

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
ENGENHARIA DE TRANSPORTES

NATÁLIA OLIVEIRA HILÁRIO

**ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE MINAS NO PARÁ:
MÉTODOS PARA O MONITORAMENTO HÍDRICO E ANÁLISE DE IMPACTO NO
TRÁFEGO LOCAL: ESTUDO DE CASO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BELO HORIZONTE
2023

NATÁLIA OLIVEIRA HILÁRIO

**ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE MINAS NO PARÁ:
MÉTODOS PARA O MONITORAMENTO HÍDRICO E ANÁLISE DE IMPACTO NO
TRÁFEGO LOCAL: ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Transporte.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Magela Damasceno

Co-orientador: Prof. Dr. Agmar Bento Teodoro.

BELO HORIZONTE
2023

“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

Mahatma Gandhi.

HILÁRIO, Natália Oliveira. **ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE MINAS NO PARÁ: MÉTODOS PARA O MONITORAMENTO HÍDRICO E ANÁLISE DE IMPACTO NO TRÁFEGO LOCAL: ESTUDO DE CASO**. 2023. 107f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2023.

RESUMO

O referido trabalho de conclusão de curso teve por objetivo, estudar duas áreas de conhecimento essenciais para inicialização e de processos minerários no Pará. A primeira, refere-se a gestão de recursos hídricos, tendo em vista a preocupação que se estabelece acerca da disponibilidade hídrica em operações de mineração, sendo necessário o conhecimento do volume real de água que pode ser extraído ou é descarregado em seus processos produtivos.

Com isso, tornou-se necessário caracterizar as drenagens no entorno do empreendimento. Essa caracterização previu a fase de planejamento, dimensionamento, instalação e automatização de instrumentos de medição de vazão nos principais aquíferos da região, (cidade de Parauapebas- PA). De posse das informações de vazões em cada deflúvio, coletou-se informações referente às profundidades atuais dos níveis d'água, as quais podem ser consideradas como sendo representativas de suas condições naturais, ou seja, anteriores às interferências que decorrerão do andamento das atividades minerárias futuras.

Já em relação a segunda área de conhecimento, o estudo aqui descrito, propôs a analisar os impactos no tráfego que venham a ser ocasionados especificamente a uma estrada vicinal no entorno do empreendimento, (cidade de Canaã dos Carajás-PA), do ponto de vista da segurança viária e capacidade da via. Além de propor soluções e propostas de melhorias em nível conceitual, para viabilizar o transporte de minério no percurso mencionado.

Para obtenção do nível de serviço atual da via, foi utilizado o software (Aisum), que é uma avançada ferramenta de simulação de tráfego, permitindo desde a modelagem isolada de um ponto de ônibus até a modelagem de toda uma região.

Em linhas gerais, ambos os estudos (monitoramento hídrico) e (impacto no tráfego) se conectam, pois são áreas sensíveis para população no geral, tanto em relação à

interferências na infraestrutura viária, quanto em relação à disponibilidade hídrica local, frente a provável instalação de empreendimentos minerários na região.

Palavras-chave: Drenagem Superficial; Dimensionamento; Medição-de-vazão; Pólo-gerador-de-viagens; Extração-Mineral; Impacto-no-Tráfego.

HILÁRIO, Natália O. **PRELIMINARY STUDIES FOR MINE IMPLEMENTATION IN PARÁ: METHODS FOR WATER MONITORING AND ANALYSIS OF IMPACT ON LOCAL TRAFFIC: CASE STUDY.** 2023. Course Completion Work (Graduate) – Transport Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, 2023.

ABSTRACT

This course completion work aimed to study two areas of essential knowledge for startup and mining processes in Pará. The first refers to the management of water resources, in view of the concern that is established about water availability in mining operations, requiring knowledge of the actual volume of water that can be extracted or discharged in its production processes.

With this, it became necessary to characterize the drainages around the enterprise. This characterization included the planning, sizing, installation and automation of flow measurement instruments in the main aquifers in the region (city of Parauapebas-PA). With the flow information in each runoff, information was collected regarding the current depths of the water levels, which can be considered as being representative of their natural conditions, that is, prior to the interferences that will result from the progress of mining activities future.

In relation to the second area of knowledge, the study described here proposed to analyze the impacts on traffic that may be caused specifically to a neighboring road in the surroundings of the enterprise, (city of Canaã dos Carajás-PA), from the point of view road safety and road capacity. In addition to proposing solutions and proposals for improvements at a conceptual level, to enable the transport of ore on the aforementioned route.

To obtain the current service level of the road, the software (Aisum) was used, which is an advanced traffic simulation tool, allowing from the isolated modeling of a bus stop to the modeling of an entire region.

In general terms, both studies (water monitoring) and (impact on traffic) are connected, as they are sensitive areas for the general population, both in relation to interference in road infrastructure and in relation to local water availability, in view of the probable installation mining projects in the region.

Keywords: Drains; Sizing; Flow measurement; Travel-generating pole; Mining-Extraction; Traffic-Impact.

LISTA DE SIGLAS

ANTT - Agência Nacional de Transporte Terrestre

ABNT - Agência Brasileira de Normas Técnicas

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

PGV - Pólo Gerador de Viagens

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

CNT - Confederação Nacional do Transporte

PIB - Produto Interno Bruto Mundial

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ANA - Agência Nacional de Águas

CLP - Controlador Lógico Programável

CNI - Confederação Nacional das Indústrias

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ROM - *Run of Mine* - Minério bruto

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Problemas de pesquisa (M1 e M2) e seus respectivos métodos e soluções.	16
Figura 2 - Localização dos Projetos.	17
Figura 3 - Fluxograma específico para divisão do referencial teórico.	20
Figura 4 - Porcentagem de ocorrência dos impactos ambientais no Estado do Pará.....	22
Figura 5 - Transporte de material estéril para um aterro especializado.....	23
Figura 6 - Transporte do minério para o seu ponto de beneficiamento.	24
Figura 7 - Corte Longitudinal e Transversal de um Pavimento com Revestimento Asfáltico e em Concreto.....	25
Figura 8 - Trinca isolada – transversal.	27
Figura 9 - Trinca longitudinal.....	27
Figura 10 - Trinca interligada: Tipo Couro de Jacaré.	28
Figura 11 - Ondulações.	29
Figura 12 - Painel.....	29
Figura 13 - Exemplo de um Hidrograma: Medição de Vazão de um rio.	33
Figura 14 - Perfil esquemático de uma calha parshall para medição de vazão em rios.	34
Figura 15 - Esquema típico de uma Calha Parshall.....	36
Figura 16 - Esquema de um Vertedouro Triangular para medição de vazão em drenagens relativamente pequenas.....	37
Figura 17 - Vertedor de parede delgada.	38
Figura 18 - Passo a passo utilizado na aplicação da metodologia para obtenção dos resultados.	40
Figura 19 - Ponto 01 - Sequeiro Félix: Interseção de acesso à VS-45 a partir da via secundária nas proximidades da área de extração.	41
Figura 20 - Localização geográfica dos projetos.....	43
Figura 21 - Visita Técnica realizada na área de estudo (Canaã dos Carajás, Pará) : 02/05/2023 até 05/05/2023.	44
Figura 22 - Ondulação transversal irregular e que não atende aos padrões estabelecidos na Resolução nº 600/2016 do CONTRAN.....	45
Figura 23 - Interseção em "T" no trecho de curva horizontal.	46
Figura 24 - Principais estruturas do empreendimento	51
Figura 25 - Representação e delimitação das Cavas.....	52
Figura 26 - Método de medição de vazão – Seção média (Flowtracker).	56

Figura 27 - Medição de vazão com o aparelho FlowTracker.	57
Figura 28 - Seção Transversal do Ponto VTD-01.	58
Figura 29 - Seção Transversal do Ponto VTD-02.	58
Figura 30 - Seção Transversal do Ponto CLH-03.	59
Figura 31 - Registro Fotográfico do Processo construtivo - Ponto VTD-01.....	60
Figura 32 - Registro Fotográfico do Processo construtivo do Ponto VTD-02.....	62
Figura 33 - Registro Fotográfico do Processo Construtivo do Ponto CLH-03.	63
Figura 34 - Ponto 01 - Sequeiro Félix - Movimentos Possíveis.....	66
Figura 35 - Divisão modal no Ponto 01 - Pico Manhã.	67
Figura 36 - Divisão modal no Ponto 01 - Pico Tarde.....	67
Figura 37 - Rede carregada no Ponto 01 – Aimsun.....	69
Figura 38 - Resultado do Nível de Serviço: Ponto 01 – Aimsun.	69
Figura 39 - Resultado do NS “A” – Ponto 01.....	70
Figura 40 - Defeitos encontrados na via Vs-45 - Visita Técnica na área de estudo: 04/05/2023.	72
Figura 41 - Trincas longitudinais na via Vs-45.	73
Figura 42 - Necessidade de deslocamento do acesso para oeste, Vs-45 - Tratamento geométrico do Ponto.....	74
Figura 43 - Distâncias mínimas de visibilidade para o caso.	75
Figura 44 - Proposta de Adequação do Ponto 01 em Sequeiro Félix.....	76
Figura 45 - Detalhamento da Proposta de Adequação do Ponto 01.	77
Figura 46 - Medição de Vazão em campo - Ponto VTD-01.....	78
Figura 47 - Medição de Vazão do Ponto VTD-02.	78
Figura 48 - Medição de Vazão do Ponto CLH-03.....	79
Figura 49 - Croqui esquemático do Vertedouro Cipolleti.	81
Figura 50 - Dimensões da calha Parshall ASTM 3”.....	83
Figura 51 - Instalação do Pluviômetro Digital do Projeto M2.	84
Figura 52 - Pluviômetro instalado no Projeto M2.	85
Figura 53 - Gráfico de Precipitação e Temperatura de Março de 2023.	86
Figura 54 - Gráfico de Precipitação e Temperatura de Abril de 2023.	86
Figura 55 - Gráfico de Precipitação e Temperatura: Acumulado (Mensal) em 2023.	87
Figura 56 - Gráfico de Precipitação anual.	87
Figura 57 - Gráfico de Nível e Vazão de toda série histórica - Ponto VTD-01.	88

Figura 58 - Gráfico de Nível e Vazão para os meses de Março e Abril de 2023 - Ponto VTD-01.	89
Figura 59 - Situação de extravasamento no Vertedouro VTD-01.	90
Figura 60 - Gráfico de Nível e Vazão de toda série histórica - Ponto VTD-02.	91
Figura 61 - Gráfico de Nível e Vazão para os meses de Março e Abril de 2023 - Ponto VTD-02.	92
Figura 62 - Gráfico de Nível e Vazão de toda série histórica - Ponto CLH-03.....	93
Figura 63 - Gráfico de Nível e Vazão para os meses de Março e Abril de 2023 - Ponto CLH-03.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de n e k para escolha da polegada da Calha Parshall.....	36
Tabela 2 - NS em rodovias de pista simples conforme saídas do software Aimsun.	49
Tabela 3 - Principais Estruturas do Empreendimento.	49
Tabela 4 - Rede de monitoramento superficial do Projeto M2.	53
Tabela 5 - Localização do pluviômetro do Projeto M2.....	53
Tabela 6 - Frequência de leitura dos dispositivos.....	54
Tabela 7 - Informações Técnicas do Ponto VTD-01.....	60
Tabela 8 - Informações Técnicas do Ponto VTD-02.....	61
Tabela 9 - Informações Técnicas do Ponto CLH-03.	63
Tabela 10 - Veículos contabilizados no Ponto 01 - Sequeiro Félix.....	66
Tabela 11 - Principais Inconformidades Observadas	72
Tabela 12 - Tamanho e Geometria dos medidores propostos.	79
Tabela 13 - Vazões de referência dos pontos de monitoramento. Q em m ³ /h.....	79
Tabela 14 - Vazões de referência dos pontos de monitoramento. Q em m ³ /s.	80
Tabela 15 - Cargas hidráulicas e vazões - vertedor Cipolletti de 0,50 m. Q em m ³ /s.	81
Tabela 16 - Cargas hidráulicas e vazões – vertedor triangular 90 °. Q em m ³ /s.	82
Tabela 17 - Vazão em m ³ /h em função da leitura em cm da calha.....	83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1.	Objetivos Gerais	17
2.2.	Objetivos Específicos	17
3	JUSTIFICATIVA.....	18
3.1.	Estudo de Tráfego aplicado à Mineração.....	19
3.2.	Gestão dos Recursos Hídricos aplicada à Mineração	19
4	REVISÃO DA LITERATURA	20
4.1.	MINERAÇÃO	21
4.1.1.	A importância da Mineração no Brasil	21
4.1.2.	Mineração no Estado do Pará	21
4.2.	ESTUDO DE TRÁFEGO APLICADO À MINERAÇÃO.....	23
4.2.1.	Transporte e Escoamento de Cargas na Mineração	23
4.2.2.	Estradas no âmbito da Mineração e a Influência de Tráfego.....	24
4.2.3.	Defeitos em Pavimentos Flexíveis.....	25
4.2.1.	Trincas Transversais	26
4.2.2.	Trincas Longitudinais	27
4.2.3.	Trinca interligada: Tipo couro de Jacaré	28
4.2.4.	Ondulações ou Corrugações	28
4.2.5.	Panelas	29
4.3.	GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADA À MINERAÇÃO	30
4.3.1.	Gestão Hídrica no Brasil e a Política Nacional de Recursos Hídricos.....	30
4.3.2.	Escoamento Superficial	32
4.3.3.	Dispositivos de Medição de Vazão Superficial	33
4.3.4.	Calha Parshall	34
4.3.5.	Vertedores.....	36
5	METODOLOGIA.....	39
5.1.	DIAGNÓSTICO VIÁRIO	40
5.2.	Contextualização sobre o Projeto M1	41
5.3.	Estudo de Caso: Análise das Condições de Tráfego da VS-45 – Pará.	44
5.4.	Análise e Coleta de Dados	46
5.4.1.	Pesquisa CCV	46
5.4.2.	Capacidade atual da Via	48
5.5.	DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO HÍDRICO	49
5.6.	Rede de monitoramento Fluviométrica Superficial	53

5.7.	Metodologia de Monitoramento	53
5.8.	Formulação matemática dos medidores de vazão utilizados	54
5.9.	Dimensionamento dos instrumentos	55
5.10.	Método de Medição: Descarga Líquida.....	56
5.11.	Processo Construtivo dos Medidores de Vazão.....	57
5.11.1.	Vertedouro Cipolleti:VTD-01.....	59
5.11.1.	Vertedouro Triangular: VTD-02.....	61
5.11.1.	Calha Parshall: CLH-03.....	62
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO:	65
6.1.	DIAGNÓSTICO VIÁRIO	65
6.1.1.	Resultados da Pesquisa CCV	65
6.1.2.	Resultados da Microsimulação e Nível de Serviço	68
6.1.3.	Principais Inconformidades Observadas.....	71
6.1.4.	Defeitos no Pavimento.....	72
6.1.5.	Proposta de Adequação do Ponto 01 – Sequeiro Félix	73
6.2.	DIAGNÓSTICO DO MONITORAMENTO HÍDRICO	77
6.3.	Medição de Vazão e Dimensionamento	77
6.3.1.	Vertedouro Cipolleti:VTD-01.....	80
6.3.2.	Vertedouro Triangular: VTD-02.....	82
6.3.3.	Calha Parshall: CLH-03.....	82
6.3.1.	Pluviômetro Digital	84
6.4.	ANÁLISE DE DADOS HIDROMÉTRICOS E PLUVIOMÉTRICOS	84
6.4.1.	Pluviômetro Digital	84
6.4.2.	Vertedouro Cipolleti:VTD-01.....	88
6.4.1.	Vertedouro Triangular: VTD-02.....	91
6.4.1.	Calha Parshall: CLH-03.....	92
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

1 INTRODUÇÃO

A mineração é um dos setores básicos da economia brasileira e contribui para o desenvolvimento social e econômico do país (Farias 2002).

A nível nacional, o setor mineral situa-se na base de diversas cadeias produtivas essenciais para a vida moderna, sendo uma importante fonte de energia e tendo uma representativa participação na economia brasileira. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2018), o setor representa 16,8% do PIB industrial brasileiro, com saldo na balança comercial de 34 bilhões de dólares em 2018 e um valor total da produção recorde de aproximadamente 2 bilhões de ton./ano. Segundo o Instituto, ainda existem 9.415 minas em regime de concessão de lavra, empregando 183.635 trabalhadores diretos no ano de 2018.

Tendo em vista que o Brasil é detentor de uma das maiores reservas mundiais de minerais metálicos e não-metálicos (Barreto 2001) e que essa atividade resulta em impactos sociais, ambientais e também impacta a infraestrutura viária local, este trabalho de conclusão de curso, estudou o monitoramento hídrico e o impacto no tráfego no entorno de dois empreendimentos minerários no estado do Pará.

Ambos os empreendimentos, de estudo de caso deste trabalho, (**Projeto M1 e Projeto M2**) encontram-se em fase preliminar de viabilidade de implantação e são desenvolvidos por uma mineradora de grande porte atuante nas cidades de Canaã dos Carajás e Parauapebas - PA, respectivamente.

A primeira área de conhecimento abordada neste trabalho, refere-se à análise da infraestrutura viária e os impactos que decorrem da possível implantação de um empreendimento minerário, denominado (Projeto M1), que por si só, resultará em um pólo gerador de viagens (PGV), para a região. Prevendo este potencial desenvolvimento próximo a área de extração mineral, deve-se analisar as condições de infraestrutura e capacidade atual das vias, e se as mesmas possuem sinalização horizontal e vertical suficientes para garantir a segurança viária local.

O Projeto M1, corresponde a uma área constituída por um depósito mineral de cobre e ouro, localizado na região Norte do Brasil, no sudeste do estado do Pará, em Canaã dos Carajás - PA.

Já em relação à segunda temática a ser abordada, (Monitoramento Hídrico) realizado na cidade de Parauapebas - PA, denominado Projeto M2, compreenderá a extração de minério de

cobre, utilizando o método de lavra subterrânea e beneficiamento. Tal projeto foi escolhido também para compor parte dos objetivos do trabalho, porque a disponibilidade hídrica é um dos principais fatores que sustentam as operações de mineração, sendo necessário o conhecimento do volume real de água que pode ser extraído ou descarregado em seus processos produtivos. Ou seja, a gestão dos recursos hídricos não deve ser analisada somente na fase de viabilidade de implantação de um empreendimento, em caráter preliminar, mas sim durante, e posteriormente a implantação de uma mina, tendo em vista, a possibilidade de avaliar tecnicamente as possíveis interferências e mudanças que ocorrerão nas principais contribuições dos aquíferos da região, em função das atividades minerárias.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2014), a demanda global por água no setor industrial deve aumentar, até 2050, cerca de 400%. Sendo assim, nota-se uma crescente preocupação com a eficiência no uso da água nas estratégias competitivas das indústrias nacionais, especialmente daquelas que utilizam este recurso mais intensivamente.

Apesar da mineração consumir uma quantidade de água relativamente pequena em escala global, quando se considera as escalas locais, nas regiões onde ocorre a atividade minerária, este consumo passa a ser muito significativo.

O Monitoramento Hídrico, é considerado uma medida de controle, principalmente porque os resultados aqui obtidos, em relação a caracterização das drenagens, suas oscilações de nível e vazão ao longo do tempo, no período chuvoso e de estiagem, alimentam um banco de dados, que servirá de parâmetro futuro, cujo objetivo do órgão fiscalizador será de verificar a não interferência na qualidade e na vazão das águas superficiais e subterrâneas, próximas a área de extração mineral.

Além disso, o estudo servirá para embasar e oferecer subsídio a programas e ações exigidas por órgãos ambientais (ICMBIO), (IBAMA), no processo de Licenciamento Ambiental, para posterior obtenção da Licença de Instalação (LI).

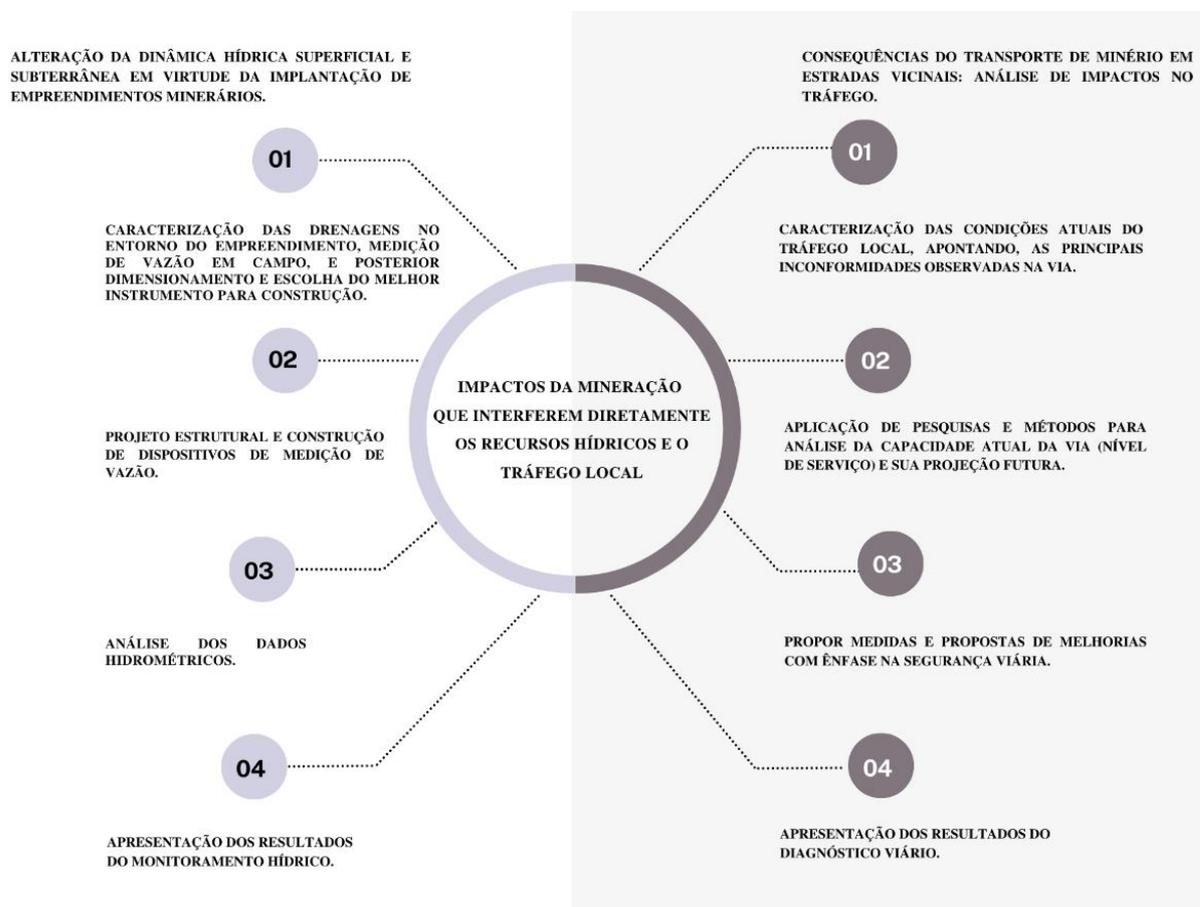
Portanto, em virtude do que foi mencionado, o trabalho de conclusão de curso possui problemas de pesquisa relevantes, que justificaram sua elaboração. A seguir, apresentam-se as perguntas chaves, que serviram como fontes balizadoras do trabalho.

- (a) O quanto esses dois projetos de mineração interferem, ainda que preliminarmente, nos recursos hídricos e no tráfego local onde serão implantados?
- (b) E se interferem, o que pode ser feito hoje (na fase de concepção), para evitar impactos futuros relacionados à disponibilidade hídrica superficial e subterrânea? O monitoramento auxilia na mitigação desses impactos?

- (c) Em relação às condições de tráfego, como está configurada a capacidade da via hoje? Existem trechos que comprometem a segurança viária? Quais as principais inconformidades observadas? O que pode ser feito do ponto de vista da infraestrutura e segurança viária para mitigar ou compensar os impactos?

A Figura 1 mostra o fluxograma dos principais problemas decorrentes dos empreendimentos minerários, bem como o caminho a ser seguido para sanar ou mitigar os problemas observados.

Figura 1 – Problemas de pesquisa (M1 e M2) e seus respectivos métodos e soluções.

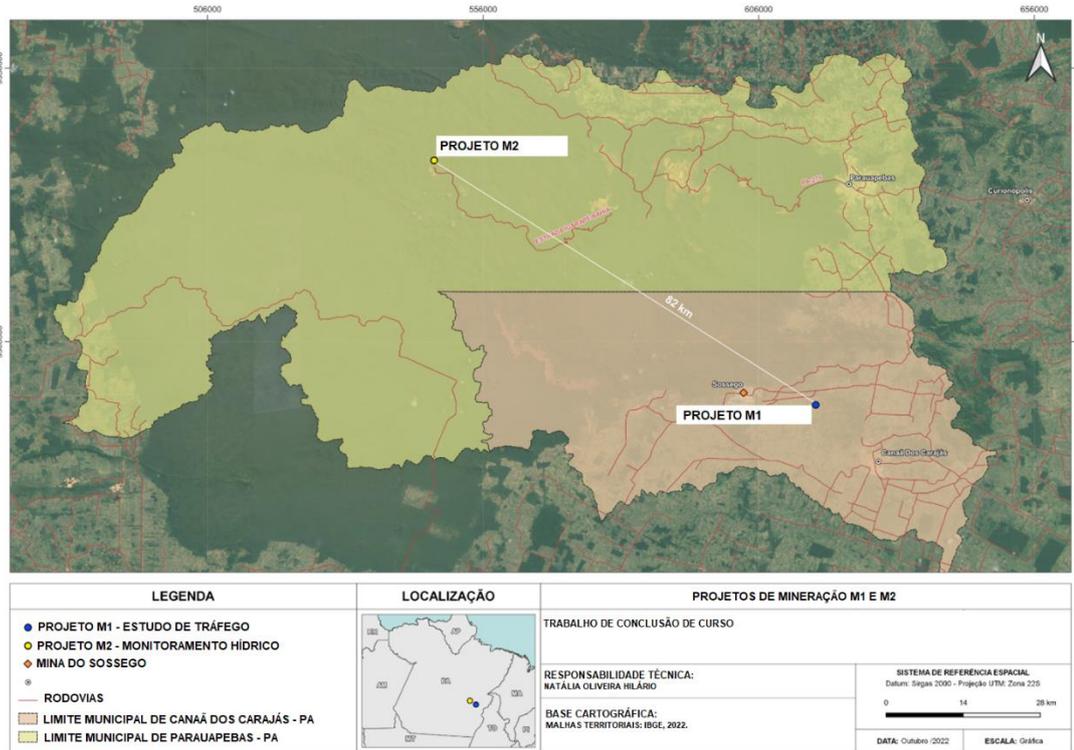


Fonte: Autora, 2022.

Observa-se neste esquema (Figura 1) que os termos de pesquisa estavam bem delimitados.

O esquema também possibilitou a análise e determinação dos objetivos concretos da pesquisa pois facilmente se percebe o que foi os alvos da pesquisa. Na Figura 2 observa-se um mapa de localização geográfica dos dois projetos supracitados, que serviu de referência para elaboração do presente trabalho de conclusão de curso.

Figura 2 - Localização dos Projetos.



Fonte: Autora, 2023.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos gerais desta pesquisa foram:

- (a) Realizar um diagnóstico preliminar das condições de tráfego no entorno do empreendimento Projeto M1.
- (b) Realizar um diagnóstico do monitoramento hídrico das principais drenagens no entorno do empreendimento - Projeto M2.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnóstico do Monitoramento Hídrico:

- (a) Descrever o Método utilizado para Medição de vazão das Drenagens de interesse;
- (b) De posse dos valores de vazão, realizar o dimensionamento dos dispositivos hidrométricos, entre eles, Calhas *Parshall* e Vertedores;
- (c) Realizar um Projeto estrutural dos dispositivos de medição de vazão no Autocad;
- (d) Descrever o método do processo construtivo dos medidores de vazão;
- (e) Analisar os resultados hidrométricos e pluviométricos da região estudada;

Diagnóstico das Condições de Tráfego:

- (f) Descrever as condições atuais do tráfego local, apontando as principais inconformidades observadas;
- (g) Aplicar pesquisas através do método de Contagem Classificada de Veículos (CCV), para conhecimento da magnitude do tráfego veicular local, bem como a análise do nível de serviço (atual) para avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via e identificar os trechos de insegurança viária para proposição de melhorias.

3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justificou-se no sentido de colaborar com o aprofundamento do conhecimento acerca dos possíveis impactos resultantes da mineração e quais ações podem ser tomadas para resolução dos problemas.

Apesar da mineração apresentar grande relevância no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, a instalação de um empreendimento minerário também é responsável por grandes impactos ao meio ambiente, e na infraestrutura viária. Em relação ao meio ambiente e recursos hídricos, alguns impactos se destacam, como é o caso da disponibilidade hídrica necessária para a população, geração de ruídos e vibração, poluentes atmosféricos no ar, poluição das águas e do solo. Em relação aos impactos no tráfego, vários problemas são pontuados, decorrentes do escoamento de minério por caminhões, em estradas vicinais, como por exemplo: Problemas relacionados a segurança viária, ausência de sinalização vertical e horizontal, problemas com a capacidade da via, visto o tráfego de caminhões, problemas com a qualidade da via, em virtude do excessivo peso dos caminhões, favorecendo ao aparecimento de trincas por fadiga, panelas, etc.

Neste contexto, o trabalho possui uma relevância considerável, no qual, foi possível estudar o quanto esses dois projetos de mineração interferem, ainda que preliminarmente, nos recursos hídricos e no tráfego local onde serão implantados.

Na sequência, ainda em relação às justificativas balizadoras do trabalho, o sub-capítulo 3.1 e sub-capítulo 3.2 abordam a importância dos estudos voltados aos dois eixos principais, mencionados no trabalho.

3.1. ESTUDO DE TRÁFEGO APLICADO À MINERAÇÃO

Devido à grande competitividade nacional e internacional, torna-se importante que as estradas desenvolvidas para o transporte e circulação de veículos no entorno de empreendimentos minerários sejam bem planejadas, e, posteriormente, bem executadas.

Em decorrência da implantação de processos minerários, com a mobilização de mão-de-obra, principalmente na fase de inicial do empreendimento, é possível prever um significativo número de pessoas circulando nos locais das obras e ao longo dos acessos. Tal aspecto, por sua vez, resultará em um Pólo Gerador de Viagens (PGV). Tal operação, independente do porte e da durabilidade, exige que seja feita uma análise minuciosa para apurar possíveis impactos na circulação existente no sistema viário, que por sua vez, deverão ser mitigados ou compensados. A omissão desta análise incorre no aumento significativo da insegurança viária para os condutores e moradores da região e em futuros gastos públicos com adequações de sistemas de circulação.

O estudo desse tráfego aplicado à mineração, entra neste contexto, porque fornece indicadores que permitem conhecer e avaliar o sistema viário de forma diagnóstica, dado o cenário real (atual), assim como as condições de existência do tráfego (futuro).

3.2. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADA À MINERAÇÃO

Para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, torna-se estritamente necessária, a realização de medições confiáveis de vazão. A ausência de implementação desse sistema, resulta em sérias dificuldades no controle do consumo de água.

No entanto, a gestão da água usada constitui a preocupação ambiental mais importante das unidades de mineração. Além disso, os parâmetros de gerenciamento de água estão entre os indicadores de desempenho ambientais mais facilmente quantificados e como tal, sujeitos a fiscalizações por parte de governos, organizações e institutos.

Além disso, uma das mudanças comumente observadas em decorrência da implantação de uma Mina, refere-se à alteração da Dinâmica Hídrica Subterrânea e Superficial. Genericamente, após a inicialização e desenvolvimento da lavra, algumas nascentes tendem a ter uma redução na vazão residual, comprometendo assim, a dinâmica hídrica local.

Com a implementação dos estudos aqui propostos, coletou-se informações referentes às profundidades atuais dos níveis d'água, as quais foram consideradas como sendo

representativas de suas condições naturais, ou seja, anteriores às interferências que decorrerão do andamento das atividades futuras.

O monitoramento hídrico, conforme mencionado, é uma ferramenta de controle. Com a elaboração deste trabalho, foi possível analisar as séries históricas de nível e vazão, e, com isso, analisar os reais efeitos sobre os sistemas aquíferos, auxiliando também a tomada de decisão, na gestão dos recursos hídricos aplicada à mineração.

Sob o ponto de vista acadêmico, este projeto integra várias disciplinas de engenharia: Hidrologia Aplicada, geoprocessamento, Drenagem Superficial, Geologia de Engenharia etc., o que incentivou a adoção do tema neste TCC, além da autora trabalhar diretamente na área.

4 REVISÃO DA LITERATURA

Para fundamentação deste estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica, a partir do levantamento de documentos e literaturas publicadas acerca dos impactos decorrentes da mineração, principalmente do ponto de vista da infraestrutura viária e disponibilidade hídrica. Dessa forma, a Figura 3 ilustra um fluxograma contendo as principais áreas pesquisadas para compor a revisão da literatura.

Figura 3 - Fluxograma específico para divisão do referencial teórico.



4.1. MINERAÇÃO

4.1.1. A importância da Mineração no Brasil

O Brasil possui, em seus mais de 8,5 milhões de Km², uma grande diversidade de terrenos e formações geológicas, fato este que lhe confere um grande potencial mineral. Os recursos minerais brasileiros abrangem uma produção de 72 substâncias, das quais 23 são metálicas, 45 não metálicas e 4 energéticas.

Desde os primórdios da humanidade o homem serviu-se de minérios para as mais diversas atividades. Alguns exemplos são os metais como ouro, prata e cobre que eram encontrados sob a forma nativa na natureza, ou obtidos a partir de seus minérios. Outra atividade digna de menção foi a utilização de armas – lanças, facas e espadas – que eram fabricadas com o ferro extraído de seus minérios.

Importante fonte de renda, a mineração é um suporte financeiro e econômico para o país. No caso do Brasil, a atividade se torna grande protagonista nesse contexto, em função do potencial do solo nacional, caracterizado por seu diferencial e riqueza. Além disso, contribui para a criação de inúmeros empregos diretos e indiretos, justamente por oferecer matéria prima para variados tipos de indústria.

4.1.2. Mineração no Estado do Pará

O estado do Pará abriga importantes reservas minerais e, segundo Carvalho *et al* (2009) é possível observar que nas localidades onde há produção mineral, ocorre um relevante desenvolvimento econômico e social local. Contudo, também há consequências negativas como a especulação imobiliária, que impossibilita que a população atraída pela oferta de empregos consiga pagar o aluguel de uma moradia. Além de prejuízos ambientais como a perda de biodiversidade.

Apesar da mineração apresentar grande relevância no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, a extração de minério também é responsável por perdas na biodiversidade, na fertilidade natural do solo e na interferência nos recursos hídricos (Patricio 2009). Essas perdas estão associadas as etapas de exploração mineral, abertura de cava, uso de explosivos, ruídos e vibrações, transporte e beneficiamento do minério (Bonfim 2017).

De acordo com RIBEIRO (2019), os Estudos de Impacto Ambiental do setor da mineração são considerados de suma importância para a promoção da gestão ambiental, pois

caso a atividade seja realizada de maneira incorreta, pode resultar em graves consequências ao meio ambiente, como no solo, rios e lençóis freáticos, além de interferir negativamente na comunidade local. Posto isso, os impactos ambientais mais frequentes no Estado do Pará são listados na (Figura 4). Foi observado que 86% das ocorrências referem-se, respectivamente a alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, bem como na dinâmica hídrica superficial local. Também é possível observar impactos relacionados às possíveis alterações nas características dos solos, na qualidade do ar e nos níveis acústicos.

Figura 4 - Porcentagem de ocorrência dos impactos ambientais no Estado do Pará



Fonte: adaptado, RIBEIRO (2019).

Os impactos relacionados à atmosfera, tem como principal fonte as partículas dispersadas pelo vento durante as escavações explosões, jateamento, transporte de material e rejeitos, erosão eólica (em mineração a céu aberto). Como o processamento mineral necessita de um consumo elevado de água, há deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, conforme foi apresentado na (Figura 4). A má qualidade ou a redução da disponibilidade de água pode afetar não apenas o meio ambiente, mas também a saúde humana, principalmente se próximo à área afetada houver comunidades que se abasteçam daquele corpo hídrico, visto que os rejeitos das minas são tóxicos à saúde humana.

O solo é outro componente ambiental muito afetado pela mineração, de acordo com Bonfim (2017). Os meios biótico e físico são intimamente interligados, por isso, quando há uma alteração significativa no meio físico, o meio biótico tende a ser atingido também.

Quando há a remoção do solo superficial, retira-se a camada mais fértil do solo, expondo o mesmo a processos erosivos, o que potencialmente pode culminar no assoreamento dos corpos d'água do entorno do empreendimento (Mechi & Sanches 2010). Em linhas gerais, é possível analisar que o local onde será feita a cava tem sua cobertura vegetal completamente extraída,

ou seja, há uma ocorrência de degradação do solo e perda da cobertura vegetal simultaneamente, resultando em prejuízos a biomas específicos.

A análise dos Estudos de Impacto Ambiental de mineração do estado do Pará é resultante de catorze principais impactos ao meio ambiente. Dentre os impactos mais frequentes, 50% pertencem ao meio físico, 36% ao meio biótico e 14% ao meio socioeconômico, (Ribeiro, 2019).

4.2. ESTUDO DE TRÁFEGO APLICADO À MINERAÇÃO

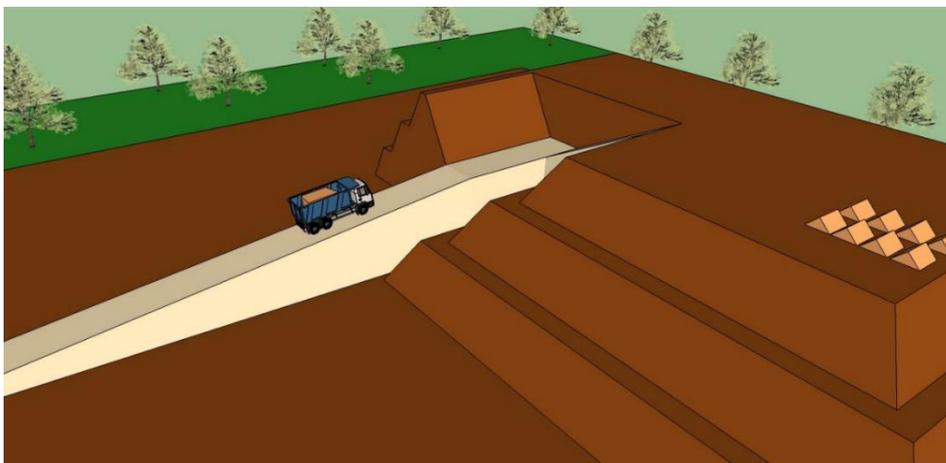
4.2.1. Transporte e escoamento de Cargas na Mineração

A operação de transporte consiste em transportar o material extraído da jazida até diferentes pontos de descarga. Esta fase tem início quando os caminhões são direcionados até uma determinada frente de lavra, de forma que, os equipamentos de carga que são alocados nas frentes retiram o material e posteriormente carregam os caminhões. Os caminhões carregados transportam o material até um determinado ponto de descarga e, em seguida, voltam para uma frente de lavra disponível, onde repetirão as mesmas operações (QUEVEDO, 2009).

De acordo com Quevedo (2009) os pontos de descarga de material podem ser divididos em três pontos: Pilhas de Estéril, Pilhas de Homogeneização (para mistura de material) e Beneficiamento.

A (Figura 5) apresenta o caminhão basculante carregado, onde o material é descarregado na pilha de estéril. Ou seja, tal material não possui valor econômico, portanto, não é destinado para a usina de beneficiamento.

Figura 5 - Transporte de material estéril para um aterro especializado.



Fonte: (FERREIRA, 2013).

Segundo Quevedo (2009) os caminhões realizam ciclos de carregamento e basculamento repetidamente, percorrendo as possíveis rotas disponíveis; quando partem de um ponto de carga para um ponto de basculamento, ou vice-versa, o fazem diretamente sem paradas intermediárias.

É importante que seja considerado que equipamentos de transporte são produtivos quando estão transportando material, portanto os tempos em fila e ociosidade dos equipamentos são a maior fonte de não produtividade. Para que este fato não ocorra, é necessário que se tenha um planejamento das frotas dos caminhões e a capacidade de carga de cada unidade, otimizando-se o processo. A (Figura 6) exemplifica outro contexto, diferente da (Figura 5). Neste caso, o material é transportado para usina de beneficiamento, por possuir valor econômico.

Figura 6 - Transporte do minério para o seu ponto de beneficiamento.



Fonte: (FERREIRA, 2013).

4.2.2. Estradas no âmbito da Mineração e a Influência de Tráfego

As estradas vicinais, localizadas próximas às áreas de extração mineral, por muito tempo, não foram consideradas de forma significativa nos planos de gestão de empreendimentos minerários. Todavia, hoje, tem-se cada vez mais consciência de sua importância como viabilizadora de uma das operações unitárias dentro da mineração: O Transporte. Além disso, começa-se a avaliar o impacto negativo que uma estrada em más condições de serventia ocasiona sobre a mineração, diminuindo a segurança e eficiência do transporte, o que afeta diretamente os lucros produzidos pela atividade (THOMPSON, 2008).

Devido à grande competitividade nacional e internacional, torna-se importante que as estradas desenvolvidas para o transporte e circulação de veículos em mineradoras sejam bem planejadas, e, posteriormente, bem executadas.

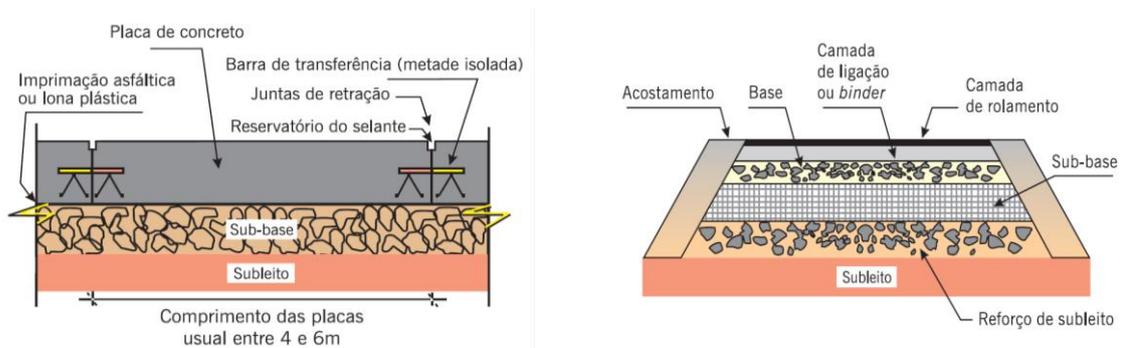
Embora, em linhas gerais, as estradas de mina possam parecer muito semelhantes às estradas rodoviárias, existem relevantes diferenças entre elas, sobretudo em relação às manutenções periódicas exigidas para garantir uma qualidade aceitável no tocando ao revestimento asfáltico.

A Norma Reguladora da Mineração (NRM) N° 13 (BRASIL, 2001) apresenta requisitos mínimos para as vias por onde ocorra tráfego de equipamentos de transporte. Tais limites se referem à presença de sinalização, à largura mínima das vias e à existência de leiras de segurança e suas dimensões. Deve haver sinalização para que os limites das bancadas usadas como estradas sejam visíveis tanto durante o dia, quanto à noite; a largura mínima da estrada deve ser duas vezes a largura do maior veículo para estradas em pista simples (mão única) e três vezes em estradas de pista dupla.

É muito importante que as empresas responsáveis pela jurisdição das estradas em questão, garantam que o pavimento, do ponto de vista estrutural, seja capaz de resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

As figuras a seguir apresentam um corte longitudinal e transversal da configuração ideal de um pavimento, que pode ser atribuído em projetos de estradas vicinais.

Figura 7 - Corte Longitudinal e Transversal de um Pavimento com Revestimento Asfáltico e em Concreto.



Fonte: Autor: Pavimentação Asfáltica: Formação básica para Engenheiros, 2010.

4.2.3. Defeitos em Pavimentos Flexíveis

A apresentação e interpretação das patologias em pavimentos asfálticos foi considerado um tema importante no referido trabalho de conclusão de curso, principalmente, pela necessidade de obter manutenções periódicas nas estradas vicinais, de uso comum à população no entorno dos empreendimentos, assim como sua importância, uma vez que a estrada será utilizada para o escoamento de cargas de minério.

Segundo Capello et al. (2010) as patologias podem se originar devido a projetos mal feitos, a má qualidade dos materiais empregados na construção ou a falta de controle tecnológico. Esses defeitos levam a deterioração do revestimento e das camadas subjacentes, o que conseqüentemente prejudica o rolamento, conforto e a segurança na via, trazendo também prejuízos aos usuários e aos veículos.

De acordo com DNIT (005/2003) podemos citar que as patologias mais encontradas nos pavimentos flexíveis são: fissuras, trincas (trinca isolada transversal, trinca isolada longitudinal, trinca interligada tipo couro de jacaré, trinca interligada tipo bloco), ondulação, escorregamento, exsudação, panela, desgastes e afundamento de trilha de roda.

As patologias que se manifestam no pavimento flexível são classificadas como: defeitos de superfícies (quando há exposição do ligante, dos agregados ou o desprendimento dos mesmos), degradações superficiais (ocorre geralmente durante a construção do pavimento e como consequência afeta a composição granulométrica dos agregados, fazendo com que as misturas asfálticas produzidas em campo sejam diferentes daquelas que são projetadas em laboratórios) ou deformações (devido a compactação complementar de camadas mal compactadas ou devido à ruptura por cisalhamento). Essas patologias podem ser imperfeições funcionais (se refere à capacidade do pavimento de satisfazer sua função, ou seja, é a determinação da capacidade de desempenho funcional momentânea e serventia que o pavimento proporciona ao usuário), e também podem ser imperfeições estruturais (a avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento). As terminologias dos defeitos são catalogadas pela norma DNIT (005/2003).

4.2.1. Trincas Transversais

De acordo com DNIT (005/2003) as trincas transversais (representadas na Figura 8) são trincas isoladas que apresentam direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando essa apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca transversal curta e, quando apresentar extensão superior a 100 cm é denominado trinca transversal longa.

Figura 8 - Trinca isolada – transversal.



Fonte: DNIT (005/2003).

4.2.2. Trincas Longitudinais

As trincas longitudinais são trincas isoladas que apresentam direção predominante paralela ao eixo da via, demonstrada na (Figura 9). Quando a trinca apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca longitudinal curta e, quando a extensão se apresentar maior que 100 cm é denominado trinca transversal longa (DNIT 005/2003).

Figura 9 - Trinca longitudinal.



Fonte: DNIT (005/2003).

4.2.3. Trinca interligada: Tipo couro de Jacaré

Segundo DNIT 005/2003 é um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se a um aspecto estilo couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada e estágio avançado de fadiga. Primeiramente apresentam-se de forma isolada e, à medida que progridem com o tempo, interligam-se e ficam com o aspecto de pele de crocodilo (SILVA, 2008). As trincas tipo couro de Jacaré são exemplificadas abaixo na ().

Figura 10 - Trinca interligada: Tipo Couro de Jacaré.



Fonte: DNIT (005/2003).

4.2.4. Ondulações ou Corrugações

De acordo com DNIT 005/2003 são deformações caracterizadas por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. As corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações e comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. As ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito (Figura 11), diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. São decorrentes de fenômenos diferentes (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2008).

Figura 11 - Ondulações.

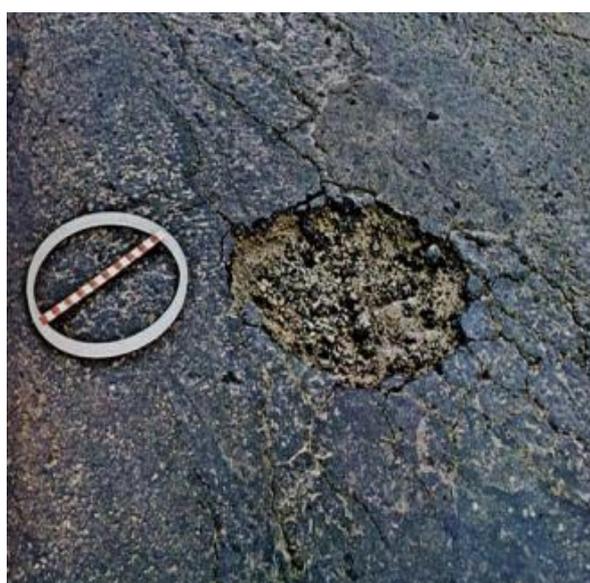


Fonte: DNIT (005/2003).

4.2.5. Panelas

As panelas ou buracos são cavidades no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI, MOTTA, et al.,2008). Essa patologia surge com a evolução de outras, como fendas, desgastes, afundamentos e falta de aderência entre camadas, formando um buraco ou cavidade no revestimento, suscetível a passar para a base (PINTO,2003). As panelas são exemplificadas abaixo na (Figura 12).

Figura 12 - Panela.



Fonte: DNIT (005/2003).

4.3. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADA À MINERAÇÃO

A mineração está condicionada, em grande parte, à utilização dos recursos hídricos, os quais são requeridos nas suas diversas etapas, incluindo a lavra, beneficiamento, transporte dos minérios, aspersão de pistas e praças para controle de poeira, e na lavagem de equipamentos (ANA, 2006).

São utilizadas na mineração águas de origem superficial (oriundas de barragens ou grandes reservatórios, cursos de água, lagos, dentre outros), de origem subterrânea, de reciclagem e recirculação.

As águas de origem superficial são as mais adequadas aos processos de beneficiamento, pela sua acessibilidade e por não possuírem contaminações significativas; as águas subterrâneas são mais utilizadas onde sua oferta tem relativa abundância e carência de água superficial, ou restrição ambiental para a utilização dessas águas. Em relação às águas de reciclagem e recirculação, as mais comuns são as oriundas dos reservatórios das barragens de rejeitos ou resultantes dos processos de desaguamento por filtragem, peneiramento, espessamento (ANA, 2006).

A alta interação entre os recursos hídricos e a mineração nas suas diversas etapas pode levar a uma série de impactos, incluindo aumento da turbidez, pelos sedimentos finos em suspensão, introdução de poluentes, como os metais, óleos e graxas, alteração do regime hidrológico dos cursos d'água e dos aquíferos, rebaixamento do lençol freático, dentre outros (MECHI & SANCHEZ, 2010), os quais podem comprometer a qualidade deste recurso, sendo necessária a adoção de medidas para gestão e controle.

4.3.1. Gestão Hídrica no Brasil e a Política Nacional de Recursos Hídricos

Gerir os recursos hídricos em um país rico em água doce como o Brasil, que possui cerca de 12% destes recursos no mundo, sempre foi, e sempre será um grande desafio. Apesar da água continuamente ter sido motivo de disputa ao longo da história, em locais de alta disponibilidade a utilização racional deste recurso acabou sendo desconsiderada pela indústria e poder público, e, por isso, a água vem apresentando sinais de escassez nas últimas décadas. Por outro lado, a poluição, a falta de saneamento e os outros usos não sustentáveis deste recurso da natureza, contribuem ainda mais para a redução de sua disponibilidade no mundo.

A Lei nº9.433/1997, também conhecida como a Lei das águas, deu os principais parâmetros para a gestão de recursos hídricos no território brasileiro, com destaque para a

Política Nacional dos Recursos Hídricos e o (SINGREH), Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Em síntese podemos sumarizar o que a Política e o Sistema de Recursos Hídricos no Brasil têm como propósitos:

- 1) Assegurar água em quantidade e qualidade;
- 2) Promover a utilização racional e integrada de forma sustentável;
- 3) Prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos.

Percebe-se, portanto, a amplitude das propostas para a gestão dos recursos hídricos no Brasil; entretanto, colocá-las em prática, além de exigir um aparelhamento estruturado que permita que estes objetivos se convertam em ações concretas, necessita que responsabilidades sejam compartilhadas, no sentido de garantir que os recursos sejam distribuídos de forma igualitária.

O SINGREH, além de ser responsável por fazer a coordenação da gestão integrada das águas, objetiva arbitrar os conflitos pelo uso da água. Estes conflitos, inerentes a um bem tão essencial quanto a água, ainda podem se tornar mais substanciais em locais de grandes densidades populacionais, como em áreas urbanas. Percebe-se, a partir destes fundamentos, o significativo papel dos Comitês de Bacias Hidrográficas em promover uma representação descentralizada e participativa, já que possuem em sua composição o poder público, usuários e sociedade civil.

Assim, de acordo com a ANA (2020), a Política Nacional de Recursos Hídricos traz os seguintes fundamentos:

- (a) A água é um bem de domínio público;
- (b) A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- (c) Em situações de escassez, usos prioritários: consumo humano e animal;
- (d) A gestão deve proporcionar o uso múltiplo das águas;
- (e) A bacia hidrográfica é a unidade territorial de gestão;
- (f) A gestão deve ser descentralizada e participativa.

Estes fundamentos expressam como a gestão dos recursos hídricos, por meio da Política Nacional de Recursos Hídricos, apoia-se no planejamento de uso e aproveitamento das águas e na participação dos setores usuários na tomada de decisões.

4.3.2. Escoamento Superficial

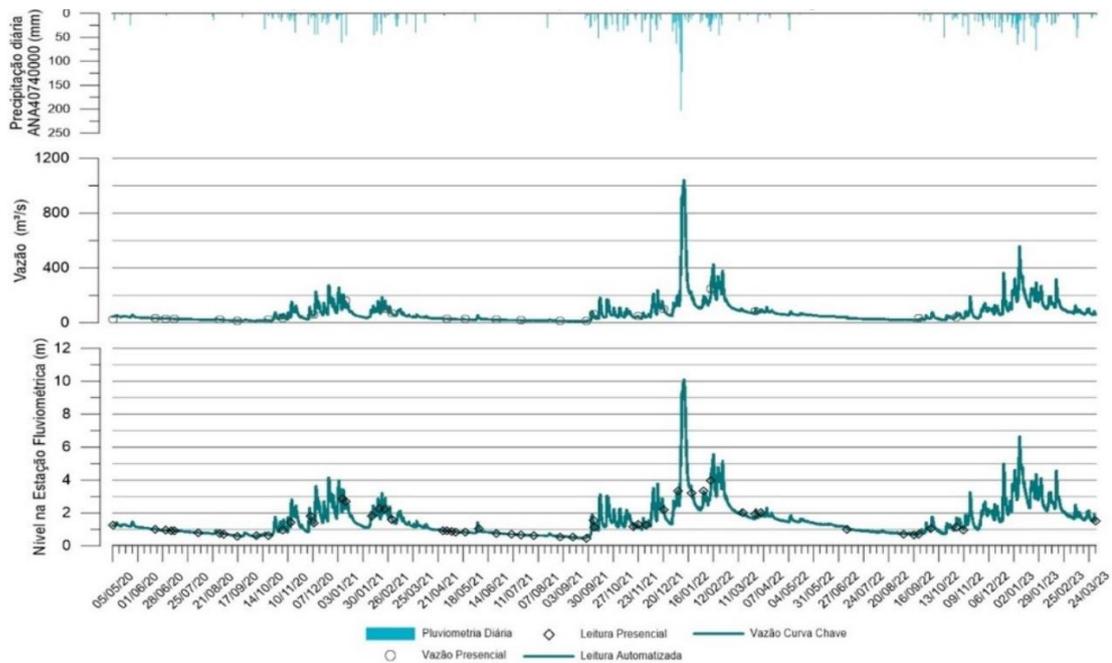
Segundo Collischonn *et al* (2020), o conhecimento do comportamento da vazão de um rio durante longos períodos de estiagem é fundamental para lidar com diversos problemas na hidrologia, especialmente no caso da gestão de recursos hídricos. É durante as estiagens que, em geral, ocorrem as situações mais críticas do ponto de vista ambiental. Também é durante as estiagens que os conflitos entre os diferentes usos da água tendem a ser mais intensos.

Durante os períodos sem chuva, o escoamento natural nos rios é, às vezes, denominado escoamento de base, porque apresenta uma variação muito menor do que a variação observada durante os eventos chuvosos. O escoamento de base é mantido pela água subterrânea existente nos aquíferos da bacia.

A água subterrânea tem sua origem principal na água da chuva que infiltra no solo e percola para camadas mais profundas. Ao longo de um período longo de chuvas é grande a quantidade de água que atinge os aquíferos, especialmente o aquífero superficial. Durante esses períodos o nível da água subterrânea se eleva. Por outro lado, ao longo de períodos secos, a água armazenada no subsolo vai sendo descarregada para as nascentes dos rios e o nível da água subterrânea diminui. Entretanto, ao contrário do escoamento superficial, o fluxo de água subterrânea é, normalmente, muito lento.

O gráfico da recessão dos hidrogramas frequentemente tem a forma de uma função exponencial decrescente. Em regiões com chuvas marcadamente sazonais isso pode ser facilmente verificado. Como exemplo, a Figura 13 apresenta um hidrograma de vazões observadas no rio Paraopeba a montante da confluência com o córrego Ferro-Carvão e próxima à Melo Franco. O monitoramento de descarga líquida nessa seção teve início em abril de 2019.

Figura 13 - Exemplo de um Hidrograma: Medição de Vazão de um rio.



Fonte: CLAM Engenharia, 2023.

4.3.3. Dispositivos de Medição de Vazão Superficial

Segundo Dornelles (2020), Vazão, é o volume de água que passa por uma determinada seção de um rio ao longo de uma unidade de tempo. Assim, se o volume é dado em litros, e o tempo é medido em segundos, a vazão pode ser expressa em unidades de litros por segundo ($L.s^{-1}$). No caso de vazão de rios, entretanto, é mais usual expressar a vazão em metros cúbicos por segundo ($m^3.s^{-1}$ ou $m^3.h^{-1}$)

Medições de vazão são necessárias para a estimativa da disponibilidade de água em um determinado ponto de um rio. Também é necessário obter medições de vazões em situações extremas, como as cheias, para permitir o dimensionamento de estruturas ou medidas que permitam reduzir os prejuízos.

As medições de vazão em rios são relativamente complexas, porque o ambiente em que são realizadas é o ambiente natural, onde as variáveis não estão inteiramente sob controle.

Existem vários métodos para medição de vazão em rios e canais, e a escolha entre os métodos depende do tipo de curso de água e dos instrumentos disponíveis para a medição. Os métodos mais comuns são: vertedores ou calhas, estações fluviométricas.

4.3.4. Calha Parshall

A Calha Parshall é uma estrutura na forma de um trecho curto de canal, com uma forma das paredes e do fundo produz um estreitamento da largura do canal e, ao mesmo tempo, um aumento da declividade do fundo, Figura 14. Como resultado, o escoamento é acelerado, passando do regime subcrítico, na entrada da calha, para o regime supercrítico na garganta, ou trecho mais estreito. A jusante, antes da saída da calha, ocorre um ressalto hidráulico e o regime de escoamento volta a ser subcrítico.

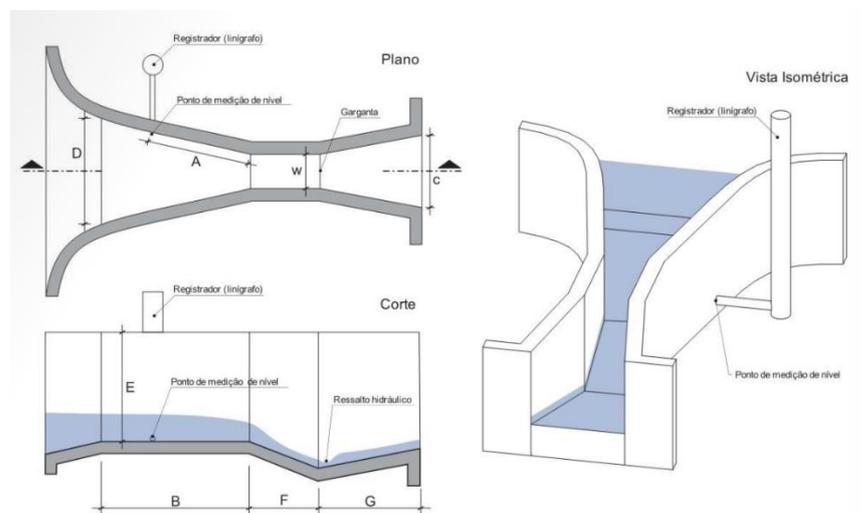
Medições de nível da água em uma calha Parshall, feitas a uma distância A do início da garganta, conforme mostra a Figura 14, permitem estimar diretamente a vazão, porque pouco a jusante desse ponto o escoamento passa pelo ponto de escoamento crítico.

As calhas Parshall são dimensionadas com diferentes tamanhos, de forma a permitir a medição em diferentes faixas de vazão.

Para fins comerciais as suas dimensões são padronizadas e a largura W (garganta) é a utilizada para identificá-la, estabelecendo os valores máximos e mínimos de vazões que podem ser medidas pela calha.

A principal vantagem das calhas e dos vertedores é que existe uma relação direta e conhecida, ou facilmente calibrável, entre a vazão e a cota. Por outro lado, essas estruturas têm a desvantagem do custo relativamente alto de instalação. Além disso, durante eventos extremos, essas estruturas podem ser danificadas ou, até mesmo, inutilizadas.

Figura 14 - Perfil esquemático de uma calha parshall para medição de vazão em rios.



Fonte: Collischonn, (2020).

A Calha Parshall possui uma estrutura com paredes verticais com três partes: uma secção convergente, uma secção estrangulada (garganta) e uma secção divergente. O nível do fundo do canal na secção convergente deve ser mais alto do que o nível na secção divergente. A Seção Convergente tem por função reduzir e/ou adequar a velocidade do fluido em sua entrada, diminuindo a possibilidade de turbulências e aumentando a capacidade de precisão de mensuração do equipamento. Na garganta o líquido é submetido a uma concentração produzida pelo estreitamento das laterais e/ou pela elevação do fundo do canal. A Seção Divergente ou de Alargamento, posicionada na parte final do equipamento, tem por objetivo propiciar a normalização do fluxo do canal. As dimensões de projeto variam de acordo com o tamanho da calha, que é determinado de acordo com a largura da garganta (W). O estrangulamento existente após o trecho convergente produz um nível no líquido que é diretamente relacionado à vazão, ou seja, a partir das medições deste nível são obtidas leituras de vazão.

A norma vigente no Brasil para dimensionamento das Calhas Parshall é a NBR/ ISSO 9826:2008. Porém, tendo em vista que esta é relativamente nova, a grande maioria dos modelos existentes obedece à *ASTM 1941:1975*. A função matemática para a norma ASTM D1941:1991 (2013) que expressa a vazão em função da altura é dada pela Equação 1:

$$Q = K \times H^n$$

Equação 1

Onde:

- Q = Vazão escoada, m³/s;
- K = constante que depende das dimensões da calha, adimensional;
- n = Expoente da formula da calha Parshall, adimensional; e
- H = Altura da lâmina de água na garganta da Parshall, m.

A Tabela 1 mostra valores de K e n para diversos medidores Parshall, utilizados na prática.

Tabela 1 - Valores de n e k para escolha da polegada da Calha Parshall.

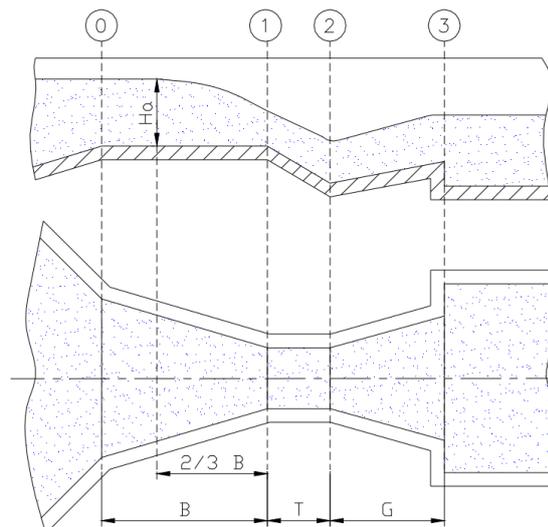
Valores de n – K [para vazão em m ³ /h]			
W		n	K
[inch]	[mm]		
1"	25,4	1,550	217,29
2"	50,8	1,550	434,58
3"	76,2	1,547	633,60
6"	152,4	1,580	1371,60
9"	228,6	1,530	1926,00
12"	304,8	1,522	2484,00
18"	457,2	1,538	3794,40
24"	609,6	1,550	5133,60
36"	914,4	1,566	7855,20
48"	1219,2	1,578	10566,00
60"	1524,0	1,587	13420,80
72"	1828,8	1,595	16254,00
84"	2133,6	1,601	19101,60
96"	2438,4	1,607	21963,60

Fonte: Incontrol. Adaptado pela autora, 2023.

A Figura 15 apresenta o esquema típico de uma Calha Parshall em vista superior e corte. É possível nota que o trecho entre 0-1 é denominado trecho convergente e 2-3 trecho divergente.

No ponto 1 observa-se o ponto de garganta, onde se realiza a medição de H, altura da lâmina de água na garganta da Calha Parshall, em metros.

Figura 15 - Esquema típico de uma Calha Parshall



Fonte: Incontrol.

4.3.5. Vertedores

Vertedor ou Vertedouro é o dispositivo utilizado para medir e/ou controlar a vazão em escoamento por um canal. Trata-se, basicamente, de um orifício de grandes dimensões no qual

foi suprimida a aresta do topo, portanto a parte superior da veia líquida, na passagem pela estrutura, se faz em contato com a pressão atmosférica.

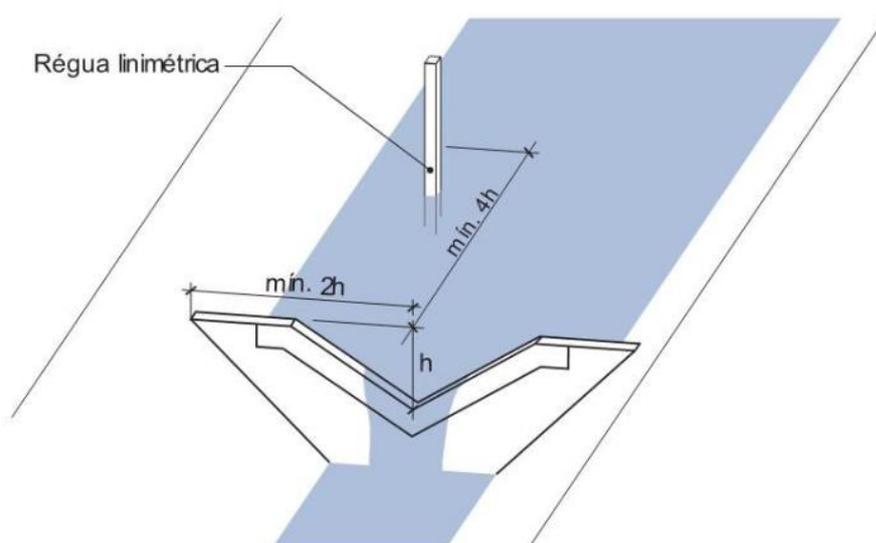
A presença do vertedor, que é essencialmente uma parede com abertura de determinada forma geométrica, colocada na maioria dos casos, perpendicularmente à corrente, eleva o nível d'água a sua montante até que este nível atinja uma cota suficiente para produzir uma lâmina sobre o obstáculo, compatível com a vazão descarregada. A lâmina líquida descarregada, adquirindo velocidade, provoca um processo de convergência vertical dos filetes, situando-se, portanto, abaixo da superfície livre da região não perturbada de montante, (PORTO, 2006).

Os vertedores são estruturas relativamente simples, mas de grande importância prática devido a sua utilização em numerosas construções hidráulicas, como sistemas de irrigação, estações de tratamento de água e esgotos, barragens, medição de vazão em córregos, etc.

Vertedores de soleira delgada, no entanto, são estruturas hidráulicas que obrigam o escoamento a passar do regime subcrítico (lento) para o regime supercrítico (rápido) em uma pequena queda por sobre uma parede extremamente fina. Nessa situação, existe uma relação única entre o nível da água a montante do vertedor e a vazão. Assim, o nível da água medido a montante com uma régua ou linígrafo pode ser utilizado para estimar diretamente a vazão

Figura 16.

Figura 16 - Esquema de um Vertedouro Triangular para medição de vazão em drenagens relativamente pequenas.

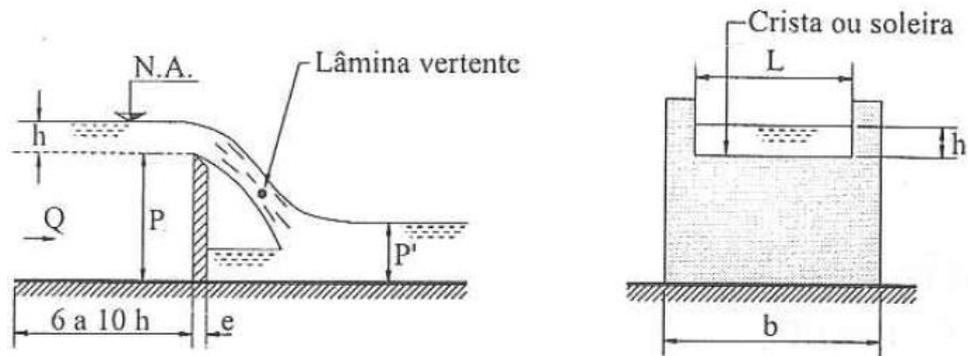


Fonte: Collischonn, (2020).

- **Partes Constituintes do Vertedor:**

Conforme a (Figura 17), as principais partes constituintes de um vertedor, são:

Figura 17 - Vertedor de parede delgada.



Fonte: PORTO, (2006).

- **Crista ou Soleira:** É a parte superior da parede em que há contato com a lâmina vertente. Se o contato da lâmina se limitar, como nos orifícios de parede fina, a uma aresta biselada, o vertedor é de parede delgada; já se o contato ocorrer em um comprimento apreciável da parede, o vertedor é de parede espessa.
- **Carga sobre a soleira:** h é a diferença de cota entre o nível d'água a montante, em uma região fora da curvatura da lâmina em que a distribuição de pressão é hidrostática, e o nível da soleira.
- **Altura do vertedor:** P é a diferença de cotas entre a soleira e o fundo do canal de chegada.
- **Largura L :** É a dimensão da soleira através da qual há o escoamento.

Os vertedores podem ser classificados quanto à sua forma geométrica de abertura, isto é: Triangulares, trapezoidais, circulares ou parabólicos.

5 METODOLOGIA

A metodologia é subdividida em duas partes, para atendimento dos objetivos do trabalho. A primeira, se referiu ao Diagnóstico Viário, e a segunda, em relação ao Diagnóstico e Monitoramento Hídrico.

Ambos os diagnósticos foram construídos a partir de uma pesquisa e análise documental disponibilizada pela empresa CLAM Engenharia. Além disso, foi realizado um levantamento e acompanhamento de informações em campo.

A (Figura 18) apresenta de forma esquemática, os passos necessários para obtenção dos resultados propostos para o trabalho.

No Diagnóstico viário, primeiramente, foi contextualizado o projeto, informando desde o método de lavra pretendido para o projeto, até a descrição geral de localização, topografia, percentual de minério a ser explotado etc. Na sequência, com base nas informações extraídas da Visita Técnica, foi possível descrever as condições atuais da via vicinal Vs-45. Outro fator importante e parte integrante dos resultados pretendidos, levou em consideração, a efetivação de uma pesquisa de contagem classificada de veículos, tal pesquisa, se mostrou fundamental para aplicação da microsimulação do software (Aisum), para determinação da capacidade atual da via. De posse das informações obtidas, tanto da pesquisa de contagem classificada de veículos, como do nível de serviço ofertado pela via, foram discutidos os principais resultados no capítulo 6 (Resultados e Discussão).

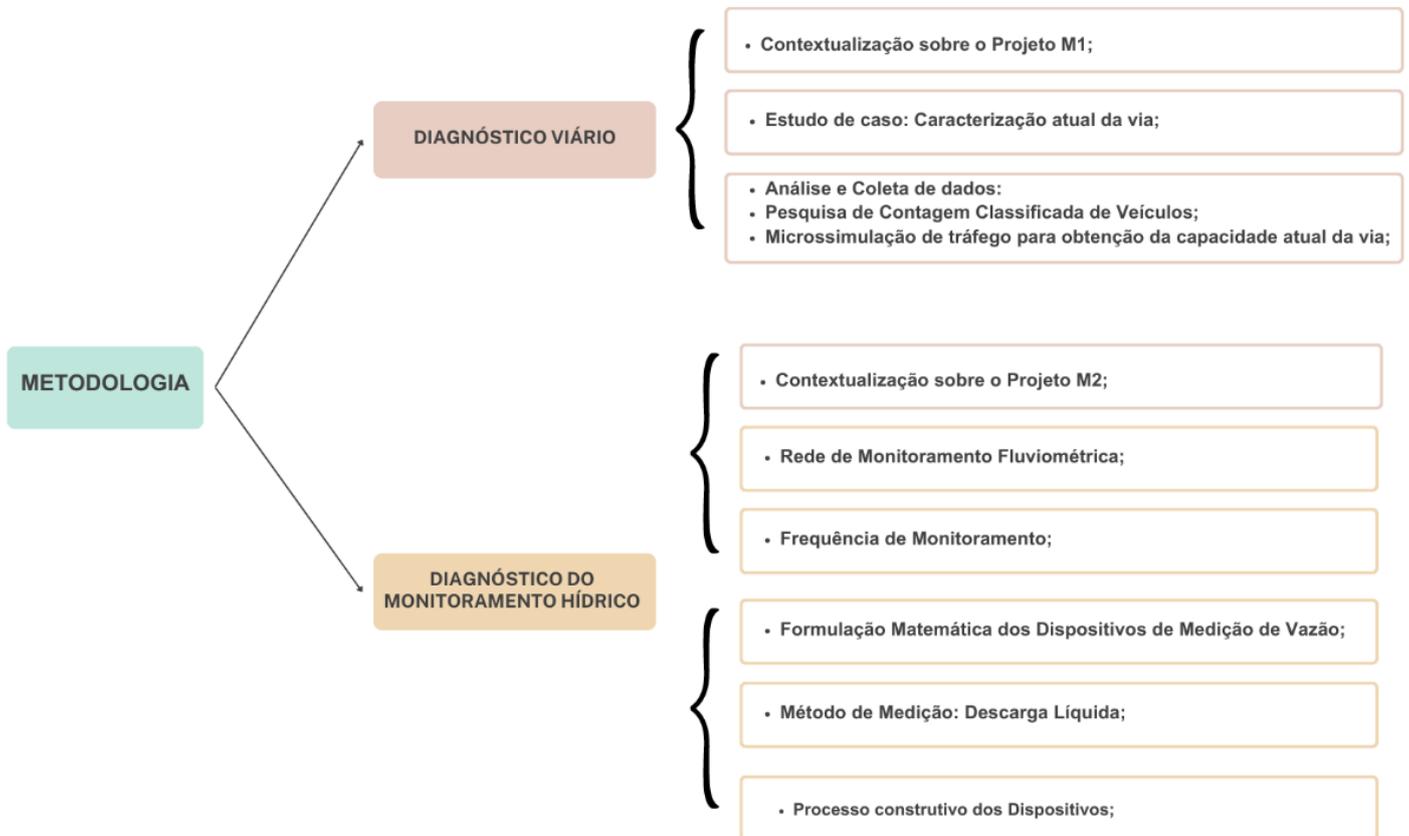
Para o Diagnóstico do monitoramento hídrico, foram seguidos, sistematicamente, os seguintes passos:

Primeiramente, foram descritas informações do projeto, na sequência, definiu-se a rede de monitoramento no entorno do empreendimento, ou seja, tratam-se de três dispositivos de medição de vazão e um pluviômetro digital. A frequência de monitoramento adotada, levou em consideração o registro automático de dados a cada 5 minutos.

Uma vez definida a frequência de monitoramento, foi apresentada a formulação matemática dos medidores de vazão, para obtenção da vazão nos corpos d'água. A medição de vazão, levou em consideração o método de descarga líquida, tal método foi descrito no sub-capítulo 5.10.

De posse das informações de vazão, de cada drenagem, foi realizado o dimensionamento dos dispositivos, projeto estrutural no AutoCAD e posterior processo construtivo.

Figura 18 - Passo a passo utilizado na aplicação da metodologia para obtenção dos resultados.



Fonte: Autora, 2023.

5.1. DIAGNÓSTICO VIÁRIO

A estrada vicinal VS-45, (objeto de estudo deste trabalho de conclusão de curso), conecta a área de extração mineral (Sequeiro Félix), até a usina de beneficiamento do Sossego, como mostra a (Figura 19).

Figura 19 - Ponto 01 - Sequeiro Félix: Interseção de acesso à VS-45 a partir da via secundária nas proximidades da área de extração.



Fonte: CLAM Engenharia, 2022.

O acesso principal para a mina M1 será feito por 17 km de estrada. Neste terminal, o produto final, (concentrado de cobre) produzido na usina de beneficiamento, também será transportado de trem até o porto de Itaqui em São Luís.

5.2. CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE O PROJETO M1

A partir da cidade de Belém, o acesso ao município de Canaã dos Carajás ocorre por meio das rodovias BR-010, BR-222, PA-150 e PA-275 num percurso de cerca de 900 km. O acesso por via aérea pode ser realizado até o núcleo urbano de Carajás, através do aeroporto de Carajás, que opera interligado ao sistema de tráfego aéreo nacional com autorização para pousos e decolagens de aeronaves de grande porte, servido por voos comerciais diários para Belém e, via Brasília, para as principais capitais do país.

O empreendimento proposto, inclui a lavra, depósito de minério e estéril, diques de contenção, áreas de apoio e acessos para o transporte do minério. A extração do minério utilizará o método de lavra a céu aberto, com a disposição do estéril em pilhas localizadas no entorno das cavas e o minério será transportado via caminhões até a planta de beneficiamento.

O projeto M1 prevê a exploração do minério de cobre através de lavra a céu aberto, em bancadas de 15 m de altura, com operação em cava. De acordo com o Plano de Aproveitamento Econômico - PAE, o projeto de implantação é altamente técnico, factível e socialmente viável,

no qual prevê um aproveitamento econômico de cerca de 7,27 Mt de minério com 1,33% Cu, com uma produção total de cerca de 42 ktpa de concentrado de cobre, ao longo de 7,5 anos de operação. Com uma vida útil de 7,5 anos.

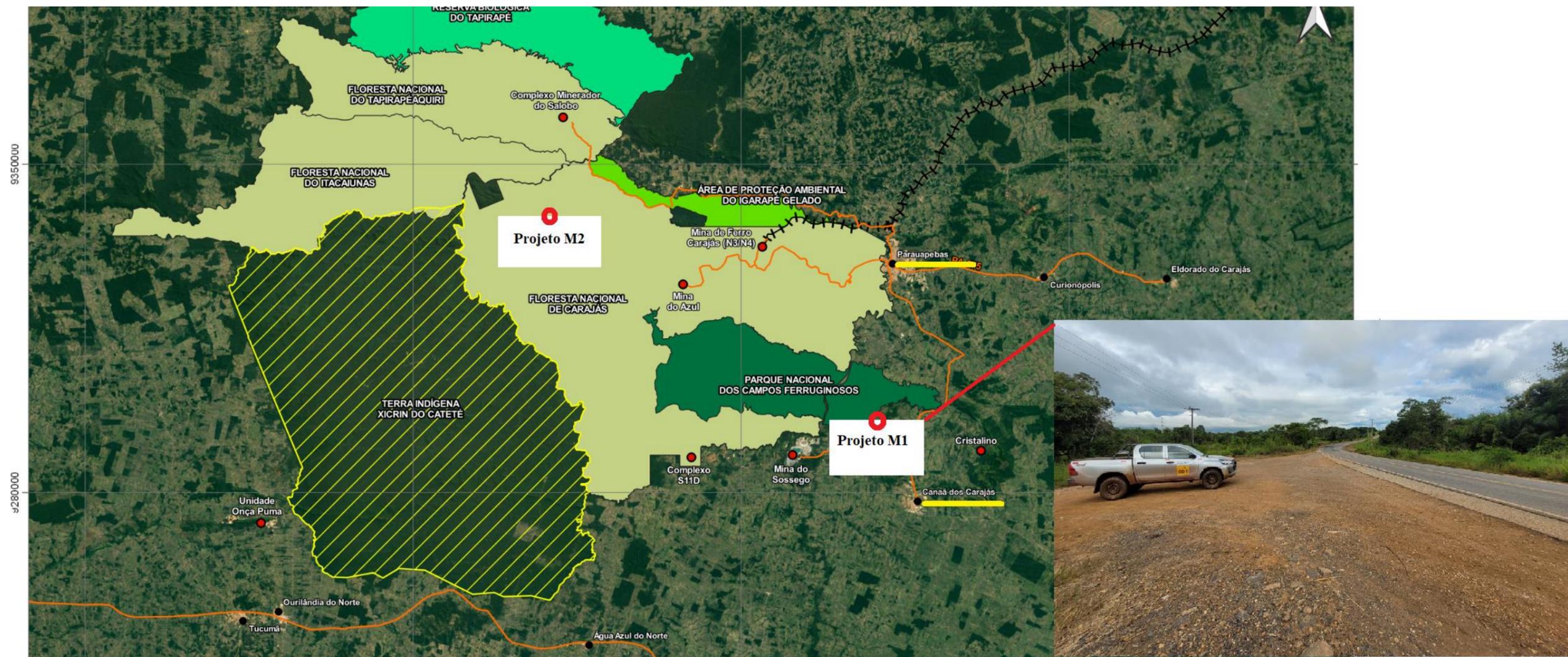
A região do Projeto possui em sua maior parte, uma topografia plana, sofrendo alagamentos nos períodos chuvosos. A rede de drenagem principal da região é constituída pelo igarapé Araras, afluente da margem direita do rio Parauapebas, que por sua vez é afluente da margem direita do rio Itacaiúnas, principal afluente do rio Tocantins em seu trecho final, próximo ao reservatório de Tucuruí, pela margem esquerda.

Segundo a classificação de Koeppen, a região climática pode ser definida como do tipo quente e úmida, com estação seca pouco pronunciada: clima amazônico. O regime pluviométrico caracteriza-se por duas estações: estação das chuvas, que se estende de novembro a maio, com mais de 90% das precipitações, e estação seca, de junho a outubro, sendo a média anual das precipitações em torno de 2000 mm.

A umidade relativa na região apresenta valores bastante elevados, com média anual de cerca de 76%. A temperatura média anual é de 26°C, com as máximas, em torno de 38°C, ocorrendo de agosto a setembro e as mínimas médias mensais em torno de 22°C.

A Figura 20 mostra como ambos os projetos aqui mencionados (M1 e M2), estão próximos da Floresta Nacional do Itacaiúnas, Carajás e Tapirapéquiri, além de mostrar, certamente, a localização geográfica das cidades de Parauapebas e Canaã dos Carajás.

Figura 20 - Localização geográfica dos projetos.



LEGENDA	LOCALIZAÇÃO	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PROJETO	
<ul style="list-style-type: none"> ● Empreendimento VALE ● Município ⚓ Estrada de Ferro Carajás — Principais acessos ▨ Terra Indígena (TI) ■ Área de Preservação Ambiental (APA) ■ Floresta Nacional (FLONA) 			
	<p>Responsabilidade Técnica: Clam Meio Ambiente www.clam.com.br Tel.: (31) 3048-2000</p>	<p>Sistema de Referência Espacial Datum: Sirgas 2000 - Projeção UTM: Zona 22S</p> <p>0 17,5 35,01 km</p> 	
	<p>Base Cartográfica: Malhas Territoriais - IBGE (acesso em 02/12/2021)</p>		

Fonte: Clam Meio Ambiente, 2023.

5.3. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DA VS-45 – PARÁ.

Entre os dias 02/05/2023 até 05/05/2023, foi realizada a Visita Técnica do Projeto, no qual foi possível caracterizar as condições da via atual. Como mostra a (Figura 21), a rodovia vicinal opera em pista simples, ou seja, sem segregação física entre os sentidos opostos e com uma faixa de rolamento por sentido.

A caixa viária contempla ainda acostamento em ambos os bordos da pista de rolamento. São 3,5 m de largura por faixa de rolamento e, aproximadamente, 1,2 m de largura nos acostamentos, totalizando 9,4 m de seção viária.

Figura 21 - Visita Técnica realizada na área de estudo (Canaã dos Carajás, Pará) : 02/05/2023 até 05/05/2023.



Fonte: Autora, (2023).

A VS-45 contém pavimentação feita em concreto asfáltico que se encontra atualmente em boas condições de conservação e uso. A sinalização está em condições regulares, havendo alguns trechos em que o depósito de material particulado sobre a via obstrui a sinalização horizontal. A via dispõe ainda de ondulações transversais (redutores de velocidade), as quais

não atendem aos padrões estabelecidos na Resolução nº 600/2016 do CONTRAN, tanto em termos de geometria quanto sinalização, sobretudo horizontal, como mostra a (Figura 22).

Figura 22 - Ondulação transversal irregular e que não atende aos padrões estabelecidos na Resolução nº 600/2016 do CONTRAN.



Fonte: Autora, 2023.

A via contém um perfil altimétrico longitudinal tipicamente plano, sem a presença de rampas de elevada inclinação. Essa condição favorece a existência de longos trechos em tangente, sem curvas horizontais ou verticais, tornando possível a existência de frequentes e extensos trechos com permissão de ultrapassagem, o que agrega ganhos à capacidade de tráfego.

Com base na (Figura 23), nota-se que a interseção entre a via secundária e a VS-45 se dá com uma geometria em “T” num exato trecho onde a rodovia vicinal tem uma curva horizontal. Devido a essa condição, a Linha de Segregação de Fluxos Opostos (LFO) no local é do tipo dupla contínua, proibindo, portanto, tanto manobras de ultrapassagem quanto conversões com giro à esquerda. No entanto, in loco foi possível observar veículos realizando os movimentos de conversão à esquerda nessas interações entre VS-45 e via secundária.

Figura 23 - Interseção em "T" no trecho de curva horizontal.



Fonte: Autora, 2023.

Devido ao contexto geométrico da interseção, essas manobras com realização de giro à esquerda são onerosas à segurança viária no local, considerando à restrição às distâncias de visibilidade ocasionadas pela curva horizontal ao longo da VS-45. O desrespeito à sinalização quando na ocasião de realização imprudente dos giros à esquerda por parte de condutores da região, no entanto, pode se dar muito em função da ausência de dispositivos de acesso e/ou retorno ao longo da VS-45, o que leva o condutor a optar por realizar o movimento imprudente em detrimento da necessidade de percorrer longas distâncias para realização do retorno de maneira regular.

5.4. ANÁLISE E COLETA DE DADOS

Foram utilizados métodos de avaliação com foco no tráfego veicular. Para tal, foi utilizada a metodologia e ferramentas que são descritas em detalhes nos tópicos a seguir.

5.4.1. Pesquisa CCV

As Pesquisas de Contagem Classificada de Veículos (CCV), onde coleta-se dados a respeito do volume de tráfego em seções ou interseções viárias, são a base para a realização de

estudos e análises detalhadas sobre as condições de tráfego em um determinado sistema. A principal finalidade é estimar quantitativamente a magnitude do tráfego durante uma hora, um dia ou ao longo de vários anos.

Para se efetuar uma correta avaliação da operacionalidade do sistema viário em questão, foi necessário o levantamento in loco de dados relativos ao tráfego dos locais de interesse, a partir dos quais se obteve uma série de parâmetros para análise.

As pesquisas de tráfego em todos os pontos seguiram a metodologia de Pesquisa CCV sugerida pelo Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006-a) com adequações às classes veiculares consideradas, devido ao escopo do estudo. Foram realizadas coletas em dois dias diferentes, típicos do mês de maio de 2023, em cada um dos pontos, mais especificamente nas datas 02 e 03/05, respectivamente, terça e quarta-feira.

Os horários de coleta foram das 06h00 às 10h00 e das 16h00 às 20h00, considerando uma análise às horas pico da manhã e da tarde, respectivamente. Ademais, a coleta preconizou a estratificação de classes veiculares, considerando os modos carro, moto, ônibus e caminhão, usualmente aplicada aos estudos de tráfego em áreas urbanas.

Realizou-se também a estratificação dos volumes obtidos em quartis de hora (intervalos de 15 minutos) ao longo dos horários de pesquisa supracitados. Essas segregações permitiram estabelecer o Fator Horário de Pico (FHP), que mede o grau de uniformidade do fluxo, utilizado nos estudos de capacidade das vias. A partir da CCV foi possível identificar as horas de pico manhã e tarde do sistema viário, subsidiando as análises de tráfego realizadas em itens posteriores.

Para a obtenção das horas de pico, os volumes obtidos foram convertidos em Unidade Veículo Padrão (UVP), que utiliza de fatores de equivalência entre as categorias veiculares consideradas. Deste modo, foram adotados os valores a seguir: 0,33 para motos; 1,00 para carros; 2,00 para ônibus; e 2,50 para caminhões.

Considerando a metodologia de pesquisa descrita, obteve-se os volumes de tráfego das horas pico em cada interseção pesquisada, inseridas na área de estudo do presente relatório. Os volumes foram trabalhados a partir de microsimulações de tráfego para a obtenção de indicadores que subsidiassem as análises quantitativas pretendidas. Assim, nos subcapítulos a seguir serão apresentados os métodos e ferramentas de microsimulação de tráfego e obtenção de Níveis de Serviço (NS) utilizados.

5.4.2. Capacidade atual da Via

Para microssimulação dos cenários utilizou-se o software Aimsun que é uma avançada ferramenta de simulação de tráfego, permitindo desde a modelagem isolada de um ponto de ônibus até a modelagem de toda uma região. Este destaca-se pela excepcional velocidade de simulações e pela fusão da modelagem de demanda de viagens, tráfego estático e dinâmico com simulação macroscópica, microscópica e híbrida. Ele permite que sejam realizadas avaliações de operações de tráfego de qualquer escala e complexidade.

Suas aplicações são infinitas, mas algumas das mais comuns são:

- Avaliação e otimização dos regimes de Prioridade de Sinal de Trânsito (TSP) e BRT;
- Estudos de viabilidade para veículos de alta ocupação e vias de ocupação elevada;
- Análise de impacto do projeto de infraestrutura, como melhoria/construção de corredores rodoviários;
- Análise de impacto ambiental e preço rodoviário;
- Avaliação de estratégias de gerenciamento de demanda de viagem;
- Otimização do plano de controle semafórico;
- Análise de segurança, avaliação de políticas de velocidade variável e outros sistemas inteligentes de transporte; e
- Análise do Manual de Capacidade Rodoviária (HCM) e gerenciamento de zona de trabalho.

A determinação do Nível de Serviço é de extrema importância, pois ela permite a avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via, traduzindo em indicadores fatores como velocidade, tempo de percurso, facilidade de manobras, segurança, conforto, etc. O Highway Capacity Manual (HCM), elaborado pelo TRB e atualmente em sua 7ª edição (2022), define o NS como variável em seis níveis que são designados pelas seis primeiras letras do alfabeto. A (Tabela 2) mostra os valores do Nível de Serviço, eles podem variar de A (melhor) a F (pior) e a definição deste varia conforme as características de infraestrutura e operação do ponto em análise. Na ocasião do presente estudo serão considerados os parâmetros do HCM 5ª Edição (TRB, 2010) devido à aplicação de microssimulação de tráfego com o software Aimsun para obtenção de indicadores.

O nível de serviço é definido a partir da obtenção direta do Percentual de Tempo Viajando em Pelotões (PTP). Essa definição pode ser entendida como a razão entre o espaço de tempo de viagem percorrido em filas indianas sem a possibilidade de realização de manobras de ultrapassagem e o tempo total gasto para percorrer o trecho homogêneo em análise. As faixas por nível de serviço são apresentadas na (Tabela 2) a seguir.

Tabela 2 - NS em rodovias de pista simples conforme saídas do software Aimsun.

Percentual de Tempo Viajando em Pelotões (PTP)	Nível de Serviço
$PTP \leq 35$	A
$35 < PTP \leq 50$	B
$50 < PTP \leq 65$	C
$65 < PTP \leq 80$	D
$PTP \geq 80$	E
$V/C > 1,0$	F

5.5. DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO HÍDRICO

O Projeto M2, consiste em um investimento, na antiga mina Igarapé Bahia, que permitirá a produção de concentrado de Cobre (Cu-Au) e ouro. Para isso, o projeto prevê a extração desses minérios, utilizando o método de lavra subterrânea e beneficiamento.

A Mina do Projeto M2 deverá ser implantada na Floresta Nacional de Carajás, no município de Parauapebas, a 125 km da área urbana da cidade. A atividade minerária se desenvolverá no local onde uma mineradora de grande porte operou, no período de 1990 a 2002, a mina de ouro do Igarapé Bahia. Para a Mina do Projeto M2, serão aproveitadas, ao máximo, as áreas já utilizadas pela Mina do Igarapé Bahia. A escala de produção da mina subterrânea será de 5,4 Mtpa (milhões de toneladas por ano), e sua vida útil foi estimada em 22 anos. As principais estruturas existentes na área do projeto são apresentadas à seguir.

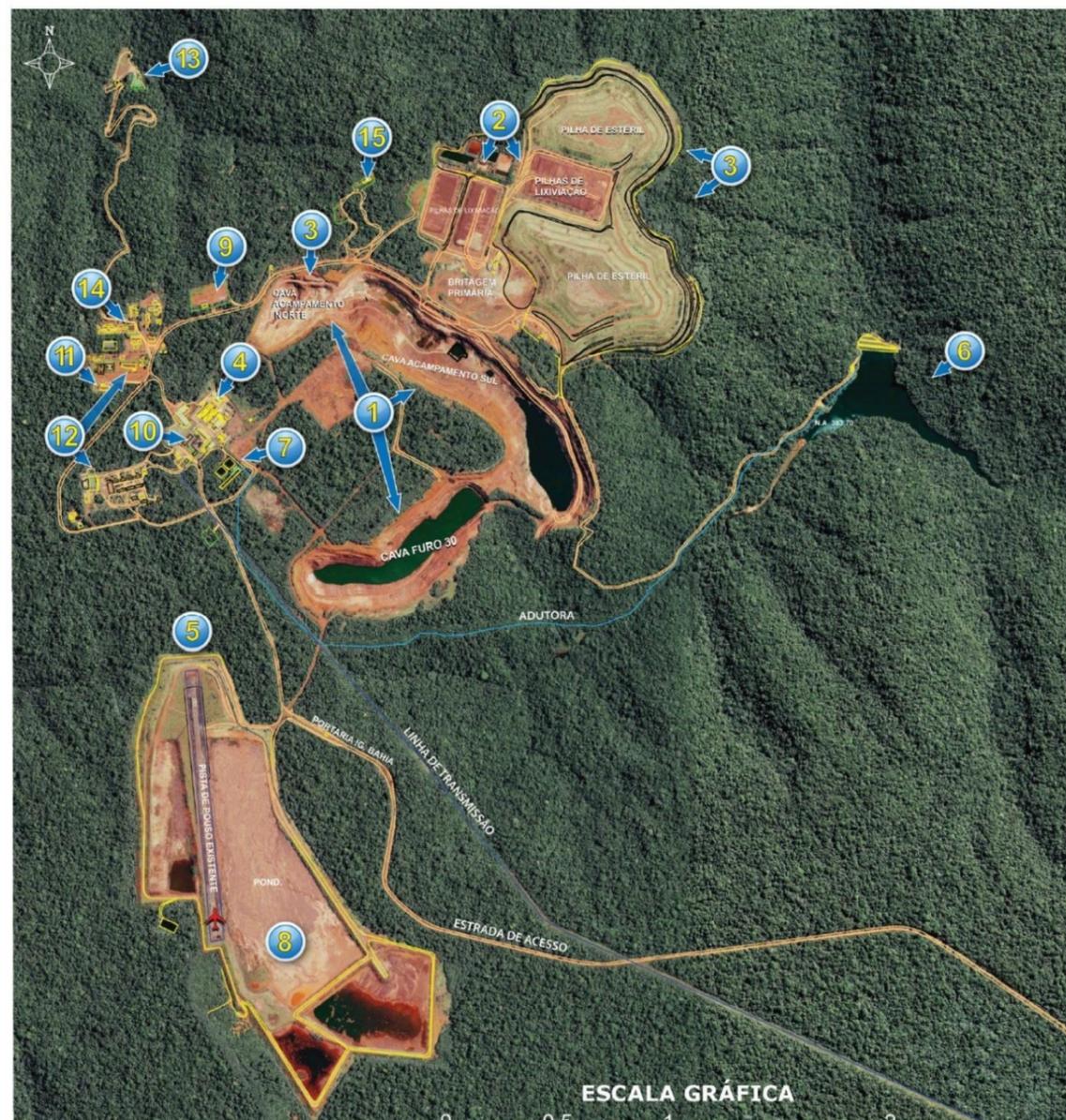
Tabela 3 - Principais Estruturas do Empreendimento.

Estruturas	Observações	Finalidade no Projeto M2
Cava Acampamento Sul	Cava existente (foi operada pela mina Igarapé Bahia)	Captação de água no lago e conformação de pilhas provisórias
Cava Acampamento Norte	Cava existente (foi operada pela mina Igarapé Bahia)	Disposição de estéril
Cava Furo 30	Cava existente (foi operada pela mina Igarapé Bahia)	Captação de água no lago e disposição de rejeito
Mina Subterrânea	Será implantada	Lavra
Barragem de Rejeitos	Será implantada a jusante da Barragem de Água existente	Recebimento de rejeitos e captação de água recuperada

Estruturas	Observações	Finalidade no Projeto M2
Planta de beneficiamento de minério	A Usina, atualmente paralisada, será modernizada e adequada ao processo de beneficiamento de cobre	Beneficiamento de minério
Alojamento	As estruturas existentes da Mina Igarapé Bahia serão reformadas e aproveitadas	Alojamento das equipes dedicadas à fase de implantação
Galeria de Pesquisa	Estrutura existente	Será conectada à mina e utilizada como galeria de desaguamento e rebaixamento do N.A.
Estação de Tratamento de Água	Serão implantadas melhorias na área onde atualmente existe uma antiga ETA	Tratamento de água para fornecimento de água para usos humanos
Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário	Será implantada	Tratamento de efluentes sanitários
Poços de captação existentes (ACP's)	Poços existentes que serão recuperados	Fornecimento de água para a fase de implantação do projeto
Poços de captação a serem perfurados (PB's)	Poços a serem implantados	Poços mais profundos do que os existentes, que fornecerão água para usos humanos, usos nos processos produtivos e contribuirão para o sistema de rebaixamento na área da mina
Estrada do Igarapé Bahia	Estrada existente, sem pavimento	Será providenciada implantação de vis asfáltica e será o principal acesso ao Projeto M2

Fonte: Clam Engenharia, 2022.

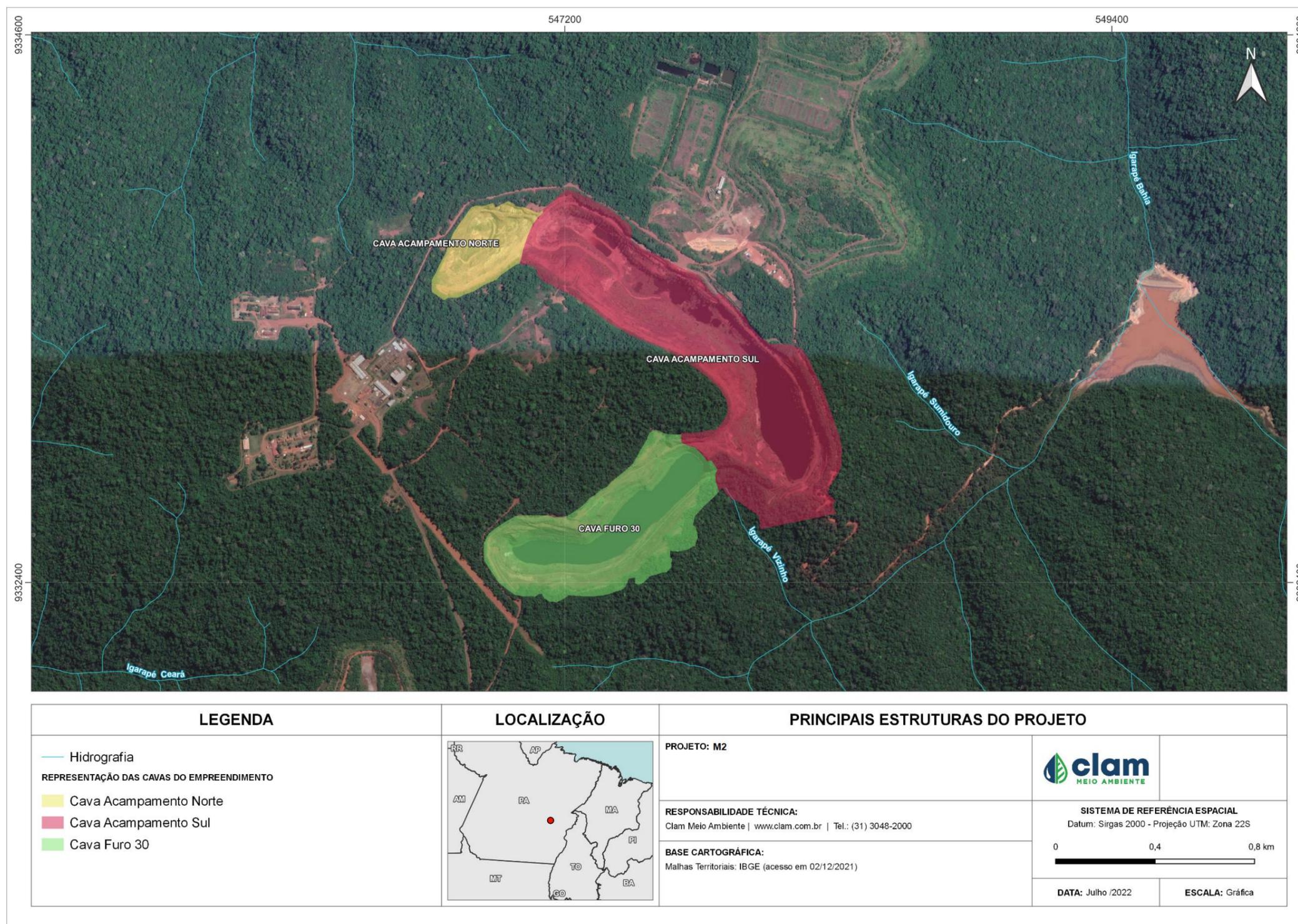
Figura 24 - Principais estruturas do empreendimento .



1 Cava Furo 30, Cava Acampamento Sul, Cava Acampamento Norte:
Lavra de mineração de ouro.
2 Pilhas de Lixiviação:
Etapa do processo onde o minério era submetido a um processo químico para solubilização de ouro.
3 Pilhas de Esteril:
Depósito em pilha de outros minerais não aproveitáveis presentes no minério retirado da lavra.
4 Usina de Beneficiamento:
Área industrial onde era beneficiado o minério.
5 Aeroporto:
Aeroporto utilizado para escoamento da produção de ouro da Mina do Igarapé Bahia.
6 Barragem artificial:
Barragem artificial, construída para fornecer a água necessária ao processo de beneficiamento de ouro.
7 Estação de Tratamento de Água:
Estação para tratamento da água captada na Barragem.
8 Pond:
Bacia para disposição dos rejeitos gerados durante o processo de beneficiamento do ouro.
9 Central de Materiais Descartáveis:
Área controlada para armazenamento temporário de resíduos descartáveis.
10 Área Administrativa:
Área de escritórios.
11 Refeitório:
Cozinha e refeitório para preparo e realização das refeições.
12 Alojamentos:
Acomodações para trabalhadores da mina.
13 Galeria de Pesquisa:
Galeria subterrânea criada para pesquisa e detalhamento da reserva de cobre existente.
14 Galpão de Testemunho:
Galpão para armazenamento dos testemunhos das sondagens.
15 Paíóis de explosivos:
Edificações para armazenamento de explosivos e acessórios.

Fonte: EIA RIMA do empreendimento (2021).

Figura 25 - Representação e delimitação das Cavas.



Fonte: Clam Meio Ambiente, 2022.

5.6. REDE DE MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICA SUPERFICIAL

Foi proposta para a rede de monitoramento fluviométrica no entorno do Projeto M2, dispositivos variados. O primeiro dispositivo, trata-se de um vertedouro Cipolletti de 0,50 m. O segundo, possui uma capacidade limitada de medição e possui precisão nas mínimas vazões, (Vertedouro Triangular). Por fim, foi instalada uma Calha Parshall, dispositivo considerado mais robusto do ponto de vista técnico e possui grande amplitude de medição.

A Tabela 7 apresenta a localização e coordenadas dos pontos de monitoramento das águas superficiais do Projeto M2.

Tabela 4 - Rede de monitoramento superficial do Projeto M2.

ID	Dados Gerais		Coordenadas UTM - Sirgas 2000	
	Tipo de estação	Curso de água	X	Y
1	VTD-01 - Vertedor Cipolletti	Igarapé Alemão	546126	9334959
2	VTD-02 - Vertedor Triangular	Igarapé Bahia	549666	9333671
3	CLH-03 - Calha Parshall	Igarapé Galeria	546288	9334849

Além disso, o projeto conta com uma estação meteorológica para execução do monitoramento pluviométrico, (Tabela 5).

Tabela 5 - Localização do pluviômetro do Projeto M2.

ID	Dados Gerais		Coordenadas UTM - Sirgas 2000	
	Identificação do Ponto	status	X	Y
01	Pluviômetro 01	Local de instalação	546401	9333205

5.7. METODOLOGIA DE MONITORAMENTO

O monitoramento das águas superficiais e subterrâneas foram realizados da seguinte forma:

- Pela leitura presencial dos dispositivos instalados;
- Pela coleta de dados da estação automatizada;
- Medição de descarga líquida;

A frequência de leituras presenciais e de leituras automatizadas para cada tipo de dispositivo é mostrada na Tabela 6. Observa-se que foram padronizadas as informações com registros periódicos a cada 5 minutos, para todos os instrumentos de medição de vazão.

Tabela 6 - Frequência de leitura dos dispositivos.

Dispositivo	Frequência de leitura visual e aquisição de dados automatizados	Frequência de leitura automatizada	Frequência da Medição de vazão
Calha Parshall	Quinzenal	A cada 05 minutos	Quinzenal
Vertedouros	Quinzenal	A cada 05 minutos	Quinzenal
Pluviômetro	Diária	Horária	-

Durante o monitoramento dos dispositivos, a equipe de campo realizou os seguintes procedimentos, além da aquisição dos dados hidrométricos:

- Registro fotográfico do procedimento da medição;
- Registro fotográfico das condições de funcionamento do dispositivo e da presença de placas de identificação;
- Registro fotográfico de eventuais condições adversas para o acesso ao dispositivo, que possam comprometer a segurança e integridade das equipes, equipamentos e veículos;
- Registro digital, das condições dos seguintes itens: acesso, régua linimétrica e placa de identificação.

5.8. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DOS MEDIDORES DE VAZÃO UTILIZADOS

Segundo PORTO (2006), os vertedores podem ser classificados de diversas maneiras, principalmente quanto à forma geométrica da abertura, podendo ser retangular, trapezoidal, triangular, circular ou parabólico.

No escopo deste trabalho, foram utilizados e monitorados apenas vertedores triangulares e trapezoidais/cipolettis.

O vertedor trapezoidal de parede fina (delgada), possui forma de trapézio isósceles, cuja geometria é obtida de maneira que as inclinações laterais compensem a diminuição de vazão devido ao efeito de contração lateral. Para que isso ocorra, a inclinação dos lados do vertedor trapezoidal deve estar na proporção 1H:4V.

A equação é dada por:

(a) Equação para *Cipoletti*, onde: $0,05 < h < 0,50$ m

$$Q[m^3/h] = 1,861 \cdot L \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad \text{Eq. 1}$$

Os vertedores triangulares são particularmente recomendados para medição de vazões menores e abaixo de 30 L/s (108 m³/h), com cargas (*h*) entre 0,06 e 0,50 m. Dentre os vertedores triangulares, os mais utilizados são aqueles com ângulos de abertura de 45° e 90°.

As equações utilizadas neste estudo são:

(a) Para $\alpha = 90^\circ$, onde: $0,06 < h < 0,95$ m

$$Q[m^3/h] = 1,42 \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad \text{Eq. 2}$$

(a) Para $\alpha = 45^\circ$, onde: $0,06 < h < 0,40$ m e $C_e = 0,58$

$$Q[m^3/h] = 0,56755 \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad \text{Eq. 3}$$

Outro dispositivo em operação no projeto, diz respeito a calha parshall de ($W = 3''$) localizada próxima aos pontos VT-04 e VT-05.

O registro automatizado do volume de escoamento superficial utilizando uma Calha *Parshall*, funciona mediante estrangulamentos e ressaltos que estabelecem uma determinada seção vertical a montante e uma relação entre a vazão e a lâmina do fluido.

A norma vigente no Brasil para dimensionamento de Calhas Parshall é a *ASTM 1941:1975*. A função matemática para a norma *ASTM D1941:1991* (2013) que expressa a vazão em função da altura é:

$$Q = K \times H^N \quad \text{Eq. 4}$$

Onde,

K: É uma constante que depende das dimensões da calha e ajuste da unidade de engenharia;

N: É um valor que difere ligeiramente de 3/2.

5.9. DIMENSIONAMENTO DOS INSTRUMENTOS

As vazões de referência são importantes quantis para caracterizar os cursos d'água. A vazão Q90%, por exemplo, indica a vazão que será igualada ou superada em 90% do tempo de monitoramento. O raciocínio é análogo para Q95% e Q10%. Para o assertivo dimensionamento dos instrumentos, primeiramente, deve-se realizar uma consistente medição de descarga líquida, para conhecimento da vazão de referência do rio.

As vazões de referência são obtidas por meio da curva de permanência, sendo esta construída considerando toda série histórica de monitoramento realizado no curso d'água. Para tal, os dados de vazões da série histórica são ordenados, decrescentemente, e a cada valor é atribuído a sua ordem de classificação de modo que possa ser estimada a sua frequência, ou probabilidade empírica de ser igualada ou superada no tempo (TUCCI, 2002).

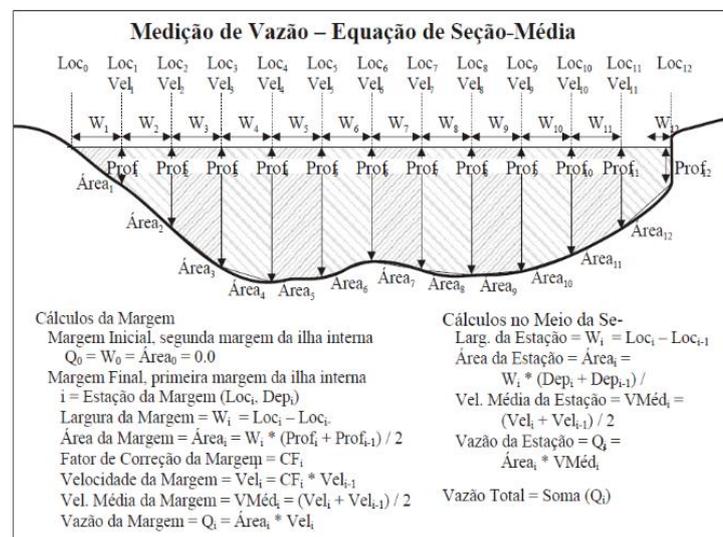
5.10. MÉTODO DE MEDIÇÃO: DESCARGA LÍQUIDA

A medição de vazão em campo, em cada corpo d'água, riacho ou nascente, foi realizada conforme as corretas metodologias citadas nas literaturas (Figura 26), ou seja:

1. Medir em Trecho de medição retilíneo;
2. O Fluxo deve ser laminar no curso d'água;
3. Deve existir boas condições geométricas do leito da drenagem e ausência de galhos e rochas.
4. Acesso adequado, de forma a garantir a segurança do hidrometrista (operador de medidores);
5. Definição correta da Profundidade da lâmina d'água.

As medições de descarga líquida, quando constatadas boas condições da drenagem, são procedidas com o método área \times velocidade (Figura 27), no qual se mede a velocidade do fluxo de água em diversas seções transversais do curso d'água com equipamentos específicos (Flowtracker).

Figura 26 - Método de medição de vazão – Seção média (Flowtracker).



Fonte: Autor, 2022.

Figura 27 - Medição de vazão com o aparelho FlowTracker.



Fonte: Autor, 2022.

Nas seções de monitoramento com lâmina de água entre 0,1 e 1 metro, a velocidade de escoamento é medida com uma sonda do tipo ADV (Acoustic Velocimeter), acoplada a uma unidade de processamento eletrônica (FlowTracker®).

O método utilizado pelo hidrometrista para a aquisição da vazão foi o Método da Seção-Média, na qual a seção transversal do curso d'água é dividida em diversas verticais, sendo feitas leituras em profundidades específicas em cada vertical, que dependem da profundidade local (adaptado de SANTOS, I. D. et. al, p. 148).

As vazões parciais são calculadas para cada subseção entre verticais, a partir da largura, da média das profundidades e da média das velocidades entre as verticais envolvidas, conforme mostrado na Figura 48 (velocidades obtidas pelo aparelho Flowtracker). O posicionamento de cada vertical é feito com auxílio de uma trena instalada transversalmente ao fluxo da drenagem. As distâncias entre verticais são determinadas de forma a garantir que cada vertical possua aproximadamente 5% da vazão total da seção.

5.11. PROCESSO CONSTRUTIVO DOS MEDIDORES DE VAZÃO

A escolha da seção transversal para todos os pontos propostos para o projeto, tomou por base a expertise da equipe técnica da CLAM, conforme já mencionado. Sendo assim, essa definição levou em consideração as seguintes características no campo:

- Trecho de medição retilíneo;
- Fluxo laminar no curso d'água;
- Trecho fluvial sem ocorrência de remansos;
- Boas condições geométricas do leito da drenagem e ausência de galhos, etc.;
- Acesso adequado, de forma a garantir a segurança para equipe técnica.

As imagens a seguir, (Figura 28), (Figura 29) e (Figura 30) apresentam a caracterização da seção transversal escolhida para os pontos.

Figura 28 - Seção Transversal do Ponto VTD-01.



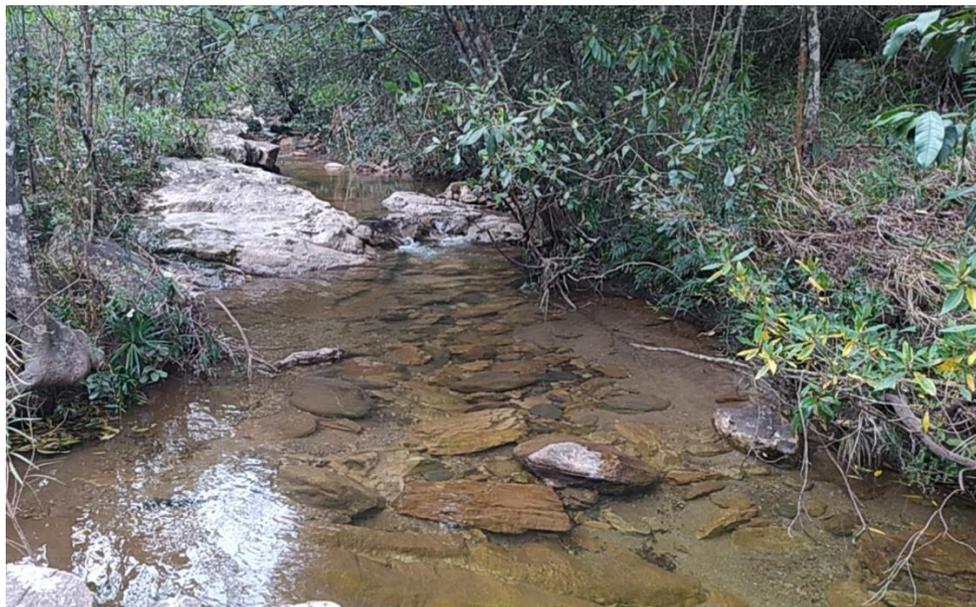
Fonte: Autora, 2022.

Figura 29 - Seção Transversal do Ponto VTD-02.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 30 - Seção Transversal do Ponto CLH-03.



Fonte: Autora, 2022.

A definição da seção escolhida para a construção dos dispositivos, levou em consideração o melhor cenário para o deslocamento de pessoas, equipamentos e o transporte de materiais. A primeira etapa do processo considera a escavação do leito e das margens para engastamento do barramento definitivo de concreto.

Para prosseguimento das atividades, como forma de garantir a não interferência do fluxo de água que passa pelo córrego na área onde foi construído os dispositivos, deve-se realizar o barramento e o subsequente desvio da água para jusante, por meio de sacarias e tubos. Tal mecanismo, favorece e antecipa o processo de cura do concreto, tornando-o mais resistente.

5.11.1. Vertedouro Cipolleti:VTD-01

A atividade de campo aqui descrita, para o ponto de monitoramento VTD-01, foi executada no Mês de Fevereiro de 2023. De acordo com a Tabela 7 é possível analisar informações genéricas do ponto, como por exemplo: Identificação, tipo e geometria do medidor, datas de início e término do processo construtivo e coordenadas de instalação.

Tabela 7 - Informações Técnicas do Ponto VTD-01.

Identificação do Ponto	Tipo de Medidor de Vazão; L (m)	Início da Obra e Término da Obra	Largura total entre as ombreiras (m)
VTD-02	Vertedouro Cipolletti L = 0,50	Agosto de 2022	9,25

O registro fotográfico do processo construtivo do Vertedouro Cipolletti é apresentado a seguir:

Figura 31 - Registro Fotográfico do Processo construtivo - Ponto VTD-01.





Fonte: CLAM Engenharia, 2022.

5.11.1. Vertedouro Triangular: VTD-02

A atividade de campo aqui descrita, para o ponto de monitoramento VTD-02, foi executada no Mês de Maio de 2023. De acordo com a Tabela 8, é possível analisar informações genéricas do ponto, como por exemplo: Identificação, tipo e geometria do medidor, datas de início e término do processo construtivo e coordenadas de instalação.

Tabela 8 - Informações Técnicas do Ponto VTD-02.

Identificação do Ponto	Tipo de Medidor de Vazão; L (m)	Início da Obra e Término da Obra	Largura total entre as ombreiras (m)
VTD-02	Vertedouro Triangular	Maio de 2022	7,50

O registro fotográfico do processo construtivo do Vertedouro Triangular é apresentado a seguir:

Figura 32 - Registro Fotográfico do Processo construtivo do Ponto VTD-02.



Fonte: CLAM Engenharia, 2022.

5.11.1. Calha Parshall: CLH-03

A atividade de campo aqui descrita, para o ponto de monitoramento VTD-02, foi executada no Mês de Maio de 2023. De acordo com a (Tabela 9), é possível analisar informações genéricas do ponto, como por exemplo: Identificação, tipo e geometria do medidor, datas de início e término do processo construtivo e coordenadas de instalação.

Tabela 9 - Informações Técnicas do Ponto CLH-03.

Identificação do Ponto	Tipo de Medidor de Vazão;	Início da Obra e Término da Obra	Largura total entre as ombreiras (m)
VTD-02	Calha Parshall W = 3"	Agosto de 2022	8,10

O registro fotográfico do processo construtivo da Calha Parshall é apresentado a seguir:

Figura 33 - Registro Fotográfico do Processo Construtivo do Ponto CLH-03.





6 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Neste capítulo especificamente, são apresentados os principais resultados tanto do Diagnóstico Viário, como do Diagnóstico do Monitoramento Hídrico.

6.1. DIAGNÓSTICO VIÁRIO

Em relação ao Diagnóstico Viário, é apresentado a seguir o resultado da pesquisa de contagem classificada de veículos, a análise dos níveis de serviço, bem como a apresentação das principais inconformidades observadas nos trechos analisados, do ponto de vista da infraestrutura viária, sinalização vertical, horizontal e possíveis melhorias geométricas.

6.1.1. Resultados da Pesquisa CCV

As volumetrias apresentadas na (Tabela 10), refere às horas pico analisadas, estando ainda segregadas por modo, sem conversões para UVP. Destaca-se também que foi possível observar que os volumes de tráfego em ambos os dias de coleta estiveram significativamente próximos entre si, o que indica que de fato o comportamento do tráfego nas datas de coleta era típico da área de estudo. Contudo, no dia 03/05 obteve-se um volume de tráfego ligeiramente maior que no dia 02/05. Assim, a favor da segurança optou-se por trabalhar com os dados do dia com a maior demanda de carregamento de tráfego.

Os volumes de ambos os dias e das oito horas de pesquisa completas de cada dia, bem como os valores em UVP, podem ser verificados no anexo ao fim do presente relatório. Ademais, o uso do software Aimsun para as análises de NS foi realizado utilizando os modos segregados, justificando o desuso do UVP na apresentação de resultados feita a seguir. Dessa forma, os valores de UVP foram utilizados única e exclusivamente para a identificação das horas de pico do sistema viário.

Os picos manhã e tarde do sistema viário foram identificados, respectivamente, das 07h30 às 08h30 e das 16h45 às 17h45. Os FHP foram obtidos iguais a 0,72 e 0,93 para os picos manhã e tarde, respectivamente. Esses valores indicam que no pico manhã os volumes de tráfego estiveram significativamente mais concentrados em um único quartil de hora, ao passo que no pico tarde ocorreu uma distribuição mais homogênea dos volumes ao longo dos quatro quartis que compõem o intervalo da hora pico.

O Ponto 01 Sequeiro Félix, conforme mencionado anteriormente, está situado nas proximidades de Sequeiro Felix, significativamente próximo à área de extração pretendida pela empresa mineradora para o empreendimento em análise no presente estudo. Essa interseção compõe-se inclusive enquanto ponto de acesso pretendido na roteirização do escoamento de cargas para acesso à VS-45 a partir das vias secundárias utilizadas.

A (Tabela 10) a seguir apresenta os volumes por movimento de tráfego, enquanto que a (Figura 34) ilustra os movimentos possíveis. É possível inferir que as aproximações “A” e “C” têm um maior volume em ambos os picos que a aproximação “B”, algo natural considerando que a VS-45 é a principal via do sistema analisado.

Tabela 10 - Veículos contabilizados no Ponto 01 - Sequeiro Félix.

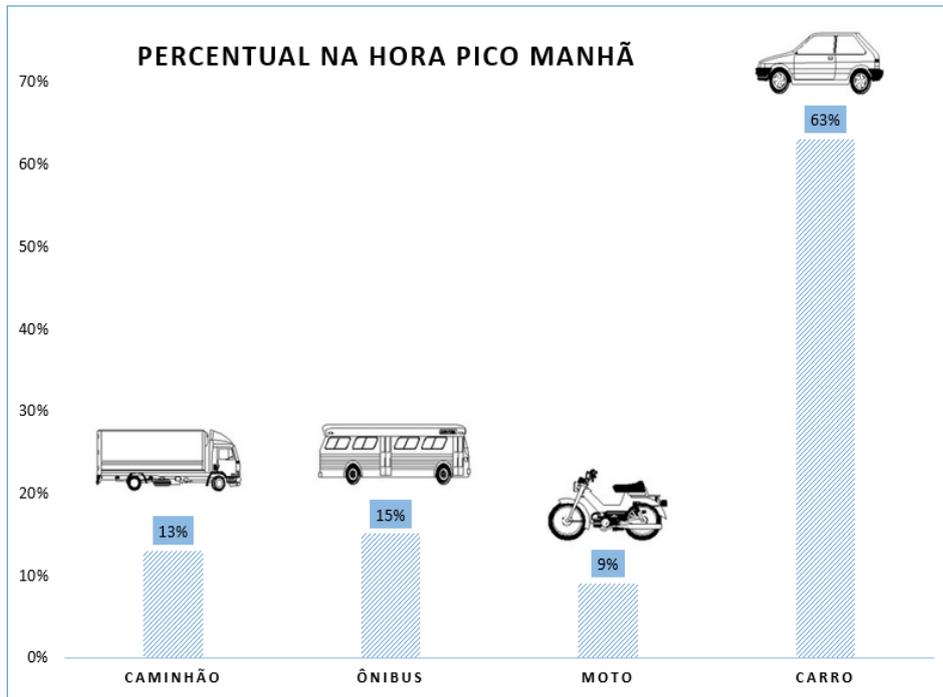
Movimento	PICO MANHÃ – 07h30 às 08h30				PICO TARDE – 16h45 às 17h45			
	Carro	Moto	Ônibus	Caminhão	Carro	Moto	Ônibus	Caminhão
AM1	93	2	13	22	12	7	2	14
AM2	0	1	0	0	0	0	0	0
BM1	1	4	0	0	1	5	8	0
BM2	0	2	0	0	0	2	0	0
CM1	12	3	12	0	93	2	27	14
CM2	0	3	0	0	0	4	2	0

Figura 34 - Ponto 01 - Sequeiro Félix - Movimentos Possíveis.



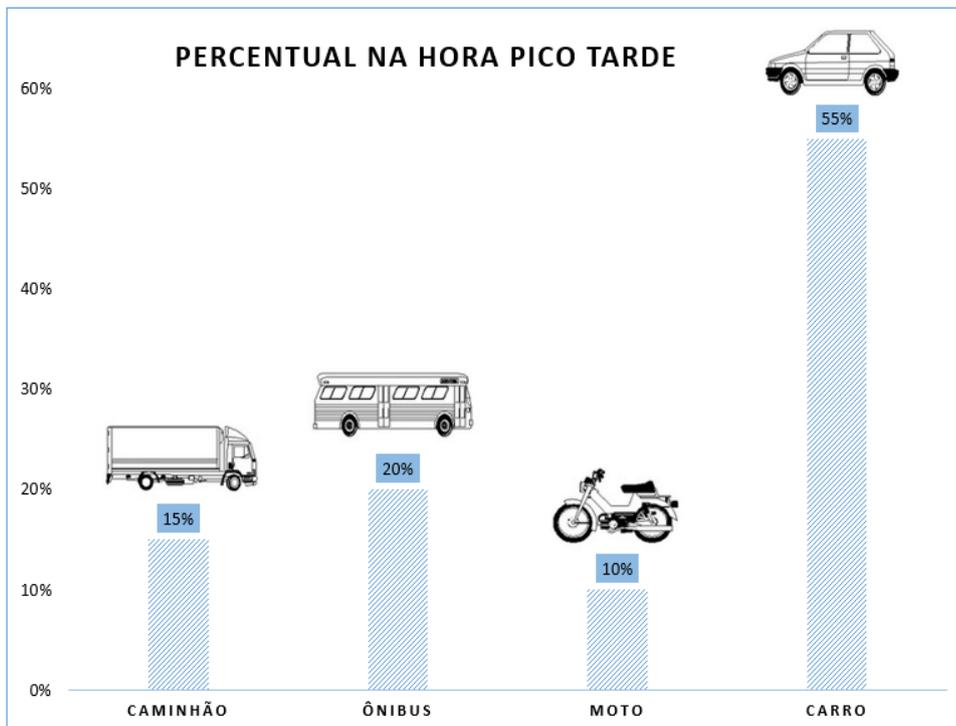
Fonte: Autora, 2023.

Figura 35 - Divisão modal no Ponto 01 - Pico Manhã.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 36 - Divisão modal no Ponto 01 - Pico Tarde.



Fonte: Autora, 2023.

Além da condição do volume de tráfego concentrado na rodovia vicinal, é possível observar uma abrupta pendularidade no tráfego ao longo da VS-45, com um carregamento de tráfego significativamente maior no sentido mina de Cobre do Sossego que no sentido contrário no pico manhã. No pico tarde a situação é completamente inversa, havendo um volume de tráfego significativamente maior no sentido PA-160 que no sentido mina.

Essa observação pode ser feita comparando os movimentos “AM1” e “CM1” nos picos manhã e tarde e ela reforça a característica da VS-45 enquanto rodovia vicinal responsável por coletar o tráfego local da região e canalizá-lo à PA-160.

Ainda com relação ao Ponto 01 foi possível observar em ambas as horas pico que os veículos leves são maioria na composição do tráfego, conforme ilustrado na (Figura 35) e (Figura 36).

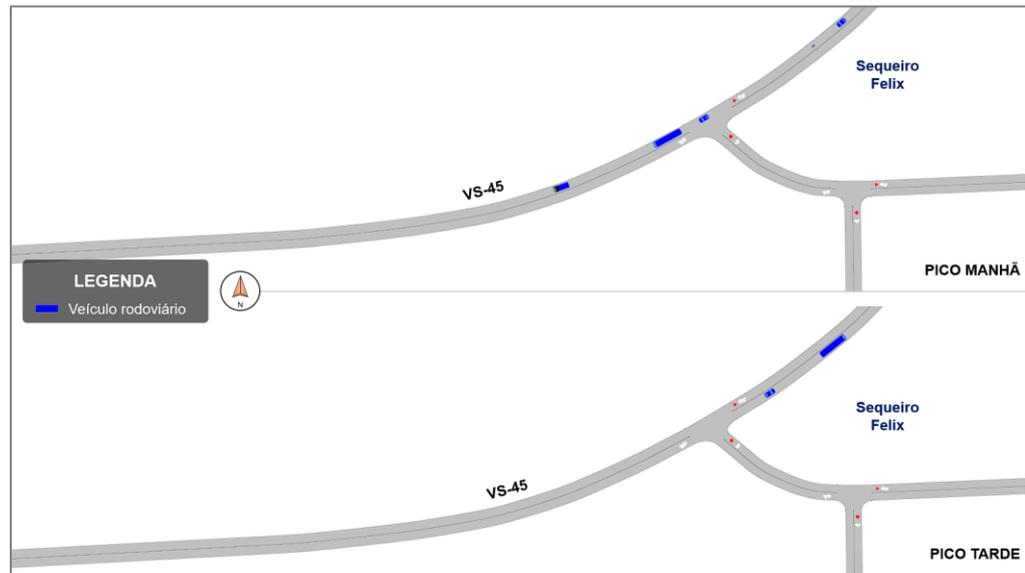
No entanto, os percentuais relativos aos veículos pesados são representativos, algo comum em rodovias situadas em zonas rurais, sobretudo considerando a operação da mineração na região, que demanda viagens de veículos de carga e de transporte coletivo fretado de passageiros.

6.1.2. Resultados da Microssimulação e Nível de Serviço

No presente subcapítulo apresenta-se os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de análise de indicadores de tráfego por meio do software Aimsun, descritos anteriormente. Apresenta-se inicialmente a modelagem da rede viária no referido software, e posteriormente as análises de NS aos cenários coerentes com a avaliação quantitativa das condições de tráfego na área de estudo.

Ilustra-se pela (Figura 37), a modelagem da rede realizada por meio do referido software de simulação de tráfego, evidenciando a rede de simulação carregada com os volumes de tráfego obtidos em cada horário de pico (manhã e tarde) *in loco*. Considerou-se as reais condições de circulação do sistema viário em estudo, como geometria e sinalização, onde destaca-se inclusive, os trechos com permissão de ultrapassagem. Para alocação do tráfego, foram distribuídos centroides na rede, onde as viagens realizadas pelos veículos simulados têm origem e destino.

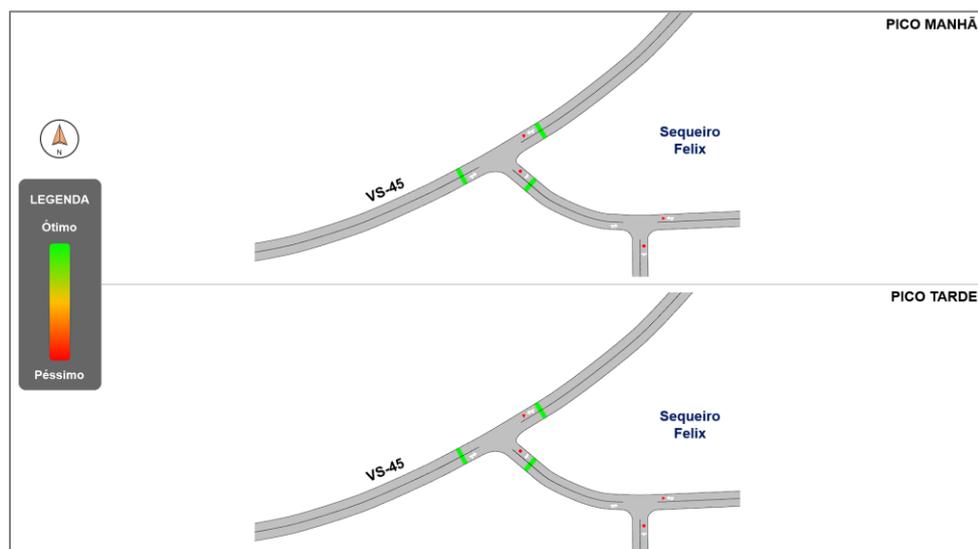
Figura 37 - Rede carregada no Ponto 01 – Aimsun.



Fonte: Autora, 2023.

A partir da rede viária carregada com os volumes de tráfego de cada pico trabalhado, fez-se possível a calibração da rede, de modo a verificar se o cenário simulado representava de forma fidedigna o cenário real. Para tal, realizou-se uma comparação do volume de tráfego simulado com o observado em campo e contabilizado na pesquisa CCV. Por meio de regressões lineares observou-se que os modelos virtuais possuem uma correlação (R^2) de 0,999 e 0,998 para os picos manhã e tarde, respectivamente, algo positivo ao modelo. O resultado é apresentado na (Figura 38).

Figura 38 - Resultado do Nível de Serviço: Ponto 01 – Aimsun.

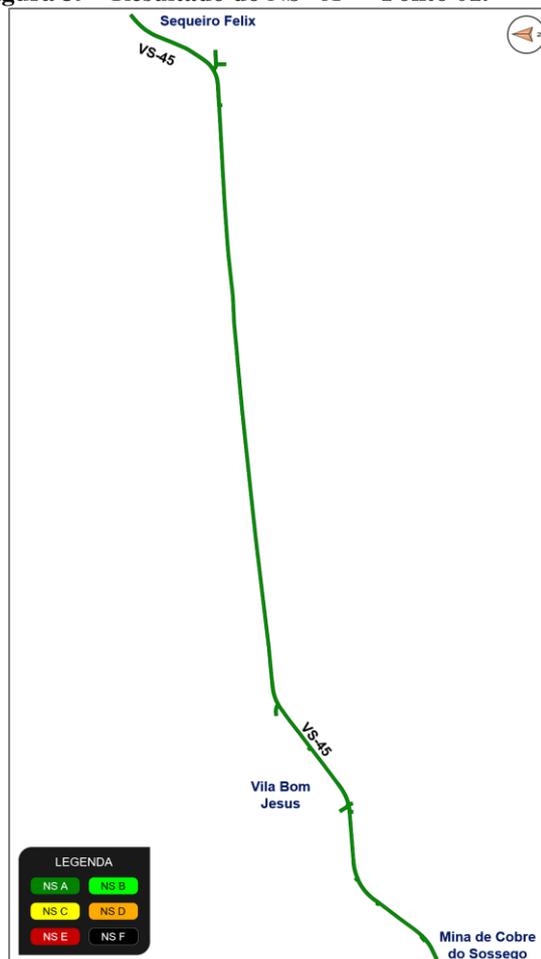


Fonte: Autora, 2023.

No contexto de diagnóstico do sistema viário, tem-se exclusivamente a avaliação do Cenário Atual, que diz respeito aos carregamentos de tráfego nos picos manhã e tarde na condição de operação do sistema viário tal como observada em campo e exposto à demanda de volume de tráfego também obtido in loco, não incluindo, portanto, a implementação das operações do empreendimento nas proximidades de Sequeiro Felix.

Com vista a avaliar de forma mais adequada o sistema viário, os NS foram obtidos por meio da metodologia sugerida pelo HCM 2010 por intermédio do software Aimsun. Foi possível observar que o sistema viário em sua concepção atual, quando exposto ao volume de tráfego também já existente na área de estudo, opera em sua melhor forma possível, com NS sempre igual a “A”. Conforme a (Tabela 2) o NS obtido é condizente com o volume de tráfego ao qual o sistema está exposto, que é particularmente baixo devido às características da VS-45 (atualmente).

Figura 39 - Resultado do NS “A” – Ponto 01.



Fonte: Autora, 2023.

6.1.3. Principais Inconformidades Observadas

Considerando o que o diagnóstico do sistema viário se propôs analisar, justificado pela operação de escoamento de cargas pretendida pela empresa mineradora, foi possível observar que o sistema opera de forma significativamente satisfatória no que se refere ao equilíbrio entre oferta e demanda de tráfego, (Nível de serviço A).

Apesar da capacidade singela proveniente da via de pista simples, a VS-45 é uma via de tráfego tipicamente local em termos regionais, exercendo hierarquicamente no sistema uma função enquanto via coletora de vilarejos no seu entorno e possibilitando a conexão desses à PA-160, na altura da Vila Planalto. Além disso, há de se destacar que a tipologia planialtimétrica do terreno na região favorece a existência de frequentes e extensos trechos com permissão de ultrapassagem ao longo da VS-45.

Um ponto de atenção que deve ser considerado em estudos posteriores, se refere ao entroncamento da VS-45 com a via secundária que será utilizada para acesso à área de extração, nas proximidades de Sequeiro Félix, onde fora alocado o Ponto 01 de Pesquisa CCV. Apesar dos indicadores de Nível de Serviço demonstrarem uma operação satisfatória no local, os mesmos não consideram a segurança viária.

O entroncamento com via secundária se dá em um trecho de curva horizontal no traçado da VS-45, sem qualquer tipo de tratamento da interseção. Há uma situação de elevada insegurança, sobretudo para veículos pesados que saem da via secundária para a via primária partindo de uma velocidade inicial igual a zero, devido à obrigação de parada para concessão da prioridade de passagem aos veículos que já estejam trafegando pela VS-45.

De antemão, é importante que essa situação de insegurança viária seja tratada a partir da proposição de concepções alternativas para a interseção ou de rotas alternativas à interseção problemática. Após avaliada a viabilidade de cada situação em cenários hipotéticos, deve-se partir para a elaboração de projetos e implementação das alterações concebidas. Destaca-se também a necessidade de elaboração de projetos de adequação da sinalização viária da VS-45 e a posterior implementação dessas adequações.

Analisando os resultados do diagnóstico viário, foi elaborada a (Tabela 11) com as principais inconformidades da interseção do ponto 01. Estes itens serão utilizados para o projeto de adequação de sinalização viária da VS-45.

Tabela 11 - Principais Inconformidades Observadas

Identificação da Interseção	Inconformidade
Ponto 01: Sequeiro Félix: VS-45 com via secundária nas proximidades da área de extração	Ausência de sinalização de regulamentação de prioridade;
	Existência de giros à esquerda na interseção que está situada em um trecho de curva horizontal acentuada na VS-45, gerando uma condição de insegurança viária;
	Ausência de sinalização de advertência, elementos de controle de velocidade e/ou tratamentos de geometria viária na VS-45 em mitigação à periculosidade da interseção;

Fonte: Autora, 2023.

6.1.4. Defeitos no Pavimento

Os defeitos e/ou patologias no pavimento surgem com uma maior frequência nas estradas vicinais, tendo em vista, certamente, o excesso de cargas provenientes dos caminhões carregados de minério. As cargas são transmitidas aos pavimentos por rodas pneumáticas simples ou duplas arranjadas em eixos simples e tandem, duplos ou triplos. A ação do tráfego, não somente pelo peso transportado, mas também pela frequência com que solicita o pavimento, provoca o consumo e a deterioração do mesmo. A (Figura 40) ilustra defeitos no pavimento, verificados na área de estudo em Maio de 2023. É possível observar trincas tipo couro de jacaré no lado direito da via.

Figura 40 - Defeitos encontrados na via Vs-45 - Visita Técnica na área de estudo: 04/05/2023.



Fonte: Autora, (2023).

Além disso, é possível perceber algumas trincas por fadiga ao longo da via, conforme ilustrado na (Figura 41). As Principais causas deste tipo de patologia, se dá em função da má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego; recalque diferencial; contração de capa asfáltica devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada.

Figura 41 - Trincas longitudinais na via Vs-45.



Fonte: Autora, (2023).

6.1.5. Proposta de Adequação do Ponto 01 – Sequeiro Félix

Uma infraestrutura viária deficiente é fator preponderante na ocorrência de sinistros de trânsito. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte, (CNT), os maiores problemas estão associados à falta de sinalização, geometria da via, condições do pavimento, placas em posição errada, faixas inexistentes, curvas acentuadas com problemas de superelevação, falta de placas de advertência antes das curvas e de dispositivos auxiliares de contenção, ausência de placas de limite de velocidade e falta de acostamento.

Diante dessas condições, foi avaliada a possibilidade e viabilidade de implementação de medidas de adequação ao sistema viário de modo a tornar mais segura a condição de acesso dos veículos do empreendimento à VS-45.

A solução aqui proposta, se baseou na possibilidade de implantação de uma interseção em “T” complementada por canteiro afilado na via vicinal e VS-45.

Ainda assim faz-se necessário deslocar a interseção para oeste em relação à interseção crítica existente, (Figura 42) de modo a afastar a interseção da curva horizontal e atender aos parâmetros mínimos de distância de visibilidade que garantam as condições de segurança necessária à interseção, fazendo com que a interseção existente seja interdita de forma permanente.

Figura 42 - Necessidade de deslocamento do acesso para oeste, Vs-45 - Tratamento geométrico do Ponto.



Fonte: Autora, 2023.

Para o contexto de giro à esquerda em rodovias de pista simples partindo de uma via secundária para acessar a rodovia principal tem-se o que é intitulado por Caso B1 no Manual de Projetos de Interseções (DNIT, 2005). Nesse contexto são definidas as distâncias mínimas de visibilidade apresentadas na (Figura 43), que no contexto do presente estudo será igual a 255 metros conforme os destaques aplicados à (Figura 43).

Figura 43 - Distâncias mínimas de visibilidade para o caso.

Veículo de projeto	Distâncias de visibilidade necessárias para um veículo parado girar à esquerda em uma rodovia de duas faixas e dois sentidos de tráfego, sem canteiro central (m)										
	Velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>Aproximações com greide até 3%</i>											
VP	40	65	85	105	125	145	165	190	210	230	250
CO/O	55	80	105	130	160	185	210	240	265	290	315
SR/RE	65	95	130	160	190	225	255	290	320	350	385
<i>Aproximações com greide de 4%</i>											
VP	45	65	85	105	130	150	170	195	215	235	255
CO/O	55	80	110	135	160	190	215	245	270	295	325
SR/RE	65	100	130	165	195	230	260	295	325	360	390
<i>Aproximações com greide de 5%</i>											
VP	45	65	90	110	130	155	175	200	220	240	265
CO/O	55	85	110	140	165	195	220	250	275	305	330
SR/RE	65	100	130	165	200	230	265	300	330	365	395
<i>Aproximações com greide de 6%</i>											
VP	45	70	90	115	135	160	180	205	225	250	270
CO/O	55	85	110	140	170	195	225	255	280	310	335
SR/RE	65	100	135	170	200	235	270	305	335	370	405

Fonte: DNIT (2005).

Legenda:

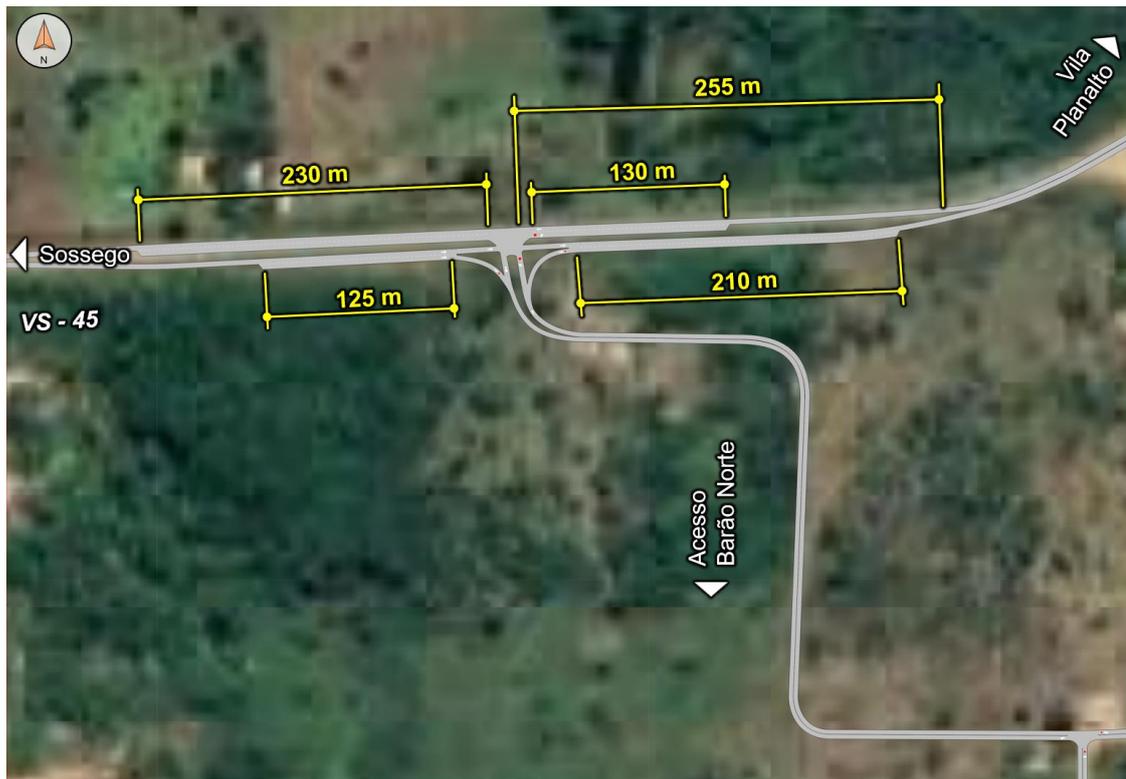
- *VP - Veículo de Passeio;*
- *CO/O - Caminhão ou Ônibus pequeno;*
- *SR/RE - Semirreboque ou reboque.*

Tradicionalmente as interseções em “T” em rodovias de pista simples consideram que o condutor utilize o acostamento à direita da faixa de rolamento, quando esse existir, para realizar os giros à esquerda de forma mais segura, tanto entrando quanto saindo da rodovia principal. Essa concepção, no entanto, exige que o veículo transponha as faixas de rolamento de ambos os sentidos da via principal.

Com vista a agregar ainda mais segurança às interseções em “T”, tem-se uma solução que trabalha com faixas de aceleração e desaceleração situadas à esquerda do fluxo circulante na via principal do lado oposto à via secundária. Essa solução exige a implantação de um canteiro central, vazado no local onde ocorram os giros à esquerda. É intitulada por “canteiro afilado” e recomendada em diversos manuais de órgãos e entidades de estradas de rodagem, sendo inclusive tratada como mais segura que as interseções em “T” simples.

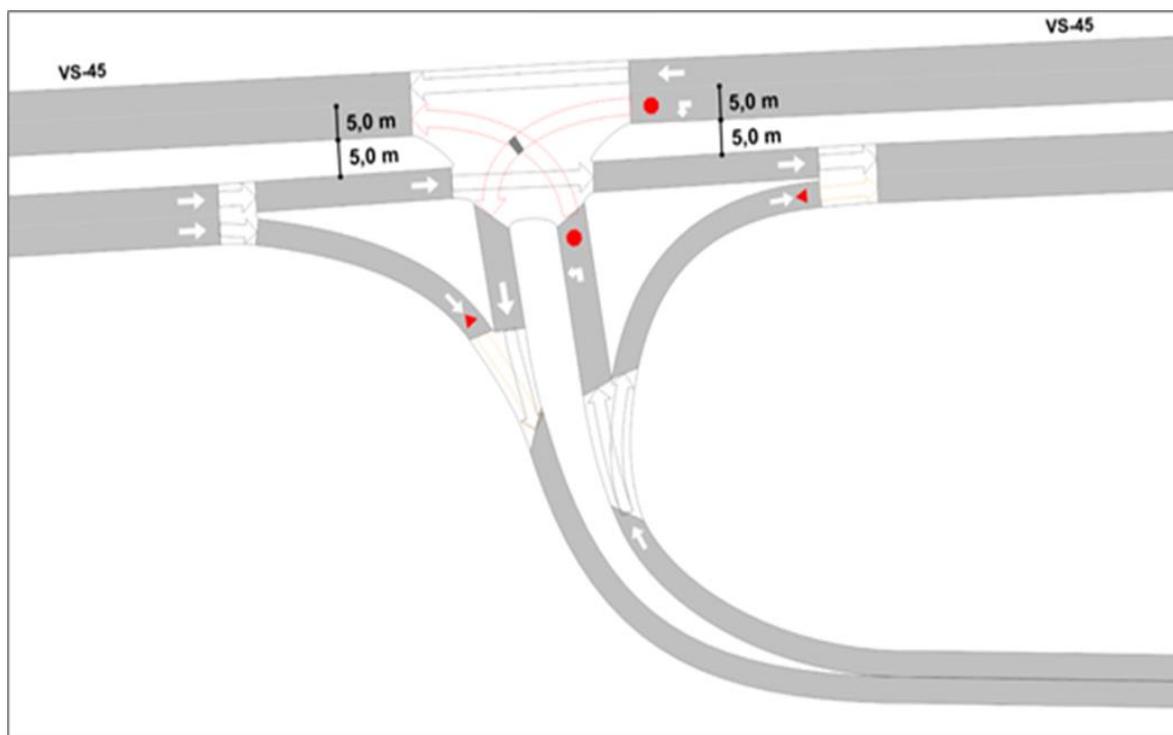
Para garantir o espaço suficiente aos giros à esquerda por parte dos veículos longos e pesados, o estudo considerou viável que as faixas de acumulação adjacentes ao canteiro tenham largura igual ou maior que 5,0 m nas proximidades do local onde o canteiro é descontinuado. Isso garante que a faixa de rolamento do tráfego de passagem não seja atingida pelos veículos no momento do giro. A concepção recomendada é apresentada em detalhes na (Figura 44).

Figura 44 - Proposta de Adequação do Ponto 01 em Sequeiro Félix.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 45 - Detalhamento da Proposta de Adequação do Ponto 01.



Como último detalhe, cabe mencionar que a VS-45 deverá, nessa concepção, receber sinalização de regulamentação de velocidade com reduções gradativas ao se aproximar da interseção, de modo a garantir ainda mais segurança a ela.

6.2. DIAGNÓSTICO DO MONITORAMENTO HÍDRICO

Já em relação aos resultados do monitoramento hídrico, é apresentado a seguir as análises pertinentes aos dados hidrométricos superficiais. Foi possível interpretar e coletar dados de chuva, nível em (cm) e vazão (m^3/s).

6.3. MEDIÇÃO DE VAZÃO E DIMENSIONAMENTO

Conforme metodologia adotada e descrita anteriormente, foram adotadas as vazões de referência Q10% e Q95% como vazões máximas e mínimas, respectivamente. A escolha desses quantis se deu a partir de critérios subjetivos, considerando as áreas de contribuição, condições hidrológicas das seções de monitoramento e, principalmente, pelos resultados das medições de vazão realizadas em campo. Estas vazões são usadas para melhor caracterizar o volume de água que escoar por determinado corpo d'água.

As (Figura 46), (Figura 47) e (Figura 48) apresentam o registro fotográfico das medições de vazão em campo, com a utilização do equipamento FlowTracker.

Figura 46 - Medição de Vazão em campo - Ponto VTD-01.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 47 - Medição de Vazão do Ponto VTD-02.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 48 - Medição de Vazão do Ponto CLH-03.



Fonte: Autora, 2022.

A Tabela 13 apresenta a escolha do tamanho e geometria dos medidores de vazão.

Tabela 12 - Tamanho e Geometria dos medidores propostos.

ID	Dados Gerais		Coordenadas UTM - Sirgas 2000	
	Nome do ponto	Tipo de Medidor	X	Y
1	VTD-01	Vertedor Cipoletti de L = 0,50	546126	9334959
2	VTD-02	Vertedor Triangular de 90 graus	549666	9333671
3	CLH-03	Calha Parshall de 3"	546288	9334849

Quanto maior o instrumento, maior será sua capacidade de monitoramento. Para os vertedouros, quanto maior o L, maior a vazão. Já em relação as Calhas Parshall, quanto maior a polegada, maior sua capacidade de monitoramento. A (Tabela 13) apresenta a comparação das vazões de referência, coletadas em campo, com as vazões de projeto de cada medidor proposto.

Tabela 13 - Vazões de referência dos pontos de monitoramento. Q em m³/h.

Características do instrumento			Vazão Média coletada em campo (Q ₁₀)		Faixa de Vazão do Dispositivo escolhido	
ID	Nome do ponto	Situação	Q Mín (Q ₉₅)	Q Máx (Q ₁₀)	Q Mín (Q ₉₅)	Q Máx (Q ₁₀)
1	VTD-01 - Cipoletti de 0,50	Projetado e construído	136,80	454,50	59,0	1016,40
2	VTD-02 - Triangular de 90°	Projetado e construído	16,90	56,30	4,5	517,30
3	CLH-03 - Calha Parshall de 3" pol	Projetado e construído	10,05	65,0	0,5	190,30

Tabela 14 - Vazões de referência dos pontos de monitoramento. Q em m³/s.

Características do instrumento			Vazão Média coletada em campo (Q ₁₀)		Faixa de Vazão do Dispositivo escolhido	
ID	Nome do ponto	Situação	Q Mín (Q ₉₅)	Q Máx (Q ₁₀)	Q Mín (Q ₉₅)	Q Máx (Q ₁₀)
1	VTD-01 - Cipoletti de 0,50	Projetado e construído	0,0380	0,1263	0,0164	0,2823
2	VTD-02 - Triangular de 90°	Projetado e construído	0,0047	0,0156	0,0013	0,1437
3	CLH-03 - Calha Parshall de 3" pol	Projetado e construído	0,0028	0,0181	0,0001	0,0529

Vale ressaltar, que os órgãos ambientais (IBAMA) (ICMBIO), estão muito interessados em saber as vazões mínimas, principalmente no período de seca. Conforme já mencionado, os resultados do monitoramento hídrico automatizado, é compilado em um banco de dados, onde a empresa responsável pelo empreendimento, faz toda a gestão, através de um sistema de gerenciamento de dados ambientais chamado (HGA) - Hydro Geoanalyst. O HGA integra estruturas de banco de dados personalizáveis usadas em todo o mundo com ferramentas de última geração para interpretação de dados, análise estatística, mapeamento do Sistema de Informações Geográficas (GIS), gráficos de dados e visualizações em duas ou três dimensões.

O sistema tem sido empregado, dentre outras formas, para armazenamento seguro das informações qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos, fluviais e pluviais, bem como captações de água e lançamentos de efluentes, além de registros litológicos, sedimentos e outros.

Em linhas gerais, os instrumentos foram dimensionados corretamente e possuem capacidade de monitoramento com precisão nas mínimas e máximas vazões.

6.3.1. Vertedouro Cipoletti:VTD-01

Foi proposta a instalação de um vertedouro Cipoletti com largura L = 50 cm. A chapa do vertedor foi projetada com as seguintes dimensões e características operacionais:

1. Tipo da geometria: Cipoletti de 50 cm;
2. Largura da chapa: 140 cm;
3. Altura total: 60 cm;
4. Faixa de medição de vazão: 59,0 m³/h a 1016,4 m³/h ou 0,01 m³/s a 0,18 m³/s.

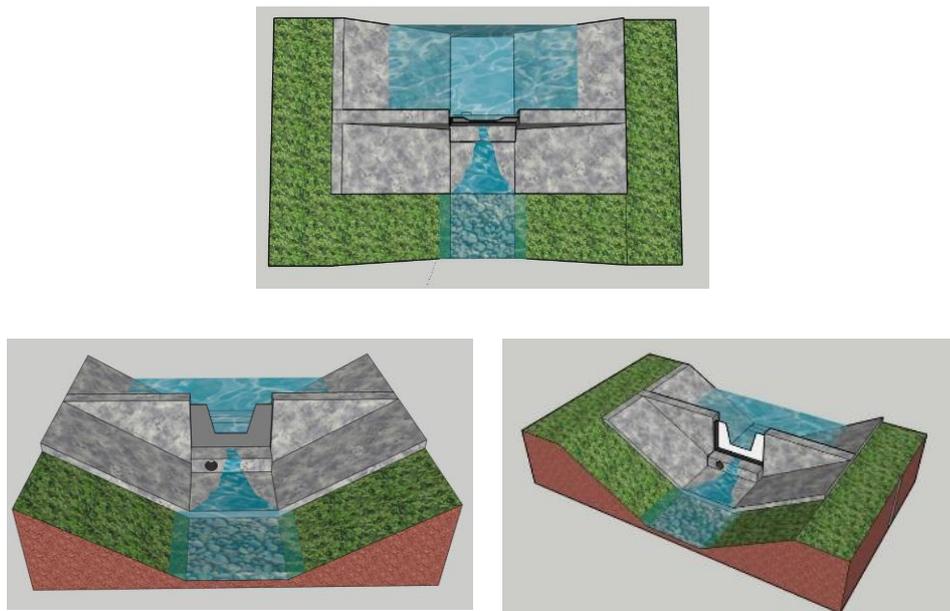
As vazões em função da altura da lâmina d'água desse tipo de vertedor são apresentadas na **Tabela 15**, enquanto que um esquema do vertedouro com as principais dimensões são

apresentados na Figura 49. O Projeto Estrutural do Vertedouro, realizado no Autocad, consta no (ANEXO I).

Tabela 15 - Cargas hidráulicas e vazões - vertedor Cipolletti de 0,50 m. Q em m³/s.

Vertedor Cipolletti L= 0,50 m					
H (m)	Q (m ³ /s)	H (m)	Q (m ³ /s)	H (m)	Q (m ³ /s)
0,06	0,0164	0,18	0,0852	0,30	0,1833
0,07	0,0206	0,19	0,0924	0,31	0,1926
0,08	0,0252	0,20	0,0998	0,32	0,2020
0,09	0,0301	0,21	0,1073	0,33	0,2115
0,10	0,0352	0,22	0,1151	0,34	0,2212
0,11	0,0407	0,23	0,1230	0,35	0,2310
0,12	0,0463	0,24	0,1312	0,36	0,2410
0,13	0,0523	0,25	0,1395	0,37	0,2511
0,14	0,0584	0,26	0,1479	0,38	0,2614
0,15	0,0648	0,27	0,1565	0,39	0,2718
0,16	0,0714	0,28	0,1653	0,40	0,2823
0,17	0,0782	0,29	0,1742		0,1833

Figura 49 - Croqui esquemático do Vertedouro Cipolletti.



Fonte: Autora, 2022.

6.3.2. Vertedouro Triangular: VTD-02

Foi proposta a instalação de vertedouro triangular de 90° graus para o ponto VTD-02. A chapa do vertedor foi projetada com as seguintes dimensões e características operacionais:

- Tipo da geometria: Triangular ($\theta=90^\circ$);
- Largura da chapa: 120 cm;
- Altura total: 60 cm;
- Faixa de medição de vazão: 4,51 m³/h a 517,30 m³/h ou 0,0013 m³/s até 0,1437 m³/s.

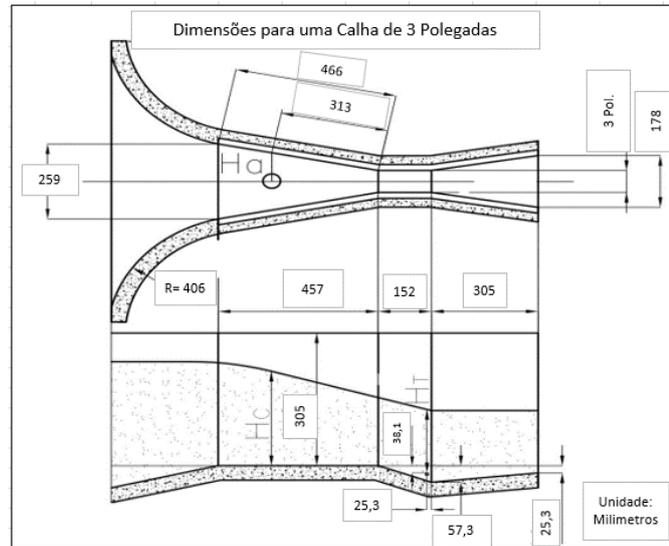
As vazões em função da altura da lâmina d'água são apresentadas na (Tabela 16).

Tabela 16 - Cargas hidráulicas e vazões – vertedor triangular 90 °. Q em m³/s.

Vertedor Triangular de = 90 °					
H (m)	Q (m ³ /s)	H (m)	Q (m ³ /s)	H (m)	Q (m ³ /s)
0,06	0,0013	0,18	0,0195	0,30	0,0700
0,07	0,0018	0,19	0,0223	0,31	0,0760
0,08	0,0026	0,20	0,0254	0,32	0,0823
0,09	0,0035	0,21	0,0287	0,33	0,0888
0,10	0,0045	0,22	0,0322	0,34	0,0957
0,11	0,0057	0,23	0,0360	0,35	0,1029
0,12	0,0071	0,24	0,0401	0,36	0,1104
0,13	0,0087	0,25	0,0444	0,37	0,1182
0,14	0,0104	0,26	0,0489	0,38	0,1264
0,15	0,0124	0,27	0,0538	0,39	0,1349
0,16	0,0145	0,28	0,0589	0,40	0,1437
0,17	0,0169	0,29	0,0643	-	-

6.3.3. Calha Parshall: CLH-03

As dimensões da calha escolhida, no padrão ASTM, D1941:1991 (2013), são apresentadas na **Figura 50**, enquanto que o Projeto estrutural da Calha Parshall, consta no (ANEXO II).

Figura 50 - Dimensões da calha Parshall ASTM 3”.

Importante mencionar que a vazão de referência calculada em 90% do tempo foi de 50 m³/h. O dispositivo proposto consegue monitorar vazões de (4,5 m³/h - 0,0012 m³/s) até (190,6 m³/h - 0,0529 m³/s). Os valores de vazão em função da altura da leitura da coluna d'água são apresentados à seguir:

Tabela 17 - Vazão em m³/h em função da leitura em cm da calha.

Leitura (cm)	Vazão (m ³ /h)	Leitura (cm)	Vazão (m ³ /h)	Leitura (cm)	Vazão (m ³ /h)
1	*	17	0,0114	33	0,0317
2	*	18	0,0124	34	0,0332
3	*	19	0,0135	35	0,0347
4	0,0012	20	0,0146	36	0,0362
5	0,0017	21	0,0158	37	0,0378
6	0,0023	22	0,0169	38	0,0394
7	0,0029	23	0,0181	39	0,0410
8	0,0035	24	0,0194	40	0,0426
9	0,0043	25	0,0206	41	0,0443
10	0,0050	26	0,0219	42	0,0460
11	0,0058	27	0,0232	43	0,0477
12	0,0066	28	0,0246	44	0,0494
13	0,0075	29	0,0259	45	0,0512
14	0,0084	30	0,0273	46	0,0529
15	0,0094	31	0,0288	-	-
16	0,0103	32	0,0302	-	-

6.3.1. Pluviômetro Digital

Foi instalado um Pluviômetro Digital no Projeto M2, com objetivo de analisar os dados pluviométricos da região. No dia 17/08/2022 a equipe técnica finalizou o processo de instalação seguindo todas as diretrizes do fabricante, estando em conformidade com as recomendações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão que representa a meteorologia nacional junto aos institutos internacionais. A Figura 51 ilustra as atividades desenvolvidas pela equipe para instalação do pluviômetro na Mina do M2.

Figura 51 - Instalação do Pluviômetro Digital do Projeto M2.



Fonte: Clam Engenharia, 2022.

6.4. ANÁLISE DE DADOS HIDROMÉTRICOS E PLUVIOMÉTRICOS

Os resultados pluviométricos, de nível d'água e de vazão, são apresentados nos tópicos à seguir.

6.4.1. Pluviômetro Digital

O Monitoramento Pluviométrico do Projeto M2 teve início no dia 25/08/2022 coletando dados de chuva com periodicidade horária (mm/h).

A análise dos dados de precipitação mostra informações que, em associação com dados da variabilidade espacial das chuvas, podem permitir a implementação de soluções estratégicas para a gestão de recursos hídricos, principalmente no que concerne a análise do comportamento dos principais corpos d'água no entorno da Mina do Alemão, quando estes, são submetidos a eventos de chuva. A Figura 52 apresenta o registro fotográfico do pluviômetro instalado.

Figura 52 - Pluviômetro instalado no Projeto M2.



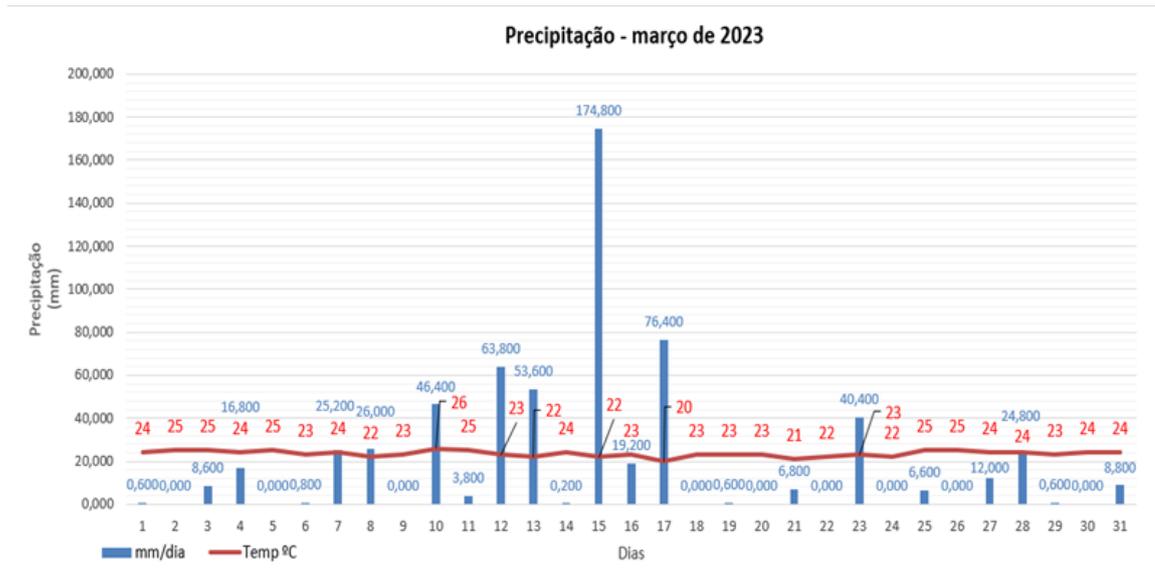
Fonte: Clam Engenharia, 2023.

Na sequência, são apresentados os resultados do monitoramento pluviométrico, tanto de forma pontual, ou seja, em relação ao mês de Março e Abril de 2023, como também de forma genérica, evidenciando os registros acumulados de toda série histórica.

A (Figura 53), apresenta os dados (diários) de precipitação x temperatura em Março de 2023. Os valores diários de precipitação e temperatura média, foram analisados a partir do dia 01/03/2023 até 31/03/2023. No dia 15/03/2023, no estado do Pará, na cidade de Parauapebas, o pluviômetro digital coletou um total de 174,80 milímetros de precipitação. O resultado indica uma chuva de alta intensidade.

Tal fenômeno, impactou o nível dos rios. À diante, na parte dos resultados de nível e vazão superficiais, é possível observar de forma clara e objetiva o aumento significativo da coluna d'água nos medidores de vazão. Em Março de 2023, a temperatura da cidade variou entre 20° até 26° graus celsius.

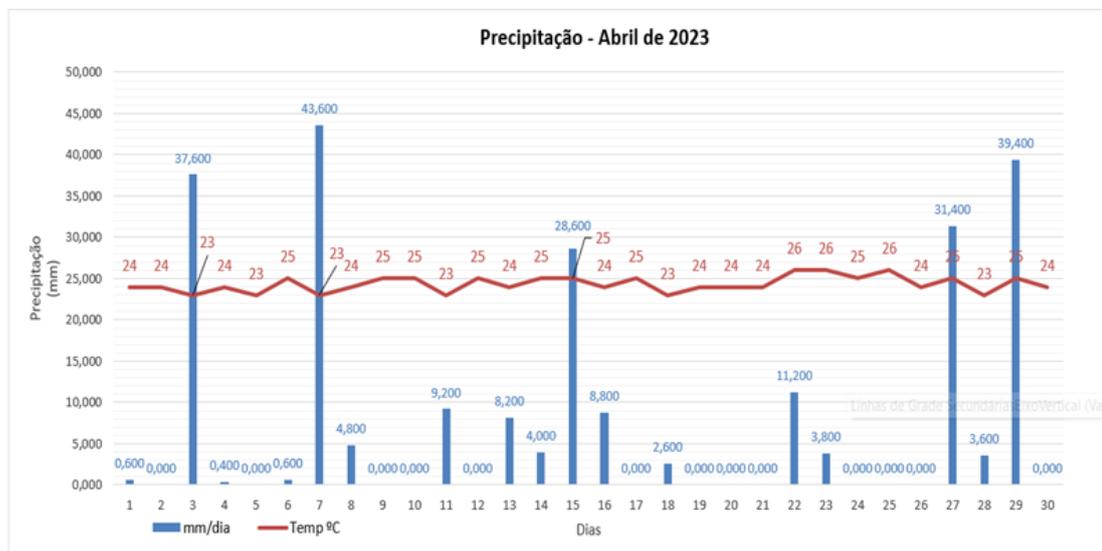
Figura 53 - Gráfico de Precipitação e Temperatura de Março de 2023.



Fonte: Autora, 2023.

A (Figura 54) apresenta de forma análoga, os dados diários de precipitação x temperatura, porém, para o mês de Abril de 2023. A análise foi feita a partir do dia 01/04/2023 até 30/04/2023. Em Abril de 2023, a temperatura da cidade variou entre 23° até 26° graus celsius. Nos dias, 03/04/23, 07/04/23, 15/04/23, 27/04/23 e 29/04/23, foram os dias em que o pluviômetro registrou maior incidência de precipitação. Os valores acumulados por dia, são evidenciados à seguir.

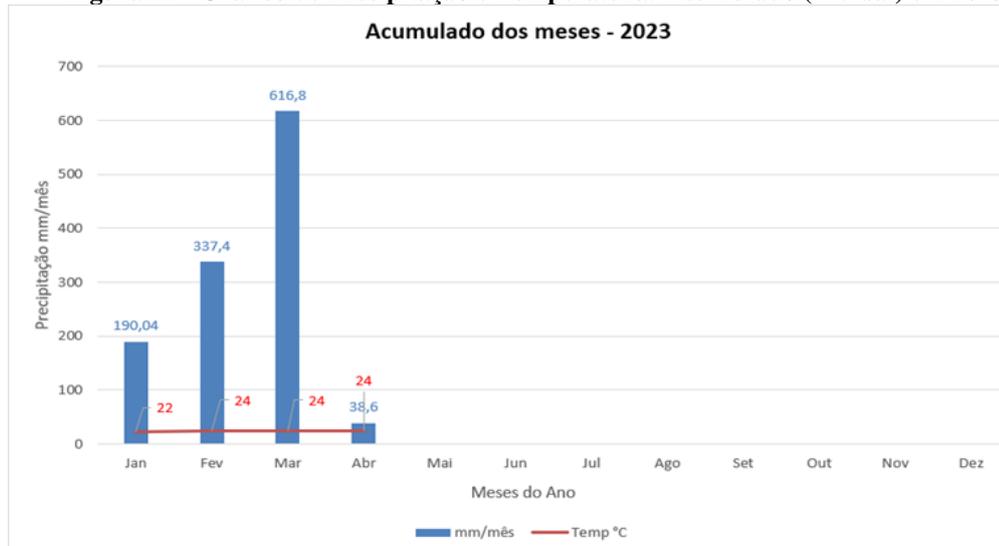
Figura 54 - Gráfico de Precipitação e Temperatura de Abril de 2023.



Fonte: Autora, 2023.

Diferentemente dos dois gráficos anteriores, a (Figura 55) apresenta os dados de precipitação x temperatura, porém, em relação a somatória acumulada de cada mês, do ano de 2023. Os dados foram alimentados de Janeiro de 2023 até o mês de Abril de 2023. É possível observar, que o mês de Março de 2023, choveu consideravelmente, quando comparado aos outros meses. Os valores acumulados de cada mês são apresentados a seguir.

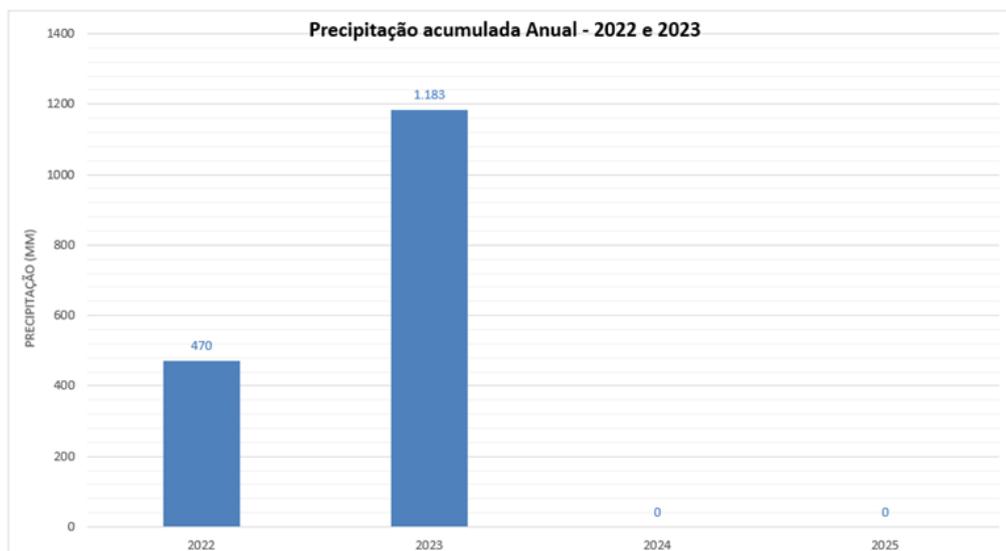
Figura 55 - Gráfico de Precipitação e Temperatura: Acumulado (Mensal) em 2023.



Fonte: Autora, 2023.

A (Figura 56) apresenta os resultados acumulados de forma (Anual) em 2022 e 2023. Em 2022, considerou-se dados a partir de Agosto de até Dezembro de 2022, totalizando 470 mm/ano parcial de 2022. Em 2023, os dados foram compilados partir de Janeiro até Abril/23.

Figura 56 - Gráfico de Precipitação anual.



Fonte: Autora, 2023.

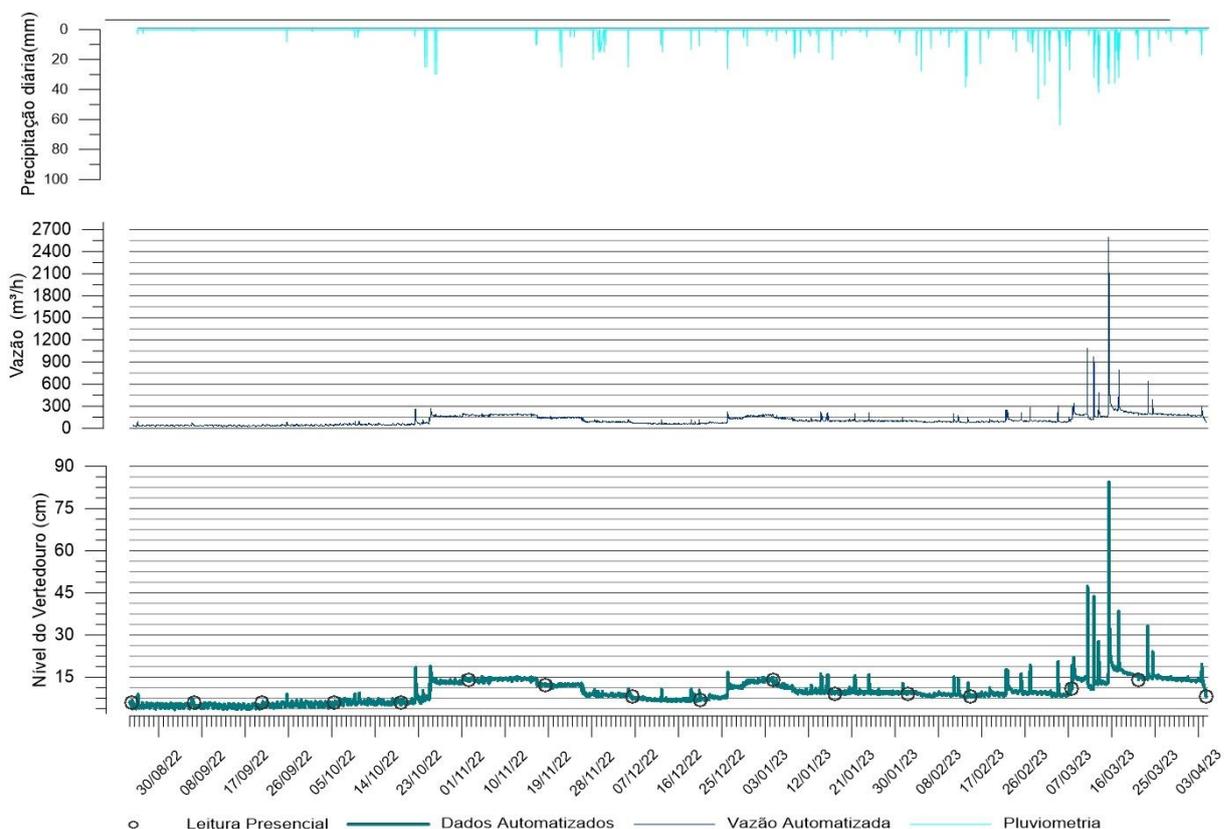
6.4.2. Vertedouro Cipolleti:VTD-01

A partir dos dados de nível registrados e considerando-se a geometria característica do vertedor, foram esboçadas graficamente as vazões médias diárias ao longo de toda série histórica de monitoramento para o vertedouro VTD-01. Tais dados foram compilados a partir do mês de Agosto/2022 até o mês de Abril/2023, conforme apresentado na (Figura 57).

A variação sazonal da precipitação no Estado do Pará é caracterizada por uma estação chuvosa, que na maioria das localidades compreende os meses de dezembro a maio, e por uma estação menos chuvosa (estação seca) que corresponde geralmente ao período de junho a novembro, tal afirmação é comprovada na (Figura 57). O Pico máximo de vazão e altura de coluna d'água, ocorreu no dia 15/03/2023, (conforme descrito anteriormente), em razão de uma chuva muito forte, registrada inclusive no pluviômetro digital. Na (Figura 58) é possível visualizar melhor a chuva e pico de nível e vazão ocorrida neste dia.

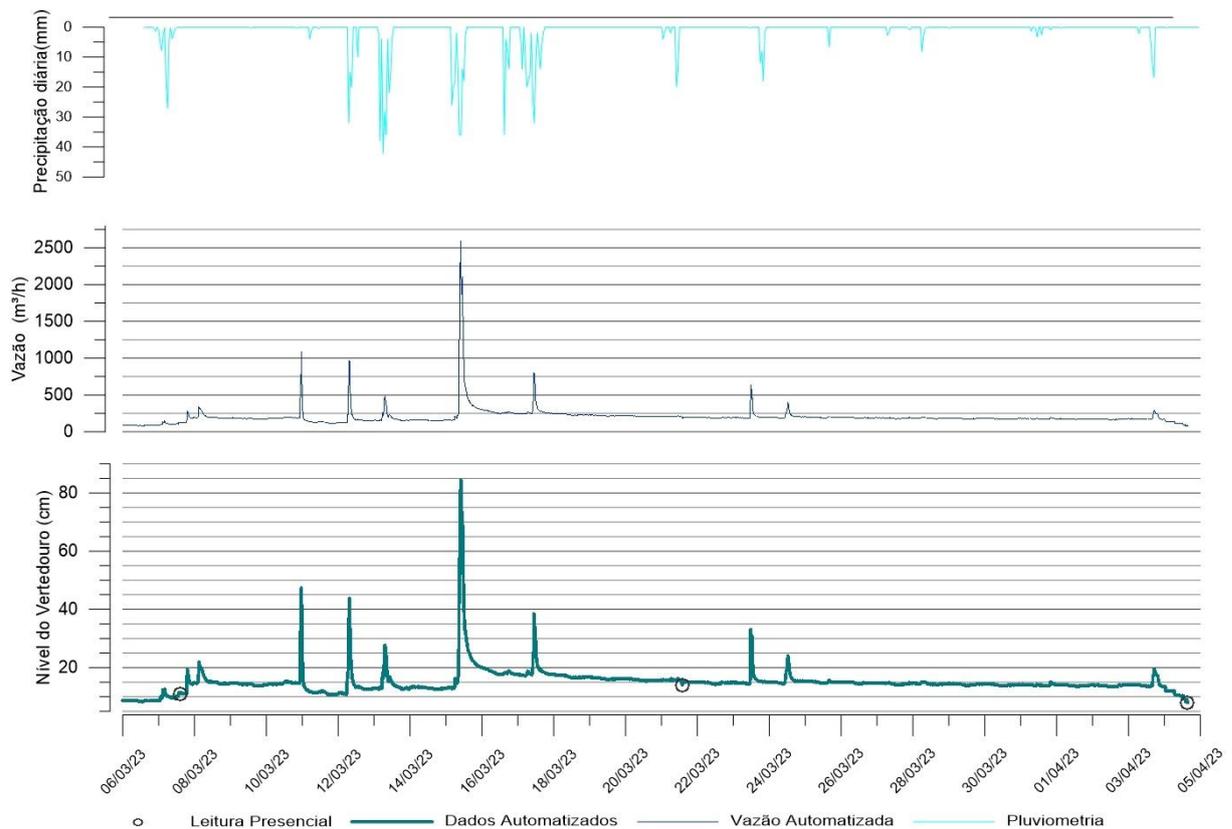
Outra representação gráfica também é ilustrada na (Figura 58), na qual é possível observar de forma pontual os resultados apenas do mês de Março e Abril de 2023. O aumento do nível da régua, bem como o incremento da vazão, ambos estão associados às precipitações ocorridas nos meses de incidência.

Figura 57 - Gráfico de Nível e Vazão de toda série histórica - Ponto VTD-01.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 58 - Gráfico de Nível e Vazão para os meses de Março e Abril de 2023 - Ponto VTD-01.



Fonte: Autora, 2023.

De acordo com os resultados de nível e vazão, no dia 15/03/2023, o nível de coluna d'água no vertedouro, chegou a 81,0 cm, o que corresponde a uma vazão de 2500 m³/h ou 0,6944 m³/s. Ou seja, o vertedouro extravasou, em outras palavras (o nível do rio encheu a ponto da coluna da água ser superior ao vertedouro instalado). A (Figura 59) ilustra o fenômeno ocorrido.

Importante mencionar, que o transdutor de pressão consegue monitorar coluna d'água de um rio de até 10 metros de profundidade. O ponto VTD-01, assim como qualquer outro ponto de monitoramento está suscetível a intemperes e condições climáticas adversas. Tal extravasamento não interfere no monitoramento.

O instrumento instalado no ponto VTD-01 possui capacidade de monitoramento de 59,0 m³/h a 1016,4 m³/h ou 0,01 m³/s a 0,18 m³/s. Na maior parte do tempo, as vazões observadas em relação ao tempo, estão dentro da capacidade do instrumento, exceto, portanto, em situações de chuvas intensas, conforme descrito anteriormente. A (Figura 59) apresenta o fenômeno de galgamento do medidor de vazão, no dia 15/03/2023.

6.4.1. Vertedouro Triangular: VTD-02

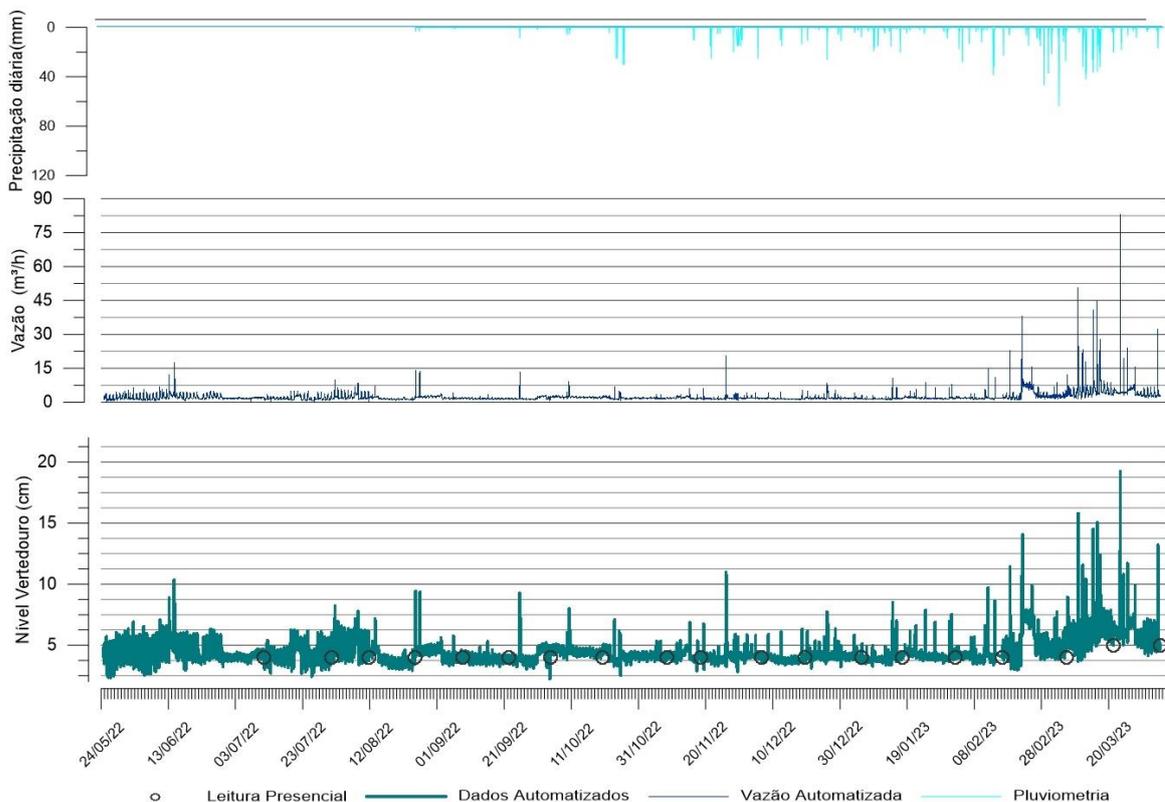
Um Vertedouro triangular, é particularmente recomendado para monitoramento de pequenas vazões. No ponto VTD-02, foi proposto um instrumento cuja capacidade de vazão, inicia-se em (4,51 m³/h / 0,0013 m³/s) até (517,30 m³/h / 0,1437 m³/s). Os resultados hidrométricos para o ponto VTD-02, são apresentados a seguir:

A partir dos dados de nível registrados e considerando-se a geometria característica do vertedor, foram esboçadas graficamente as vazões médias diárias ao longo de toda série histórica de monitoramento para o vertedouro VTD-02. Tais dados foram compilados a partir do mês de Maio/2022 até o mês de Abril/2023.

Observando as (Figura 60) e (Figura 61), é possível perceber que em todo o período monitorado, até a data de elaboração do respectivo trabalho de conclusão de curso, as vazões observadas, estão dentro da capacidade do instrumento.

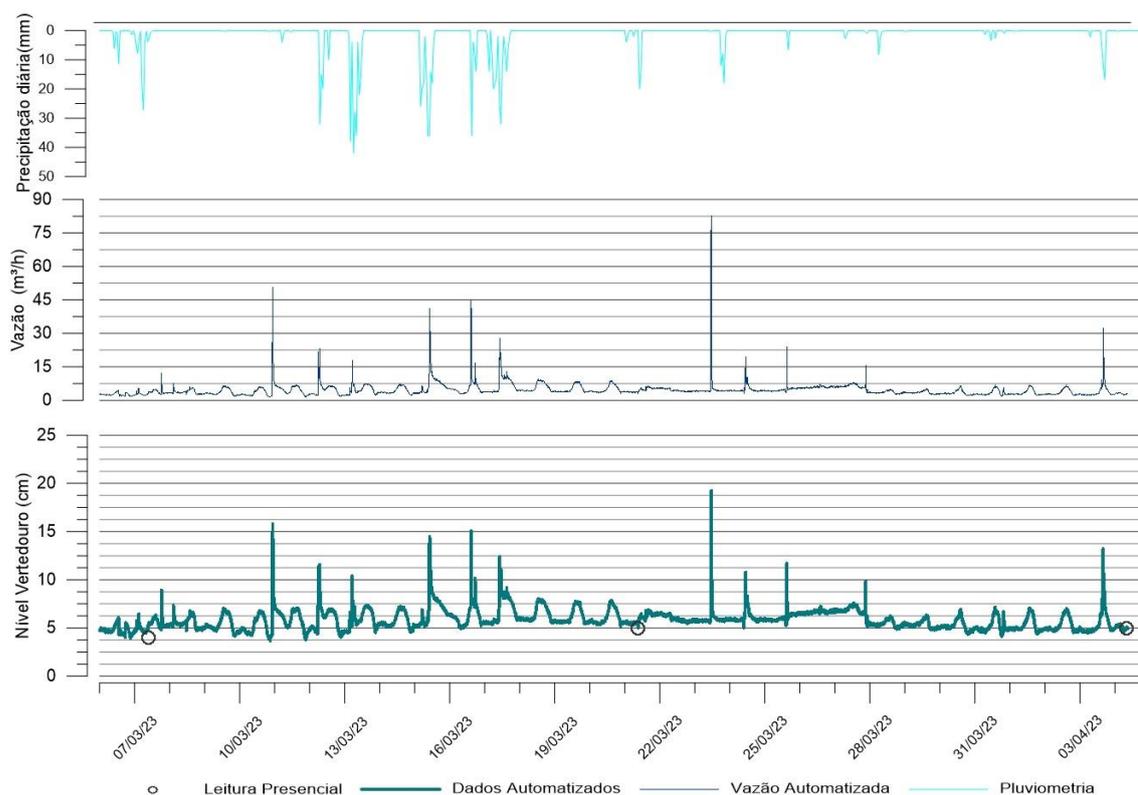
Na (Figura 61), é possível observar de forma pontual os resultados apenas do mês de Março e Abril de 2023. O aumento do nível da régua, bem como o incremento da vazão, ambos estão associados às precipitações ocorridas nos meses de incidência.

Figura 60 - Gráfico de Nível e Vazão de toda série histórica - Ponto VTD-02.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 61 - Gráfico de Nível e Vazão para os meses de Março e Abril de 2023 - Ponto VTD-02.



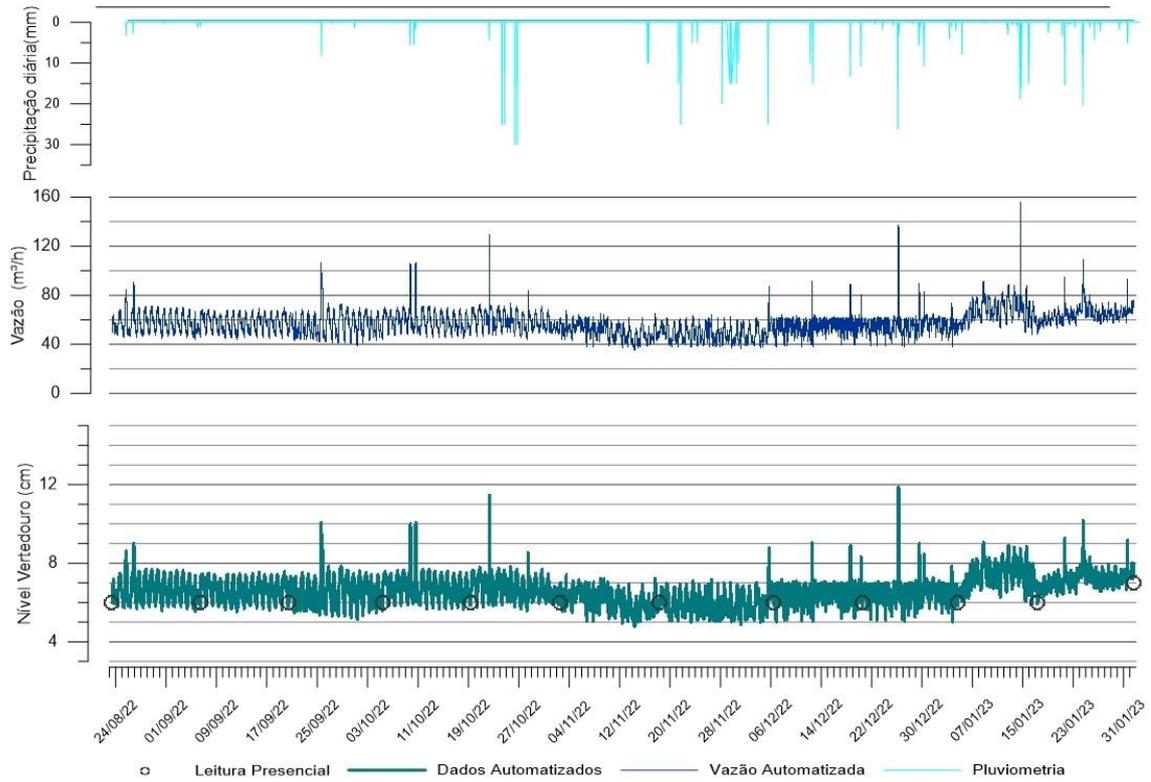
Fonte: Autora, 2023.

Na maior parte do tempo, a coluna d'água vertente no instrumento, é aproximadamente 5 cm. Contudo, em alguns dias, o nível da água encontrou-se mais alto. É o caso do dia 11/03/2023, 15/03/2023, 16/03/2023, onde, o nível estava em 15 cm. No dia 23/03/23 e 24/03/23, o nível chegou em 20 cm, o que equivale a uma vazão de (0,0254 m³/s / 91,44 m³/h).

6.4.1. Calha Parshall: CLH-03

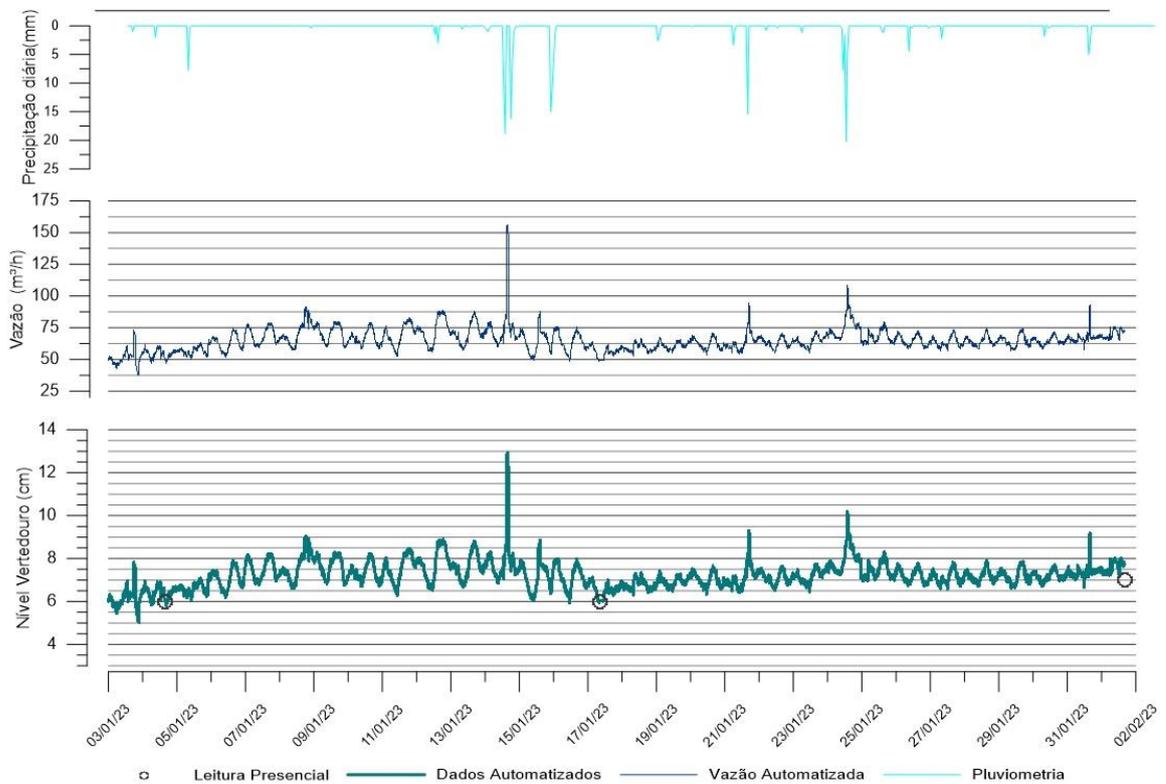
Por fim, também foram registrados os dados de nível e vazão em dois cenários distintos, para o ponto de monitoramento CLH-03. O primeiro refere-se a toda série histórica de vazões, (Figura 62), e o segundo, de forma pontual, entre os meses de Março e Abril de 2023, (Figura 63). A capacidade de monitoramento da Calha Parshall de 3", inicia-se em (4,5 m³/h - 0,0012 m³/s) até (190,6 m³/h - 0,0529 m³/s). Em todo o período analisado, a vazão máxima não superou (160,00 m³/h – 0,0444 m³/s), o que significa que a calha parshall de 3" foi dimensionada corretamente.

Figura 62 - Gráfico de Nível e Vazão de toda série histórica - Ponto CLH-03.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 63 - Gráfico de Nível e Vazão para os meses de Março e Abril de 2023 - Ponto CLH-03.



Fonte: Autora, 2023.

Entre os meses de Janeiro até Fevereiro de 2023, a calha operou com nível de coluna d'água entre 6 a 8 cm na maior parte do tempo. Apenas no dia 15/01/2023 que o nível do curso d'água aumentou para 13 cm, conforme apresentado na (Figura 63). Tal incremento de nível se dá em virtude da chuva ocorrida no mesmo dia.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de conclusão de curso focou em obter resultados preliminares e muito importantes para implementação de uma Mina, seja no estado do Pará, ou em qualquer outro complexo minerador do Brasil.

Foi possível obter informações acerca das condições de tráfego no entorno do empreendimento - Projeto M1, assim como, o levantamento de dados hidrométricos nas principais drenagens no entorno do empreendimento - Projeto M2. As duas áreas de conhecimento são importantíssimas e devem ser estudadas em todos os níveis de um projeto de mineração.

Em relação ao estudo de tráfego, todos os objetivos foram alcançados:

- Realização da Pesquisa de Contagem Classificada de Veículos;
- Realização da Rede Modelada e obtenção do NS da via;
- Caracterização das principais inconformidades observadas no trecho estudado;
- Proposição de Melhorias, com Projeto conceitual de geometria do ponto 01, visando, sobretudo, a segurança viária;

Após realizada a Visita Técnica na área de estudo, (Canaã dos Carajás – PA), iniciou-se a fase da pesquisa de contagem classifica de veículos. De acordo com os resultados obtidos, com a utilização do software Aisum, efetuou-se a Microssimulação do sistema viário atual, no qual, foi possível identificar que a via opera atualmente com um nível de serviço satisfatório (A), sem a presença de grandes congestionamentos. Além disso, a via vicinal Vs-45 foi inspecionada e caracterizada, do ponto de vista da segurança viária, e infraestrutura viária (geometria e sinalização), a fim de descrever as principais inconformidades observadas. Em função dos problemas encontrados, o ponto 01 se destacou, principalmente pela existência de giros à esquerda, na interseção situada em um trecho de curva horizontal acentuada.

Em virtude do cenário descrito, foi proposta uma solução técnica para sanar tal problema. No entanto, a proposta de melhoria do ponto 01, levou em consideração a possibilidade e viabilidade de implementação de medidas de adequação ao sistema viário, de modo a tornar mais segura a condição de acesso dos veículos do empreendimento. A solução proposta, considerou a implantação de uma interseção em “T” complementada por um canteiro afilado. A interseção foi realocada para oeste, em um trecho retilíneo, de forma a garantir maior visibilidade possível, aumentando, assim, a segurança viária no trecho.

Além disso, se tratando de uma via, cujo cenário considera caminhões basculantes carregados de minério a uma velocidade baixa, torna-se estritamente necessária a criação

de uma faixa de aceleração e desaceleração. A faixa de desaceleração é aquele espaço adicional para frenagem de veículos na saída de vias com grande fluxo. O raciocínio é análogo para faixa de aceleração.

Com todas essas etapas mapeadas, os objetivos foram pontualmente concluídos, em relação ao estudo de tráfego.

O mesmo procedeu-se para o Monitoramento Hídrico. A instalação dos medidores de vazão se mostrou uma boa alternativa para a gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, todos os objetivos foram alcançados:

- Medição de Vazão em Campo e Dimensionamento dos dispositivos;
- Realização do Projeto Estrutural dos Dispositivos;
- Apresentação do Método Construtivo dos Dispositivos;
- Apresentação os Dados Hidrométricos de Nível, Vazão e Pluviometria.

Os dispositivos foram dimensionados, projetados, construídos e monitoramentos automaticamente, por meio da análise de dados hidrométricos, dos transdutores de pressão.

Por meio dos resultados deste trabalho percebeu-se que a implantação de um sistema de monitoramento automatizado permite uma visão global do processo de movimentação da água. Esta visão permite fornecer subsídios para a tomada de decisões operacionais, fazendo com que a unidade industrial tenha apenas a quantidade suficiente de água para os seus processos produtivos, mantendo estabilidade em seu balanço hídrico. Isso possibilita prever o comportamento futuro e avaliar alternativas.

Sendo assim, o monitoramento automatizado de nível e vazão proporciona ao complexo minerador a possibilidade de criar um plano detalhado para a gestão da água e, portanto, também ser capaz de preparar-se contra eventuais mudanças no ciclo hidrológico.

Recomenda-se, que os estudos sejam continuados, principalmente para obtenção do nível de serviço ofertado pela via no cenário futuro, considerando o tráfego de caminhões adicionado ao aumento populacional. Além disso, deve-se estudar a qualidade das águas e do solo, posteriormente a implantação dos empreendimentos, a fim de verificar possíveis alterações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANM. Agência Nacional de Mineração. Exploração mineral. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/exploracao-mineral>. Acesso em 10 Out.2022.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 9061: Segurança de Escavação a Céu Aberto. Rio de Janeiro, 1985. 31 p.

ABRÃO, P. C; OLIVEIRA, S. L. Geologia de Engenharia: Mineração. 1. ed. São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p 431-438.

ASSIS, Guilherme Vigarani; ARMELIN, Liliane Frosini. Avaliação da vazão escoada por meio da calha Parshall (modelo Armfield). Parshall flume operation assessment (Armfield model), [s. l.], ano 2019, 23 dez. 2019. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_230_n_1956.pdf. Acesso em 04 Nov. 2022.

Achselrad, H; Mello, CCA; BEZERRA, GN (2009). O que é Justiça Ambiental. Ed. Garamond: Rio de Janeiro. 160p.

BARBIERI, JC (2016). Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos. 4ªed. São Paulo. Editora Saraiva. 312 p.

BARRETO, ML (2001). Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 215p. Disponível: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/690>. Acessado em 12 de Outubro de 2022.

BARRETO, Maria Laura et al. Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. 2001. Disponível em: http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/922/1/mineracao_desenvolvimento_sustentavel.pdf. Acesso em 10 Out. 2022.

BONFIM, MR (2017). Avaliação de impactos ambientais da atividade mineraria. 1ª ed. Cruz das Almas, Bahia. UFRB. 46 p.

BRASIL. Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acessado em 12 de Outubro de 2022.

BRASIL. Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em 10 fev 2019.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 3 de agosto de 1981. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acessado em 12 de Outubro de 2022.

BARROS, Nayara Sales. Alterações da dinâmica hídrica na formação espacial urbana da bacia do paracuri, belém-pa. Sessão temática: água e ambiente construído, Rio de Janeiro,

ano 2016, 29 jun. 2016. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-4/SESSAO%2004/S04-01-BARROS,%20N;%20BRITTO,%20A;%20XIMENES,%20J.pdf>. Acesso em: 04 Nov. 2022.

CAVALCANTI, C. L. D. *Lavra de Mina a Céu Aberto: Métodos de Pesquisa e Lavra*. João Monlevade, 2005. 41 p.

CAXITO, F.; DIAS, T. G. Ferro. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais**. Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/wpcontent/uploads/2018/10/Ferro.pdf>>. Acesso em: 10 Out. 2022.

CARVALHO, FF; Carvalho, PO; Camelo-Júnior, AA; Abraham, GS (2009). *Mineração Sustentável: os Desafios de Conciliar a Exploração de Recursos Não-renováveis a uma Prática Sustentável Geradora de Desenvolvimento Econômico*. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Salvador. Anais... p. 1-10.

DAMASCENO, C. S. R. *Modelagem Geológica e Geomecânica 3D e Análises de Estabilidade 2D dos Taludes da Mina de Morro da Mina, Conselheiro Lafaiete, MG, Brasil*. Rio de Janeiro, 2008. 156 p.

DNIT (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE). *Revisão da Norma DNER - ES 280/97: Terraplenagem - Cortes*. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.

DNPM (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL). *A Importância Econômica da Mineração no Brasil*. Brasília, ago/2011. 24 p.

DA CRUZ, SANDRO IURY. *Monitoramento e modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do rio siriri-se. Monitoring and hydrological modeling*, [s. l.], ano 2012, 29 mar. 2012. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/4197>. Acesso em 04 Nov. 2022.

EBC - Mina de Carajás, disponível em Empresa Brasil de Comunicação: <http://www.ebc.com.br/>. Acesso em 02 de Agosto de 2013.

FILL, Heinz Dieter. *Estimativa do Hidrograma Instantâneo e da Vazão Máxima de Enchentes a Partir de Vazões Médias Diárias*. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Curitiba - PR, ano 2013, 18 jun. 2013. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=35&SUMARIO=510>. Acesso em 04 Nov. 2022.

FARIAS, CEG (2009). *Mineração e Meio Ambiente no Brasil: PNUD Contrato 2002/001604*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 42 p. Disponível: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_e_meio_ambiente_no_brasil_1

022.pdf/e86e431e-1a03-48d0-9a6e-98655ea257b6?version=1.0. Acessado em: 27 de Outubro de 2022.

FERREIRA, G. S. Construção de Estradas I. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, 2011. Notas de Aula.

FERREIRA, Leonardo Assis. **Escavação e exploração de minas a céu aberto**: Dissertação (curso de graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de engenharia, universidade federal de juiz de fora, [S. l.], 2013. Disponível em: Acesso em 10 Out. 2022.

GURITA, Rafaela Assunção; GALVÃO, Paulo Henrique; MOURÃO, Maria Antonieta; ASSUNÇÃO, Pedro Henrique. Estimando a Potencialidade Hidrogeológica da Bacia Cárstica do Rio Vieira, Região Hidrográfica do Verde Grande, MG. **Estimating Groundwater Potentiality of the Vieira River Karst Watershed, Verde Grande Hydrographic Region, MG**, [s. l.], ano 2022, 1 set. 2022.

Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30156>. Acesso em: 04 Nov. 2022.

Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (2014). Projeto Grande Carajás: Trinta Anos de Desenvolvimento Frustrado. 1ª ed. Rio de Janeiro. Grafitto Gráfica 112 p.

IBRAM (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO). Elementos Básicos de um Projeto de Mineração. Belo Horizonte, nov/1981. 28 p.

MACÊDO, A. B. *et al.* Seleção do Método de Lavra: Arte e Ciência. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v.54, n.3, jul./set 2001. Não Paginada. Acesso em 10 Out. 2022.

MECHI, A; Sanches, DL (2010). Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos Avançados. 24: 68, 209–220. Acessado em 27 de Outubro de 2022.

NRM (NORMAS REGULADORAS DE MINERAÇÃO) - NRM 13: Circulação e Transporte de Pessoas e Materiais (2002). Versão *Online* disponível em DNPM: http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_13.htm/. Acesso em 24 de Julho de 2013 a. Não Paginada.

NRM (NORMAS REGULADORAS DE MINERAÇÃO) - NRM 18: Beneficiamento (2002). Versão *Online* disponível em DNPM: http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_18.htm/. Acesso em 04 de Agosto de 2013 b. Não Paginada.

PORTOCARRERO, Hugo; ANDRADE, Aluísio Granato; CAMPOS, Tácio Pereira. Monitoramento automatizado do escoamento superficial em parcela experimental instalada em talude de corte. **Automatic runoff monitoring on experimental plot installed in cut-slope**, Rio de Janeiro, ano 2017.

Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/18523>. Acesso em 04 Nov. 2022.

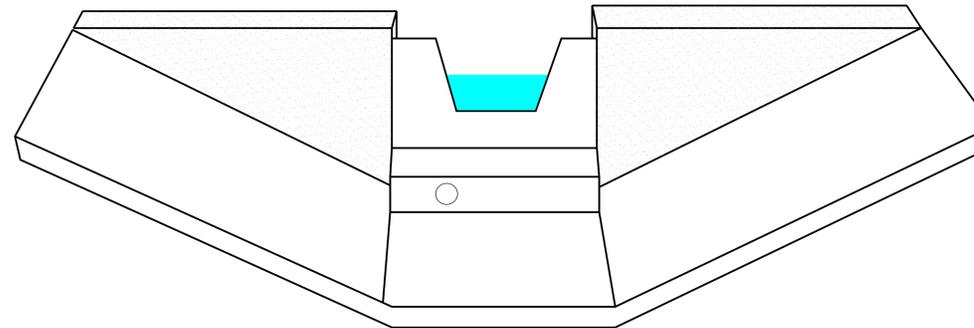
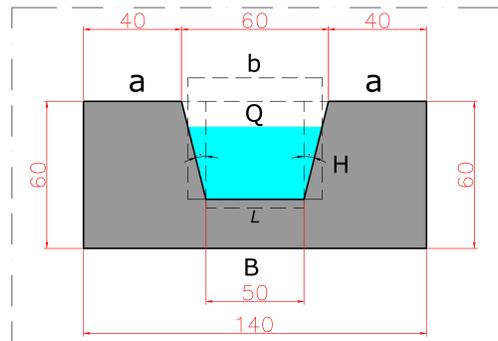
RIBEIRO, Bianca Alves. Impactos ambientais da mineração no estado do Pará, Brasil. 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, Rio de Janeiro, 9 maio 2019. Disponível em: Acesso em 10 Out. 2022.

SANTOS, I, et al, 2001, hidrometria aplicada, Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 372 p.

SOUZA, L. A. P. *et al.* Geologia de Engenharia: Métodos de Investigação. 1. ed. São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p 163-196.

UNICEUB. Programa de Iniciação Científica - UniCEUB: Orientações para a elaboração de projetos de pesquisa. Brasília: Centro Universitário de Brasília, 2019. p. 01-11. Acesso em 10 Out.2022.

ANEXO I – PROJETO ESTRUTURAL DO VERTEDOURO



$$Q = \frac{2}{3} C_d L \left(1 - \frac{2H}{10}\right) \sqrt{2gH^{3/2}}$$

$$Q = 1,86 \cdot L \cdot H^{3/2}$$

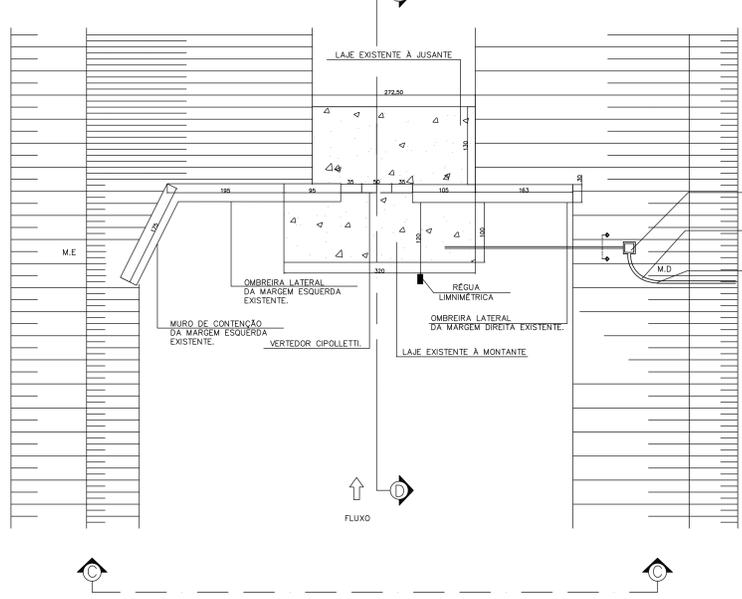
MEDIÇÃO DE VAZÃO COM FLOWTRACKER
PONTO VTD-01

DIMENSÕES DO VERTEDOURO CIPOLLETTI - PONTO: VTD-01
MEDIDAS EM (CM)

VISTA FRONTAL
PONTO VTD-01

EQUAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO
Q = m³/s

PROJETO VERTEDOURO CIPOLLETTI - PONTO: VTD-01



CAIXA DE PASSAGEM 20X20X20 PRÉ MOLDADA. ELETRODUTO 2" COM CAIXA DE PASSAGEM - SEGUIRÁ POR 50 m ATÉ ESTAÇÃO DE TELEMETRIA. PROFUNDIDADE DO ELETRODUTO: 50 cm.

TABELA 1: MATERIAIS NECESSÁRIOS

RESUMO	QUANTIDADES
CHAPA - VERTEDOUR CIPOLLETTI	1 Unid
SONDA HIDROSTÁTICA	1 Unid
TUBO PVC 2 POL.	5 m
ELETRODUTO DE 2 POL.	50 m
COBRA 4# 2 POL.	5 Unid
ÁREA DE FORMA	-
VOLUME DE ESCAVAÇÃO	0,3 m³
VOLUME DE CONCRETO	0,1 m³

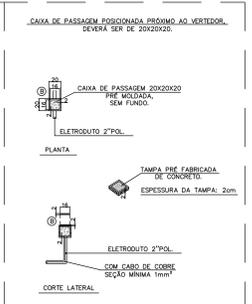
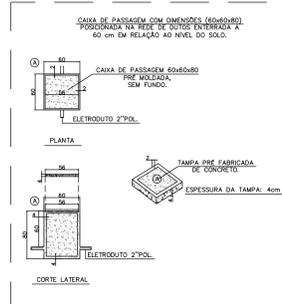
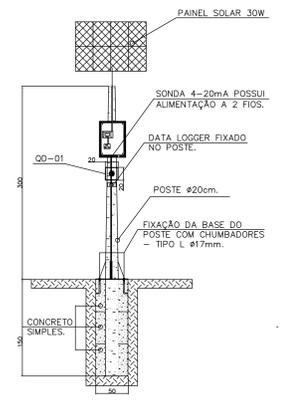
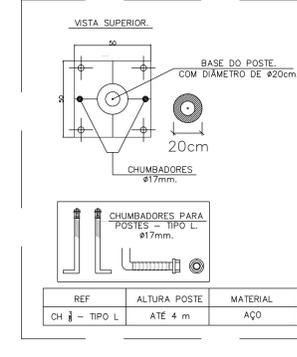
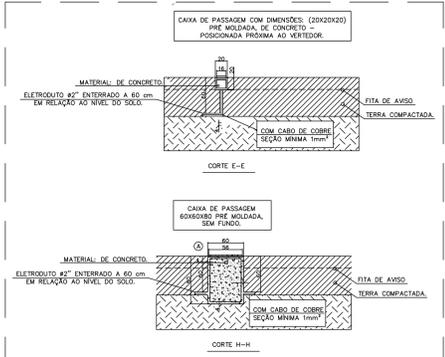


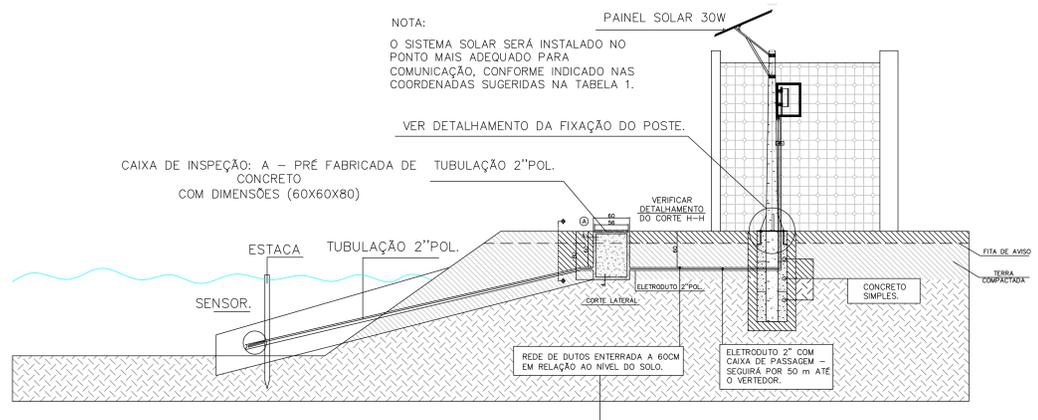
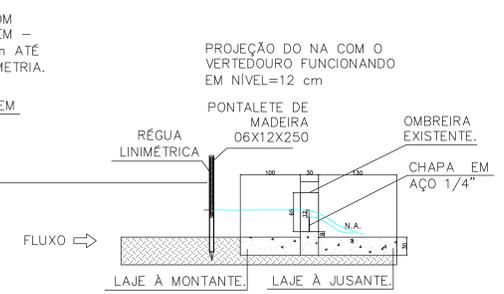
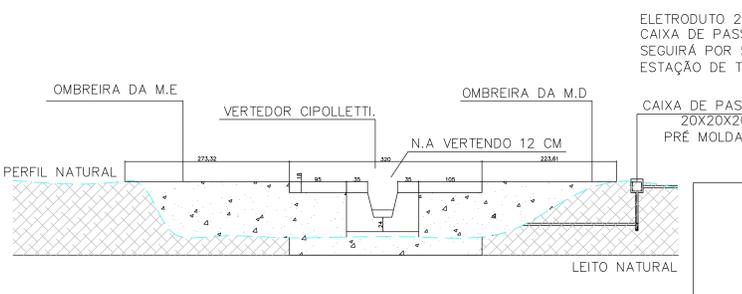
TABELA 7: CONSIDERAÇÕES SOBRE O CABEAMENTO

CABO DE LIGAÇÃO ENTRE SENSOR E PCD COM AS SEGUINTES CARACTERÍSTICAS:

- 1 - INTERIÇO, COM TUBO VENTILADO E A PROVA DE ÁGUA.
- 2 - CABO EM POLIURETANO OU EM PVC, RESISTENTE A RADIAÇÃO UV, COM BLINDAGEM ELÉTRICA, COM NÚCLEO DE ARAMIDA E DIÂMETRO EXTERNO DE 5,2mm A 10mm.
- 3 - FIAÇÃO DE COBRE COM SEÇÃO MÍNIMA DE 1mm² PAR BLINDADO.
- 4 - COMPRIMENTO ENTRE 25 A 50 METROS.



PLANTA
ESCALA 1:50



VISTA FRONTAL - VERTEDOURO
PONTO VTD-01

SISTEMA DE TELEMETRIA
PONTO VTD-01

1 - MEDIDAS EM (CM)

NOTAS

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

PROJETO	20-04-23
REV. 1	20-04-23
REV. 2	20-04-23
REV. 3	20-04-23
REV. 4	20-04-23
REV. 5	20-04-23
REV. 6	20-04-23
REV. 7	20-04-23
REV. 8	20-04-23
REV. 9	20-04-23
REV. 10	20-04-23

REV.	T.E.	PARA CONSTRUÇÃO	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	PARA CONSTRUÇÃO		NH	NH	MV	AA	AA	20-04-23

REVISÕES

Y.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPROVADO	(H) CANCELADO

VALE clam

PROJETO: DIMENSIONAMENTO - MEDIDORES DE VAZÃO Nº DO PROJETO: CL-HC-892

PROJETO ALEMÃO
PONTO VTD-01
DESENHO TÉCNICO

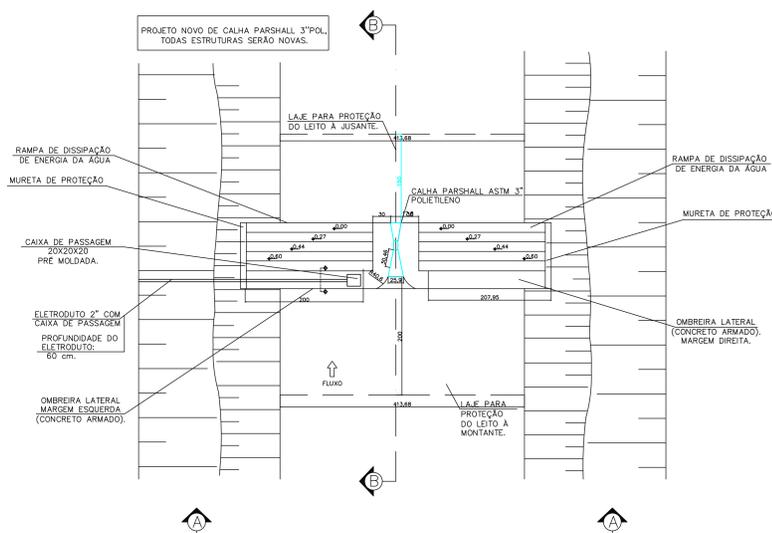
ESCALA: 1:50 RESPONSÁVEL TÉCNICO: NATÁLIA OLIVEIRA HILÁRIO

REVISÃO: 0

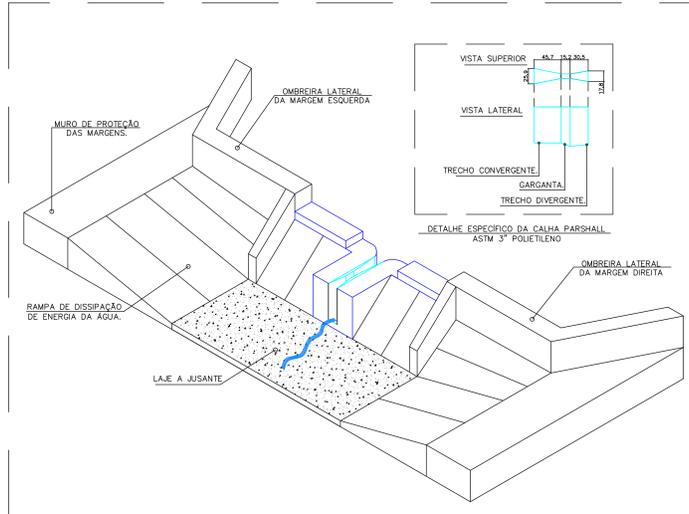
ANEXO II – PROJETO ESTRUTURAL DA CALHA PARSHALL



MEDIÇÃO DE VAZÃO COM FLOWTRACKER
PONTO CLH-03



PLANTA
ESCALA 1:50



PERSPECTIVA
ESCALA 1:50

TABELAS E QUANTITATIVOS

TABELA 2: PRINCIPAIS QUANTITATIVOS E MATERIAIS NECESSARIOS

ITEM	QUANTIDADE
1	1 Urd
2	1 Urd
3	1 Urd
4	1 Urd
5	1 Urd
6	1 Urd
7	1 Urd
8	1 Urd
9	1 Urd
10	1 Urd
11	1 Urd
12	1 Urd
13	1 Urd
14	1 Urd
15	1 Urd
16	1 Urd
17	1 Urd
18	1 Urd
19	1 Urd
20	1 Urd
21	1 Urd
22	1 Urd
23	1 Urd
24	1 Urd
25	1 Urd
26	1 Urd

QUANTITATIVO DE TELA SOLDADA Q92 - MALHA 15X15

TIPO DE AÇO	DIÁMETRO (mm)	TIPO DE TELA	QUANT. (m²)	PESO TOTAL (kg)
CA-60	# 4,20	Q92 MALHA 15X15	14,5	24,65 kg

TABELA 3: TRAÇOS DE CONCRETO COM CIMENTO CP-II-E-32

MATERIAL	TRAÇO EM VOLUME PARA 1m³	TRAÇO PARA UM SAQO DE CIMENTO (50 kg)
CEMENTO	269 kg	50 kg
AREIA	629 litros	6,5 litros*
PEDRA	560 litros	5,8 litros*
ÁGUA	196 litros	2,0 litros*
ADITIVO**	3,4 litros	630 ml

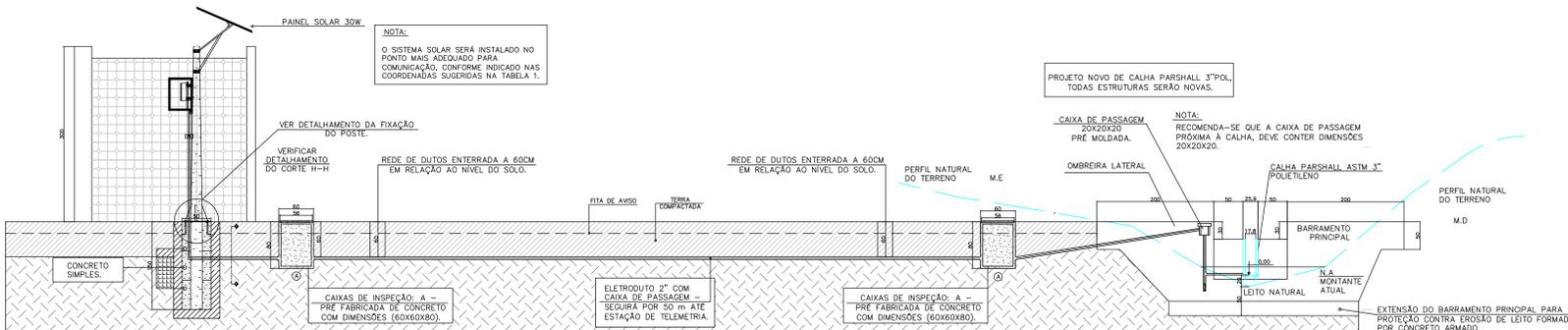
TABELA 4: QUANTITATIVO DE ESTRIBOS E BARRAS DE FERRO

POSICÃO	DIÁMETRO (mm)	QUANT.	UNID.	TOTAL (m)
1	6,30	6	129	7,74
2	6,30	9	144	9,09
3	6,30	1	179	1,79
4	6,30	2	204	2,04
5	6,30	1	229	2,29
6	6,30	2	254	2,54
7	6,30	1	354	3,54
8	6,30	13	354	8,22
BARRAS DE FERRO - OMBREIRAS				
9	10,00	4	195	7,80
10	10,00	2	150	3,00
11	10,00	2	150	3,00
12	10,00	2	345	6,90
13	10,00	2	375	7,50
14	10,00	2	300	6,00
15	10,00	4	135	5,40
16	10,00	4	165	6,60
17	6,30	4	195	7,80
18	6,30	2	144	2,88
19	6,30	2	150	3,00
20	6,30	2	210	4,20
21	6,30	2	300	6,00
22	6,30	2	120	2,40
23	6,30	4	180	7,20
ESTRIBOS - PASSARELAS				
24	6,30	8	210	16,80
25	10,00	6	75	6,00
26	6,30	6	75	4,50

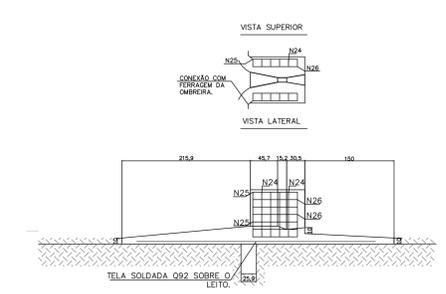
TABELA 5: RESUMO GERAL DE AÇO (+10% PERDAS)

TIPO	DIÁMETRO (mm)	COMPRIMENTO TOTAL (m)	PESO (kg)
CA-50	# 6,3	144,1	38,2
CA-50	# 10,0	56,1	34,6
CA-60	# 4,20	231,01	24,85
PESO TOTAL (kg)			97,45

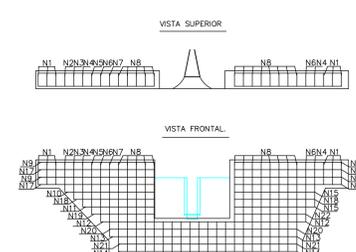
QUANTITATIVOS
ESCALA 1:50



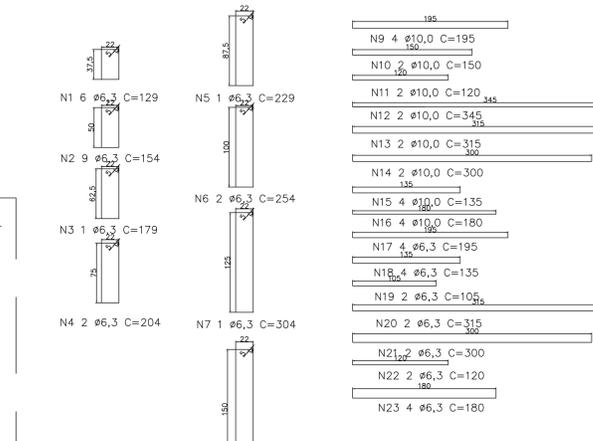
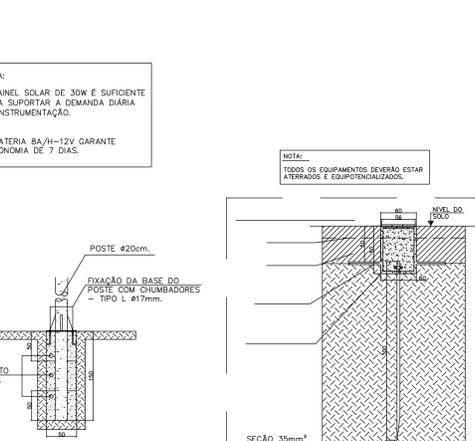
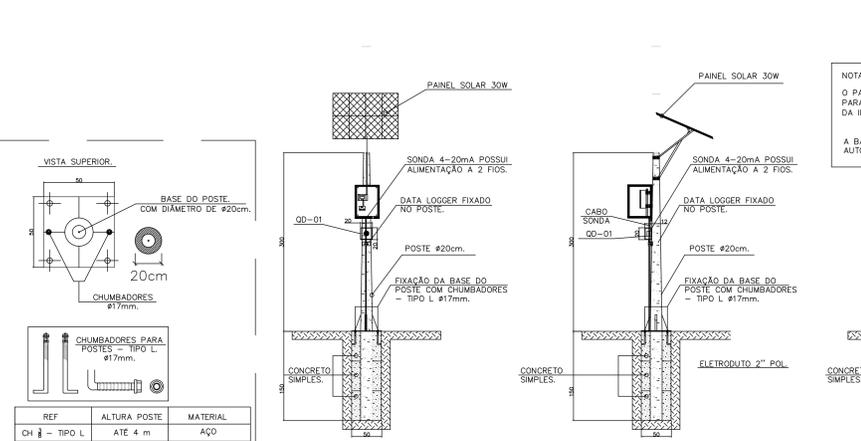
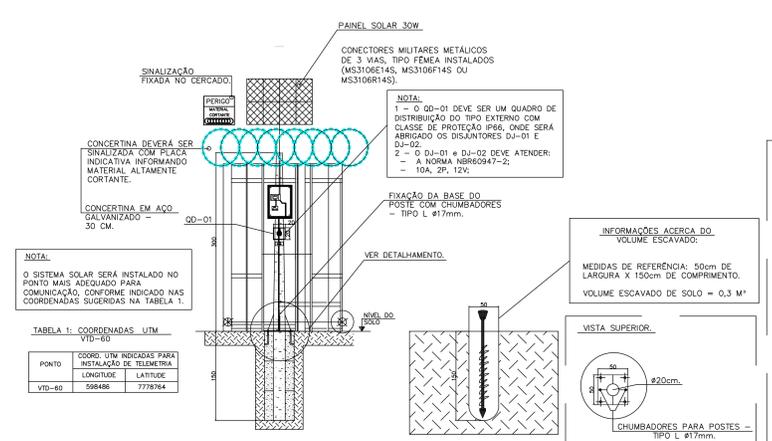
SISTEMA DE TELEMETRIA
PONTO CLH-03



CORTE B-B
PONTO CLH-03



FERRAGENS
PONTO CLH-03



1 - MEDIDAS EM (CM)

NOTAS

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DIÁMETRO (mm)	QUANTIDADE	PESO (kg)
4,20	14,5	24,65
6,30	144,1	38,2
10,00	56,1	34,6
6,30	231,01	24,85
TOTAL		97,45

		PROJETO DIMENSIONAMENTO - MEDIDORES DE VAZÃO Nº DO PROJETO: CLH-HC-892
PROJETO ALEMÃO PONTO CLH-03 DESENHO TÉCNICO		ESCALA: 1:50 RESPONSÁVEL TÉCNICO: NATÁLIA OLIVEIRA HILÁRIO
REVISÕES:		REVISÃO: 0
TIPO DE EMISSÃO:	(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA COTAÇÃO (D) PARA CONHECIMENTO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME CONSTRUÍDO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO	DATA: 20-04-23