

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DOUGLAS MARINHO FERREIRA

**PROJETO FÍSICO DE UMA CENTRAL DE BRITAGEM EM CAMPO
MOURÃO-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

DOUGLAS MARINHO FERREIRA

**PROJETO FÍSICO DE UMA CENTRAL DE BRITAGEM EM CAMPO
MOURÃO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de diplomação, do Curso Superior em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Msc. Douglas Fukunaga Surco.

CAMPO MOURÃO

2012



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Coordenação de Engenharia Civil

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 10

PROJETO FÍSICO DE UMA CENTRAL DE BRITAGEM EM CAMPO MOURÃO-PR

por

Douglas Marinho Ferreira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19 horas do dia 24 de Outubro de 2012, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Ms. Roberto Widerski
(UTFPR)

Profª. Dr. Petrônio Montezuma
(UTFPR)

Prof. Ms. Douglas Fukunaga Surco
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:
Profª Drª Fabiana Goia Rosa de Oliveira

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho aos meus pais,
pelo apoio e a todos aqueles que me
deram força para aproveitar esta
oportunidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade e por me dar condições para chegar até aqui. A minha família, por acreditar em mim e por ser a base sólida na qual me apoio quando preciso e por todos os sacrifícios feitos e pelo exemplo de vida, amo vocês!

A meus irmãos, eternos companheiros. A meu filho Daniel, por fazerem parte dessa história. Aos familiares, amigos que tantas noites passamos estudando ou comemorando mesmo, colegas de trabalho e professores.

Ao professor Douglas Fukunaga, pela excelente orientação e dedicação na elaboração deste trabalho.

Enfim a todos que me ajudaram nesta etapa.

RESUMO

FERREIRA, Douglas Marinho. Projeto físico de uma central de britagem em Campo Mourão-PR. 2012. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

Este trabalho apresenta etapas para a concepção do arranjo físico de uma central de britagem de agregados para construção civil em Campo Mourão/PR. A empresa estudada possui uma central em funcionamento, atua no mercado regional e está necessitando ampliar sua produção para atender novos clientes. A pedreira possui um sistema de produção contínuo, caracterizado pelo alto volume de produção, por equipamentos especiais e pelo fluxo contínuo de materiais. A definição do arranjo físico se baseia principalmente na configuração do sistema de produção, que busca reduzir os custos com o transporte, evitar o congestionamento de materiais e aumentar a eficiência de máquinas.

Palavras-chave: Agregados para construção civil. Arranjo físico. Equipamentos de britagem. Pedreira.

ABSTRACT

FERREIRA, Douglas Marinho. Physical layout of a central crushing in Campo Mourão-PR. 2012. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

This work introduces steps for designing the physical layout of a central crushing station for producing aggregates for civil construction in Campo Mourão/PR. The studied company has a plant in operation and serves on the regional market. Currently, the company needs to expand its production to meet new customers. The quarry has a continuous production system, featured by a high-volume production, special equipment and continuous flow of materials. The physical arrangement's definition is based primarily on the production system set-up, which attempts to reduce transport costs, to avoid the congestion of materials and to increase machines efficiency.

Keywords: Aggregates for civil construction. Physical layout. Crushing equipment. Quarry.

Lista de Figuras

FIGURA 1 - ÍNDICE DE FORMA	15
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DA DEMANDA E PROJEÇÕES	18
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO	20
FIGURA 4 - ALIMENTADOR VIBRATÓRIO	21
FIGURA 5 - BRITADOR TIPO MANDÍBULA	22
FIGURA 6 - TIPOS DE MANDÍBULAS	23
FIGURA 7 – BRITADOR DE IMPACTO	24
FIGURA 8 – BRITADOR TIPO CÔNICO.....	25
FIGURA 9 - TRANSPORTADOR DE CORREIA.....	26
FIGURA 10 - CALHA VIBRATÓRIA.....	27
FIGURA 11 - PENEIRA VIBRATÓRIA	28
FIGURA 12 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA PEDREIRA	31
FIGURA 13 – CENTRAL DE BRITAGEM EXISTENTE.	33
FIGURA 14 – LAYOUT DAS INSTALAÇÕES EXISTENTES	34
FIGURA 15 - INSTALAÇÕES EXISTENTES E LOCAL PARA AMPLIAÇÃO.....	35
FIGURA 16 - TARJETA DO BRITADOR PRIMÁRIO	37
FIGURA 17 – CAMINHÃO FORA DE ESTRADA “TEREX”	38
FIGURA 18 - ÁREA DE RAMPA E MANOBRA	39
FIGURA 19 – CONJUNTO PRIMÁRIO DE BRITAGEM	40
FIGURA 20 – CORTE ESQUEMÁTICO DO PULMÃO	41
FIGURA 21 - INCLINAÇÃO DOS CONES	42
FIGURA 22 – PLANTA DO CONJUNTO DE BRITAGEM SECUNDÁRIA E TERCIÁRIA.....	43
FIGURA 23 - BLOCOS DE EQUIPAMENTOS	46
FIGURA 24 - LAYOUT 1 (INICIAL)	48
FIGURA 25 - LAYOUT 2	49
FIGURA 26 – CORTE ESQUEMÁTICO DO CONJUNTO PRIMÁRIO	51
FIGURA 27 – FORMAS PARA O PISO DE 60 CM.....	52
FIGURA 28 - VIGA QUEBRADA.....	53
FIGURA 29 - MONTAGEM DO BRITADOR PRIMÁRIO	53
FIGURA 30 - RAMPA E CONJUNTO PRIMÁRIO	54
FIGURA 31 - CONSTRUÇÃO DO PULMÃO	55
FIGURA 32 – MEDIDAS DO CHASSI METÁLICO PARA OS BRITADORES.....	56
FIGURA 33 - CORREIA TRANSPORTADORA	58
FIGURA 34 - CONTRAPESO DE CONCRETO.....	58
FIGURA 35 - CONES DE BRITAS PRÓXIMOS	59
FIGURA 36 – LAYOUT CONSTRUÍDO	60
FIGURA 37 – JAZIDA DE EXPLORAÇÃO E NOVA CENTRAL DE BRITAGEM.....	61
FIGURA 38 - CENTRAL DE BRITAGEM, DIA 18 DE MAIO DE 2012	62
FIGURA 39 - VISTA AÉREA 1	63
FIGURA 40 - VISTA AÉREA 2.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 JUSTIFICATIVA	11
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE BRITAGEM	12
4.2 AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
4.3 CONSUMO DE AGREGADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
4.4 DEMANDA DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
4.5 OPERAÇÃO DE BRITAGEM	19
4.5.1 Perfuração e Desmonte Explosivo	20
4.5.2 Alimentador	21
4.5.3 Britadores	22
4.5.4 Correias Transportadoras	25
4.5.5 Calhas Vibratórias	26
4.5.6 Peneira Vibratória	27
4.5.7 Pulmão	28
4.6 FUNDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	29
5 METODOLOGIA	30
5.1 MATERIAL	30
5.2 MÉTODO	31
6 DESENVOLVIMENTO	33
6.1 ANÁLISE DAS OPÇÕES DE AMPLIAÇÃO	33
6.2 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO	36
6.3 SELEÇÃO DO CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS	36
6.4 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS CONJUNTOS DE EQUIPAMENTOS	37
6.4.1 Dimensões da rampa e área de manobra	38
6.4.2 Dimensões do conjunto primário de britagem	39
6.4.3 Dimensões do pulmão	40
6.4.4 Britador secundário	42
6.4.5 Peneiras	44
6.5 DEFINIÇÃO DO ARRANJO FÍSICO	45
6.6 CONCEPÇÃO DOS PROJETOS E CONSTRUÇÃO DA CENTRAL	50
6.6.1 1ª Etapa: Britador primário e alimentador primário	50
6.6.2 2ª Etapa: Rampa	54
6.6.3 3ª Etapa: Pulmão	55
6.6.4 4ª Etapa: Segundo conjunto de britadores	56
6.6.5 5ª Etapa: Peneiras	57
6.6.6 6ª Etapa: Soluções e ajustes	57
6.7 MUDANÇAS NO ARRANJO FÍSICO	59
6.8 NOVA JAZIDA	61
6.9 INÍCIO DA BRITAGEM	61
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE	70
APÊNDICE A – LAYOUT DEFINIDO	70

ANEXOS	71
ANEXO A – PLANTA TOPOGRÁFICA DO TERRENO	71

1 INTRODUÇÃO

O termo “agregados para a construção civil” é empregado para identificar um segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de uso imediato na indústria da construção civil. Os agregados para a construção civil, formado basicamente por areia e pedra britada, são as substâncias minerais mais consumidas no mundo, no Brasil sua produção supera a de minério de ferro.

O uso de agregados influencia diretamente na qualidade de vida e desenvolvimento de uma região. Com o aumento das populações, aumenta a demanda de matéria-prima para atender às necessidades do ser humano. É difícil imaginar o nível alcançado pela civilização, sem o uso dos agregados minerais (LUZ et al., 2004).

O beneficiamento da brita é feito em centrais de britagem, e as empresas de mineração estão trabalhando em sua capacidade máxima, o setor de mineração necessita de novos investimentos em infraestrutura. Com esta previsão de crescimento da demanda, a pedreira em estudo necessitou ampliar sua produção, para tanto uma nova central de britagem foi instalada próxima da central existente.

O objetivo do presente trabalho foi apresentar um estudo de implantação de uma central de britagem, que viesse atender à nova demanda, atendendo os requisitos de produção necessária, que opere a um custo competitivo e que possa ser construída e mantida a um preço razoável, apesar do aumento do custo de energia. Os equipamentos deverão estar locados de maneira que as britas percorram o menor caminho possível para ser beneficiada, formando um fluxo linear de operações.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar o layout de uma central de britagem na cidade de Campo Mourão - PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as opções e condições de espaço físico e os equipamentos para a britagem;
- Planejar o layout dada a capacidade de produção de britas;
- Analisar a geometria da estrutura de base para os equipamentos.

3 JUSTIFICATIVA

O Brasil enfrenta hoje o desafio de desenvolvimento e de superação do déficit habitacional de 5,5 milhões de moradias, o programa Minha Casa Minha Vida pretende construir e reformar 3 milhões de moradias até 2014. Para a construção de moradias, é necessário infra-estrutura auxiliar como de transporte, escolas, tratamento de água e esgoto, entre outras, gerando um grande desenvolvimento na região, onde estas forem implantadas.

A pedreira em estudo possuía uma central de britagem que se encontrava operando em sua capacidade máxima, devido à crescente demanda foi necessário ampliar a capacidade de produção da pedreira. Para não ocorrer à paralisação da produção foi decidido não alterar a planta existente e instalar uma nova central de britagem com maior capacidade de produção.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE BRITAGEM

A história da extração e utilização de rochas e materiais sedimentares se confunde com a história da construção. As rochas são os mais antigos materiais de construção usados pelo homem. As civilizações que os empregaram deixaram muitos vestígios, destacando-se as pirâmides, esfinges e o Partenon de Atenas, entre outras (MACIEL FILHO, 1997).

De acordo com Matheus (2011), na década de 40, as pedreiras do Brasil eram bastante precárias no desmonte e britagem, para este trabalho existiam funções típicas descritas a seguir:

- Cavoqueiro: eram responsáveis pela furação da rocha, trabalhavam com marreta e brocas que tinham diferentes medidas. O furo chegava a no máximo a três metros e meio.
- Lambeiro: encarregado de limpar os furos, utilizava água e o lambaio que era um cabo de bambu com um saco de estopa amarrado em sua ponta.
- Soldado fogueteiro: responsável pelo desmonte de rocha com detonador manual, sendo a ligação feita com fio elétrico com espoletas na ponta.
- Fogacheiro: trabalhava após o fogo primário, furando sozinho com maceta e broca.
- Encunhador: responsável em cortar a pedra, reduzia o tamanho das pedras, que fosse muito grande para o marroeiro.
- Marroeiro: fazia a última redução manual e o carregamento da pedra, que era classificada e armazenada em silos.

Com o passar do tempo as ferramentas manuais foram cedendo espaço aos equipamentos e máquinas.

Nos anos de Juscelino Kubitschek ocorreu a aceleração da urbanização e da industrialização brasileiras, o que trouxe à cena os minerais não ferrosos e os não metálicos, hoje expressivos contingentes da Produção Mineral Brasileira (SOUZA, 2009).

Maciel Filho (1997, p.57) destaca que a pedra ocupa um papel importante nas construções, tendo diversos papéis como enrocamentos, fundações pouco profundas, lastro de vias férreas, pavimentos, filtros, cantarias e agregados para o concreto. Para ser empregada nas construções, a rocha precisa ser beneficiada visando prepará-la granulometricamente para o uso.

4.2 AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme a NBR 7225 (1993) agregado é o material natural de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra. O Agregado miúdo tem dimensões que variam entre 0,075 e 4,8 mm e o grúdo, entre 4,8 e 100 mm, esta norma ainda os classifica de acordo com as dimensões nominais, observa-se na tabela 1 a classificação do agregado grúdo de acordo com as dimensões nominais.

Tabela 1 - Classificação do agregado grúdo de acordo com as dimensões nominais – 1993.

Pedra britada numerada	Tamanho nominal	
	Abertura de peneiras de malhas quadradas (mm)	
	Mínima	Máxima
1	4,8	12,5
2	12,5	25
3	25	50
4	50	76
5	76	100

Fonte: NBR 7225 (ASSOCIAÇÃO..., 1993).

Os agregados para construção civil podem ser classificados com relação a sua origem em naturais ou artificiais. Naturais são aqueles que não necessitam de fragmentação. Artificiais são aqueles extraídos em forma de bloco e necessitam de processos de fragmentação (MME-SGM, 2011).

As características físicas dos agregados como resistência a abrasão e dureza são determinadas pela rocha de origem. Os agregados podem ser oriundos

de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. O basalto que provem de rocha ígnea, é uma rocha básica, têm alta resistência mecânica e para uso como pedra britada têm boas propriedades físicas e mecânicas (SERNA; REZENDE, 2011).

As britas constituem o maior volume do concreto com o qual se realizam inúmeras obras de engenharia. As britas são solicitadas ao atrito e impacto durante a preparação do concreto, compressão e tração solidariamente à estrutura do concreto, possível reação com álcalis do cimento, ação do intemperismo, como expansão e contração térmica, ação química da água da chuva e das águas agressivas. As propriedades exigidas da brita são resistência à compressão simples, à tração, ao desgaste, não reatividade e resistência ao intemperismo. (PORMIN, 2011).

O índice forma da brita influencia diretamente nas características do material ao qual ela esta inserida. “Índice de forma é a média da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõe”, conforme a NBR-7809 (ASSOCIAÇÃO..., 2005, p. 1).

Observa-se na figura 1 o índice de forma de britas lamelares e britas “VSI”.

Para Arndt (2007), o índice de forma das britas afeta diretamente a resistência à compressão e a trabalhabilidade do concreto. Para as britas comuns é necessário aumentar o fator água cimento para se obter um concreto de mesmo abatimento de um concreto feito com britas VSI, esta manobra afeta a resistência a compressão em cerca de 10 %, seria necessário gastar aproximadamente 15 kg de cimento a mais por m³ para traços de mesma resistência e abatimento, ou utilizar aditivos no concreto para aumentar o abatimento.

Entretanto, o processo de produção nas pedreiras pode afetar significativamente a qualidade dos agregados, pela eliminação das camadas mais fracas da rocha e pelo efeito da britagem na forma da partícula e na graduação do agregado, conforme Marques, 2001 (apud BERNUCCI et al., 2006).



Brita "Comum"
Índice de forma = 4,0



Brita "VSI"
Índice de forma = 1,8

Figura 1 - Índice de forma

Fonte: Arndt (2007, p. 5).

Normalmente, nas pedreiras existe uma camada de solo e de rocha alterada subjacentes que devem ser removidas antes que a rocha sã seja encontrada. Essa parte superficial de rocha alterada e não-aproveitável na produção de britas é designada como “estéril” e conhecida também como cascalho. Este material é aplicado nas estradas rurais da região de Campo Mourão, não sendo necessário nenhum bota fora para esta finalidade.

4.3 CONSUMO DE AGREGADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os agregados que são destinados para o setor da construção civil, possuem diversas aplicações como a fabricação de concreto, revestimento de leito de estradas de terra, de ferrovias, barramentos entre outras (SERNA, 2011).

Observa-se na tabela 2 as principais utilizações dos agregados.

Tabela 2 – Principais utilizações dos agregados.

Tipo	Uso
Pedrisco	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes jateamento de túneis e acabamentos em geral
Brita 1	Fabricação de concreto, com inúmeras aplicações
Brita 2	Fabricação de concreto que exija maior resistência
Brita 3	Utilizada como lastro em rodovias
Brita 4	Obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas
Rachão	Construção de gabiões, muros de contenção e bases
Brita graduada	Base e sub-base de pisos, pátios, galpões e rodovias

Fonte: KULAIF, YARA (2001).

A seguir uma relação do consumo de agregados por tipo de construção.

Para o asfalto o consumo de agregados é de 93% a 95% de seu peso. Em um quilômetro de pavimentação asfáltica, utiliza-se de 50 a 60 toneladas de asfalto (BERNUCCI et al., 2006).

No concreto o agregado é considerado como produto básico para sua concepção, o concreto de cimento portland utiliza, em média, por metro cúbico, 42% de agregado graúdo, 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos. Como se observa, cerca de 70% do concreto é constituído de agregados. Decorre daí a importância do uso de agregados com especificações técnicas adequadas (VALVERDE, 2001).

A Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo-FIPE montou uma tabela (tabela 3) sobre o consumo de agregados por tipo de obra.

Tabela 3 – Uso de Agregados.

OBRA	DIMENSÃO	CONSUMO (toneladas)
Autoconstrução	35 m ²	21
Habitação popular	50 m ²	68
Edifício público	1000 m ²	1.360
Obra padrão para escola	1120 m ²	1.675
Pavimentação urbana	1km/10m	3.250
Estrada pavimentada	1km	9.800
Manutenção de ruas	1km	100
Manutenção de estradas	1km	3.000
Metrô	1km	50.000

Fonte: Fipe [20--] apud Valverde (2009).

Cabe ressaltar que a construção da Usina Hidrelétrica Itaipu, consumiu de 1977 à 1983 cerca de 12,3 milhões de metros cúbicos de concreto, o que representa quase 20 milhões de toneladas de agregados (ITAPU BINACIONAL, 2011).

4.4 DEMANDA DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

A produção de agregados para construção civil supera a de minério de ferro que é o carro chefe da mineração brasileira e um dos garantidores do saldo positivo da balança comercial. Enquanto a produção de minério de ferro foi de 319 milhões de toneladas, a de agregados chegou a 534 milhões de toneladas. (SINOPSE 2009, MME-SGM, 2009).

A demanda de agregados para construção civil continuará crescendo, Souza (2011, p. 1) afirma:

“A forte aceleração do mercado imobiliário brasileiro nos últimos anos, a melhoria da renda e a ampliação das obras de infraestrutura causaram, como não poderia deixar de ser, um desdobramento positivo no segmento dos chamados agregados de construção civil, composto basicamente por areia e brita.”

Este cenário se repete pelo menos até 2015, o setor tem previsão de investimentos em infraestrutura na ordem de 68 bilhões de reais até 2020 (PENNA, 2010).

O autor ainda destaca que os agregados são bens minerais de extrema utilidade pública, embora essa condição não esteja reconhecida em lei, que os descreve como de interesse social. Além disso, são pouco percebidos como minérios pela sociedade. Durante e depois da crise mundial e na projeção de um horizonte de vários anos a produção segue no azul. É um sinal de que toda a economia vai ao mesmo passo, e os agregados são cerca da metade do consumo mundial de minerais. É também um indicador de melhoria da qualidade de vida, pois o uso dos agregados resulta em mais habitação, saneamento, infra-estrutura de transporte entre outras.

Observa-se na figura 2 mostra que este setor possui uma estimativa de crescimento acumulado de 24,3% entre 2011 e 2015, número que pode ser ainda melhor devido as obras para a Copa do Mundo de 2014, aos Jogos Olímpicos de 2016 e ao PAC 2 (VALVERDE, 2011).

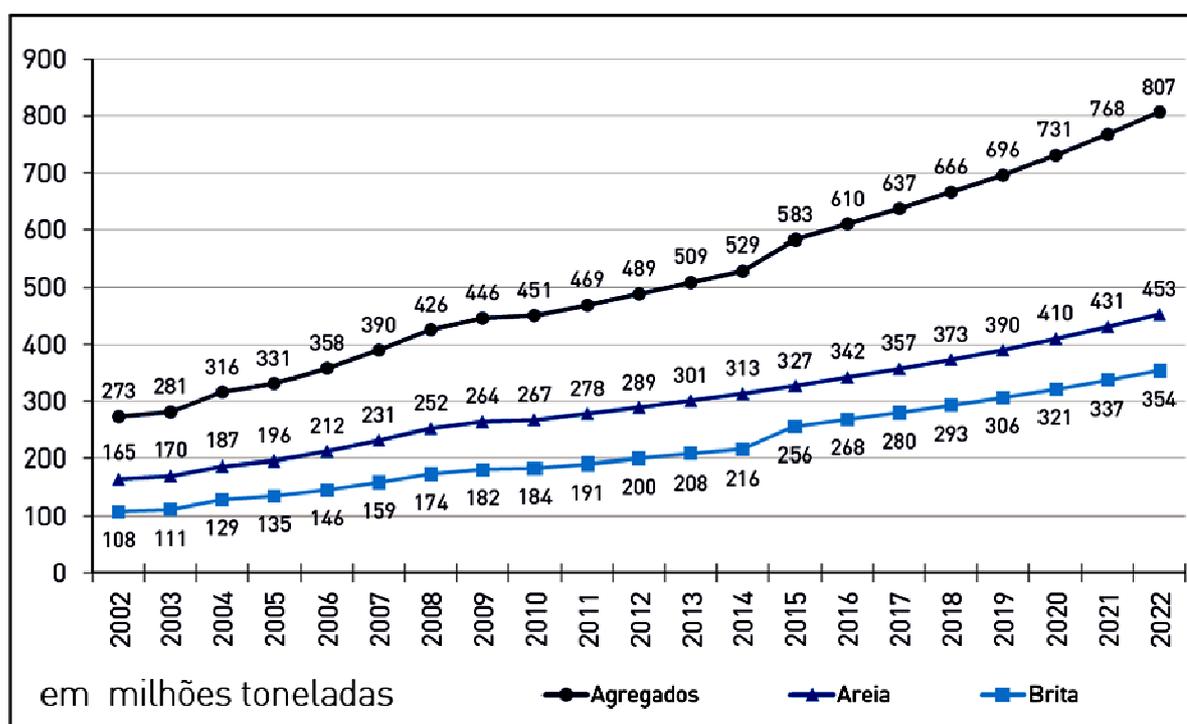


Figura 2 - Evolução da demanda e projeções

Fonte: IBRAM (2009)

A região de Campo Mourão acompanha este crescimento e possui investimentos em vários setores da construção civil dentre eles a construção da rodovia que interliga Campo Mourão a Roncador de 63 km.

4.5 OPERAÇÃO DE BRITAGEM

O propósito básico da exploração de uma pedreira é o desmonte da rocha sã por meio de explosivos e, utilizando uma série de britadores e outras unidades, reduzir o material de modo a produzir os agregados utilizáveis na construção. Também é desejável produzir agregado britado que tenha formato cúbico e não achatado ou alongado.

Para Roberts et al. (1996 apud BERNUCCI et al., 2006) as unidades de britagem são escolhidas para atender os seguintes objetivos:

- reduzir os tamanhos dos blocos de rocha;
- produzir formas e tamanhos desejados de agregados;
- ter capacidade compatível com as cargas envolvidas para permitir seu manuseio;
- minimizar a ocorrência de entupimentos e colmatação nas unidades durante a operação;
- requerer um mínimo de pessoal;
- satisfazer exigências de britagem;
- minimizar a demanda de energia por tonelada de agregado produzida;
- reduzir o desgaste dos componentes metálicos;
- operar economicamente com um mínimo de manutenção; e
- permitir uma vida longa de serviço.

Observa-se na figura 3 o fluxograma do processo produtivo de uma central de britagem.

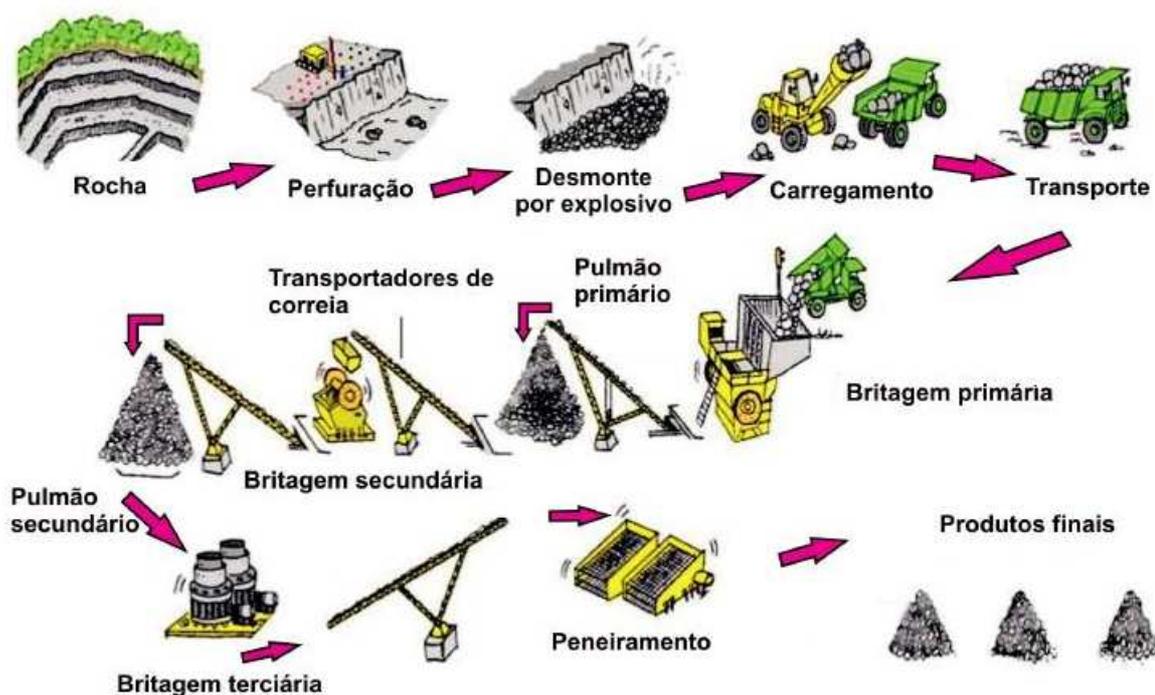


Figura 3 – Fluxograma do processo produtivo

Fonte: IRAMINA et al., (2009)

Os principais processos necessários e equipamentos para britagem de rochas estão descritos a seguir:

4.5.1 Perfuração e Desmonte Explosivo

A perfuração da rocha é feita através de uma perfuratriz de carreta pneumática, dimensionada para atender a demanda dos processos seguintes.

No acompanhamento topográfico da bancada a ser detonada, identifica-se a cota de cada mina. Estes valores são lançados em um software que utiliza a cota de projeto do banco inferior para realizar o cálculo da profundidade de cada mina, garantindo um perfeito nivelamento dos bancos e conseqüentemente, pistas planas e menor utilização de forros para regularização das mesmas. Este procedimento, além de aumentar a produtividade da carga, transporte e economia de pneus, garante maior segurança no momento da detonação (Furtado, 2007).

O serviço de desmonte com explosivos é executado por uma empresa terceirizada. A transferência do mineral da praça de exploração até o início do beneficiamento da rocha é feita através de uma escavadeira hidráulica retro, com o apoio de uma pá-carregadeira. O transporte do material da jazida ao britador primário é realizado por caminhões até o alimentador.

4.5.2 Alimentador

O alimentador vibratório (figura 4) é um equipamento de alimentação linear amplamente usado em mineração, materiais de construção, indústria química e de silicato em plantas de britagem e peneiramento. Este apresenta um funcionamento confiável e com baixa vibração, além de longa vida útil. O Alimentador vibratório é indicado para serviços de alimentação de grandes blocos a britadores primários ao mesmo tempo peneira os materiais (SBM – MINING AND CONSTRUCTION MACHINERY, 2011).

O autor ainda destaca que suas principais características e vantagens são:

- Vida útil longa e estável;
- Facilidade de ajuste;
- Funcionamento confiável;
- Fácil manutenção.



Figura 4 - Alimentador Vibratório
Fonte: Maqbrit – Com. e Ind. de Máquinas LTDA (2011)

4.5.3 Britadores

A redução mecânica envolve quatro diferentes mecanismos: impacto, desgaste por atrito, cisalhamento e compressão. O britador primário produz uma redução granulométrica da brita de 12" (300mm) para 5" (127mm). Os britadores secundário e terciário reduzem os agregados até os tamanhos desejados (LIEDI BARIANI BERNUCCI et al., 2006).

- Britador tipo mandíbula

Os britadores tipo mandíbula (figura 5) são fabricados para atender às rigorosas condições de britagem primária e secundária em pedreiras, calcários e minerações em geral: por sua construção robusta e regulagem simples e rápida, proporcionam grande eficiência, produtividade e durabilidade (MAQBRIT, 2011).

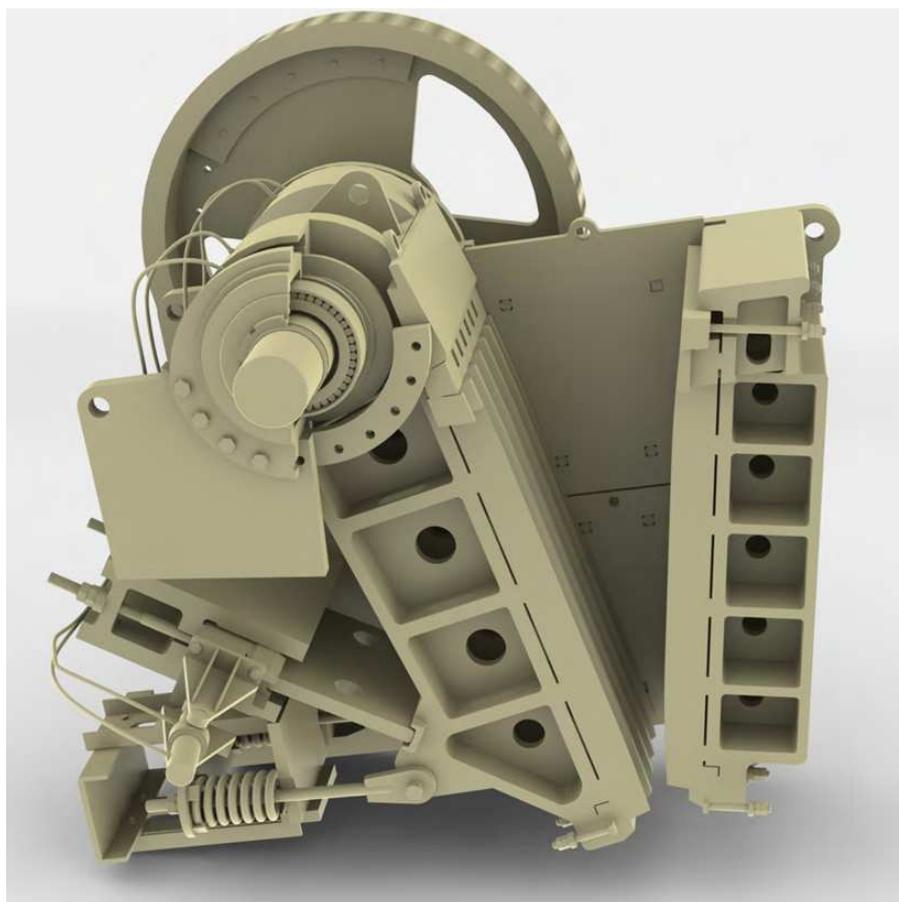


Figura 5 - Britador tipo Mandíbula
Fonte: SGM [20--].

De acordo com Arndt (2007), o britador tipo mandíbulas comumente utilizado na maioria das britagens produz um grão mais lamelar. Porém com a escolha correta da mandíbula pode ser produzida diferentes formas de grãos.

Conforme Simplex [20--] existem os seguintes tipos de mandíbulas:

Mandíbula Ondulada: é destinada a grandes máquinas, cujas aberturas são, em geral, maiores que 6" e a principal vantagem é sua grande duração.

Mandíbula com dentes grossos: o material produzido é menos lamelar que o tipo anterior descrito.

Mandíbula com dentes finos: destinada a britadores pequenos que trabalham com aberturas menores que uma polegada e onde existe a necessidade de material com menor quantidade de pedras lamelares.

Mandíbula ondulada fina: produz pequena quantidade de material lamelar e proporciona um aumento na produção da máquina pois o material fino cai livremente no espaço entre os dentes como uma grelha.

Mandíbula "HD": é especialmente indicada para materiais extremamente duros.

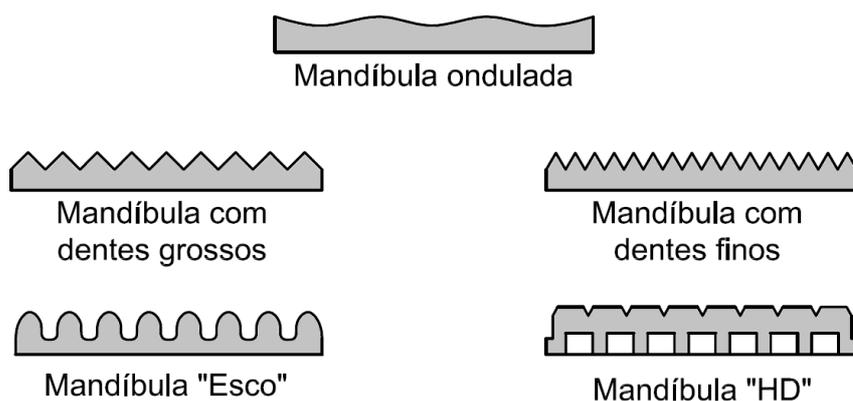


Figura 6 - Tipos de Mandíbulas
Fonte: Simplex, [20--].

- Britador de impacto

O britador de impacto (figura 7) possui um rotor montado em um eixo vertical para prover a força centrífuga que gera o processo de redução da partida.

O material alimentado no britador é centralizado antes de entrar no rotor. O rotor então acelera o material a velocidades de até 90m/s e arremessa o material para a câmara de britagem. Na trajetória dentro da câmara de britagem, partículas colidem com outras já dentro da câmara. São estas contínuas colisões que geram a ação de britagem e a conseqüente redução das partículas.

Este tipo de britador é ideal para a conformação cúbica das partículas, produção de areia em faixas pré-definidas, e produção de finos.

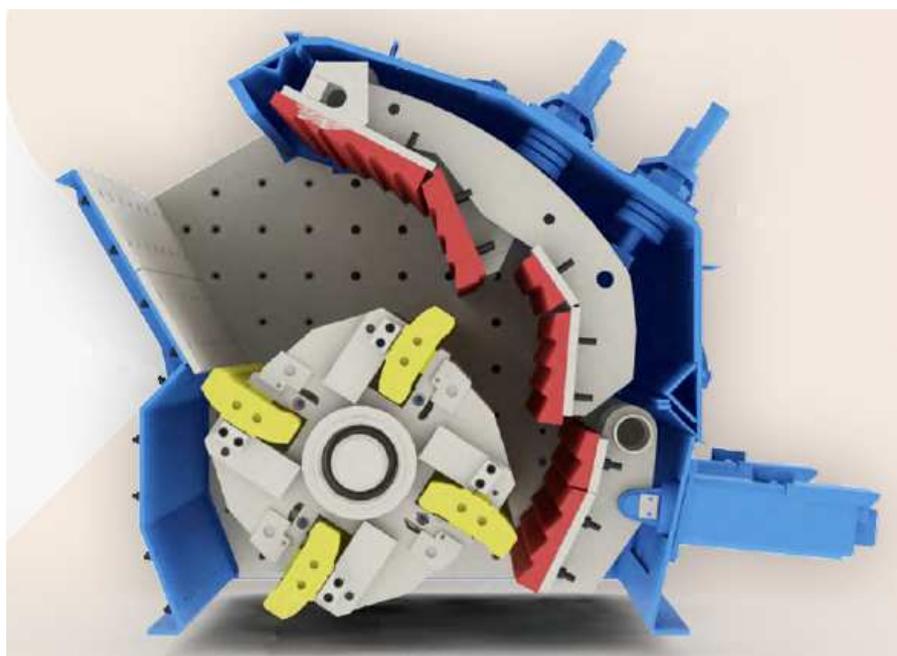


Figura 7 – Britador de impacto
Fonte: SBM (2011)

- Britador tipo Cônico

Os britadores do tipo cônico (figura 8) são utilizados como britadores secundários, pois garantem em grande parte, melhora da porcentagem de agregados em formato cúbico. Esta combinação apresenta baixo custo operacional, forma praticamente perfeita do agregado, fácil manutenção, especialmente no processo de britagem de pedras que possuem alta rigidez, como granito e basalto.

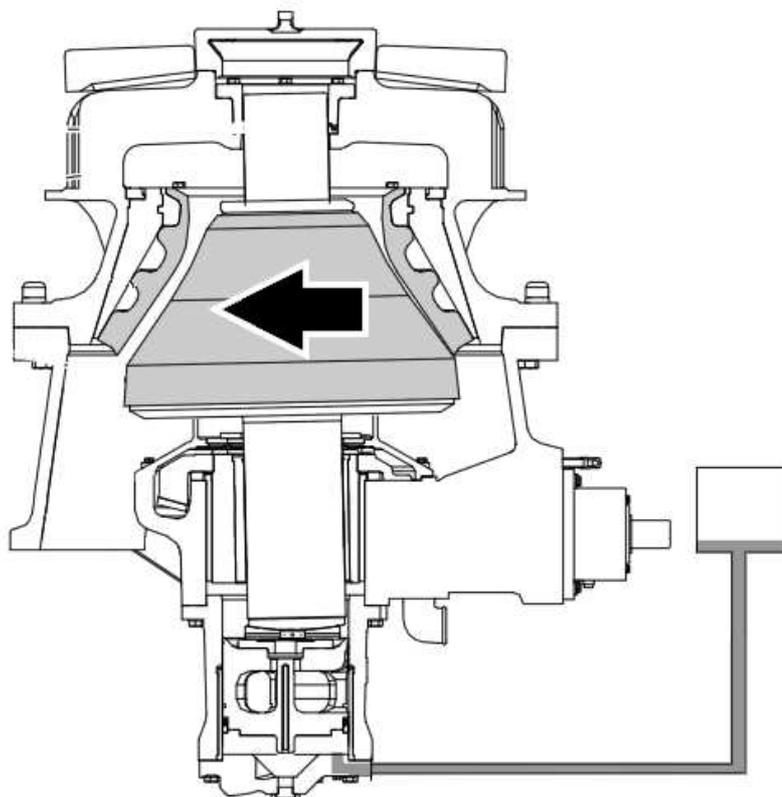


Figura 8 – Britador tipo Cônico
Fonte: SANDVIK (2011)

4.5.4 Correias Transportadoras

As correias transportadoras (figura 9) são utilizadas em numerosos processos com o propósito de providenciar um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações, possui baixo custo operacional, alta resistência à emenda mecânica, boa capacidade de absorção de impactos, segurança de operação, confiabilidade, versatilidade e enorme gama de capacidades. É a solução ideal para a movimentação de materiais em minerações, pedreiras, siderúrgicas, instalações portuárias e industriais (CORREIAS MERCÚRIO, 2011).

De acordo com Metso (2011), as correias para trabalhos pesados são côncavas a fim de evitar a perda de material no transporte, e quanto maior for a correia e mais elevada a velocidade, mais imediata será a ocorrência de avarias e mais elevados serão os custos.



Figura 9 - Transportador de Correia
Fonte: Metso Transportador de Correia Trellex (2011)

4.5.5 Calhas Vibratórias

As Calhas Vibratórias (figura 10) aplicam-se especificamente para a retirada de materiais de silos ou pilhas de material de média granulométrica, alimentando transportadores de correia ou outros equipamentos, proporcionando fluxo uniforme e contínuo do material (STOLZ, 2008).



Figura 10 - Calha vibratória
Fonte: Maqbrit – Com. e Ind. de Máquinas LTDA (2011)

4.5.6 Peneira Vibratória

A utilização de agregados na construção civil requer que eles sejam classificados de acordo com suas dimensões. As Peneiras Vibratórias (figura 11) são máquinas que possibilitam alta eficiência na classificação de vários tipos de materiais de média ou grande granulometria em minerações, fácil regulagem de amplitude de vibração, somada ao tamanho e número de telas, permite ampla faixa de classificação (SIMPLEX, 2011).



Figura 11 - Peneira Vibratória
Fonte: Maqbrit – Com. e Ind. de Máquinas LTDA (2011)

4.5.7 Pulmão

Pulmão trata-se de um estoque de britas para servir aos processos seguintes sem que o processo de britagem anterior interfira no andamento da produção. É disposto em cone de britas sobre estrutura de concreto. No caso da jazida parar por algum motivo ou o caminhão que transporta material da jazida até a central de britagem estiver em manutenção, será necessário este estoque de britas para não faltar material.

A retirada do material do pulmão e transporte até o britador secundário é iniciada um metro abaixo do nível zero da base e é feito através de alimentador vibratório e correias transportadoras.

4.6 FUNDAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Para o dimensionamento da base dos equipamentos, deverão ser levadas em conta algumas particularidades como peso, vibração, posição da aplicação da carga e interferências no layout.

O projeto deve ser elaborado para permitir acesso fácil a todas as partes dos equipamentos (SIMPLEX, [20--]).

5 METODOLOGIA

5.1 MATERIAL

A pedreira em estudo é uma empresa mineradora de agregados para construção civil, cujo mineral explorado é o basalto, produzindo britas e pedras britadas dos tamanhos convencionais.

Possui localização privilegiada em relação à cidade de Campo Mourão, está localizada no Anel Viário km 4, a 7200 metros do centro, possui fácil acesso em 3 pontos estratégicos da cidade por rodovias e estradas vicinais, facilitando a entrega nas construções e distribuidores da cidade. Na figura 12, observa-se a localização da pedreira em relação ao município de Campo Mourão.

A empresa atua no mercado regional e possui uma área de 38500 m², a antiga jazida de 15000 m² e volume útil estimado de 450000 m³, está com os limites chegando próximo da central de britagem atual, porém com a retirada desta central pode-se aumentar em 80 % a área de exploração sendo possível atuar por mais 6 anos com o ritmo atual de produção. A pedreira possui balança rodoviária, garantindo assim a segurança e a confiabilidade ao cliente.

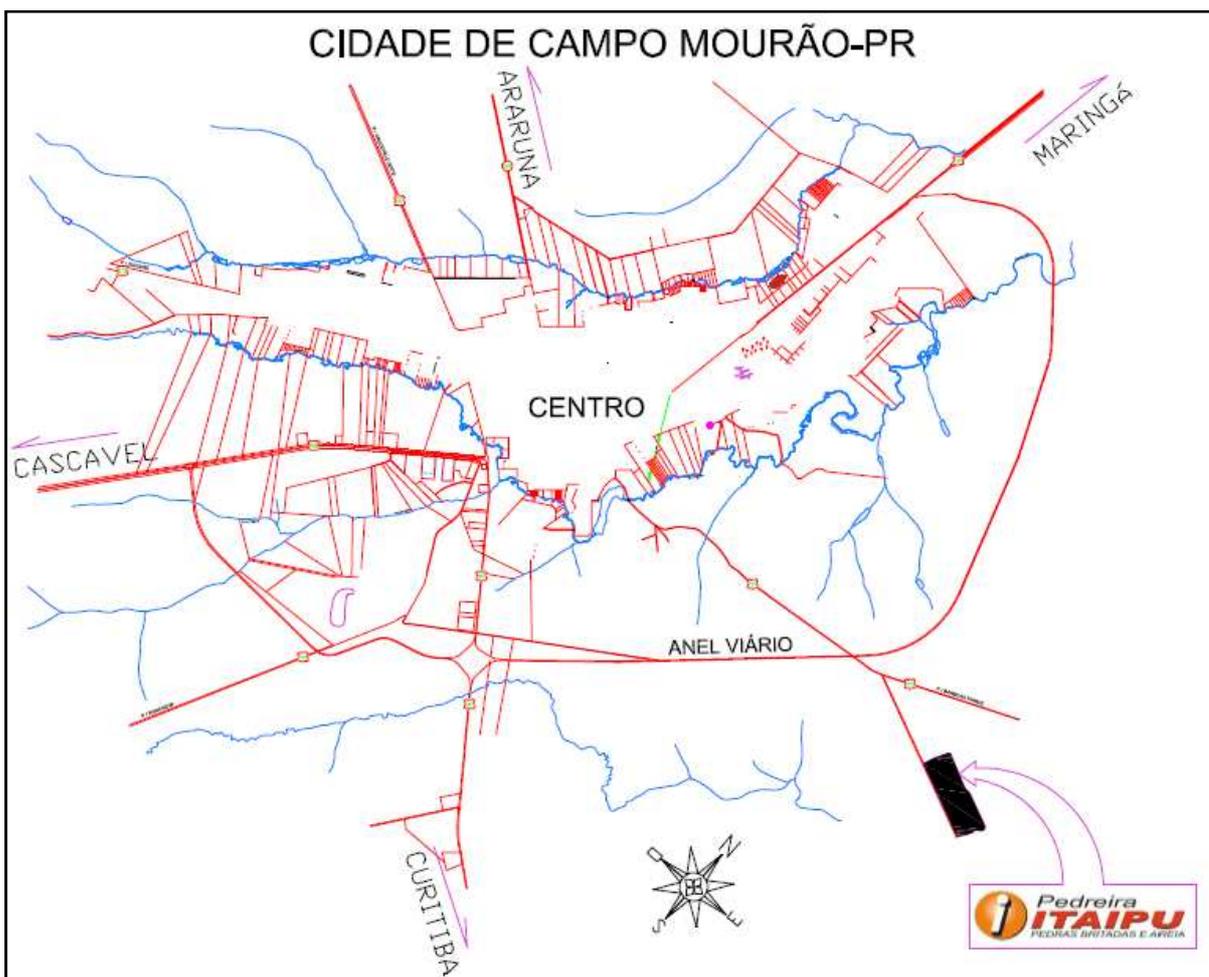


Figura 12 - Mapa de localização da Pedreira

5.2 MÉTODO

Para realizar o presente estudo foram feitos os seguintes trabalhos:

Foi necessário analisar as opções de ampliação da capacidade de britagem da pedreira, verificando a possibilidade de ampliação da central de britagem existente, e possibilidade de construção de uma nova central de britagem e desativação da atual.

Realizou-se então um levantamento topográfico do terreno disponível para a construção da nova central de britagem. Em seguida, levantou-se a capacidade de produção da central de britagem existente, e avaliada qual produção se deseja alcançar com a futura central de britagem.

Após determinar a capacidade de britagem, realizou-se a seleção do conjunto de equipamentos para atender à produção necessária. Levantamento de dados dos conjuntos de equipamentos, com relação à geometria, funcionalidade e espaço de ocupação.

Sabendo-se a funcionalidade dos equipamentos, foi iniciada a definição do arranjo físico da central de britagem. Para este trabalho foram utilizados blocos com as dimensões dos conjuntos de equipamentos, tabelas e o software AUTOCAD.

Após definir o layout, contrataram-se profissionais especializados para a concepção dos projetos complementares. E por fim executou-se a obra de acordo com as especificações de projeto.

6 DESENVOLVIMENTO

6.1 ANÁLISE DAS OPÇÕES DE AMPLIAÇÃO

A primeira opção de ampliação da capacidade de produção da pedra foi a de realizar melhoria na central de britagem existente (figura 13), esta melhoria estaria baseada na substituição por equipamentos com maior capacidade de produção. O problema é que o layout precisa ser planejado para um bom andamento da linha de produção, minimizando as distâncias percorridas, principalmente pela pá-carregadeira, desta forma serão resolvidos os problemas de espaço para manobra e armazenamento de produtos na central.



Figura 13 – Central de britagem existente.

A central de britagem existente possui pequena área, necessitando de operação de maquinários para armazenar a produção em outros locais, pois os cones de brita são baixos e próximos uns dos outros, como se observa no layout mostrado na figura 14.

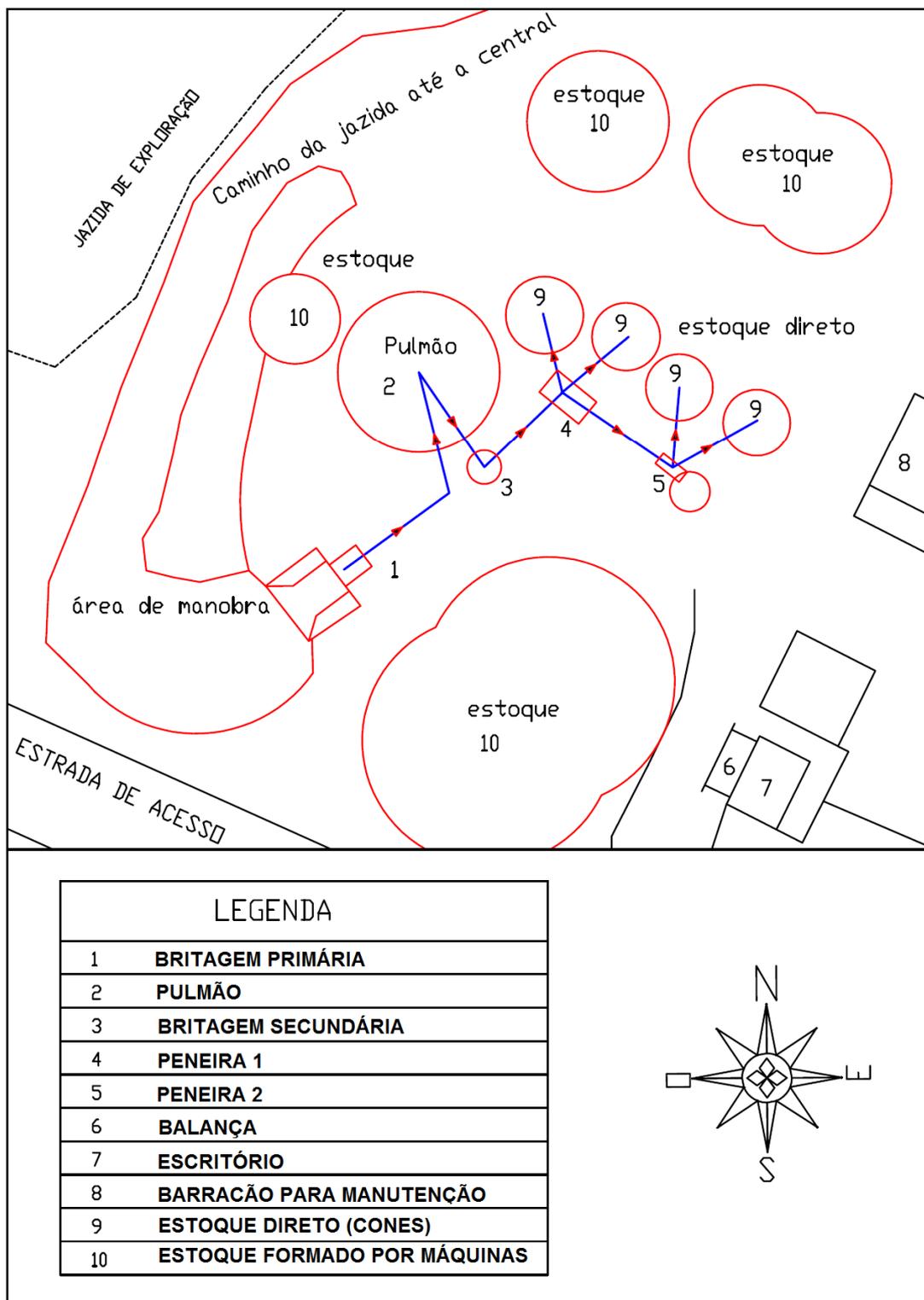


Figura 14 – Layout das instalações existentes

Outro problema é que a pedreira está em atividade, e seria necessário paralisar a produção para realização das melhorias, desta forma a primeira opção foi descartada.

Decidiu-se então construir uma nova central de britagem com maior capacidade de produção. A opção que se enquadrou nas expectativas foi à construção da central de britagem próximo da antiga (figura 15). Este local possui fácil acesso e necessitou de algumas horas de trabalho com pá-carregadeira para os serviços de limpeza e nivelamento do terreno.



Figura 15 - Instalações existentes e local para ampliação

Após o trabalho de nivelamento, realizou-se o levantamento topográfico do terreno da pedreira por empresa contratada. A verificação da topografia se fez necessária para definição das distâncias entre os equipamentos e os cones de brita, levando em consideração o limite de inclinação das correias transportadoras. No anexo A, observa-se a planta topográfica do terreno.

6.2 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

A empresa está operando em sua capacidade máxima, e não está em condições de atender a crescente demanda do setor. Para atender esta demanda futura de agregados, os proprietários resolveram que a produção da nova central de britagem deve ser três vezes maior que a produção atual, atualmente está produzindo 14 mil toneladas por mês e deseja-se um total de 42 mil toneladas por mês.

6.3 SELEÇÃO DO CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS

Com a produção definida, foi selecionado o conjunto de equipamentos que atende à produção. O vendedor destes equipamentos sugere o conjunto de equipamentos e exemplifica as oportunidades de ampliação futura.

Os equipamentos como peneiras e alimentadores são de baixo custo, quando comparados com britadores, e de difícil substituição, portanto o correto é escolher estes equipamentos com maior capacidade. Já os britadores podem ser substituídos facilmente, sendo necessário que a base de suporte do equipamento esteja dimensionada para uma possível substituição por equipamentos maiores. Desta forma é conveniente escolher britadores de menor custo inicial.

Devido à falta de planejamento inicial, o britador primário foi comprado antes de se definir a capacidade de produção. A proposta inicial era de somente trocá-lo na central antiga, este equipamento atenderá a demanda somente por alguns anos, será necessário trocá-lo para que a central opere com sua capacidade máxima.

Os seguintes equipamentos foram adquiridos para a nova central:

- Alimentador vibratório para o britador primário;
- Britador de mandíbulas, para a britagem primária, com capacidade de britagem de 60 m³ por hora;
- Transportadores de correia;
- Calha vibratória Suspensa, para retirar as britas do pulmão;

- Peneiras Vibratórias;
- Britador tipo cônico modelo “CH 430” para britagem secundária, com capacidade de britagem de 80 m³ por hora;

O britador terciário foi retirado da central de britagem existente, este é do tipo cônico modelo “CH 420”, possui capacidade de britagem de 45 m³ por hora.

6.4 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS CONJUNTOS DE EQUIPAMENTOS

Para o planejamento do arranjo físico da central de britagem, é necessária a obtenção dos dados dos conjuntos de equipamentos, com relação às dimensões e suas características. Os dados destes conjuntos foram obtidos através de catálogos, manuais de equipamentos e em suas tarjetas de informações como se observa na figura 16.



Figura 16 - Tarjeta do britador primário

6.4.1 Dimensões da rampa e área de manobra

O caminhão fora de estrada “Terex” (figura 17) que traz britas da jazida necessita de uma área de circulação e manobra para alimentar a central. O caminhão possui 4 metros de largura e 5 metros de comprimento, sendo necessária uma área de manobra oval com 18 x 15 metros.

O caminhão alimenta o conjunto primário a uma altura de 7,12 metros em relação à base da central. Esta subida será feita através de rampa com a inclinação inferior a 15% para não forçar o caminhão. Foi adotada uma inclinação de 12,5% chegando ao resultado do comprimento da rampa em planta.



Figura 17 – Caminhão fora de estrada “Terex”

Observa-se na figura 18 a rampa e a área de manobra para o caminhão fora de estrada, totalizando 1.785 m².

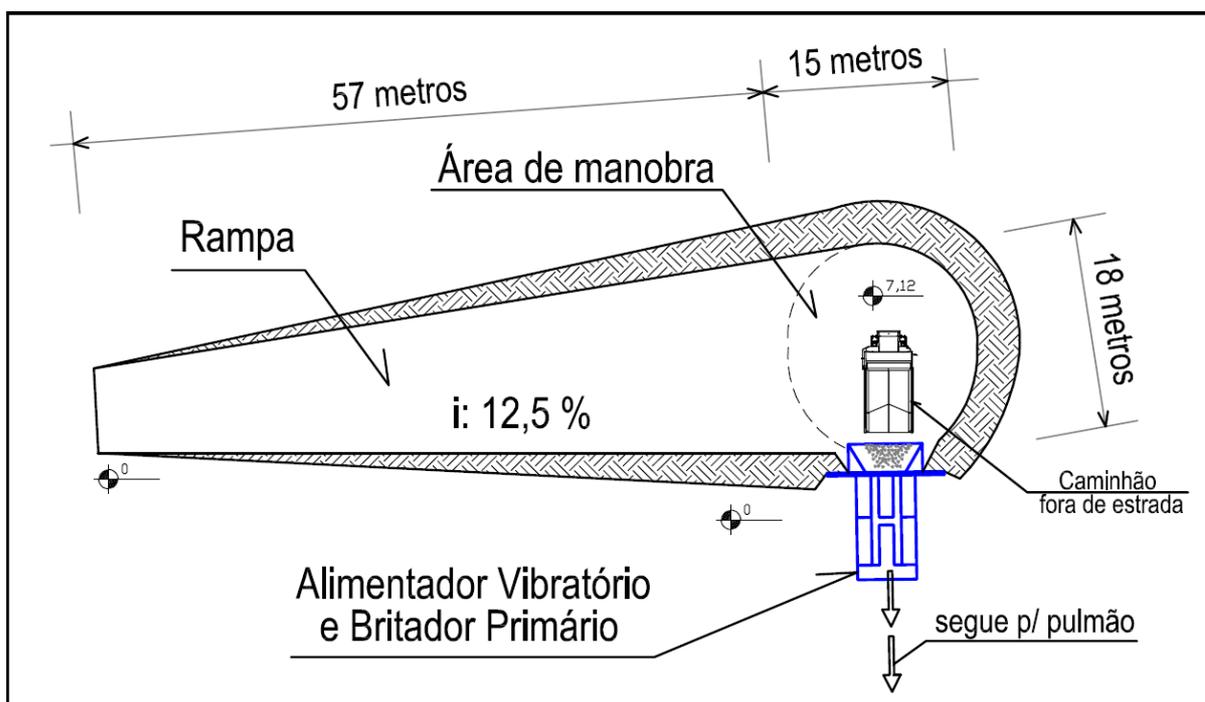


Figura 18 - Área de rampa e manobra

6.4.2 Dimensões do conjunto primário de britagem

O conjunto primário de britagem constituído pelo alimentador vibratório suspenso e britador deve ser locado logo abaixo da área de circulação do caminhão. O britador tipo mandíbulas “SXBM 8050” possui 2x2 metros, e o alimentador “SXCVCV 100” 2,3x4 metros. Decidiu-se então reservar uma área de 4,8x7,6 para o alimentador e o britador primário. Este conjunto necessita de área de 15x35 metros para aproximação de guindastes e realização de montagem e manutenção. Observa-se na figura 19, o conjunto de britagem primária.



Figura 19 – Conjunto primário de britagem

6.4.3 Dimensões do pulmão

No pulmão deseja-se um volume de britas para atender o restante da central se houver paralisação no fornecimento. Na figura 20, observa-se um corte esquemático do pulmão com seus equipamentos.

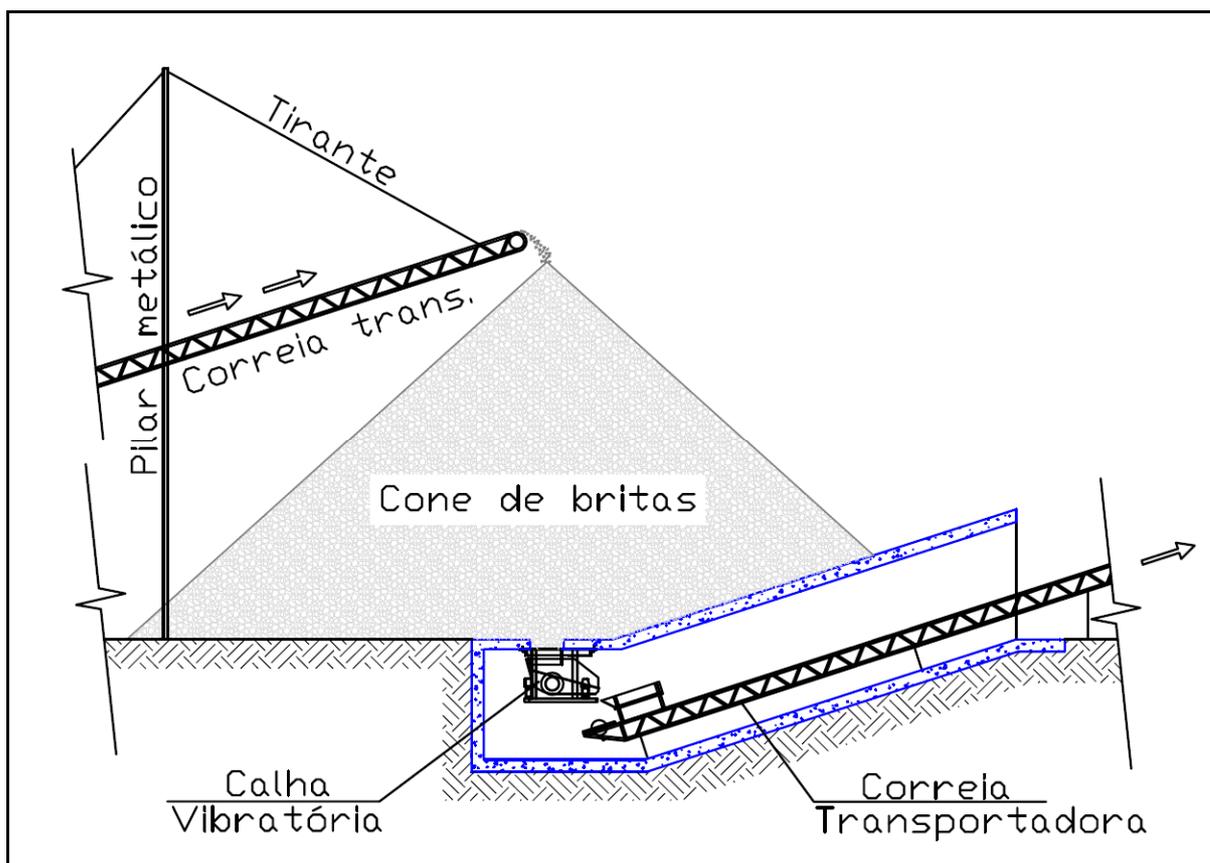


Figura 20 – Corte esquemático do pulmão

É desejável uma quantidade de aproximadamente 680 toneladas de estoque no pulmão. Sabendo-se que a densidade aparente da brita é 1500 kg/m^3 , calcula-se que será necessário um volume de 453 m^3 para estoque. Com a equação (1) é possível calcular o volume de um cone através da altura e do raio.

$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot r^2}{3} \quad (1)$$

Onde:

V: volume;

h: altura do cone de britas;

r: raio da base do cone.

A altura do cone se relaciona com o raio através da inclinação. Foi obtida esta inclinação através da análise de fotos de cones de brita existente na central antiga, utilizando o software AutoCAD e com nível vertical definido por um fio de

prumo, foi possível obter a inclinação que se forma. Observa-se na figura 21 como foi feita esta obtenção da inclinação, sendo A cone de britas 1 e B cone primário.

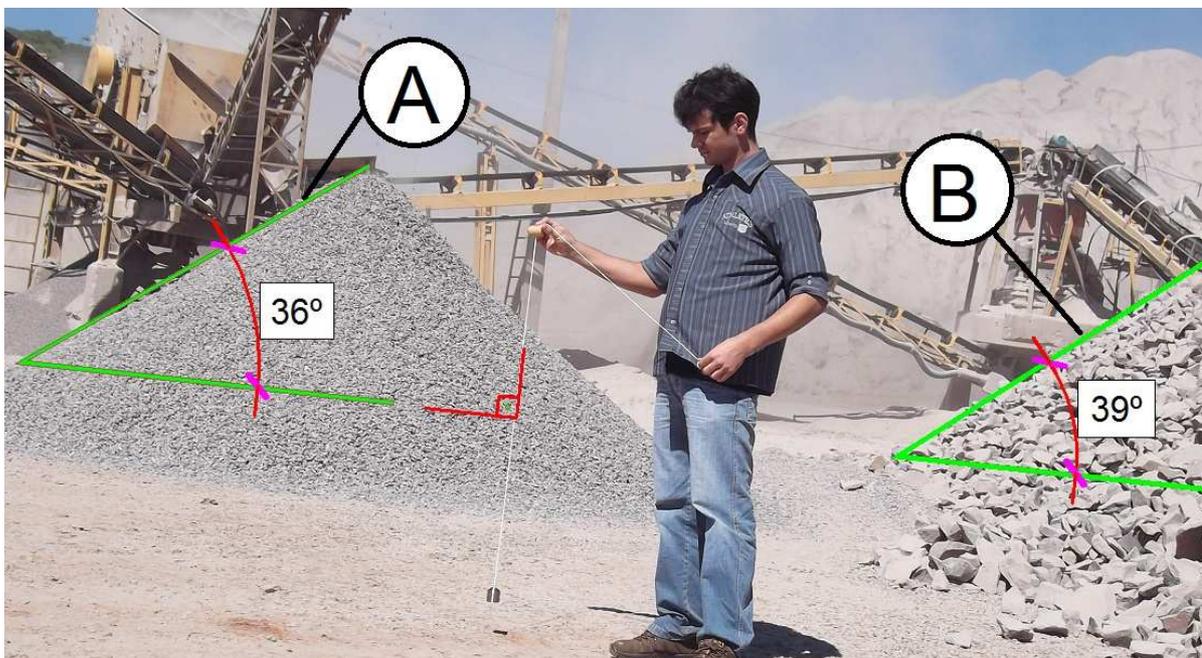


Figura 21 - Inclinação dos cones

Com a inclinação do pulmão primário em 39° (B), sabe-se que a altura será o raio multiplicado pelo seno deste ângulo. Voltando a equação (1), encontra-se as dimensões da base, raio igual 8,82 metros. Foi adotado um raio de 10 metros para o pulmão primário. Com esta nova dimensão de raio chega-se ao volume de 659,02 m^3 e altura de 6,29 metros.

6.4.4 Britador secundário

O material que sai do pulmão primário é selecionado antes de passar pela britagem secundária, separados em brita abaixo de 3 mm e britas acima desta medida. As britas menores caem direto na correia transportadora, assim evitam o entupimento do britador e permite opere com maior capacidade. Esta separação é

feita por peneiramento, portanto foi planejado juntamente com britador secundário, a peneira e o britador terciário, foi feito levantamento das medidas necessárias para o conjunto e chegou-se a seguinte configuração como se observa na figura 22.

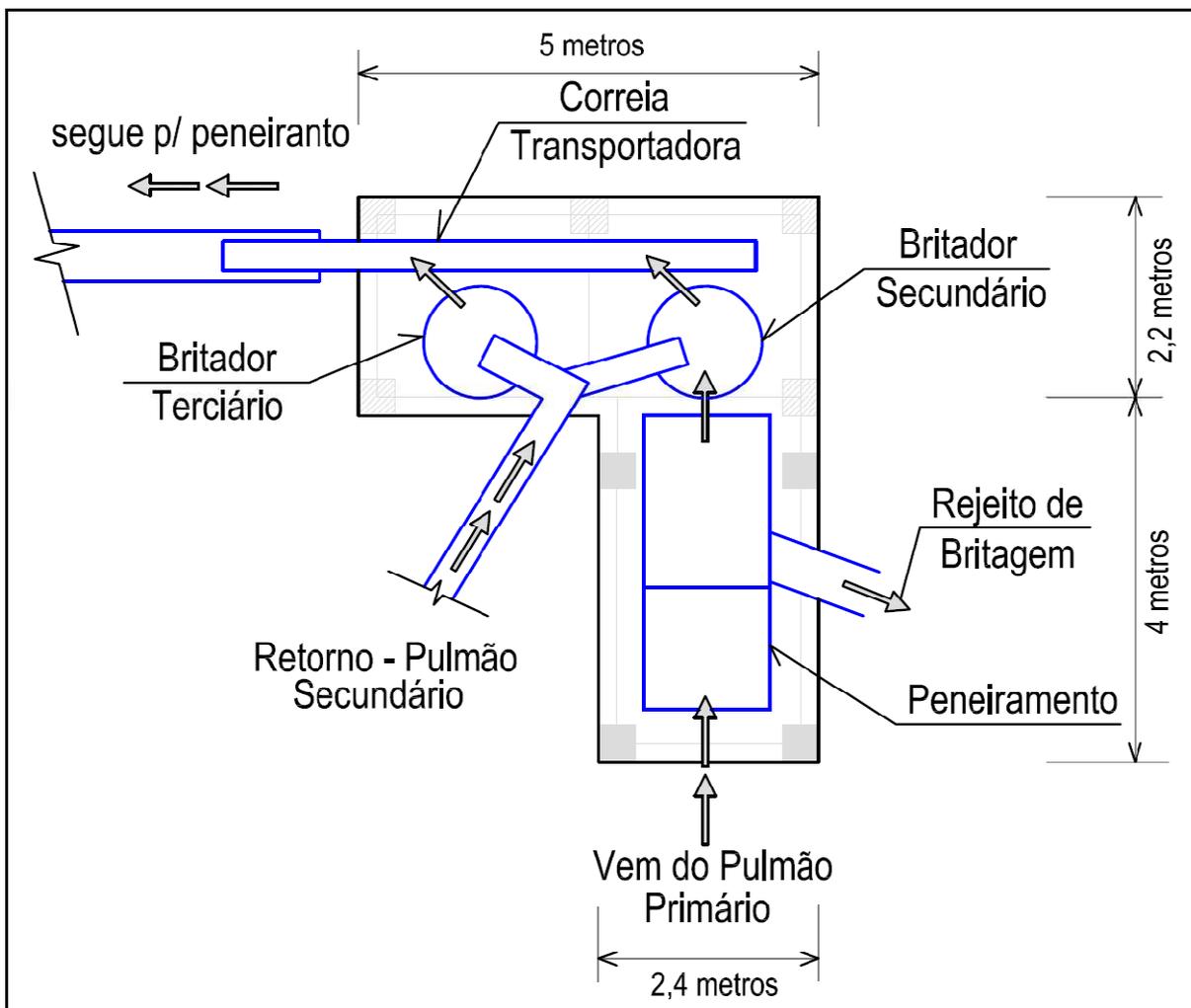


Figura 22 – Planta do conjunto de britagem secundária e terciária

Este conjunto de britadores necessita de uma central de comando com aproximadamente 34 m². Esta central de comando foi construída ao lado deste conjunto, acumulando uma área de 76 m². Após as britas passarem pela britagem secundária, seguem para separação granulométrica.

6.4.5 Peneiras

A separação final ocorre em dois conjuntos de peneiramento. As peneiras separam de acordo com a granulometria nas dimensões conforme as tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Classificação do agregado – Peneira 1.

Pedra britada	Tamanho nominal	
	Abertura de peneiras de malhas quadradas (mm)	
	Mínima	Máxima
Retorno para rebitagem	24	-
Brita 1/2	20	24
Brita 2	15	20
Brita 1	9	15
Vai para peneira 2	0	9

Tabela 5 - Classificação do agregado – Peneira 2.

Pedra britada	Tamanho nominal	
	Abertura de peneiras de malhas quadradas (mm)	
	Mínima	Máxima
5/16	5	9
1/4	3	5
3/8 "pó de pedra"	0	3

A disposição do produto final ocorre em cones de brita locados ao lado das peneiras, precisam de fácil acesso e área de circulação e manobra ao lado dos cones. Foram definidos 18 metros para diâmetro dos cones, tendo área de 254,47 m² cada. Assim foi possível calcular o volume que se acumulará em cada cone através da equação (1). As inclinações e volume de cada produto final estão descritos na tabela 6.

Tabela 6 – Cones de britas

BRITA	INCLINAÇÃO	DIÂMETRO (m)	ALTURA (m)	VOLUME (m³)
1	36° = 72,7%	18	6,54	554,99
2	65,0 %	18	5,85	496,21
1/2	74,0 %	18	6,66	564,92
retorno	80,0 %	18	7,20	610,73
1/4	77,3 %	18	6,96	590,11
5/16	77,1 %	18	6,94	588,59
3/8	80,2 %	18	7,22	612,25

O transporte das britas entre os processos é feito por correias transportadoras, foi definido a inclinação máxima de 30 %, pois acima deste limite as britas podem rolar umas sobre as outras.

Finalmente somando as áreas dos conjuntos de equipamentos e cones de brita obtêm-se a dimensão aproximada em planta da central, que é de aproximadamente a 9800 m².

6.5 DEFINIÇÃO DO ARRANJO FÍSICO

De acordo com Santoro (2012), a definição do arranjo físico se baseia principalmente na configuração do sistema de produção, buscando reduzir os custos com o transporte, evitar o congestionamento de materiais e aumentar a eficiência de máquinas. A pedra possui um sistema de produção contínuo, onde se caracteriza o alto volume de produção, equipamentos especiais e fluxo contínuo de materiais.

Os equipamentos são locados de maneira que as britas percorram o menor caminho possível, formando um fluxo linear de operações (MUTHER, 1944). Porém existem caminhos alternativos no sistema da central de britagem.

Para a definição do arranjo físico da central de britagem foram criados blocos com as dimensões dos conjuntos de equipamentos necessários para a produção. Utilizando o software AUTOCAD, foi feita a adequação através da

movimentação dos blocos, formando assim a configuração desejada. Na figura 23 observam-se os blocos de equipamentos utilizados.

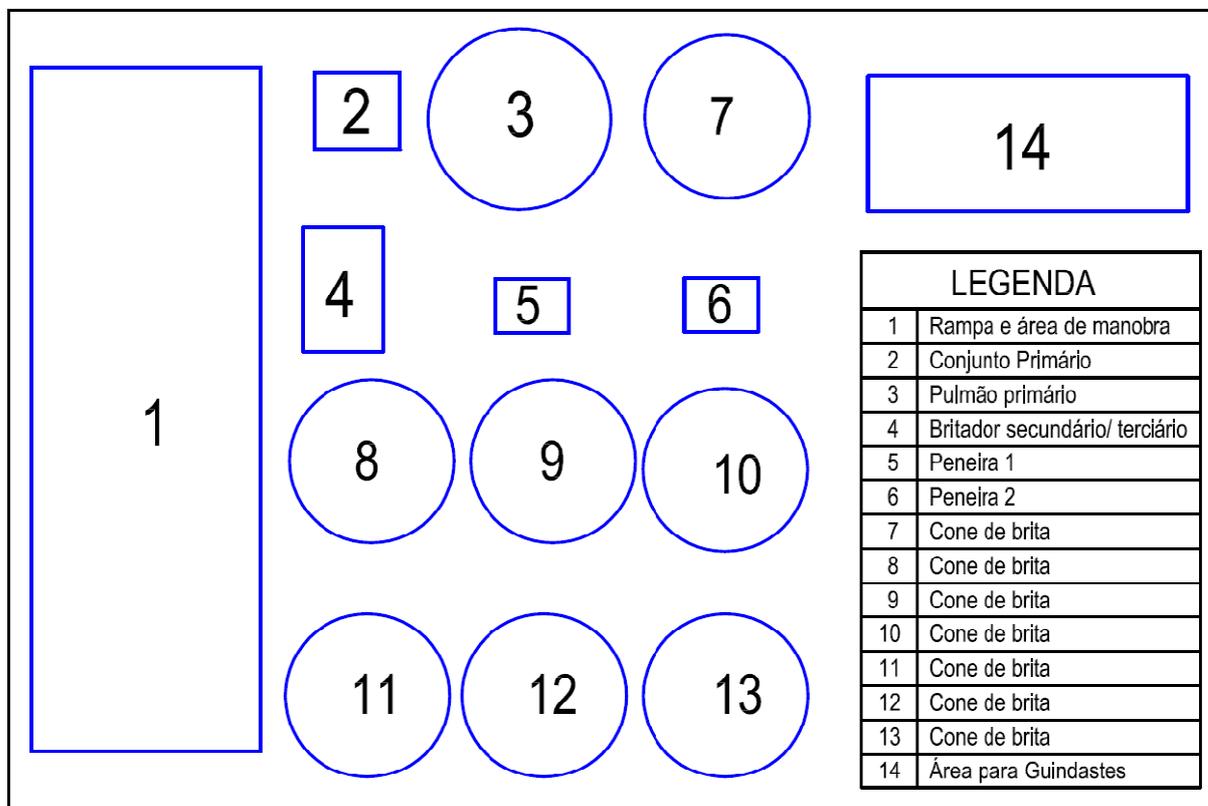


Figura 23 - Blocos de equipamentos

Observam-se na tabela 7, as dimensões dos blocos utilizados e também a altura de entrada e saída das britas nos equipamentos. Com essas medidas é possível obter as distâncias entre os blocos, dividindo a diferença de cotas entre os processos pela inclinação máxima das correias transportadoras que é de 30 %.

Tabela 7 – Equipamentos

BLOCO	DESCRIÇÃO	DIMENSÃO DO BLOCO (m)	ALTURA ENTRADA (m)	ALTURA SAÍDA (m)
1	Rampa/ área de manobra	Retangular 25x75	0,00	7,12
2	Britador primário	Retangular 9,4x8,5	7,12	1,00
3	Pulmão	Circular D=20	9,00	-1,00
4	Britador secundário/terciário	Retangular 9x14	7,10	1,00
5	Peneira 1	Retangular 8x6	8,50	1,00
6	Peneira 2	Retangular 8x6	8,50	1,00
7 à 13	Cones de brita	Circular D=18	7,50	0
14	Área p/ guindastes	Retangular 35x15	-	-

Após a adequação das distâncias, obteve-se um primeiro layout da central de britagem como se observa na figura 24. Este modelo é amplo e com bastante espaço para manobra, porém não se adequou as expectativas da empresa, pois ocupa um grande espaço do pátio disponível para a nova central e parte das instalações existentes.

O primeiro modelo de layout foi alterado visando à melhoria do trafego de caminhões para o carregamento, e objetivando menor espaço físico de ocupação. Após diversas mudanças no projeto, chegou-se a um *layout* satisfatório, o qual foi aprovado pelos proprietários, este modelo pode ser visto na figura 25.

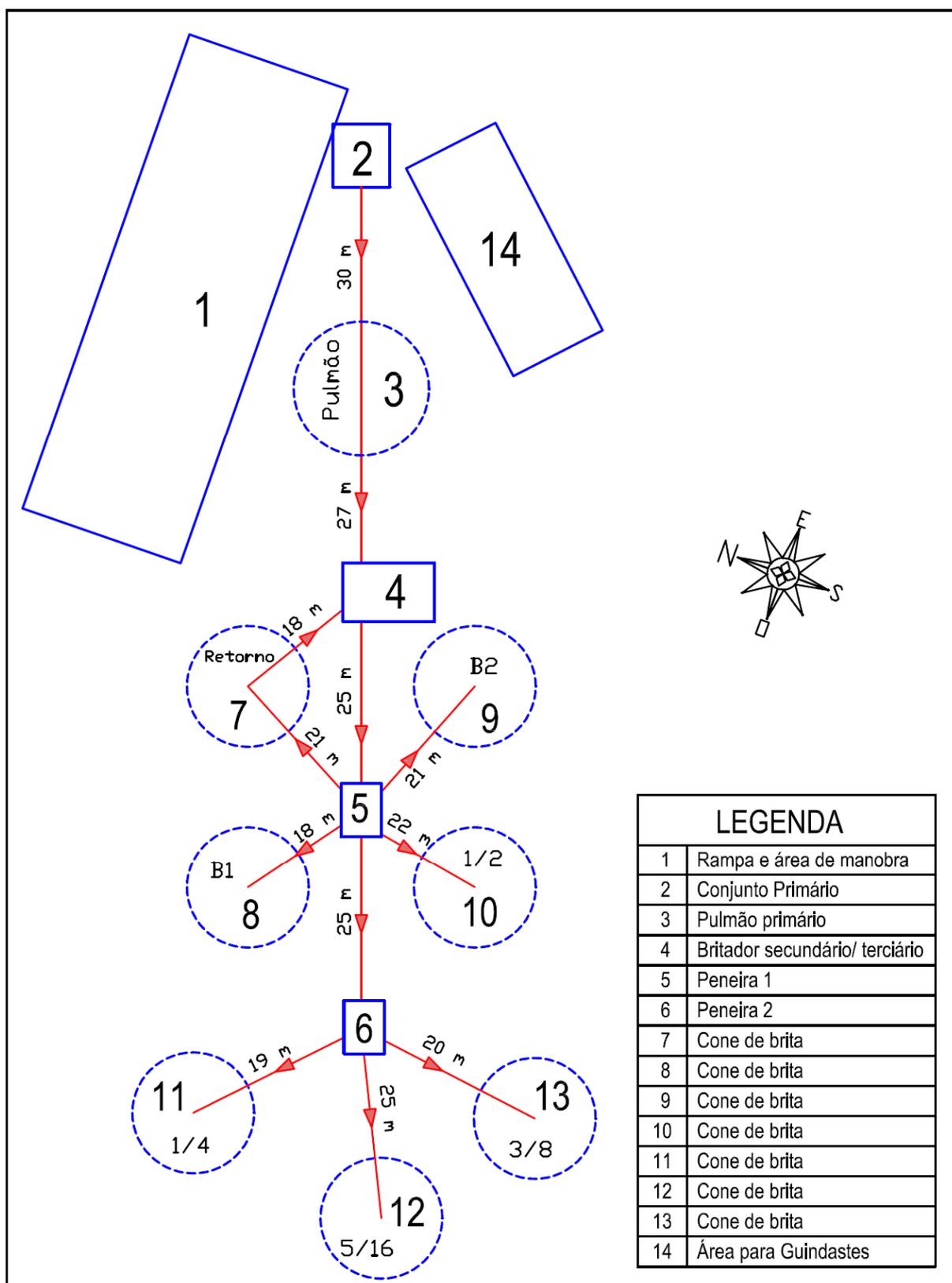


Figura 24 - Layout 1 (inicial)

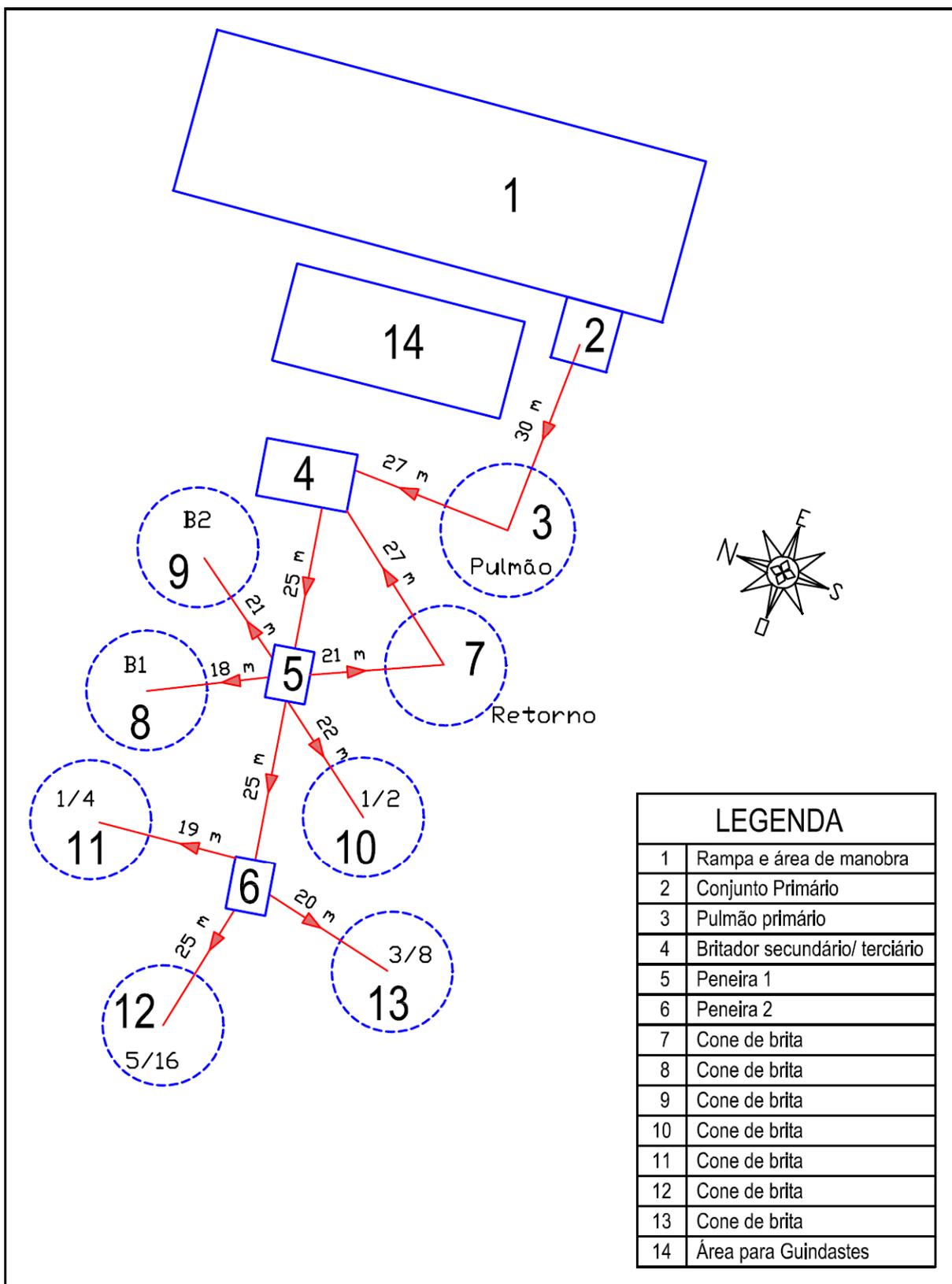


Figura 25 - Layout 2

No apêndice A, é possível observar o arranjo físico escolhido, alocado sobre a planta topográfica do terreno.

6.6 CONCEPÇÃO DOS PROJETOS E CONSTRUÇÃO DA CENTRAL

Após definido o layout, teve início a concepção dos projetos complementares. As estruturas de concreto armado foram dimensionadas por engenheiro civil especializado. Em seguida, foi dimensionado o projeto elétrico e da estrutura metálica. Estes foram feitos pelas empresas que executaram o serviço de instalação e não se obteve acesso a eles.

Com os projetos finalizados, contratou-se mão-de-obra especializada para a construção das estruturas de concreto. A equipe contava com um mestre de obras, quatro pedreiros e dois serventes, a execução foi acompanhada por engenheiro cadastrado junto ao CREA.

Inicialmente, foi realizada a locação da obra, seguido da construção das estruturas, que ocorreu em etapas, sendo executadas por conjunto de equipamentos.

6.6.1 1ª Etapa: Britador primário e alimentador primário

A base do britador primário foi dimensionada para atender um britador com 25 toneladas, que será instalado posteriormente. Para fixar o britador “SXBM 8050 – 75 cv” de 10.700 kg, foi necessária a construção de chassi de metal, pois a transmissão das cargas dos britadores ocorre em coordenadas diferentes.

A estrutura foi executada em concreto armado, fundação tipo sapata de 1,1x0,8 m executadas a 8 metros de profundidade. Possuem três níveis de altura: na cota 4,8 metros, encontra-se o alimentador vibratório, este dosa ao britador primário em quantidade e volume correto e ao mesmo tempo seleciona as britas menores, que caem diretamente na correia transportadora. Na cota 2,9 metros, está o britador

primário que reduz o tamanho das britas para aproximadamente 170 mm. Na figura 26, observam-se os níveis da estrutura.

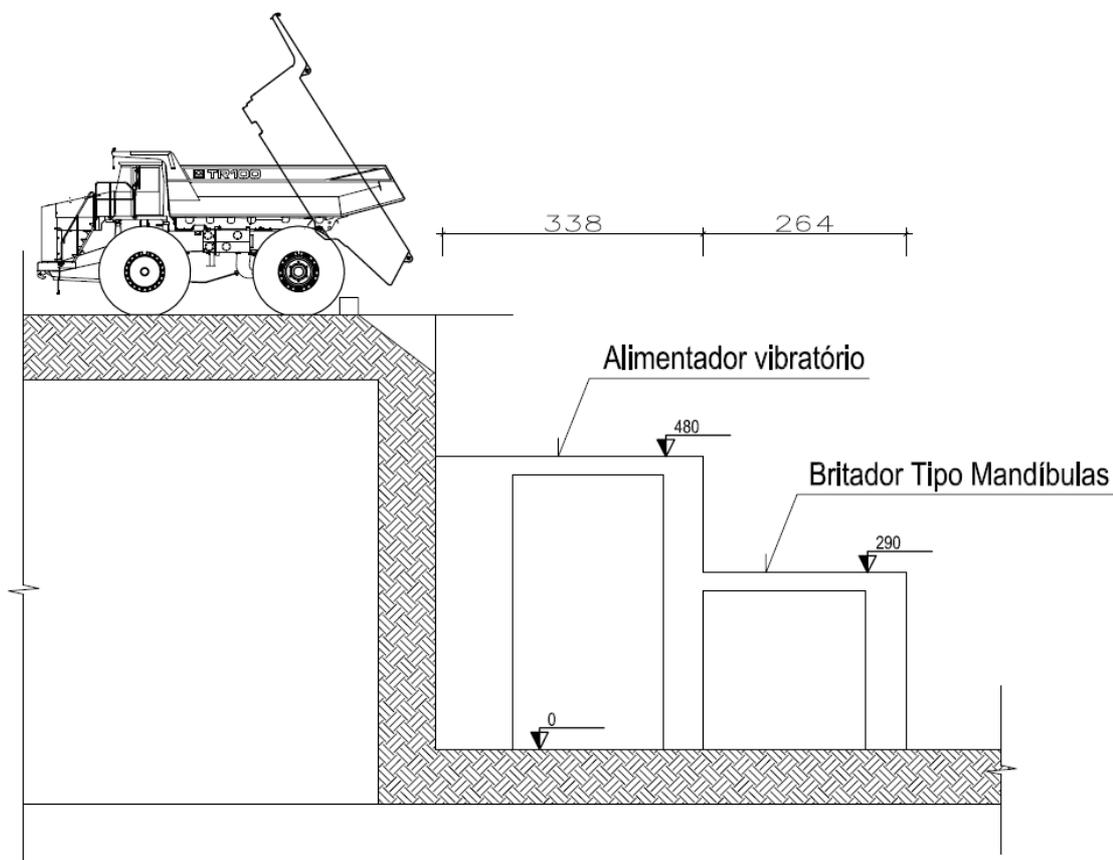


Figura 26 – Corte esquemático do conjunto primário

Ocorreram algumas modificações em relação à estrutura projetada devido a sugestões do fabricante do britador. Foi construída uma laje com 60 centímetros no nível zero, onde estava previsto somente vigas baldrame. Pode ser visto a montagem das formas para este piso na figura 27.



Figura 27 – Formas para o piso de 60 cm

Outra modificação foi à construção de uma viga a mais na base do britador primário. Esta viga não possui função estrutural e liga os pilares da parte frontal, garantindo um comprimento de flambagem menor do que o de projeto. Porém, foi necessário quebrá-la, pois obstruiu a colocação da correia transportadora.

Observa-se na figura 28 a viga que estava obstruindo a passagem da correia transportadora e precisou ser quebrada.



Figura 28 - Viga quebrada

Para montagem e troca de peças devido ao desgaste natural da mandíbula do britador primário é necessário o uso de guindastes de alta capacidade de carga. Na figura 29, observa-se a colocação do equipamento na estrutura.



Figura 29 - Montagem do britador primário

Para esta base estavam previstos o uso de 29,82 m³ de concreto, porém devido às modificações foram gastos 55,4 m³.

6.6.2 2ª Etapa: Rampa

Na construção da rampa para dispor material no alimentador primário foram utilizadas algumas rochas na base e sendo finalizada com rocha não aproveitável para britagem. Ocorreu pequena distorção no trajeto da subida, porém nada que interferisse no arranjo físico. Na figura 30, observa-se a construção da rampa com material retirado da nova jazida, este material não se aproveita para britagem, é possível observar também a base do conjunto primário de britagem.



Figura 30 - Rampa e conjunto primário

6.6.3 3ª Etapa: Pulmão

A construção do pulmão foi feita da seguinte forma: inicialmente foi realizada escavação e regularização do nível do fundo; em seguida foram escavadas as estacas com perfurador manual, montagem da armação e concretagem das estacas; montagem das formas das paredes, armação e concretagem (figura 31); posteriormente foi concretado o piso e em seguida feita a montagem das formas da laje, armação e concretagem.



Figura 31 - Construção do pulmão

Durante a montagem das formas da parede do pulmão secundário ocorreu forte chuva, com isso a terra cedeu, deixando a ferragem torta e com lama no fundo do buraco. Foi necessário contratar um caminhão auto-fossa para succionar a lama. Parte da ferragem foi recuperada, foi preciso novamente regularizar e escavar as estacas. O tubo de drenagem foi colocado após o termino da montagem da estrutura, se tivesse executado desde o início evitaria este problema.

O mestre de obras não seguiu corretamente a seqüência de execução do pulmão, a concretagem do piso estava prevista juntamente com a concretagem das paredes, porém foram feitos separadamente, ocasionando o surgimento de fissuras no piso após o carregamento da estrutura.

6.6.4 4ª Etapa: Segundo conjunto de britadores

A base dos britadores, secundário e terciário, foi dimensionada para atender equipamentos de maior capacidade, possuindo o dobro da massa do equipamento inicial. Portanto para fixar os britadores iniciais foi preciso construir um chassi metálico para transmissão de cargas. Observam-se na figura 32, as medidas do chassi metálico.

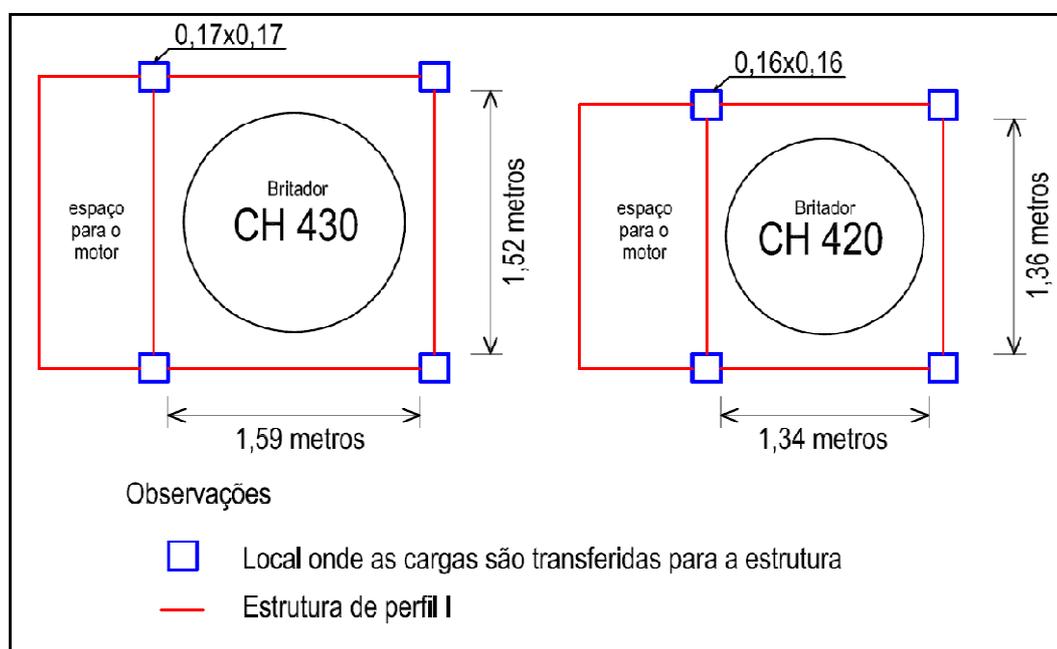


Figura 32 – Medidas do Chassi metálico para os britadores

6.6.5 5ª Etapa: Peneiras

Para fixação da peneira necessitou-se apenas da construção da base em concreto armado. Acima do solo foi construída com estrutura metálica.

Estava previsto a construção de sapata quadrada com oitenta centímetros de lado. Não foi possível construí-la em um dos apoios, pois a rocha já estava próxima a superfície. A solução adotada após a aprovação do engenheiro, foi realizar 2 furos de 1,5 metros de profundidade e diâmetro de 3” com uma perfuratriz, e em seguida foi adicionada armadura e concretado com graute.

6.6.6 6ª Etapa: Soluções e ajustes

Com as bases dos equipamentos finalizadas ocorreu a montagem das estruturas auxiliares como a parte elétrica e metálica, ambas dimensionadas e executadas por equipe especializada.

A montagem das estruturas metálicas foi feita por equipe com experiência em britadores, alimentadores e correias transportadoras. O responsável propôs algumas soluções, como no sistema de substituição das correias transportadoras e uso de contrapeso para esticar as correias.

A substituição das correias necessita de equipe treinada e é de alto custo, para evitar o desgaste da correia por inteiro, ela foi dividida em dois trechos, um trecho inicial (A) de pequeno comprimento atendendo a queda das britas e dispendo no trecho subsequente (B). Desta forma, o trecho inicial desgasta rapidamente, mas é de fácil e rápida substituição. Observam-se na figura 33 os dois trechos.

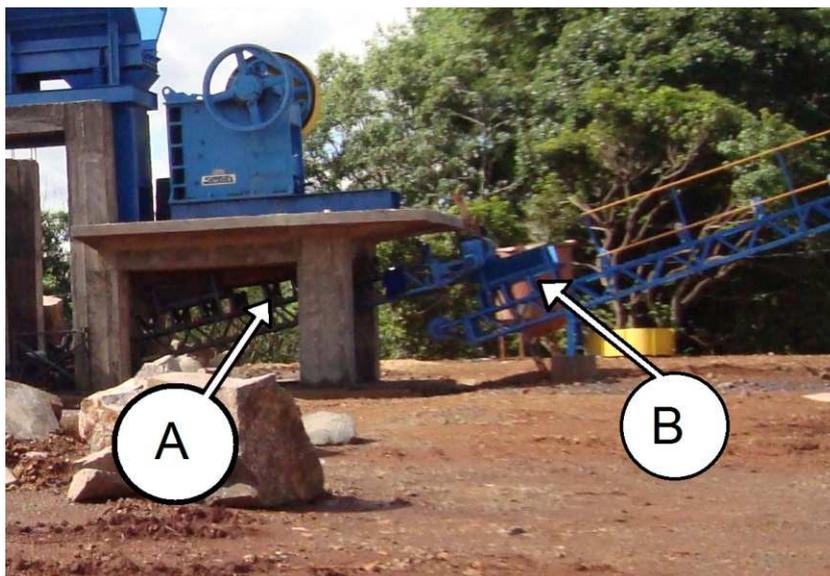


Figura 33 - Correia Transportadora

Na figura 34 observam-se os contrapesos para a correia transportadora.



Figura 34 - Contrapeso de concreto

6.7 MUDANÇAS NO ARRANJO FÍSICO

Durante a construção ocorreu mudança no arranjo físico da central de britagem. Foi alocado um cone de britas a mais no espaço vago entre o britador primário e o britador secundário, este foi necessário para armazenar o rejeito do processo de britagem.

Os cones de britas locados ao norte da primeira peneira foram transferidos para o outro lado, buscando dispor o produto final em locais próximos uns dos outros, buscando minimizar o trajeto que a máquina pá carregadeira faz quando muda de monte para carregar diferentes caminhões.

Do ponto de vista técnico, esta mudança dos cones não foi satisfatória, pois a dimensão dos cones de brita 2 e brita para o retorno foram reduzidas. Com isto, se a produção ultrapassar a venda em algum período, será necessário o trabalho com pá-carregadeira para estocar as britas em outros locais, pois o acúmulo de material invadirá a área de outros cones, conforme se observa na figura 35.



Figura 35 - Cones de britas próximos

Na figura 36 observa-se o layout construído e áreas de circulação e carregamento.

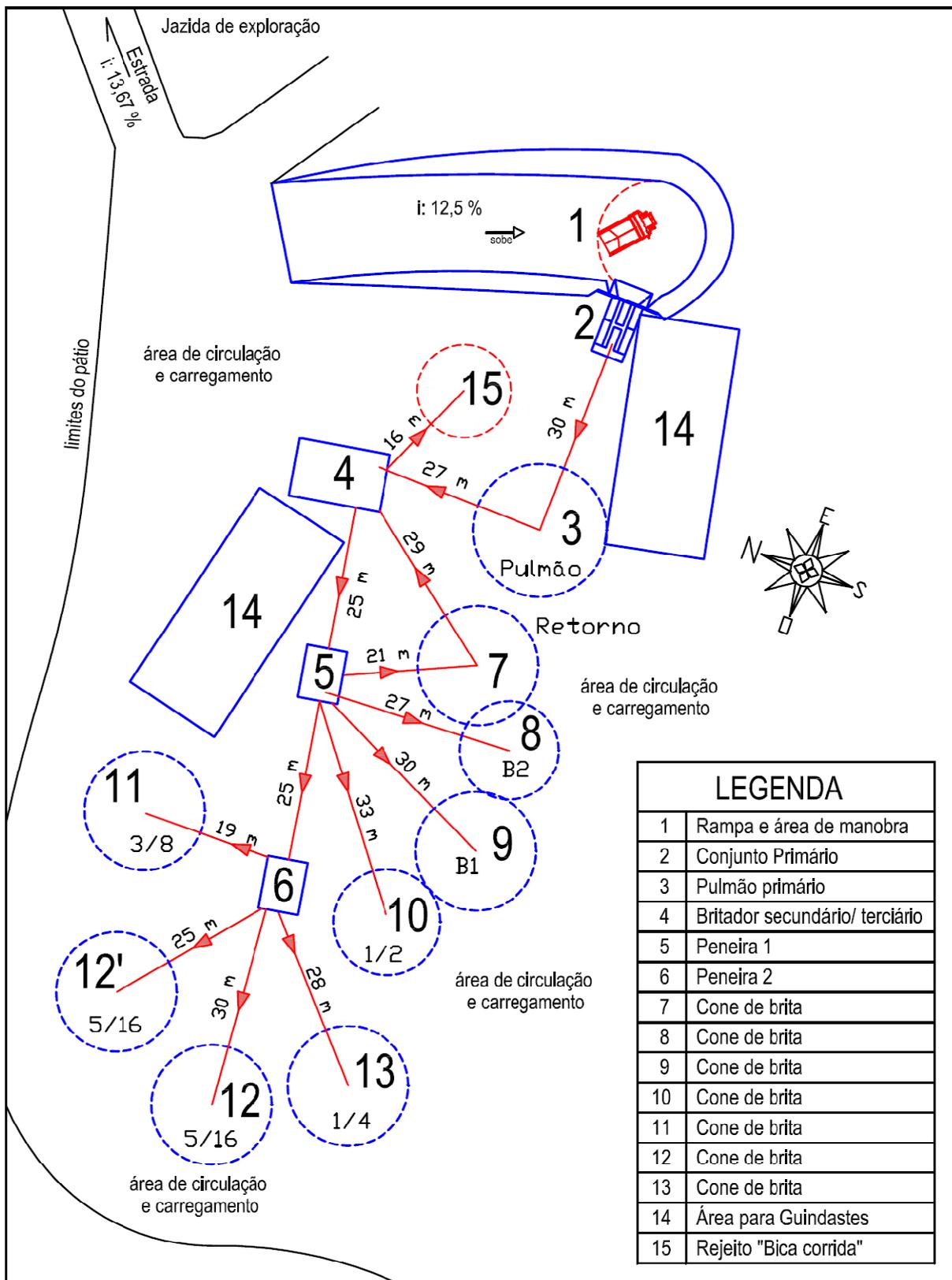


Figura 36 – Layout construído

6.8 NOVA JAZIDA

A nova jazida de exploração da rocha está em funcionamento desde fevereiro de 2012. Ela abrange um comprimento de 330 metros por 120 de largura e uma altura estimada de 35 metros. A jazida localiza-se ao lado da central de britagem nova, o caminhão percorre um pequeno trajeto de aproximadamente 100 metros da jazida até o alimentador. Observa-se a nova jazida na figura 37 e ao fundo da imagem pode-se ver a rampa e a nova central de britagem.



Figura 37 – Jazida de exploração e nova central de britagem

6.9 INÍCIO DA BRITAGEM

O primeiro equipamento a entrar em funcionamento foi o britador primário, no dia 07 de maio às 9 da manhã, ele permaneceu ligado por 2 horas, formando apenas o cone de brita do pulmão.

Para o início de operação foi necessário a desativação da antiga central, pois o britador secundário foi usado na nova central. O início da britagem ocorreu no

dia 17 de maio de 2012, permaneceu em funcionamento por um período de 6 horas sem problemas técnicos, porém o técnico de montagem dos equipamentos permanecerá na empresa por dois meses para efetuar ajustes necessários. Na figura 38, observa-se a central de britagem produzindo.



Figura 38 - Central de britagem, dia 18 de maio de 2012

A empresa produzia 14 mil toneladas com a central de britagem antiga, trabalhando em dois turnos. Neste novo empreendimento foi investido aproximadamente R\$ 3,2 milhões, esta nova central de britagem produzirá 21 mil toneladas trabalhando em apenas um turno.

Observam-se nas figuras 39 e 40, vista aérea da central de britagem do dia 17 de maio de 2012.



Figura 39 - Vista aérea 1

A esquerda da imagem 40 observa-se a nova jazida e a direita está a antiga jazida.



Figura 40 - Vista aérea 2

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de grande importância o bom planejamento do arranjo físico de uma indústria. A alteração de layout deve ser evitada durante a execução, pois sem os devidos cuidados, interfere em processos e em locais de armazenagem dos produtos.

Como o empreendimento envolve o trabalho de diversos profissionais, surgem diferentes opiniões sobre a obra. Por se tratar de uma obra particular, algumas opiniões são acatadas pelos proprietários e acabam ocasionando mudança nos projetos e no arranjo físico. Estas mudanças devem ser evitadas ou analisadas com cuidado para que não ocorram problemas. Uma das mudanças que deve ser evitada é a alteração de seqüência de montagem e manobras que podem facilitar a mão de obra.

Foi observado que equipamentos devem ser escolhidos em conjunto. O britador primário foi comprado antes do planejamento da nova central de britagem, pois a idéia inicial era somente trocar este equipamento na antiga central. Isto ocasionou que alguns equipamentos adquiridos após o planejamento, trabalhem com capacidade de produção abaixo do ideal. No futuro será trocado o britador primário para que a central trabalhe em sua capacidade plena.

A convivência com profissionais de diferentes ramos da cadeia produtiva proporcionou facilidade no entendimento das diversas estruturas da obra. O que facilitará no desenvolvimento de novos empreendimentos.

Este estudo proporcionou uma relação direta da teoria com a prática, nas seguintes disciplinas:

- Materiais de Construção Civil A e B, Instalações Elétricas Prediais ligadas a Gerenciamento de Obras: proporcionaram habilidade de fiscalizar a execução;
- Topografia: auxiliou no entendimento dos níveis da central de britagem e leitura de projeto;
- Logística e Gerência de Materiais: teve ligação direta com a concepção do layout da central de britagem, disposição e movimentação física de equipamentos;
- Concreto Armado e Estrutura de Fundações: foram necessárias no entendimento dos projetos estruturais e armadura da obra;

- Gestão de Projetos de Edifícios: desenvolvimento de projetos e no entendimento dos projetos da obra.

Este trabalho serve de base para novos trabalhos e futuras instalações de indústrias.

Uma sugestão para trabalhos futuros é a de estudar a regulagem dos britadores para que produza uma porcentagem maior de certo tamanho de brita, pois a pedreira em estudo vende mais a brita 1.

REFERÊNCIAS

ARNDT, Josué A. et al. **Influência do índice de forma do agregado graúdo na resistência a compressão do concreto**. Anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto 2007. Disponível em: <<http://www.markengenharia.com.br/artigos-/49CBC0426.pdf>>. Acesso em 30 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7225**: Materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro, 1993. 4p.

_____. **NBR 7809**: Agregado Graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro. Rio de Janeiro, 2005. 3p.

CORREIAS MERCÚRIO, **CATÁLOGO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS MERCÚRIO**. Disponível em: <http://www.correiasmercurio.com.br/correias_mercurio/pt/index.php>. Acesso em: 27 set. 2011 as 18h 19min.

FURTADO, Filipe Rocha. **Levantamento e Análise do Fluxo de Massa Através de uma Planta de Rebritagem**. 47f. Monografia (Engenharia de Produção) – Coordenação do Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006. Disponível em : <<http://www.projetos.unijui.edu.br/-petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Carina-Mariane-Stolz.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2011.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira 5ª Edição, 2009**. Disponível em: <www.ibram.org.br>. Acesso em 14 out. 2011.

IRAMINA, Wilson Siguemasa; TACHIBANA, Ivan Koh; SILVA, Leonardo Motta Camargo and ESTON, Sérgio Médici de. **Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo**. *Rem: Revista Escola de Minas*. 2009, vol.62, n.4, pp. 503-509. ISSN 0370-4467.

ITAIPU BINACIONAL. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/nossa-historia>>. Acesso em: 21 out. 2011.

KULAIF, Yara. **Análise dos mercados de matérias-primas minerais**: Estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2001.
LUZ, Adão Benvindo, Sampaio, João Alves, França, Silvia Cristina. **Tratamento de Minérios 4ª ed. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. 188p.

MACIEL FILHO, Carlos Leite, **Introdução à Geologia de Engenharia**. 2. ed. – Santa Maria: Editora da UFSM; Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1997. 284p.

MAQBRT – Com. e Ind. de Máquinas LTDA. **Alimentador Vibratório**. Disponível em: <http://www.maqbrit.com.br/alimentador_v.html>. Acesso em: 18 out. 2011.

_____. **Calha Vibratória**. Disponível em: <http://www.maqbrit.com.br/calha_vibratoria.html>. Acesso em: 18 out. 2011.

_____. **Britador de Mandíbulas**. Disponível em: <http://www.maqbrit.com.br/britador_mandibulas.html>. Acesso em: 18 out. 2011.

MATHEUS, Antonio. **Memória da Mineração, Nos tempos de Marroagem**. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/02/pdf/memoriadamineracaodeareia-ebrit3.pdf>>. Acesso em 13 out. 2011.

MME - Ministério de Minas e Energia; SGM - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **SINOPSE 2009**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/sinopse_2009-.pdf>. Acesso em 26 set. 2011.

MUTHER, R. **Production-line technique**. New York, McGraw Hill, 1944. 344p.
PENNA, Paulo, **Expansão da Mineração de Agregados para a Construção Endossa Crescimento da Economia**. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=124511>. Acesso em: 12 set. 2011 as 10h 08min.

PORMIN - Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral. **Agregados Minerais Para Construção Civil: Areia, Brita e Cascalho**. Disponível em: <<http://www.pormin.gov.br/>>. Acesso em: 29 out. 2011.

RAMALHO, Marcio; Corrêa, Márcio R. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SANDVIK . **Manual completo – CH430**. Svedala, Suécia: Sandvik, [20--]. 556p.
SANTORO, Miguel Cezar. **Planejamento e Projeto de Arranjo Físico (Plant Layout) de uma Fábrica de Motores**. 7f. Universidade de São Paulo – Escola

Politécnica. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2001_TR1-3_0643.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2012.

SBM – Mining and Construction Machinery Co., LTD. Disponível em: <http://www.sbmchina.com/product/products_crushing.php>. Acesso em: 14 out. 2011.

SBM – Mining and Construction Machinery Co., LTD. **Jaw Crusher**. Disponível em: <http://www.sbmchina.com/pdf/jaw_crusher.pdf>. Acesso em: 14 out. 2011.
SERNA, Humberto Almeida de La; Rezende, Márcio Marques. **Agregados para construção civil**. Disponível em: <http://sindibrita.org.br/servicos/agregados-_para_construcao_civil.pdf>. Acesso em: 11 out. 2011.

SILVA, Maria Angelica Covelo, Souza, Roberto de. **Gestão do Processo de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

SIMPLEX – Equipamentos e Sistemas. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.simplex.ind.br/>>. Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Britador de Mandíbulas – SXBM, Manual de Instalação, Operação e Manutenção**. Lagoa Santa: Simplex, [20--]. 28p.

SOUZA, José Mendo Mizaél de. As raízes do Brasil estão na sua mineração. **Minérios e Minerais**, São Paulo: Lithos, 2009. Edição 277.

SOUZA, Lázaro de. Demanda por areia e brita continuará firme até 2015. **Valor Econômico**, São Paulo: Valor Econômico, set. 2011. Edição especial.

STOLZ, Carina Mariane. **Viabilidade Econômica de Usinas de Reciclagem de RCD: Um Estudo de Caso para Ijuí/Rs**. 99f. Monografia (Engenharia Civil) – Departamento de Tecnologia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008. Disponível em : <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wpcontent/uploads/2010/03/TCC-Carina-Mariane-Stolz.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2011.

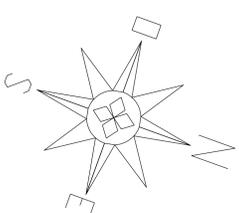
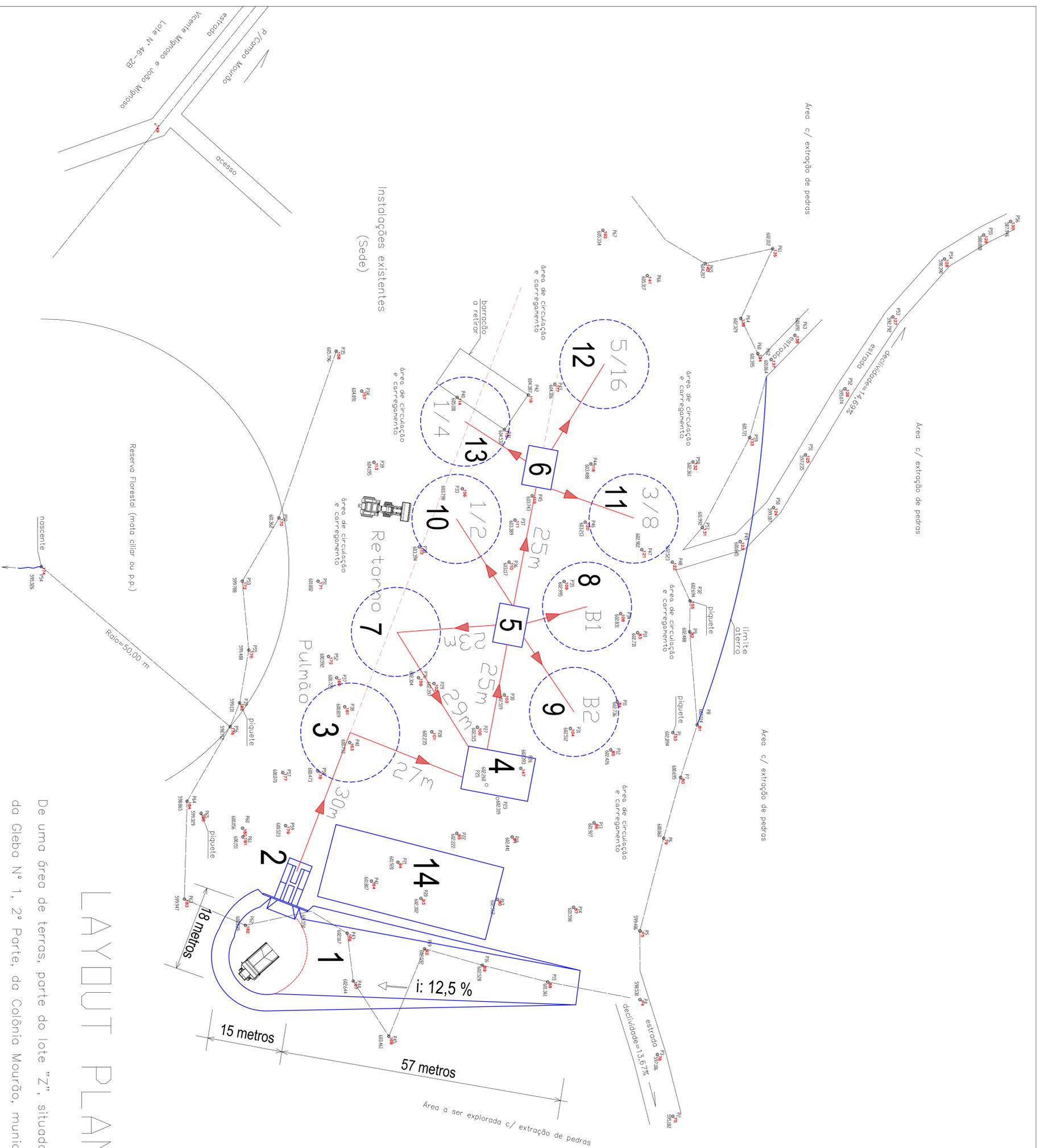
VALVERDE, Fernando Mendes. **Agregados para construção civil**. Balanço mineral Brasileiro 2001. Disponível em: <<http://simineral.org.br/arquivos/Agregadospara-ConstruoCivilFernandoMendesValverde.pdf>>. Acesso em 23 set. 2011.

_____. _____. Comissão de Serviços de Infraestrutura do Senado Federal 2009. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/comissoes/ci/ap/AP20090511_fernandoalverde.pdf>. Acesso em 27 out. 2011.

_____. **A Importância Econômica e Social dos Agregados para Construção Civil.** Disponível em: <http://www.anepac.org.br/02/pdf/a_importancia_economica_social.pdf>. Acesso em: 24 out. 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A – *LAYOUT* DEFINIDO



DISTÂNCIA DA PENEIRA AOS CONES	
B1	18 metros
B2	21 metros
1/2	22 metros
3/8	20 metros
5/16	25 metros
1/4	19 metros

LEGENDA	
1	Rampa e área de manobra
2	Conjunto Primário
3	Pulmão primário
4	Britador secundário/ terciário
5	Peneira 1
6	Peneira 2
7	Cone de brita
8	Cone de brita
9	Cone de brita
10	Cone de brita
11	Cone de brita
12	Cone de brita
13	Cone de brita
14	Área para Guindastes

LAYOUT PLANE JADD

De uma área de terrenos, parte do lote "Z", situada no imóvel denominado Rio da Várzea, da Gleba Nº 1, 2ª Parte, da Colônia Mourão, município e comarca de Campo Mourão-Pr..

Proprietária: RIBEIRO E CHOPTIAN – ME

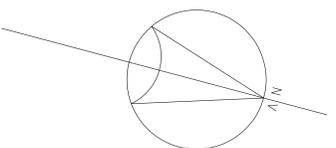
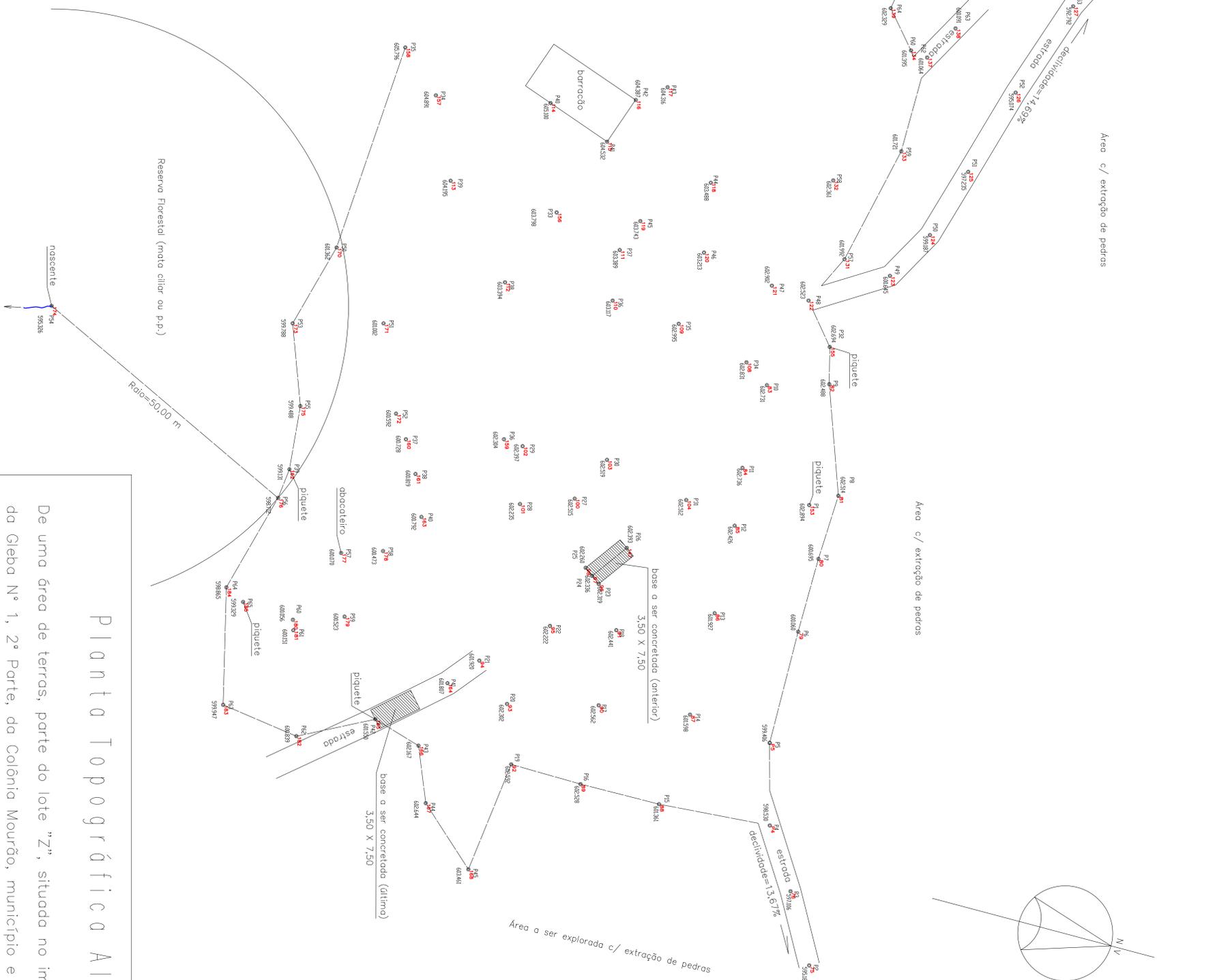
Data: 19/08/2011

Escala: 1/350

ANEXOS

ANEXO A – PLANTA TOPOGRÁFICA DO TERRENO

P/ Campo Mourão
 acesso
 estrada
 Vicente Magno e João Magno
 Lote N.º 46-28



Planta Topográfica Altimétrica

De uma área de terras, parte do lote "Z", situada no imóvel denominado Rio da Várzea, da Gleba N.º 1, 2.ª Parte, da Colônia Mourão, município e comarca de Campo Mourão-Pr..

Proprietária: RIBEIRO E CHOPTIAN – ME

Data: 07/06/2.011

Escala: 1/350