recalcar 20 L/s, por isso que, o primeiro dimensionamento foi utilizando 20 L/s como a vazão de entrada no vertedor. Foi impossível aquisição da bomba, daí que se utilizou a água do reservatório elevado do ISPG. Fez-se o teste do caudal, com a abertura máxima da válvula de descarga, encheu-se um depósito de 200 litros de capacidade máxima, cronometrando com um telemóvel o tempo que levou para o seu enchimento, que foram 45s o que resultou numa vazão de 4,45 L/s, para reajustar o dimensionamento, mas com capacidade máxima de 20 L/s. Escolheu-se vertedor triangular com ângulo de 90°, utilizou-se a tabela 9, nos anexos para se achar a carga hidráulica sobre o vertedor (lâmina vertente). Obteve-se uma carga de 18 cm, e se usou 20% para folga, o triângulo passou a ter 21,6 cm de altura.

O dimensionamento que foi feito é hidráulico, para atender um certo gradiente de velocidade para a mistura de pesticidas. Neste caso, para a determinação do gradiente de velocidade usou-se a equação (7), na revisão bibliográfica. Para o cálculo de volume de água na câmara, tempo de mistura e perda de carga foram usadas as equações (11), (9) e (10) na revisão bibliográfica, respectivamente, onde todos os procedimentos de cálculo estão descritos nos anexos B. A estrutura, pertence a um projecto de construção de um ETA experimental, onde a mesma estará acoplada ao floculador e decantador. De referir que ainda este ano, prevê-se a construção de um filtro e um tanque de contacto.

3.5. Construção do vertedor triangular

Após o dimensionamento e desenho, seguiu-se a fase da construção. A estrutura foi construída em simultâneo e acoplada ao floculador e decantador.

3.5.1. Fundações e laje de fundo

Fez-se esquadria das três (3) estruturas, depois se seguiu a escavação manual a uma profundidade de 80 cm para o local onde se assentaram as paredes e de 1m para onde se assentaram as sapatas. Preparou-se a armadura dos pilares onde cada continha quatro (4) varões verticais com estribos de forma quadrangular. Pôs-se nas sapatas areia até 5 cm de altura depois brita, também 5cm, e compactou-se manualmente. Após esta fase, afixou-se a armadura das vigas (preparadas também para as sapatas) e encheu-se de betão até cerca de 20 cm de altura. Antes de assentamento das

paredes, colocou-se areia 5cm depois brita também a 5cm de altura e compactou-se. Colocou-se massa (areia e cimento) em 2 cm, depois a armadura de dois varões e estribos simples. Após este processo, adicionou-se betão em 10cm de altura e uniformizou as profundidades dos pilares e paredes. Fez-se levantamento de 2 fiadas de blocos e um sinta, e no interior dos compartimentos fez-se a escavação manualmente de cerca de 20 cm de profundidade, estendeu-se plástico e adicionou-se duas camadas de areia (5 cm e 5cm) compactando-se. Depois adicionou-se brita até 5cm de altura e compactou-se como mostra a figura 8.



Figura 8: Processo de compactação de areia e brita

Depois destas fases, fez-se a cofragem e adicionou-se betão até 15 cm de altura fazendo assim a laje do fundo das estruturas. Em toda estrutura, usou-se o traço (1:4:4) para betão e (1:4) para massa.

3.5.2. Levantamento das paredes

Após a construção da laje do fundo, seguiu-se com o levantamento das paredes de todos os compartimentos até uma altura de cerca de 1,35 metros com blocos maciços de betão e fez-se a cofragem dos pilares e encheu-se de betão. Fez-se a armadura, a cofragem e betonagem da última viga. Depois fez-se o reboco de todas as paredes, impermeabilizando as internas com a pasta de

cimento e água como ilustra a figura 9, onde a parede 1 é uma parede não rebocada, 2 parede em processo de reboco, 3 parede rebocada, e 4 parede rebocada e impermeabilizada.



Figura 9: Reboco e impermeabilização das paredes internas da estrutura

O fundo de camara (anteparo) foi feito de betão, e as paredes e o próprio vertedor foram feitos de madeira de pinheiro e de chanfuta respectivamente.

3.6. Determinação das perdas de cargas geradas pelo vertedor triangular

Fez-se a determinação das perdas de cargas três (3) vezes com diferentes vazões com vista obter gradientes de velocidades diferentes. Sabendo que a água usada foi recebida através do reservatório elevado, montou-se um tubo de 63 mm, para aumentar o comprimento do tubo de descarga do reservatório para chegar até o vertedor, abriu-se a válvula até uma rotação completa e 1min depois de a água começar a verter, como mostra a figura 10. Fez-se a medição da carga hidráulica sobre a soleira do vertedor com uma régua graduada onde se usou a tabela 9, para se achar a vazão, depois

a lâmina de água no interior da câmara, e o seu comprimento e a largura no qual se usou a equação (11) para o cálculo do volume da água no interior da câmara.



Figura 10: Vertedor triangular em operação

Estes processos foram repetidos por mais duas vezes com a abertura da válvula de duas e três rotações completas respectivamente. Mediu-se também a altura desde o fundo da câmara até a soleira do vertedor. Após isto, mediu-se o tempo de mistura pela equação (9).

Após a determinação das perdas de cargas, determinou-se os gradientes gerados pelo vertedor utilizando a equação (7) na revisão bibliográfica.

3.7. Verificação do nível de homogeneidade da calda de pesticida obtido no processo de mistura.

O doseador foi feito através dum balde plástico de 20 litros de capacidade, onde se furou em uma das extremidades do fundo montou-se uma válvula no tubo PVC de meia polegada (60 cm de comprimento) com uma curva de 90° e um tubo de mesmo diâmetro com 10 cm de comprimento, como ilustra a figura 11.



Figura 11: Balde personalizado para dosear pesticidas

Determinou-se as vazões de pesticidas que seriam necessárias para dosear nas vazões de água que passam pelo vertedor. Tendo em consideração 200litros de água para 1litro de pesticida, determinou-se a quantidade de pesticida que devia dosear em cada vazão testado.

Vestido de EPI, colocou-se pesticidas no balde doseador, abriu-se válvula do reservatório para a primeira vazão e 1min depois de a água passar pela soleira do vertedor fez-se a aplicação do pesticida na câmara do vertedor para que ocorra a mistura, onde com um balde plástico tirou-se a calda depois da câmara de mistura, como mostra a figura 12. Fecharam-se as válvulas e colocou-se a calda em garrafa plástica. Repetiram-se os mesmos processos anteriores para as segundas e terceiras vazões.



Figura 12: Colecta das amostras de calda após a mistura

Após estes processos levaram-se os três (3) recipientes ao laboratório, onde se mediu 3ml de tintura de iodo para 250 ml de calda em cada recipiente e se verificou o nível de homogeneidade visualmente, como mostra a figura 13, onde ilustra o tintura de iodo medido (1), mistura da calda e iodo (2) e verificação da homogeneidade da mistura feita (3).



Figura 13: Processo de verificação de homogeneidade da calda

4. RESULTADOS

4.1. Dimensionamento do vertedor

No primeiro dimensionamento feito, tendo em conta 20 litros por segundo, foi possível obter os resultados na tabela 4.

Tabela 4: Resultados do dimensionamento do vertedor considerando 20 litros por segundo

Q	V	H _f	γ	μ	T	H _{dv}	L	C	L _m	H	G
0,02	0,01504	0,426	1000	0,0001	0,752	0,35	0,4	0,4	0,094	0,18	2.380,104

Após a determinação do caudal no campo, fez-se o reajuste do dimensionamento para se saber qual gradiente podia se obter com este caudal (Tabela 5)

Tabela 5: Resultados do dimensionamento do vertedor considerando 4,45 litros por segundo

Q	V	H _f	γ	M	T	H _{dv}	L	C	L _m	H	G
0,00445	0,003312	0,392	1000	0,0001	0,744	0,35	0,2	0,3	0,072	0,10	2294,975

4.2. Desenho da estrutura completa com destaque ao vertedor triangular

Com os resultados obtidos no dimensionamento do vertedor fez-se um esboço utilizando o *software AutoCAD*, (Figura 14), em 2D os alçados frontal (A.F), lateral (A.L) e superior (A.S).

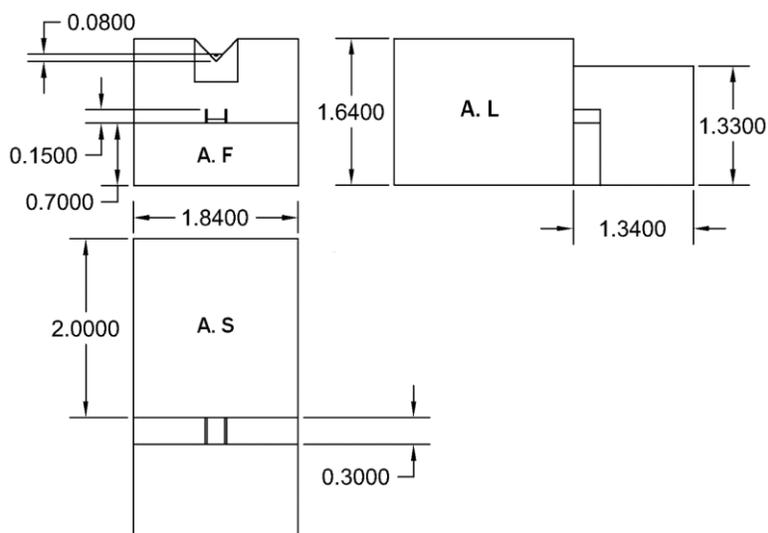


Figura 14: Projecção de vertedor em alçados

Tratando-se de uma estrutura acoplada a outras, fez-se esboço da planta baixa representando a alocação de pilares como mostra a figura 15.

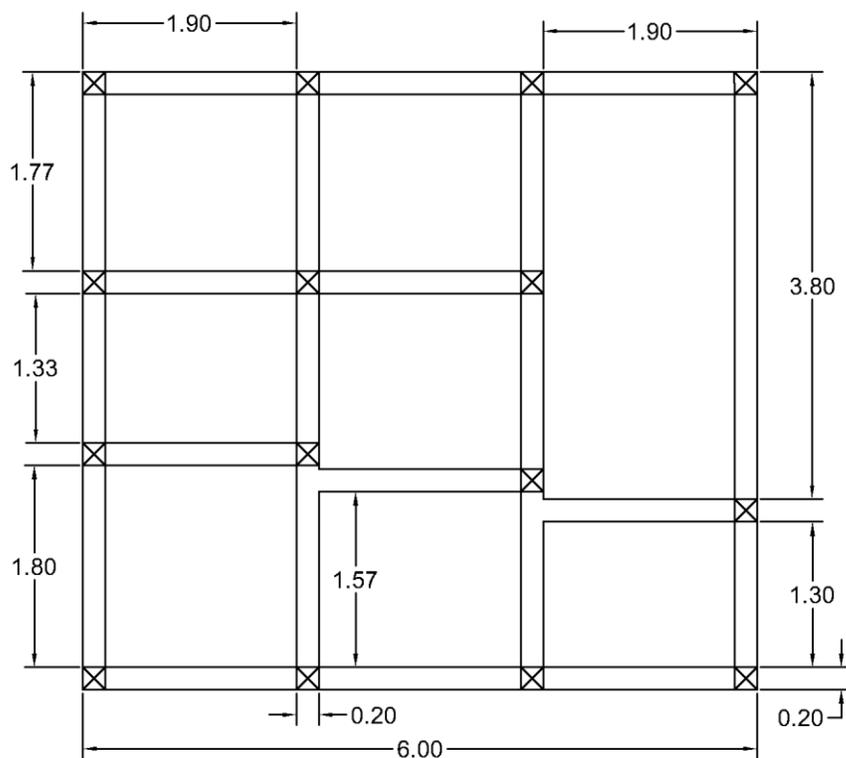


Figura 15: Planta baixa de toda a estrutura incluindo a alocação de pilares

Após o esboço da planta baixa, esboçou-se também em 3D, destacando todos os detalhes do vertedor (unidade de mistura rápida), como mostra na figura 16.

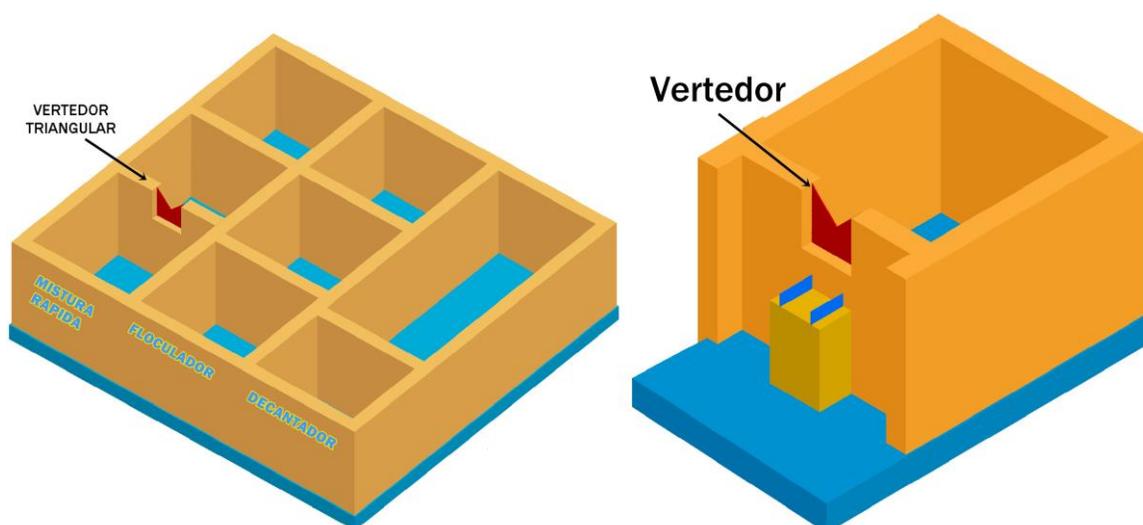


Figura 16: Projeção da estrutura completa em 3D, com detalhes do vertedor

4.3. Determinação de gradientes de velocidade

Com os dados obtidos no campo durante o funcionamento de vertedor, nas três rotações da válvula do reservatório, foi possível se obter caudais diferentes, mas com pequena diferença nos gradientes, como mostra a tabela 6.

Tabela 6: Verificação de gradiente nos três caudais testados

Rot.	Q	V	H _r	γ	μ	T	H _d	L	C	L _m	H	G
1	0,00123	0,000925	0,3866	1000	0,0001	0,753	0,34	0,23	0,3	0,0134	0,06	2.267,809
2	0,00253	0,001898	0,3925	1000	0,0001	0,75	0,34	0,23	0,3	0,0275	0,08	2.287,648
3	0,00443	0,003326	0,3918	1000	0,0001	0,751	0,34	0,23	0,3	0,0482	0,10	2.284,473

4.4. Verificação de nível de homogeneidade da calda

Nos três diferentes gradientes de velocidade que a calda se preparou, não se notou nenhuma diferença da sua homogeneidade, isto é, a calda estava homogénea o que significa que todos os três gradientes testados são óptimos para se efectuar a mistura da calda de pesticida (Figura 17).

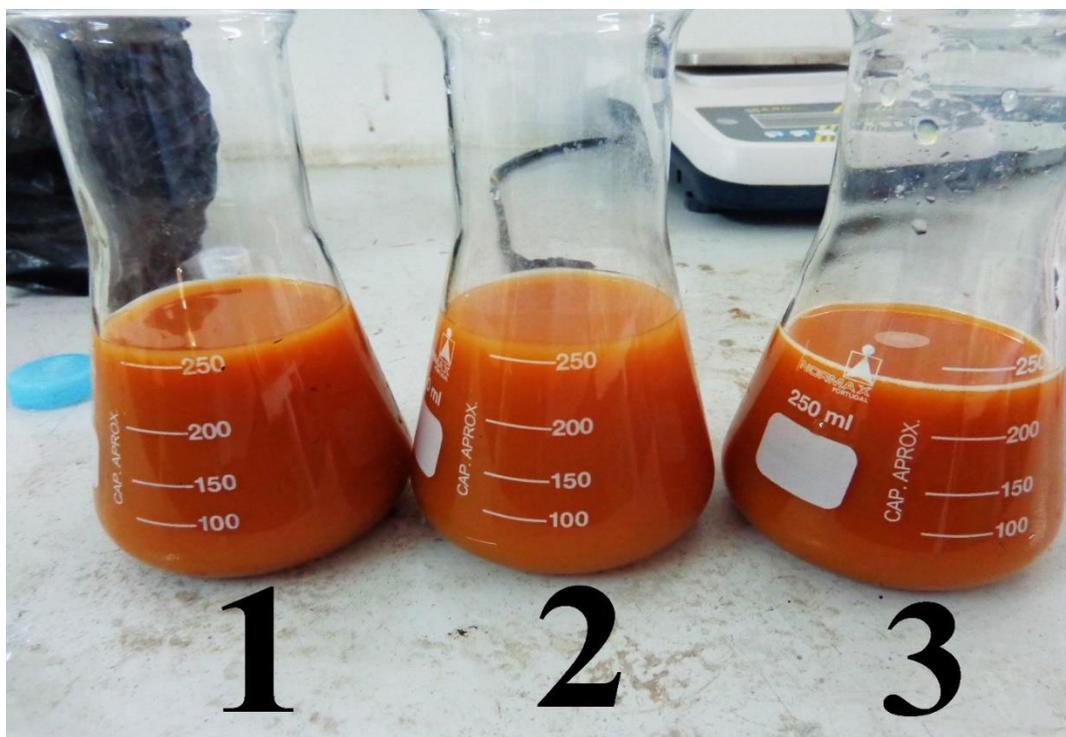


Figura 17: Verificação de nível de homogeneidade da calda

A tabela 7, mostra o resultado da verificação de homogeneidade para cada recipiente que contém um volume da calda de pesticida, um volume de tintura de iodo para cada gradiente velocidade usado para a mistura da calda.

Tabela 7: Resultado da verificação de homogeneidade da calda

Recipiente	Gradiente	Volume de calda	Volume de tintura de iodo	Resultado (Homogeneidade)
1	2.267,809	250 ml	3 ml	✓
2	2.287,648	250 ml	3 ml	✓
3	2.284,473	250 ml	3 ml	✓

5. DISCUSSÃO

Segundo ABNT (1992), a dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis deve ser feita a gradientes de velocidade compreendidos entre 700 s^{-1} e 1100 s^{-1} , em um tempo de mistura não superior a 5 s, mas no dimensionamento e na determinação dos gradientes teve-se um valor muito superior a este (mais de 2.200 s^{-1}), isto devido ao exagero propositado na adopção do valor do desnível entre a soleira do vertedor e o fundo da câmara de mistura. O valor máximo de gradiente de velocidade recomendado pela norma, não influencia nos processos de mistura do coagulante nas ETAs, mas recomenda-se esse valor porque na unidade seguinte (floculador), a água deve entrar com um gradiente de velocidade máximo 70 s^{-1} , seria muito investimento ter que reduzir gradientes acima dos 1100 s^{-1} até atingir o recomendado na unidade de floculação, isto porque, se a água entrar no floculador com gradientes acima de 70 s^{-1} , poderá não haver formação de flocos, caso haja, poderão se quebrar imediatamente, assim a água não poderá ser tratada, que é o principal objectivo deste tipo de empreendimento.

Mas para a preparação de calda de pesticidas não é necessário a unidade de floculação, o principal objectivo é simplesmente a mistura, sendo assim, quanto maior for o gradiente de velocidade maior será a eficiência de mistura e menos tempo levará durante este processo, visto que neste estudo o tempo de mistura foi cerca de 0,8 segundos.

Esperava-se ter um maior intervalo de gradiente de velocidade para mistura de pesticidas, assim como é para a mistura de coagulante, mas não foi possível porque se escolheu variar o caudal, este que pouco influenciou no gradiente de velocidade. O valor que podia muito influenciar é o desnível entre a soleira do vertedor e o fundo da câmara de mistura, mas depois da construção do vertedor foi impossível variar.

A estrutura foi feita para testes iniciais e está prevista a sua utilização no campo experimental do ISPG, para a mistura de pesticidas que poderão ser utilizados.

Segundo a ANDEF (2010), se concentração de produtos for na parte superior ou inferior, ou por outra, se existir uma diferença das cores no frasco com a calda durante a verificação de homogeneidade, isto mostra uma má distribuição ou a falta de homogeneidade da calda, mesmo quando a dose por área for adequada, mas se apresentar a mesma cor, isto mostra que a calda está homogénea como mostra a figura 5. Observando a figura 15, dá para se constatar que não há diferença de cores no interior do recipiente para cada gradiente de velocidade usado para a mistura de calda após a adição de tintura de iodo, o que mostra que a calda está homogénea. De referir que

para este caso, a única maneira de se achar o gradiente de velocidade óptimo para mistura é verificando a homogeneidade da calda.

Devido a indisponibilidade das fontes de literaturas que abordam sobre mistura de pesticidas utilizando vertedor triangular ou qualquer outro vertedor, faz com que haja pouco que se discutir, fazendo parecer este o primeiro e único, por enquanto, a nível mundial trabalho feito sobre este assunto.

6. CONCLUSÃO

Tendo em conta o dimensionamento feito que se usou 20 litros por segundo, tendo este sido reajustado após a leitura do caudal possível no campo, onde se adoptou 35 cm de desnível entre a soleira do vertedor e o fundo da câmara de mistura, foi possível obter cerca de 2.200 s de gradiente de velocidade. Os gradientes de velocidade determinados após a construção do vertedor, não foram muito diferentes dos valores previamente obtidos no processo de dimensionamento, estes que possibilitaram a mistura de calda a um bom nível de homogeneidade, isto que significa que os gradientes de velocidade determinados são ótimos para a mistura de pesticidas.

O vertedor triangular gera perdas de cargas suficientes para a mistura rápida de pesticidas utilizados no regadio de Chókwè. Assim sendo, é de maior importância para os agricultores a implementação desta estrutura no regadio de Chókwè, considerando o tempo que eles levam para fazer a preparação da calda, a força humana e os riscos que estão sujeitos durante preparação, enquanto, com o vertedor triangular estarão pouco sujeitos a riscos durante a preparação e poderá se preparar grandes volumes em pouco e com baixa mão-de-obra.

7. RECOMENDAÇÕES

Aos próximos trabalhos a serem feitos, recomenda-se:

- ❖ Procurar-se formas de se determinar o gradiente mínimo para a mistura da calda de pesticidas, para poder se ter um intervalo de gradiente de velocidade recomendável para a mistura de pesticidas;
- ❖ Fazer-se o mesmo estudo, mas com mais tipos de pesticidas
- ❖ Fazer-se uma comparação entre os níveis de homogeneidade de diferentes tipos de pesticidas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbas, M., (2018). Chókwè: efeitos locais de políticas instáveis, erráticas e contraditórias. Maputo: OMR.
2. ABNT. (1992). Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.
3. Agro-Serviços. (2013). Agro Manual: produtos fitoceuticos, organismos auxiliares, jardins e espaços verdes, fertilizantes, sementes.
4. ANDEF. (2010). Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. São paulo.
5. Boland, J., Koomen, I., Jeude, J. v., & Oudejans, J. (2005). Pesticidas: compostos, usos e perigos. Wageningen.
6. Chávez, A. A. (2001). Coordinación de tecnología hidráulica, Vertedores. Jiutepec.
7. CHEMCHINA. (2011). Products & Services. Obtido em 08 de Agosto de 2019, de China National Agrochemical Co., Ltd:
<https://agr.chemchina.com/nonghuaen/cpyfw/gscp/ljcp/webinfo/2011/12/1324896681405993.htm>
8. Ciati, R. d., Silva, J. M., & Oliveira, M. A. (2005). Aplicação de agrotóxicos com pulverizador costal. São paulo.
9. DNA (1996). Direção Nacional de Aguas
10. FAO, & OIT. (2015). Proteger as crianças dos pesticidas.
11. HICEP. (2003). Manual de operação e manutenção.
12. NENGOUE, U. A. (2015). Caracterización de vertederos hidráulicos mediante técnicas cfd. Valencia.
13. Netto, J. M. (1998). Manual de hidraulica.
14. Ody, L. F. (2014). Análise da eficácia no tratamento da água: comparação entre os blocos hidráulicos da ETA de Santa Maria-RS. Porto Alegre.
15. PAZ, L. P. (2007). Modelo Conceitual de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte. São Carlos.
16. Sanches, S. M., Silva, C. H., Campos, S. X., & Vieira, E. M. (2003). Pesticidas e seus respectivos risco associados à contaminação da água.
17. SANEAGO. (2006). Manual de Operação de Estação de Tratamento de Água . Porto Alegre.
18. Vianna, M. R. (Marco de 2012). Utilização de Vertedouros em Estações de Tratamento de Água: Aplicações Práticas e Limitações.

9. ANEXOS

9.1. Anexos A: Tabelas

Tabela 8: Materiais necessários para a realização do trabalho

Materiais	Usos
EPI	Para proteção durante a aplicação de pesticidas
Pesticidas	No doseamento ao vertedor para determinação dos gradientes óptimos para sua mistura
Régua graduada	Para medição das profundidades e comprimento do ressalto necessárias para determinação dos gradientes
Cimento, agregados e blocos	Para a construção do vertedor
Deposito	Para armazenamento da mistura feita
Tubo Pvc	Para condução de água para o vertedor e para o depósito
Cloreto de Iodo	Facilitar na verificação da homogeneidade da mistura

Tabela 9: Valores do caudal em relação a carga hidráulica (Netto, 1998)

VERTEDOUROS TRIANGULARES (*)

Altura H (cm)	Q (L/s)	Altura H (cm)	Q (L/s)
1	0,01	17	16,68
3	0,22	18	19,24
4	0,45	19	22,03
5	0,58	20	25,04
6	1,23	21	28,29
7	1,81	22	31,78
8	2,53	23	35,52
9	3,40	24	39,51
10	4,43	25	43,75
11	5,62	30	69,01
12	6,98	35	101,46
13	8,53	40	141,67
14	10,27	45	190,18
15	12,20	50	247,49
16	14,34	60	390,40

Notas:

(*) Fórmula de Thomson – parede delgada e lisa.

9.2. Anexo B: MEMORIAL DE CÁLCULOS

1. Dimensionamento de vertedor

Dados usados

$$Q = 20 \text{ L/s (na tabela, obteve-se } H = 0,18)$$

$$\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$$

$$\mu = 0,0001 \text{ kgf/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$L = 0,4 \text{ m}$$

$$C = 0,4 \text{ m}$$

$$L_m = 0,094 \text{ m}$$

$$H_{dv} = 0,35 \text{ m}$$

Determinação do volume da água na câmara

$$V = C * L * L_m$$

$$V = 0,4 * 0,4 * 0,094$$

$$V = 0,01504 \text{ m}^3$$

Determinação de perdas de cargas

$$h_f = H_{dv} + H - L_m$$

$$h_f = 0,35 + 0,18 - 0,094$$

$$h_f = 0,426 \text{ m}$$

Determinação de tempo de mistura

$$T = \frac{V}{Q}$$

$$T = \frac{0,01504}{0,02}$$

$$T = 0,752 \text{ s}$$

Determinação do gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * Q * h_p}{\mu * V}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0,02 * 0,426}{0,0001 * 0,01504}} = 2.380,104 \text{ s}^{-1}$$

1.1.Reajuste do dimensionamento após a determinação do caudal no campo

Dados usados

$$Q = 0,00445 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (na tabela, obteve-se } H = 0,1)$$

$$\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$$

$$\mu = 0,0001 \text{ kgf/m}^2.\text{s}$$

$$L = 0,2\text{m}$$

$$C = 0,3\text{m}$$

$$L_m = 0,072 \text{ m}$$

$$H_{dv} = 0,35\text{m}$$

Determinação do volume da água na câmara

$$V = C * L * L_m$$

$$V = 0,3 * 0,2 * 0,072$$

$$V = 0,003312 \text{ m}^3$$

Determinação de perdas de cargas

$$h_f = H_{dv} + H - L_m$$

$$h_f = 0,35 + 0,1 - 0,072$$

$$h_f = 0,392\text{m}$$

Determinação de tempo de mistura

$$T = \frac{V}{Q}$$

$$T = \frac{0,003312}{0,00445}$$

$$T = 0,744 \text{ s}$$

Determinação do gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * Q * h_p}{\mu * V}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0,00445 * 0,392}{0,0001 * 0,003312}} = 2294,975 \text{ s}^{-1}$$

2. Determinação dos gradientes de velocidade na estrutura durante o seu funcionamento

A) Considerando uma rotação de válvula do reservatório

Dados obtidos

$$H = 0,06 \text{ m (com tabela, obteve-se } Q = 0,00123)$$

$$L = 0,23 \text{ m}$$

$$C = 0,3 \text{ m}$$

$$L_m = 0,0134 \text{ m}$$

$$H_{dv} = 0,34 \text{ m}$$

$$h_f = 0,34 + 0,06 - 0,0134 = 0,3866 \text{ m}$$

$$V = 0,3 * 0,23 * 0,0134 = 0,000925 \text{ m}^3$$

Tempo de mistura

$$T = \frac{0,003312}{0,00445} = 0,753 \text{ s}$$

Gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0,00123 * 0,3866}{0,0001 * 0,000925}} = 2.267,809 \text{ s}^{-1}$$

B) Considerando duas rotações de válvula do reservatório

Dados obtidos

$$H = 0,08 \text{ m (com tabela, obteve-se } Q = 0,00253)$$

$$L = 0,23 \text{ m}$$

$$C = 0,3 \text{ m}$$

$$L_m = 0,0275 \text{ m}$$

$$H_{dv} = 0,34 \text{ m}$$

$$h_f = 0,34 + 0,08 - 0,0275 = 0,3925 \text{ m}$$

$$V = 0,3 * 0,23 * 0,0275 = 0,001898 \text{ m}^3$$

Tempo de mistura

$$T = \frac{0,003312}{0,00253} = 0,75 \text{ s}$$

Gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0,00253 * 0,3925}{0,0001 * 0,001898}} = 2.287,648 \text{ s}^{-1}$$

C) Considerando três rotações de válvula do reservatório

Dados obtidos

$$H = 0,10 \text{ m (com tabela, obteve-se } Q = 0,00443)$$

$$L = 0,23 \text{ m}$$

$$C = 0,3 \text{ m}$$

$$L_m = 0,0482 \text{ m}$$

$$H_{dv} = 0,34 \text{ m}$$

$$h_f = 0,34 + 0,10 - 0,0482 = 0,3918 \text{ m}$$

$$V = 0,3 * 0,23 * 0,0275 = 0,003326 \text{ m}^3$$

Tempo de mistura

$$T = \frac{0,003312}{0,00443} = 0,751 \text{ s}$$

Gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0,00443 * 0,3918}{0,0001 * 0,003326}} = 2.284,473 \text{ s}^{-1}$$