



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

MARIA VITÓRIA GOMES DA COSTA

**ESTÁGIO EM RECURSOS HÍDRICOS: SISTEMA DE DRENAGEM
SUPERFICIAL EM PILHAS DE REJEITO**

**RECIFE
2024.1**

MARIA VITÓRIA GOMES DA COSTA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

**ESTÁGIO EM RECURSOS HÍDRICOS: SISTEMA DE DRENAGEM
SUPERFICIAL EM PILHAS DE REJEITO**

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório, sob orientação do Professor Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro.

**RECIFE
2024.1**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por me dar sabedoria e inteligência para seguir determinada e focada nos meus objetivos, durante todo o desenvolvimento desse estágio.

Agradeço a minha família, por me dar suporte todos os dias, permitindo que eu focasse nos meus estudos. Estes foram de extrema importância na caminhada, pois sem eles, a fase de estágio juntamente com a universidade teria sido muito mais árdua e difícil de conciliar.

Aos meus professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que se fizeram prestativos e me deram conselhos no período do estágio, em especial ao professor de Hidráulica, Abelardo Montenegro, por despertar em mim o interesse de trabalhar na área de Recursos Hídricos e por todo carinho e suporte dado a mim neste processo.

Gostaria de ressaltar a imensa gratidão que eu tenho aos meus amigos, que se tornaram irmãos nessa trajetória, Maria Eloyse e João Marcelo. Estes, me deram os melhores momentos que eu poderia ter tido no período e nos 5 anos da faculdade, e me ajudaram todas as vezes que eu precisei.

Além disso, não poderia deixar de dar o meu “Muito Obrigado” a todos aqueles que tiveram a paciência de me ensinar os processos desenvolvidos nos projetos da empresa, em especial Alexson Caetano, meu supervisor e um ótimo professor, que me fez crescer pessoalmente e profissionalmente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da TPF Engenharia.	10
Figura 2: Delimitação das bacias de drenagem e indicação dos dispositivos de drenagem.	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vazões de projeto para dispositivos de pequenas vazões.	14
Tabela 2: Verificação hidráulica do sistema de drenagem superficial.	17
Tabela 3: Verificação hidráulica das descidas d'águas.	17
Tabela 4: Dimensionamento hidráulico dos bueiros.	18
Tabela 5: Cronograma das atividades realizadas durante o período de estágio.	21

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AUTOCAD – Computer Aided Design

DNIT – Departamento Nacional de Infraestruturas de Transporte

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
3. INFORMAÇÕES DO ESTÁGIO	10
3.1. LOCALIZAÇÃO	10
3.2. DADOS DA EMPRESA	10
4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	10
4.1. AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DE MODELAGEM DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM COM AUXÍLIO DO SOFTWARE CIVIL 3D	11
4.2. AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DE PLANILHAS	12
4.3. AUXILIAR NOS DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS	19
4.4 AUXILIAR NA REVISÃO DE TEXTOS TÉCNICOS	20
5. CRONOGRAMA	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

Toda rocha, que é composta por um mineral ou um agregado de materiais, os quais possuem valor econômico, ou seja, podem ser extraídos para fins lucrativos, é chamado de minério. Partindo disso, a atividade de exploração de minérios, permite o aumento da oferta de trabalho e renda, por oferecer matéria-prima para produção de diversos produtos na indústria. Além disso, essa atividade é responsável por produzir grandes volumes de resíduos, estéril e rejeito, e a disposição inadequada desses, provoca impactos ambientais.

Visando a sustentabilidade, preservação do meio ambiente e precaução de eventos naturais como a erosão do solo, nasceu a necessidade de adoção de práticas sustentáveis na gestão de resíduos destes processos (SILVEIRA, 2015). Uma dessas práticas, é a disposição dos rejeitos de minério em pilha na condição natural. As pilhas de rejeito, são estruturas geotécnicas que atuam como um depósito de minerais que não possuem mais valor econômico e nem podem ser utilizados para outras finalidades.

Objetivando a segurança dessa obra, é imprescindível seguir as diretrizes e recomendações da estrutura em questão. No Brasil, a norma NBR 13.029 (ABNT, 2017) especifica as diretrizes para elaboração e apresentação do projeto de disposição em pilhas de rejeito. Sendo assim, os elementos essenciais que moldam o projeto são: a estabilidade da pilha, implantação de sistemas de controle e percolação de fluxos naturais ou de águas pluviais e a utilização de dispositivos para proteção superficial das bermas e taludes. (GONÇALVES, 2018).

Nesse contexto, decorre a necessidade de implementar um sistema eficiente de drenagem superficial na pilha, com o objetivo de captar as águas oriundas, principalmente, das precipitações, e direcionar o escoamento por meio de dispositivos, assegurando seu deságue de forma seguro. O escoamento superficial é a parcela de água que escoar sobre a superfície do terreno, formado em situações em que a precipitação atinge áreas impermeáveis, ou a precipitação atinge áreas que possuem a capacidade de infiltração limitada, ou ainda quando essas áreas estão saturadas.

Diante disso, esse trabalho visa apresentar as atividades desenvolvidas pela estagiária para implementação do sistema de drenagem superficial em pilha de rejeito. Os elementos constituintes do sistema englobam dispositivos como: canais

periféricos, canaletas de berma, bueiros, descidas d'águas, caixas de passagem e canais de desvio.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Preparar a aluna para a vida cidadã e o mercado de trabalho na área de Recursos Hídricos, voltado para projetos de engenharia hidrotécnica de mineração, uma das áreas que o Engenheiro Agrícola e Ambiental pode atuar, dando-lhe a oportunidade de crescimento pessoal e profissional, a partir da integração de conteúdos ministrados na universidade para resolução de problemas do cotidiano.

2.2. Objetivos Específicos

- Compreender a importância do estudo das águas para o dimensionamento de dispositivos presentes em projetos de drenagem superficial;
- Observar e analisar como a topografia influencia no escoamento das águas superficiais;
- Discutir a problemática do projeto e definir os dispositivos hidráulicos que devem ser inseridos visando o deságue seguro das águas;
- Desenvolver a capacidade técnica de modelar os dispositivos em diversos softwares;
- Desenvolver a escrita acerca dos temas fundamentais do projeto de drenagem superficial, em Relatórios técnicos.

3. INFORMAÇÕES DO ESTÁGIO

O estágio foi realizado em modelo híbrido, sendo a quinta-feira de forma presencial e o restante da semana em Home Office. Todas as atividades desenvolvidas foram orientadas e supervisionadas pelo Engenheiro Civil Alexson Caetano.

3.1. LOCALIZAÇÃO

O escritório da empresa é localizado na Rua Irene Ramos Gomes de Mattos, nº 176 em Boa Viagem – Recife – PE. Na Figura 1, apresenta-se, a localização do escritório da empresa.

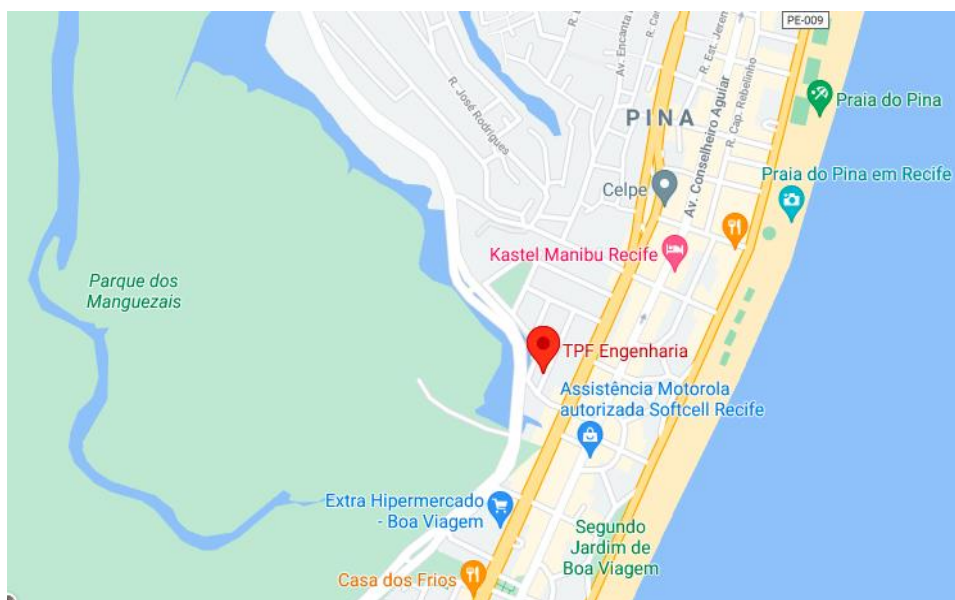


Figura 1: Localização da TPF Engenharia.

3.2. DADOS DA EMPRESA

- Razão Social: TPF Engenharia LTDA;
- CEP: 51011530;
- Fone: (81) 3316-0700;
- CNPJ/MF: 12.285.441/0001-66;
- Segmento: Privado.

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No presente item, serão apresentadas e detalhadas todas as atividades desenvolvidas durante o estágio. Através dessas atividades, foi possível compreender

as principais etapas que regem um projeto de drenagem superficial de mineração aplicado para obras de pilhas de rejeito de mineração.

4.1. AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DE MODELAGEM DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM COM AUXÍLIO DO SOFTWARE CIVIL 3D

Para fazer a modelagem dos dispositivos utilizados no sistema de drenagem superficial, deve ser feito inicialmente, o estudo da geometria da pilha no AutoCAD Civil 3D, sintetizando os elementos físicos presentes nas bacias hidrográficas da área, os quais irão servir de base para os cálculos da vazão de projeto.

A Bacia Hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, tal que toda a vazão efluente escoar para um corpo hídrico ou seu contribuinte. Em projetos que envolvem a necessidade de estudos hidrológicos, a etapa inicial de trabalho é a delimitação da bacia de contribuição no local de implantação da obra.

Diante disso, a estagiária fez a delimitação das bacias de drenagem em planta e desenvolveu o traçado do talvegue. A partir disso, foi feito o levantamento dos parâmetros físicos das bacias de drenagem, como: a área da bacia, comprimento do talvegue e maior desnível do trecho e em seguida, organizou-se esses dados em uma planilha de Excel para obter as vazões de projeto.

Durante esse processo, além de extrair os parâmetros físicos da bacia, foi dever da estagiária desenvolver o traçado dos dispositivos que foram mencionados no projeto de drenagem superficial, e analisar o sentido do escoamento das águas, fazendo uma ilustração na planta para melhorar a interpretação do caminho do deflúvio, assim como ilustrado na Figura 2 abaixo.

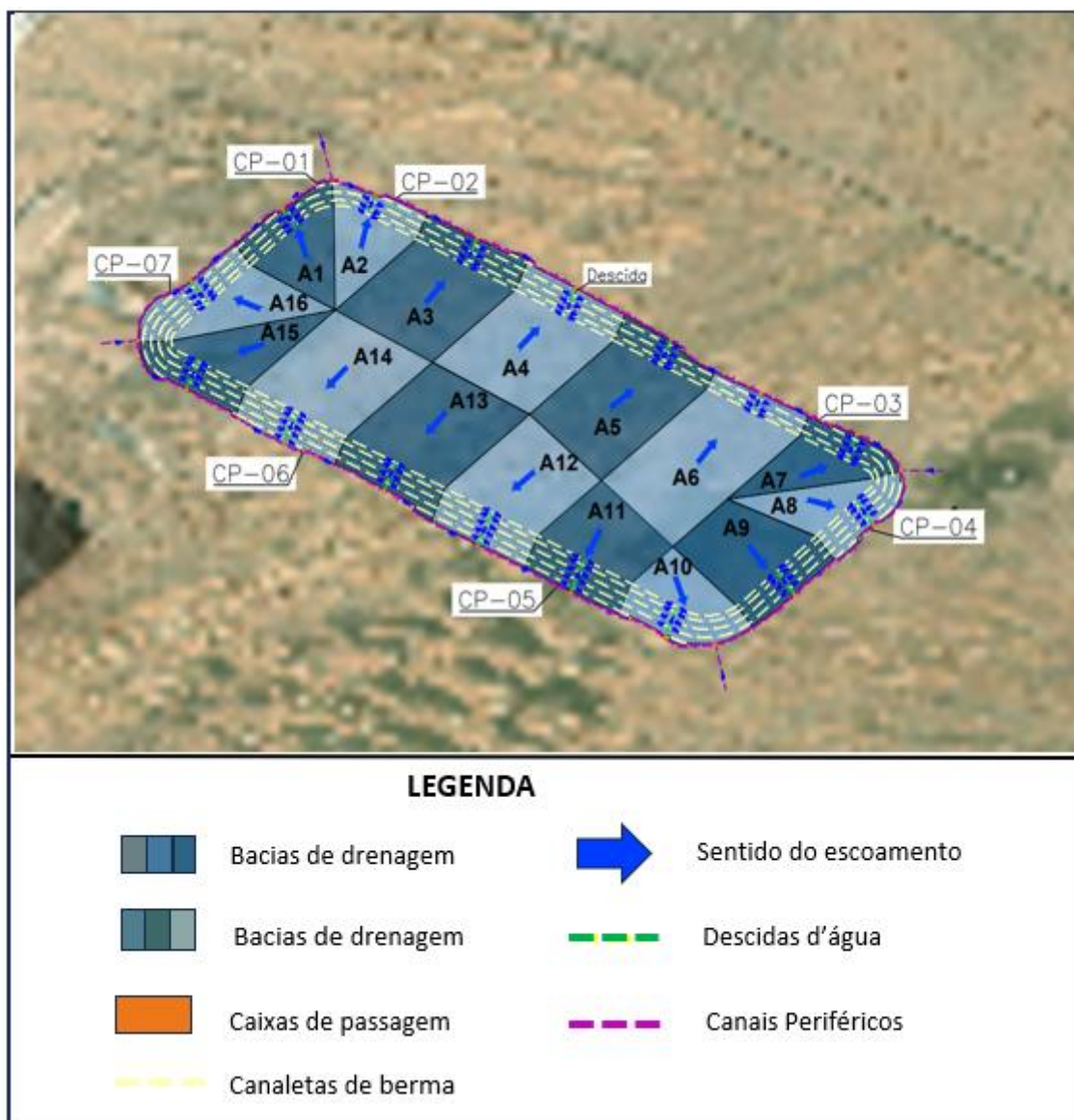


Figura 2: Delimitação das bacias de drenagem e indicação dos dispositivos de drenagem.

Fonte: Adaptado da TPF Engenharia (2024).

4.2. AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DE PLANILHAS

A estagiária elaborou planilhas durante o processo, para o cálculo das vazões de projeto, verificações hidráulicas dos dispositivos e planilha de quantitativos. A determinação das vazões de projeto, é um dado fundamental para o dimensionamento das estruturas hidráulicas nas obras de engenharia, pois indica a vazão máxima provável que poderá ocorrer na bacia de contribuição garantindo a eficácia do dispositivo sem falhas.

Para determinar as vazões de projeto, faz-se necessário utilizar modelos hidrológicos de chuva-vazão. Segundo Almeida et al. (2016) os modelos de chuva-vazão permitem por meio de séries de precipitação a obtenção de séries de vazões em um curso de água, podendo, também, prever vazões futuras ou em locais sem informação, assim auxiliando em projetos hídricos, uso da bacia ao longo dos anos, entre outros.

Diante dessa necessidade, a estagiária utilizou os modelos do Método Racional para as áreas até 1 km² (Equação 1) e do Método Racional Corrigido para as áreas que forem superiores a 1 km² e inferiores a 10 km² conforme Pinheiro (2011). A premissa básica para aplicação do Método Racional, é a adoção da intensidade da chuva de projeto com uma duração “t” igual ao tempo de concentração “tc” da bacia hidrográfica. A fórmula aplicada para o método é apresentada abaixo:

Equação 1

$$Q = 0,278 * C * i * A$$

Onde:

- Q é a vazão de projeto, em m³/s;
- C é o coeficiente de escoamento, definido conforme o uso do solo;
- i é a intensidade média da chuva de projeto para a duração (t), em mm/h;
- A é a área de contribuição delimitada, em km².

A aplicação do Método Racional Corrigido, o qual insere um coeficiente de retardo como uma adaptação da fórmula para áreas superiores a 1 km² e inferiores a 10 km² é feita a partir da formulação apresentada abaixo:

Equação 2

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{A}}$$

Onde:

- A é a área de contribuição delimitada, em ha;
- $n = 4$ para bacias com talvegue principal com baixas declividades, inferiores a 0,5%;
- $n = 5$ para bacias com talvegue principal com declividades entre 0,5% e 1,0%;
- $n = 6$ para bacias com talvegue principal com declividades superiores a 1,0%.

O tempo de concentração “tc”, pode ser definido como o tempo gasto para as águas do escoamento superficial percorrerem todo o percurso da bacia hidrográfica, desde o momento de início da precipitação. O tc para cada bacia foi realizado a partir do método de Kirpich, uma vez que sua aplicabilidade é recomendada para pequenas bacias em áreas de cabeceiras de bacias hidrográficas rurais e alguns autores sugerem a aplicação da fórmula abaixo (Equação 3) para bacias de áreas menores a 0,8 km² (PONCE, 1989).

Equação 3:

$$t_c = 0,39 * \left(\frac{L}{S_e}\right)^{0,385}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração (horas);
- L é o comprimento axial (km);
- S_e é a declividade média em %.

Além disso, utilizou-se o valor do coeficiente de escoamento superficial (C) definido a partir do tipo e uso do solo da bacia, encontrado nas literaturas. A Tabela 1 mostra detalhadamente todas as etapas para a obtenção das vazões de projeto calculadas pela estagiária para dispositivos de pequenas vazões como as canaletas de berma e descidas d’água com TR de 100 anos. E para o cálculo das vazões de projeto dos dispositivos, os quais a sua falha compromete a segurança global da estrutura, como os canais periféricos e bueiros, adotou-se o TR de 500 anos.

Tabela 1: Vazões de projeto para dispositivos de pequenas vazões.

Bacias de Drenagem	TR (anos)	A (m ²)	A (ha)	Talve. L (m)	Desnív. ΔH (m)	Tc calculado (min.)	Tc adotado (h)	C	I (mm/h)	Qprojeto (m ³ /s)
Área 1	100	80.989	8,10	585	14,21	11,00	0,18	0,60	50,50	0,68
Área 2	100	74.869	7,49	565	14,27	10,55	0,18	0,60	52,16	0,65
Área 3	100	145.494	14,55	348	16,64	5,68	0,17	0,60	54,39	1,32
Área 4	100	148.038	14,80	635	9,00	14,42	0,24	0,60	40,92	1,01
Área 5	100	153.927	15,39	458	10,59	9,29	0,17	0,60	54,39	1,40
Área 6	100	181.311	18,13	809	13,67	16,24	0,27	0,60	37,31	1,13
Área 7	100	69.186	6,92	704	19,70	12,02	0,20	0,60	47,15	0,54
Área 8	100	67.225	6,72	726	19,71	12,45	0,21	0,60	45,88	0,51
Área 9	100	107.930	10,79	611	19,77	10,19	0,17	0,60	53,60	0,96
Área 10	100	74.177	7,42	469	18,39	7,72	0,17	0,60	54,39	0,67

Bacias de Drenagem	TR (anos)	A (m ²)	A (ha)	Talve. L (m)	Desnív. ΔH (m)	Tc calculado (min.)	Tc adotado (h)	C	I (mm/h)	Qprojeto (m ³ /s)
Área 11	100	98.870	9,89	530	20,64	8,50	0,17	0,60	54,39	0,90
Área 12	100	126.428	12,64	609	21,67	9,80	0,17	0,60	54,39	1,15
Área 13	100	150.030	15,00	633	18,72	10,84	0,18	0,60	51,09	1,28
Área 14	100	152.541	15,25	655	19,93	11,01	0,18	0,60	50,48	1,28
Área 15	100	83.890	8,39	800	21,60	13,44	0,22	0,60	43,22	0,60
Área 16	100	87.751	8,78	753	21,64	12,53	0,21	0,60	45,66	0,67
Berma	100	1.250	0,13	250	2,50	8,05	0,17	0,60	54,39	0,01

Fonte: Adaptado da TPF Engenharia (2024).

A partir das vazões máximas de projeto calculadas, a estagiária foi orientada a dimensionar os canais periféricos, canaletas de berma e canais de desvio. Os canais periféricos são dispositivos situados no contorno da pilha, com a finalidade de captar grandes vazões do escoamento superficial das águas pluviais.

Enquanto as canaletas de berma, possuem a finalidade de coletar as águas provenientes dos taludes e banquetas das bermas e direcionar o escoamento superficial das águas até as descidas d'água. No que diz respeito ao canal de desvio, este é projetado para desviar o fluxo oriundo de bacias externas a pilha, para evitar a contaminação com o fluxo interno a pilha. Estes dimensionamentos foram realizados a partir da análise de escoamento dos dispositivos de drenagem segundo a metodologia de cálculo de Chézy-Manning, conforme equação apresentada abaixo:

Equação 4

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

- Q é a capacidade de descarga (m³/s);
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);
- A_m é a área molhada (m²);
- R_h é o raio hidráulico, determinado pela relação área/perímetro molhado (m);
- I é a declividade do canal (em m/m).

Na Tabela 2, são apresentados todos os parâmetros necessários para a verificação hidráulica dos canais e das canaletas a partir da capacidade de descarga dos dispositivos.

Objetivando conduzir o escoamento em trechos curtos e transpor a diferença de nível do terreno, projetou-se as descidas d'águas. Para assegurar que as descidas foram projetadas de forma segura, a discente obteve experiência no manuseio do software chamado SisCCoH – Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos, versão 1.1, o qual permite a análise do escoamento a partir do regime *Skimming Flow* e *Nappe Flow*. A verificação dessas estruturas foi apresentada Tabela 3 logo abaixo.

O sistema de drenagem superficial também contou com bueiros, para permitir a travessia de talvegues sob aterros, e viabilizar o trânsito dos cursos d'água na área de rodovias e ferrovias. O seu dimensionamento foi realizado conforme preconiza as diretrizes do DNIT (2006) e os resultados estão apresentados na Tabela 4 abaixo.

Tabela 2: Verificação hidráulica do sistema de drenagem superficial.

Determinação da capacidade de escoamento das canaletas - Fórmula de Manning																		
Estrutura	Geometria da Canaleta						Parâmetros Hidráulicos							Verificação Hidráulica				
	Geometria da Canaleta	Declividade Mínima	Tempo de Retorno	Base Menor	Base Maior	Altura da Seção	Declividade da Parede Lateral	Coeficiente de Manning	Profundidade Hidráulica	Área Molhada	Perímetro Molhado	Raio Hidráulico	Vazão Calculada	Vazão Contribuição	Velocidade	Borda Livre	Nº de Froude	Regime de Escoamento
		I (%)	anos	b (m)	B (m)	H (m)	m	n	h (m)	Am (m²)	Pm (m)	Rh (m)	Qcalc (m³/s)	Qprojeto (m³/s)	v (m/s)	BL (m)	Fr	
Canais Periféricos e Canaletas de Bermas																		
Canaletas de berma	Triangular	0,50	100	-	1,00	0,21	-	0,015	0,17	0,07	0,92	0,07	0,06	0,01	0,84	0,04	0,65	Subcrítico
CP-01	Trapezoidal	1,00	500	0,80	2,20	0,70	1,00	0,015	0,56	0,76	2,38	0,32	2,37	2,31	3,12	0,14	1,33	Supercrítico
CP-02	Trapezoidal	1,00	500	2,20	4,20	1,00	1,00	0,015	0,80	2,40	4,46	0,54	10,58	10,22	4,41	0,20	1,57	Supercrítico
CP-03	Trapezoidal	1,00	500	2,30	4,30	1,00	1,00	0,015	0,80	2,48	4,56	0,54	11,01	10,90	4,44	0,20	1,58	Supercrítico
CP-04	Trapezoidal	1,00	500	1,00	3,00	1,00	1,00	0,015	0,80	1,44	3,26	0,44	5,56	5,05	3,86	0,20	1,38	Supercrítico
CP-05	Trapezoidal	1,00	500	2,00	4,00	1,00	1,00	0,015	0,80	2,24	4,26	0,53	9,72	8,98	4,34	0,20	1,55	Supercrítico
CP-06	Trapezoidal	1,00	500	2,30	4,30	1,00	1,00	0,015	0,80	2,48	4,56	0,54	11,01	10,79	4,44	0,20	1,58	Supercrítico
CP-07	Trapezoidal	1,00	500	0,80	2,20	0,70	1,00	0,015	0,56	0,76	2,38	0,32	2,37	2,27	3,12	0,14	1,33	Supercrítico
CP-08	Trapezoidal	1,00	500	2,70	4,70	1,00	1,00	0,015	0,80	2,80	4,96	0,56	12,75	12,53	4,55	0,20	1,62	Supercrítico
CP-09	Trapezoidal	1,00	500	3,50	5,50	1,00	1,00	0,015	0,80	3,44	5,76	0,60	16,26	15,95	4,73	0,20	1,69	Supercrítico
CP-10	Trapezoidal	1,00	500	2,80	4,80	1,00	1,00	0,015	0,80	2,88	5,06	0,57	13,18	13,06	4,58	0,20	1,63	Supercrítico

Fonte: Adaptado da TPF Engenharia (2024).

Obs: CP= Canal Periférico.

Tabela 3: Verificação hidráulica das descidas d'água.

Estrutura - Descidas d'água	Parâmetros geométricos						Verificação hidráulica para TR 100 anos							
	Seção do Degrau			Desnível		Vazão de Projeto (m³/s)	Tipo de Material	Regime	Profundidade Aerada do Escoamento (m)	Velocidade do Escoamento Aerado (m/s)	Profundidade Final do Escoamento (m)	Velocidade Final do Escoamento (m/s)	Energia Residual (m)	Altura de Referência da Parede (m)
	Largura do Degrau (m)	Altura de Queda (m)	Comprimento do Degrau (m)	Maior Desnível do Trecho (m)										
Descida 01	0,80	0,40	0,80	14,21	0,79	Concreto	Skimming Flow	0,28	3,55	0,17	5,84	1,89	0,39	
Descida 02	0,80	0,40	0,80	14,27	0,76	Concreto	Skimming Flow	0,27	3,51	0,17	5,76	1,84	0,38	
Descida 03	1,10	0,40	1,10	16,64	1,54	Concreto	Skimming Flow	0,35	4,05	0,24	5,87	1,98	0,48	
Descida 04	1,00	0,40	1,00	9,00	1,18	Concreto	Skimming Flow	0,31	3,82	0,21	5,74	1,87	0,43	
Descida 05	1,10	0,40	1,10	10,59	1,63	Concreto	Skimming Flow	0,36	4,13	0,25	5,99	2,06	0,50	
Descida 06	1,00	0,40	1,00	13,67	1,31	Concreto	Skimming Flow	0,33	3,95	0,22	5,94	2,00	0,46	
Descida 07	0,70	0,40	0,70	19,70	0,63	Concreto	Skimming Flow	0,26	3,41	0,15	5,91	1,91	0,37	
Descida 08	0,70	0,40	0,70	19,71	0,60	Concreto	Skimming Flow	0,26	3,35	0,15	5,82	1,85	0,36	
Descida 09	1,00	0,40	1,00	19,77	1,12	Concreto	Skimming Flow	0,30	3,75	0,20	5,64	1,81	0,42	
Descida 10	0,80	0,40	0,80	18,39	0,78	Concreto	Skimming Flow	0,28	3,54	0,17	5,81	1,87	0,39	
Descida 11	0,90	0,40	0,90	20,64	1,05	Concreto	Skimming Flow	0,31	3,79	0,20	5,93	1,97	0,43	

Estrutura - Descidas d'água	Parâmetros geométricos					Verificação hidráulica para TR 100 anos								
	Seção do Degrau			Desnível		Vazão de Projeto (m³/s)	Tipo de Material	Regime	Profundidade Aerada do Escoamento (m)	Velocidade do Escoamento Aerado (m/s)	Profundidade Final do Escoamento (m)	Velocidade Final do Escoamento (m/s)	Energia Residual (m)	Altura de Referência da Parede (m)
	Largura do Degrau (m)	Altura de Queda (m)	Comprimento do Degrau (m)	Maior Desnível do Trecho (m)										
Descida 12	1,00	0,40	1,00	21,67	1,34	Concreto	Skimming Flow	0,34	3,99	0,22	5,99	2,03	0,47	
Descida 13	1,10	0,40	1,10	18,72	1,49	Concreto	Skimming Flow	0,34	4,01	0,23	5,81	1,94	0,47	
Descida 14	1,10	0,40	1,10	19,93	1,50	Concreto	Skimming Flow	0,34	4,02	0,23	5,82	1,95	0,48	
Descida 15	0,80	0,40	0,80	21,60	0,70	Concreto	Skimming Flow	0,26	3,41	0,16	5,61	1,74	0,36	
Descida 16	0,80	0,40	0,80	21,64	0,780	Concreto	Skimming Flow	0,28	3,54	0,17	5,81	1,87	0,39	

Fonte: Adaptado da TPF Engenharia (2024).

Tabela 4: Dimensionamento hidráulico dos bueiros.

Cálculo Hidráulico de Bueiros Tubulares - FHWA																																	
1. Dados de Entrada															2. Resultados																		
ID BUEIRO	Vazão de projeto (m³/s)	Nº Conduitos	Vazão por conduto (m³/s)	Declividade (m/m)	Coeficiente de Manning (n)	Diâmetro do bueiro (m)	Área da seção transversal do bueiro (m²)	Perímetro da seção transversal do bueiro (m)	Comprimento do Bueiro (m)	Energia mínima (m)	Vazão crítica (m³/s)	Velocidade crítica (m/s)	Declividade crítica (%)	Escoamento	Velocidade (m/s)	Raio Hidráulico (m)	Tirante normal (m)	Qcrit - Qproj	Condição do Bueiro	Verificação Hwi/D					Supondo Controle de saída					Bueiro escolhido			
																				Não Submersa	Transição	Submersa	Hw/D	Controle de entrada Hw	Raio Hidráulico	Veloc. média do Bueiro(m)	Energia de Velocidade (m)	Perda de energia na entrada do bueiro (m)	Energia consumida no atrito ao longo do Bueiro (m)		Energia total Consumida (m)	(dc+D)/2	Ho
BU-01	2,31	1	2,31	0,0100	0,015	1,20	1,13	3,77	55,00	1,24	2,43	2,85	0,70	Supercrítico	2,64	0,25	0,46	0,12	Não Submerso	1,05	1,06	1,07	1,05	1,26	0,30	2,04	0,21	0,04	0,26	0,51	1,01	1,01	BSTC Ø 1,20 m
BU-03	12,53	3	4,18	0,0100	0,015	1,50	1,77	4,71	20,00	1,57	12,71	3,21	0,65	Supercrítico	2,72	0,26	0,46	0,18	Transição	1,07	1,08	1,09	1,08	1,62	0,38	2,36	0,28	0,06	0,09	0,43	1,27	1,27	BTTC Ø 1,50 m
Cálculo Hidráulico de Bueiros Celulares - FHWA																																	
ID BUEIRO	Vazão de projeto (m³/s)	Nº Conduitos	Vazão por conduto (m³/s)	Declividade (m/m)	Coeficiente de Manning (n)	Altura do bueiro (m)	Base do Bueiro (m)	Área molhada crítica (m²)	Comprimento do Bueiro (m)	Energia mínima (m)	Vazão crítica (m³/s)	Velocidade crítica (m/s)	Declividade crítica (%)	Escoamento	Velocidade (m/s)	Raio Hidráulico (m)	Tirante normal (m)	Qcrit - Qproj	Condição do Bueiro	Verificação Hwi/D					Supondo Controle de saída					Bueiro escolhido			
																				Não Submersa	Transição	Submersa	Hw/D	Controle de entrada Hw	Raio Hidráulico	Veloc. média do Bueiro(m)	Energia de Velocidade (m)	Perda de energia na entrada do bueiro (m)	Energia consumida no atrito ao longo do Bueiro (m)		Energia total Consumida (m)	(dc+D)/2	Ho
BU-02	8,98	2	4,49	0,0100	0,015	1,50	1,50	3,00	20,00	1,46	9,40	3,09	0,68	Supercrítico	3,54	0,39	0,80	0,41	Não Submerso	1,06	1,09	1,11	1,06	1,59	0,38	2,00	0,20	0,04	0,07	0,31	1,24	1,24	BDCC 1,50x1,50 m
BU-04	15,95	1	15,95	0,0100	0,015	2,50	2,50	4,17	20,00	2,41	16,85	3,97	0,58	Supercrítico	4,13	0,49	0,80	0,90	Não Submerso	1,05	1,08	1,11	1,05	2,63	0,63	2,55	0,33	0,07	0,05	0,45	2,05	2,05	BSCC 2,50x2,50 m
BU-05	13,06	3	4,35	0,0100	0,015	1,50	1,50	4,50	20,00	1,43	14,10	3,05	0,68	Supercrítico	3,54	0,39	0,80	1,04	Não Submerso	1,04	1,06	1,09	1,04	1,56	0,38	1,93	0,19	0,04	0,06	0,29	1,23	1,23	BTCC 1,50x1,50 m

Fonte: Adaptado da TPF Engenharia (2024).

No período em questão, a estagiária obteve a oportunidade de levantar o quantitativo dos materiais necessários para a elaboração de um projeto de drenagem, através das plantas desenhadas no software *AutoCAD*. Para tal, foi necessário que a estagiária fosse capaz de pesquisar o consumo médio de cada dispositivo de drenagem disponibilizados no site do DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e calcular os quantitativos alinhados aos requisitos específicos do projeto.

Esta atividade foi de extrema importância, visto que a estagiária obteve a oportunidade de contribuir na construção de uma planilha de materiais necessários para implantar a obra de um produto, compreendendo como encontrar os consumos em manuais de referência e como organizá-los em planilhas, adquirindo, então, uma noção em relação ao consumo do material e custo total.

Diante das atividades citadas acima, foi possível o desenvolvimento e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos através das cadeiras de Administração, Materiais de Construção, Matemática Computacional e Concreto Armado.

4.3. AUXILIAR NOS DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS

Para fazer a determinação das dimensões das estruturas presentes do Sistema de Drenagem Superficial de uma pilha, a estagiária se baseou nos cálculos das vazões de projeto, para garantir que o sistema fosse apto a conduzir as cheias críticas, sem danificar as tubulações e garantindo segurança para a população.

O dimensionamento hidráulico dos canais, canaletas de berma e bueiros consiste em determinar as dimensões, geometria e revestimento dos dispositivos capazes de garantir seu funcionamento sem implicar a estabilidade das estruturas, de forma que a velocidade do escoamento não ultrapasse 6 m/s. Para as descidas, o dimensionamento consiste na determinação de uma geometria de seção compatível ao dispositivo de deságue, garantindo que a implantação esteja na mesma cota ou 0,50 metros abaixo do dispositivo.

O dimensionamento de todos os dispositivos foi feito em planilhas Excel, seguindo as metodologias citadas no item 4.2. Neste momento, colocou-se em prática todos os assuntos e habilidades desenvolvidos na cadeira de Hidrologia e Hidráulica Aplicada.

4.4. AUXILIAR NA REVISÃO DE TEXTOS TÉCNICOS

O relatório técnico desempenha um papel fundamental na execução dos projetos, sendo elaborado pela equipe, a fim de contribuir com a validação técnica e assegurar conformidade com as diretrizes padrões e as requeridas pela empresa solicitante. Esse documento, é indispensável nos projetos de engenharia, pois compila todos os estudos preliminares, levantamento de dados e dimensionamento das estruturas realizados pela empresa prestadora do serviço.

A estagiária participou da construção de relatórios técnicos no período do estágio, contribuindo na escrita, formatação e organização de documentos como: Relatório de Projeto Básico, Relatório As Built e Relatório de Consolidação de Dados. Essa atividade contou com a habilidade escrita da discente, resultante da sua experiência em construção de relatórios da Iniciação Científica, a qual foi bolsista durante 1 ano.

5. CRONOGRAMA

O cronograma de atividades apresentados na Tabela 5, conta com a jornada de trabalho de 6 horas diárias em 25 dias úteis, totalizando 150 horas trabalhadas.

Tabela 5: Cronograma das atividades realizadas durante o período de estágio.

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	SEMANA 01 – ABRIL					SEMANA 02 – ABRIL					SEMANA 03 – ABRIL					SEMANA 04 – ABRIL					SEMANA 01 – MAIO				
	01/04	02/04	03/04	04/04	05/04	08/04	09/04	10/04	11/04	12/04	15/04	16/04	17/04	18/04	19/04	22/04	23/04	24/04	25/04	26/04	29/04	30/04	01/05	02/05	03/05
1. AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DE DESENHO EM CAD	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
1.1. Estudo da geometria da pilha, e os elementos físicos presentes nas bacias hidrográficas	X																								
1.2. Delimitação das bacias de drenagem e traçado do talvegue		X	X																						
1.3. Traçado, modelagem dos dispositivos e sentido de escoamento										X	X	X	X	X	X	X	X								
2. AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DE PLANILHAS	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2.1. Vazão de projeto				X																					
2.2. Verificação hidráulica								X	X																
2.3. Planilha de quantitativos																						X	X	X	
3. AUXILIAR NOS DIMENSIONAMENTOS HIDRÁULICOS	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
3.1. Dimensionamento dos Canais				X	X																				
3.2. Dimensionamento dos Bueiros						X																			

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	SEMANA 01 – ABRIL					SEMANA 02 – ABRIL					SEMANA 03 – ABRIL					SEMANA 04 – ABRIL					SEMANA 01 – MAIO				
	01/04	02/04	03/04	04/04	05/04	08/04	09/04	10/04	11/04	12/04	15/04	16/04	17/04	18/04	19/04	22/04	23/04	24/04	25/04	26/04	29/04	30/04	01/05	02/05	03/05
3.4. Dimensionamento das Descidas								X																	
3.5. Revisão do Dimensionamento																		X							
4. AUXILIAR NA REVISÃO DE TEXTOS TÉCNICOS	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
4.1. Escrita e formatação de relatórios																			X	X	X				

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio é o período obrigatório para a conclusão do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRPE. O aluno desenvolve atividades na sua área de formação, sob orientação de um profissional habilitado já formado e consolidado na empresa/instituição a qual você prestará suas contribuições. O estágio na TPF Engenharia, permitiu o primeiro contato entre a discente e o mercado de trabalho na área de projetos hidrotécnicos de mineração.

Durante essa experiência, a aluna foi capacitada a enfrentar os desafios da vida profissional na área, adquirindo a habilidade de manuseio em Softwares como AutoCAD, AutoCAD Civil 3D e o SisCCoh, Planilhas Hidráulicas em Excel e escrita de Relatórios Técnicos em Word. Além disso, foi desenvolvido a habilidade de percepção acerca dos principais dispositivos que são recomendados nos projetos de sistema de drenagem superficial, levando em consideração as normas nacionais utilizadas e as diretrizes padrão. Apesar de todo conhecimento técnico adquirido no estágio, também foi possível desenvolver o trabalho em equipe e as habilidades sociais.

A discente teve a oportunidade de colocar em prática a teoria assimilada nas disciplinas de Desenho Assistido por Computador A, Metodologia Científica e Tecnológica, Topografia Aplicada A, Hidrologia Ambiental, Materiais de Construção, Hidráulica Aplicada, Estrutura de Concreto Armado, Barragens e Obras de Terra, Administração e Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13029: Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha**. Rio de Janeiro, 2017.

ALMEIDA, I. D. de et al. **Otimização de parâmetros de modelo hidrológico usando pesquisa harmônica**. Geociências. v.35, n.1, p.149-156, 2016. Disponível em: <https://www.revistageociencias.com.br/geocienciasarquivos/35/volume35_1_files/35-1-artigo-12.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestruturas de Transporte. **Manual de drenagem de rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 333 p. (IPR.Publ., 724).

GOLÇANVES, C. C. **Avaliação por modelagem numérica ed coberturas inibidoras de drenagem ácida de mina em pilhas de estéril e barragens de rejeito. Estudo de caso.** 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2018.

PIMENTADEAVILA, 2013. **Sisccoh – sistema para cálculos de componentes hidráulicos.** Disponível em: <http://www.pimentadeavila.com.br/sisccoh/>.

PINHEIRO, M. C. **Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração.** Porto Alegre: ABRH, 2011.

PONCE, V.M. **Engineering hydrology, principles and practices.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1989. 640 p.

SILVEIRA, M.D. **Utilização de Resíduos de Mineração Na Construção Civil.** Escola de Engenharia, UFMG, 2015.