



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

NAYANA RIBEIRO PINTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2016

NAYANA RIBEIRO PINTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Áreas de Concentração: Máquinas Elétricas e Processamento de Energia

Orientador:

Professor Edson Guedes, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2016

NAYANA RIBEIRO PINTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Máquinas Elétricas e Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Edson Guedes da Costa, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho a Deus, fonte da minha vida, por me sustentar em todos momentos enfrentados ao longo dessa difícil caminhada. A minha família, que sempre torceu pelo meu sucesso; em especial aos meus pais, meus eternos professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter me dado força e perseverança para concluir essa etapa da minha vida.

Agradeço aos meus pais, que são a base da minha vida. A meu pai, Valmir, por manter sempre os meus pés no chão, por ser exemplo de seriedade e compromisso, pela confiança e pelo imenso esforço. A minha mãe, Rosilda, pelo amor incondicional, ensinamentos e incentivo.

Por fim, agradeço em especial ao professor Edson Guedes pela orientação em todo o relatório; A Elson Dantas, Luiz Albuquerque e aos demais integrantes da Rocha Asfalto e Mineração pelo conhecimento compartilhado e por terem tornado esses meses tão prazerosos.

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin.

RESUMO

Este documento, apresentado sob forma de relatório, descreve de maneira sequencial as principais atividades desenvolvidas pela estagiária na empresa Rocha Asfalto – Indústria de Asfalto, Locação de Equipamentos e Terraplanagem LTDA, correspondente ao estágio integrado discente, prestado durante os meses de fevereiro a maio (01/02 - 27/05) do corrente ano. Os trabalhos foram desenvolvidos nas dependências da própria jazida de mineração e se concentram na área de Eletrotécnica, como também, envolvendo de forma diversificada várias atividades técnico-administrativas de engenharia, contemplando o acompanhamento efetivo de todo o processo produtivo da usina de transformação, bem como, do planejamento e controle de seu fluxo produtivo. Outrossim, foi realizado o acompanhamento da construção de uma subestação de 1000 kVA com tensões de 13,8 kV/380-220 V, a ser implantada na unidade de britagem da empresa, como forma de atender demandas específicas do seu processo produtivo.

Palavras-chave: Estágio Rocha Asfalto, máquinas de britagem, máquinas de escavação, subestação.

ABSTRACT

This document, presented as a report, describes in a sequential way the main activities developed by the student in cooperation with the Rocha Asfalto – Indústria de Asfalto, Locação de Equipamentos e Terraplanagem LTDA, that represents the internship, that took place between February and May (01/02 - 27/05) of the current year. The activities were carried out in the mining field facilities, had focus at electrotechnics, involving many of the various technical and administrative activities of engineering, considering the effective monitoring of the entire production process of the processing plant, as well as planning and control of its production flow. In addition, the construction of a 1000 kVA/13.8 kV substation to be deployed in the crushing unit of the company was monitored to make sure it would meet specific demands of your production process.

Keywords: Internship, Rocha Asfalto, electrotechnics, substation.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Rocha asfalto e mineração.....	2
3	Processo produtivo	4
3.1	Detonação da mina.....	5
3.2	Máquinas de britagem.....	7
3.2.1	Britador primário do tipo mandíbula modelo MC120Z.....	8
3.2.2	Britador secundário do tipo cônico modelo MCO11	11
3.2.3	Peneira modelo MS19D.....	14
3.3	As máquinas de escavação	15
3.4	Caminhão de transporte	17
3.5	O produto final	17
4	Subestação	19
4.1	Classificação das subestações	19
4.1.1	Quanto ao tipo de instalação.....	19
4.1.2	Quanto ao nível de tensão.....	20
4.1.3	Quanto a sua função	20
4.2	Principais equipamentos de uma Subestação	21
4.2.1	Equipamentos de transformação	21
4.2.2	Equipamentos de manobra.....	23
4.3	Projetos de subestações.....	24
5	Atividades desenvolvidas	26
5.1	Emissão dos relatórios diários de obra (RDO).....	26
5.2	Acompanhamento da produção.....	28
5.3	Acompanhamento técnico do conjunto de britagem	30
5.3.1	Horímetro e abastecimento das máquinas	31
5.3.2	Desgastes	31
5.3.3	Temperatura e pressão da britadeira em cone.....	32
5.3.4	Momentos de parada.....	33
5.3.5	Sobrecarga e sobre dimensionamento dos britadores primário e secundário.....	34
5.3.6	Manutenções	34
5.4	Acompanhamento da subestação	36
5.4.1	Construção civil.....	38
5.4.2	Implantação da malha de aterramento	39
5.4.3	Fixação dos postes	40
5.4.4	Instalação dos equipamentos	40
6	Conclusão	48

Referências	49
ANEXO A – Planilhas de check-list	50

1 INTRODUÇÃO

O estágio é uma oportunidade de fundamental importância no processo de formação profissional. Constitui-se em um treinamento que proporciona ao estudante a consolidação dos conhecimentos adquiridos nas inúmeras disciplinas que compoem o currículo acadêmico. O termo de estágio teve vigência entre o dia 01 de fevereiro de 2016 e 27 de maio de 2016, totalizando uma carga horária de 668 horas.

O presente relatório tem como objetivo apresentar a experiência de estágio integrado da aluna Nayana Ribeiro Pinto, descrevendo, de forma sucinta, as atividades realizadas e os aprendizados adquiridos na empresa Rocha Asfalto – Indústria de Asfalto, Locação de Equipamentos e Terraplanagem LTDA. O estágio foi supervisionado pelos engenheiros Elson Dantas Martins (engenheiro Eletricista) e Luiz Albuquerque (engenheiro de Minas).

Durante período do estágio foram realizadas diversas atividades técnico-administrativas, dentre as quais podem ser citadas:

- Acompanhamento da elaboração de um projeto elétrico de uma subestação de 13,8 kV/380 – 220 V;
- Acompanhamento das atividades de manutenção preventiva, preditiva e corretiva;
- Acompanhamento das atividades relacionadas ao controle e planejamento de manutenções das máquinas utilizadas no processo de britagem e escavação;
- Solicitações de compras, verificações e recebimento de materiais que chegaram à empresa;
- Acompanhamento diário da saída dos materiais produzidos pela empresa.

Este relatório está organizado em seis capítulos. No segundo capítulo é apresentada uma descrição do grupo e da empresa na qual o estágio foi realizado. Os capítulos três e quatro abordam um breve embasamento teórico relativo às máquinas de britagem e de escavação, e subestações, respectivamente. Na sequência, no capítulo cinco são descritas as atividades desenvolvidas, seguidos das conclusões e referências bibliográficas, bem como anexos e informações complementares.

2 ROCHA ASFALTO E MINERAÇÃO

A Rocha Asfalto e Mineração – Indústria de Asfalto, Locação de Equipamentos e Terraplanagem LTDA, empresa pertencente ao grupo Rocha Cavalcante, atua em um novo segmento, a britagem móvel, com o objetivo de ampliar a área de operação do grupo.

Determinação e empreendedorismo são palavras que traduzem o sucesso do Grupo Rocha Cavalcante. Ética, transparência, respeito e responsabilidade social são os pilares que fazem parte do seu cotidiano, cuja missão é continuar sendo reconhecidos pela sua qualidade, excelência de prestação de serviços e total valorização da equipe, parceiros e clientes.

O grupo iniciou as suas atividades atuando na cidade de Campina Grande, Paraíba, e hoje encontra-se presente no mercado nordestino. O grupo tem 30 anos de experiência em diversos segmentos, entre eles: britagem móvel, construção civil, pré-moldados e usina de asfalto.

A Rocha Asfalto está localizada no bairro do Velame na cidade de Campina Grande e estende-se por uma área de aproximadamente 86.000 m². Ela é composta basicamente por um conjunto móvel de britagem, uma mina, de onde é retirado o minério para a produção, e pelas máquinas necessárias para o seu contínuo funcionamento. Na Figura 1 é apresentada uma vista panorâmica da empresa.

Figura 1 - Visão Macro da Empresa Rocha Asfalto e Mineração.



Fonte: Relatório de acompanhamento anual da Rocha Asfalto e Mineração.

Administrativamente, a empresa é formada por equipes. A equipe de gestão da Rocha Asfalto é formada por:

- 2 gerentes: um responsável pela gestão da produção (engenheiro de Minas) e o outro pela gestão operacional (engenheiro Eletricista);
- 1 supervisor administrativo;
- 1 estagiário.

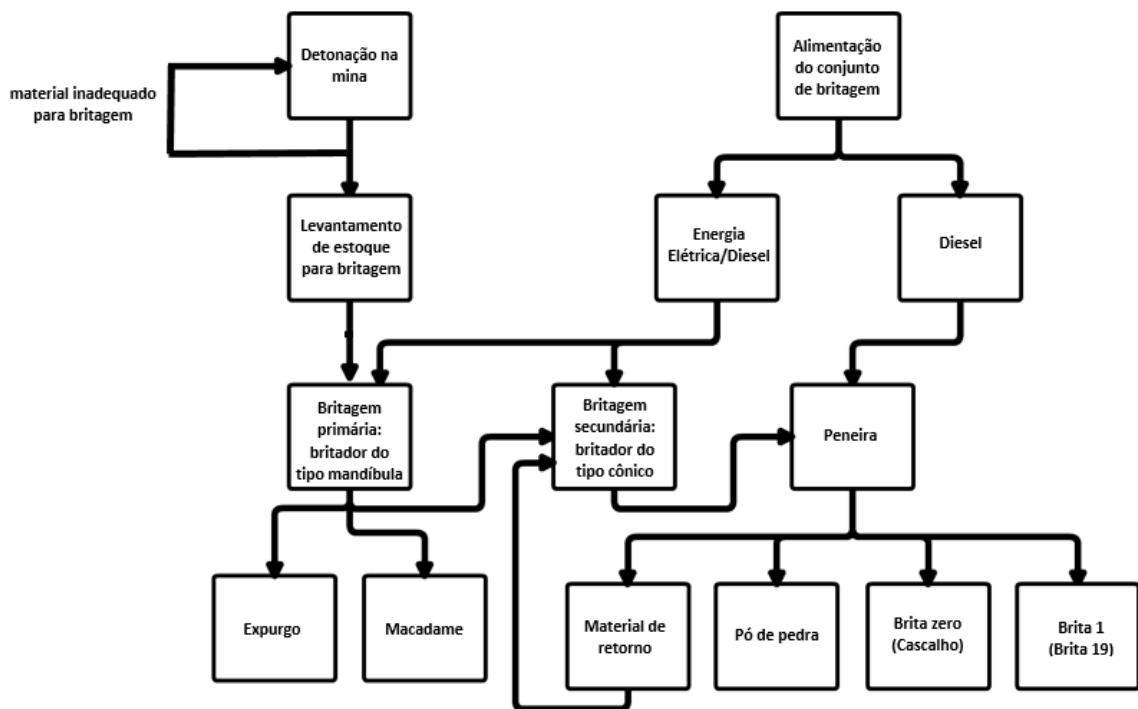
E a equipe de operação por:

- 1 operador das máquinas de britagem;
- 2 operadores das máquinas de escavação;
- 1 mecânico industrial;
- 2 ajudantes, que exercem a função de marroeiros;
- 2 motoristas de caminhão.

3 PROCESSO PRODUTIVO

No presente capítulo é apresentado o processo de produção da Rocha Asfalto e Mineração. A abordagem a seguir estende-se desde a extração da matéria-prima até o destino final dos produtos, seja para estoque ou transporte. Um fluxograma com as etapas realizadas é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema do processo produtivo.



Fonte: Autoria própria.

Durante o processo de produção, a grande preocupação da empresa consiste na realização de cada etapa de forma segura. A segurança dos trabalhadores é feita utilizando um conjunto de medidas adotadas com a finalidade de minimizar e/ou evitar os possíveis acidentes de trabalho, para isso a empresa exige a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI).

Os EPI utilizados pelos funcionários são:

- Máscara descartável de proteção respiratória: utilizadas para proteção contra a poeira liberada durante os processos de britagem;
- Capacete de segurança: utilizado para proteção contra impactos de objetos sobre o crânio;
- Óculos de segurança: utilizados para proteção dos olhos contra impacto de partículas volantes (estilhaços ou fagulhas), poeira, luminosidade intensa e respingos de produtos químicos;
- Luva de segurança: utilizada para proteção das mãos contra os segmentos de pedra;
- Calçado de segurança: botas são utilizadas para proteção dos pés contra impacto mecânico (queda de objetos, agentes cortantes, etc.), agentes térmicos e respingos de produtos químicos;
- Protetor auricular: utilizado para proteção do sistema auditivo contra elevados níveis de ruídos;
- Vestimenta de segurança: formado por calça e blusão; serve para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra raios ultravioletas.

Além disso, como medida de segurança, durante as detonações, a empresa exige o afastamento de todos os funcionários da empresa para um local seguro, permanecendo na mina apenas os profissionais responsáveis pela detonação, uma vez que há possibilidade de lançamentos de rochas ao redor da mina no momento da explosão.

3.1 DETONAÇÃO DA MINA

O processo produtivo se inicia com a detonação da mina para extração do material propício à britagem. Para que seja realizada a detonação, é necessário que seja feita a retirada da camada de terra depositada sobre as rochas (decapeamento) e a limpeza das pedras que restaram no terreno da detonação anterior. Além disso, é de suma importância o levantamento topográfico da superfície a ser detonada, de forma a obter o posicionamento planimétrico e a diferença de nível entre pontos, possibilitando a correta marcação e comprimento dos furos para executar o desmonte da rocha.

Os principais elementos que compõem uma detonação são:

- Perfuração: é a primeira operação realizada no processo da detonação e tem como finalidade a abertura de furos com distribuição e geometria adequada para alojar explosivos e promover o desmonte de rochas. A perfuração é feita utilizando máquinas perfuratrizes;
- Desmonte: explosão cuja finalidade é converter uma rocha em vários fragmentos menores para que possam ser escavados, transportados e britados pelos equipamentos disponíveis. Sua realização é feita tradicionalmente por meio de explosivos. O acionamento do desmonte só pode ser realizado por engenheiros de minas, estagiários da área e blasters (pessoas com treinamento técnico para o uso de explosivos);
- Explosivos: substância, ou mistura de substâncias, que tem a propriedade de sofrer transformações químicas violentas e rápidas, as quais resultam na liberação de grandes quantidades de energia em reduzido espaço de tempo. Os explosivos químicos são os mais utilizados na mineração e são classificados em altos explosivos e baixos explosivos. Os altos explosivos recebem essa denominação por possuírem elevadíssima velocidade de reação (1500 a 9000 m/s) e alta taxa de pressão (50.000 a 4 milhões de PSI). TNT e dinamites são os altos explosivos mais vendidos no mercado. Os baixos explosivos caracterizam-se por uma velocidade baixa de reação (poucas unidades de m/s) e pressões de, no máximo, 50.000 PSI;
- Acessórios para sequência de acionamento das cargas explosivas: dispositivos, aparelhos ou instrumentos que fornecem aos explosivos uma quantidade inicial de energia de ativação suficientemente capaz de promover as reações internas. Uma vez iniciada esta reação, ela se propaga através de toda a massa explosiva.

Os fragmentos menores das rochas resultantes do desmonte devem possuir granulometria compatível com a máxima abertura do britador primário. Entretanto, caso o material resultante apresente blocos com dimensões inapropriados para o britador, recorre-se à utilização de rompedores hidráulicos, conforme Figura 3, ou executa-se um desmonte secundário para redimensionamento do material.

Figura 3 - Fotografia de rompedor hidráulico utilizado para redimensionamento de blocos com granulometria inapropriada para o britador.



Fonte: Autoria própria

3.2 MÁQUINAS DE BRITAGEM

O processo de britagem consiste em operações realizadas por britadores em sucessivas etapas com a finalidade de fragmentar minérios com grandes dimensões para uma granulometria compatível com a aplicação final.

Os estágios de britagem podem ser classificados em: primário, secundário, terciário e até quaternário, também conhecido como peneiramento. Sua classificação é baseada em aspectos técnicos como granulometrias das pedras de alimentação e razão de redução desejada.

A planta de britagem utilizada pela Rocha Asfalto é composta por três máquinas: um britador primário do tipo mandíbula modelo MC120Z, um britador secundário do tipo cônico modelo MCO11 e uma peneira modelo MS19D, ambas do tipo móvel, o que possibilita a formação de vários arranjos que permitem expandir a faixa granulométrica de produção, reduzindo os altos custos de sucessivas montagens e desmontagens dos equipamentos.

Britadores móveis apresentam mecanismos de translação do tipo lagartas e, no momento de movimentação da máquina, deve ocorrer a mudança do modo de operação de britagem para o de condução através de um interruptor rotativo no painel de comando.

Algumas máquinas permitem o deslocamento por meio de controle remoto por rádio que permite a operação e deslocamento da instalação independente do painel de comando do armário de distribuição, cuja distância de funcionamento é de até 30 m.

As três máquinas de britagem possuem acionamento por meio de combustível, no entanto, as máquinas do processo primário, britador tipo mandíbula, e secundário, britador tipo cônico, também permitem alimentação por meio de gerador estacionário. Então, foi realizado um estudo sobre a viabilidade econômica de implantação de uma subestação para alimentar as unidades primária e secundária. O estudo será apresentado no capítulo 5.

3.2.1 BRITADOR PRIMÁRIO DO TIPO MANDÍBULA MODELO MC120Z

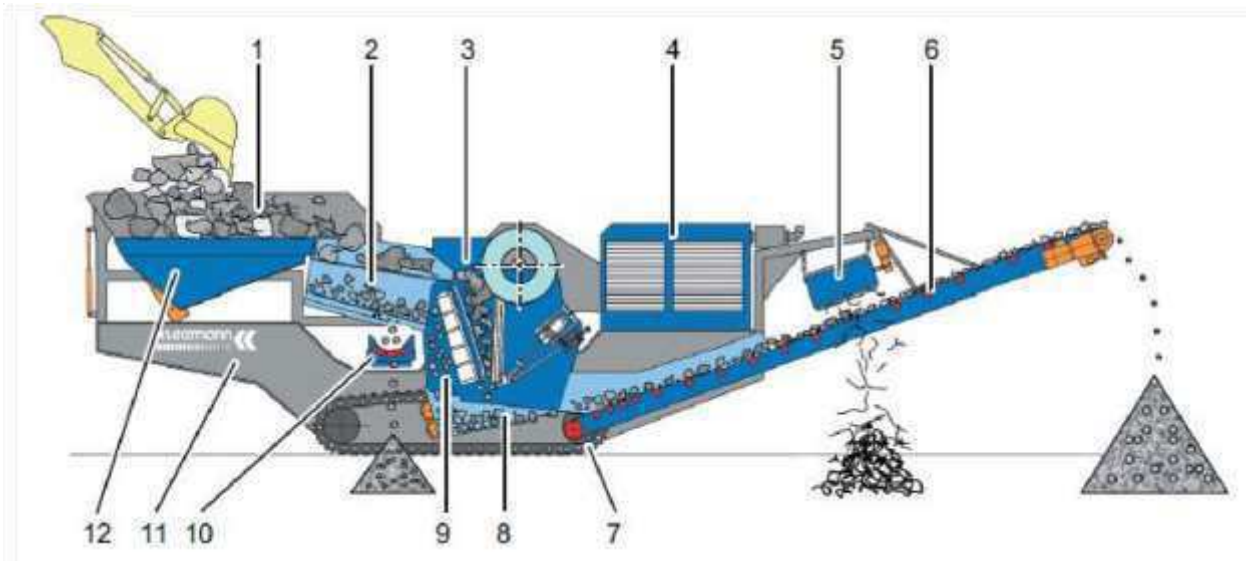
Os britadores do tipo mandíbula são amplamente utilizados em britagens primárias e secundárias, possibilitando a redução das dimensões do material para uma granulometria compatível com as etapas seguintes de britagem terciária e/ou quaternária. Na Figura 4 é apresentado o esboço do britador do tipo mandíbula utilizado na empresa.

O processo de fragmentação inicia-se após realizar o carregamento do material para a tremonha de carregamento (1) com o auxílio de uma máquina de escavação.

A calha de carregamento (12) transporta o material alimentado através da sua movimentação oscilante para o crivo preliminar (2), que separa o material recebido a depender do revestimento do crivo colocado. O crivo possui duas plataformas, uma superior e uma inferior, que são equipadas com chapas de aço perfuradas com diâmetros diferentes, assim:

- O material que não trespassa a plataforma superior vai diretamente para a britadeira de maxilas;
- O material que trespassa a plataforma superior, mas não a plataforma inferior, é transportado através do *by-pass* (9) para a calha de descarga (8);
- O material que trespassa a plataforma inferior do crivo preliminar é transportado sobre a esteira do crivo preliminar (10) para o primeiro montante de material, nomeado expurgo.

Figura 4 - Esboço do britador tipo mandíbula.



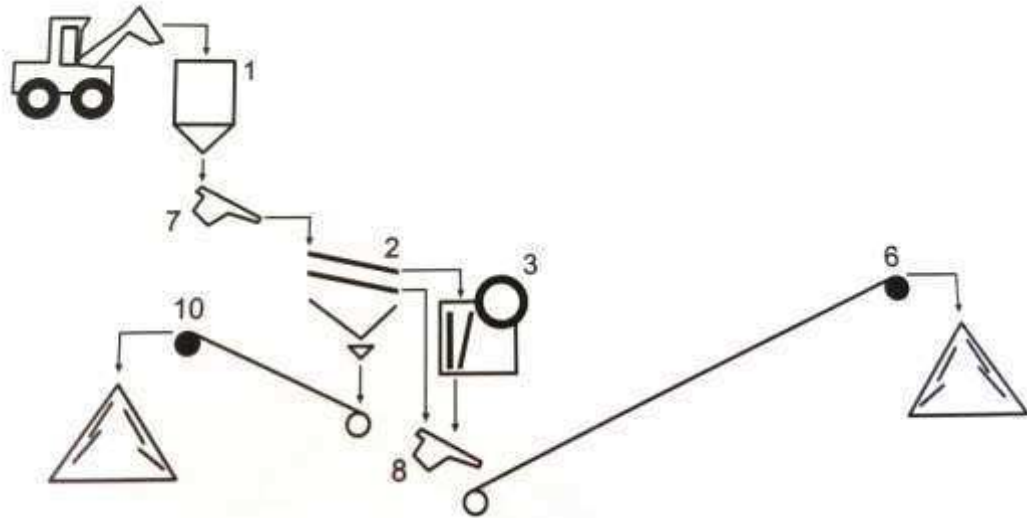
Fonte: Manual de instruções MOBICAT MC120Z.

Em seguida, o material encaminhado à britadeira de maxilas (3) é fragmentado de acordo com o ajuste da fenda da britadeira. Este equipamento consiste de uma mandíbula (placa) fixa e uma móvel conectada ao eixo excêntrico que fornece o movimento elíptico de aproximação e afastamento entre as placas, fazendo com que o material seja fragmentado enquanto desce progressivamente entre as mandíbulas. No processo de fragmentação, cerca de 30% dos grãos, fora da faixa de ajuste, seguem para as próximas etapas.

O material resultante é, então, encaminhado à calha de descarga que o repassa à esteira de descarga da britadeira (6). A partir desse momento, se o material for encaminhado a um montante, obtém-se o material conhecido por macadame, caso contrário, o material segue para uma etapa secundária de britagem.

Antes de seguir para a etapa seguinte, as pedras podem passar por um separador magnético (5), com a finalidade de extrair os componentes ferrosos do material e lançá-los para fora do monte. Esse elemento é opcional e não está presente na máquina utilizada pela empresa. Na Figura 5 é apresentado um fluxograma ilustrando o fluxo do material dentro da instalações.

Figura 5 - Fluxograma da sequência de etapas do material no britador tipo mandíbula.



Fonte: Manual do britador MC120Z da Kleemann.

Os comandos para execução e as funções realizadas durante a instalação e manutenção são controlados a partir do posto de comando, que está localizado em um armário fixado no chassi da máquina. O posto de comando contém todos os elementos de comutação e proteção elétricos do britador, bem como indicadores de variáveis relevantes no processo produtivo. Além disso, no posto são apresentadas as possíveis mensagens de falha, através de abreviações no painel de comando OP3 (controlador lógico programável), indicadas também a partir de luzes de advertência e sirenes.

Figura 6 - Fotografia do painel de controle do britador de maxilas.



Fonte: Autoria própria.

No sistema elétrico do britador são distinguidas duas redes elétricas: uma rede de corrente contínua de 24 V, que alimenta o sistema elétrico dos comandos, e uma de corrente trifásica de 400 V, que alimenta os acionamentos elétricos. O sistema é composto por um motor de arranque, um gerador (alternador) de 24 V e um gerador de 400 V.

O alternador de 24 V é acionado por meio do motor de arranque, que realiza o acionamento das correias trapezoidais do motor a diesel. A alimentação elétrica do motor de arranque provém de duas baterias de 12 V ligadas em série.

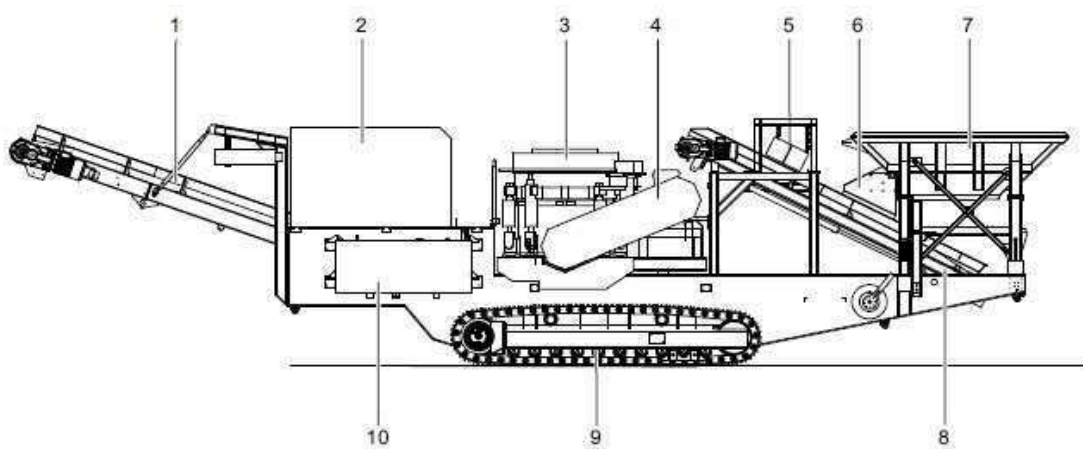
O gerador de 400 V é síncrono sem escovas, auto-excitado e autorregulado, sendo acionado através de um acoplamento direto com o motor a diesel.

3.2.2 BRITADOR SECUNDÁRIO DO TIPO CÔNICO MODELO MCO11

O britador do tipo cônico tem a compressão como princípio básico de britagem (fragmentação), no qual o eixo móvel de movimento excêntrico, localizado no centro do britador, comprime as partículas na carcaça lateral que é fixa. Essas máquinas são principalmente utilizados em britagens secundárias, para redução intermediária ou final de material.

O processo de funcionamento desta máquina inicia-se com o carregamento de material que é descarregado da esteira do britador primário para a tremonha de carregamento (7) do britador secundário. Na Figura 7 é apresentado o esboço de um britador do tipo cônico.

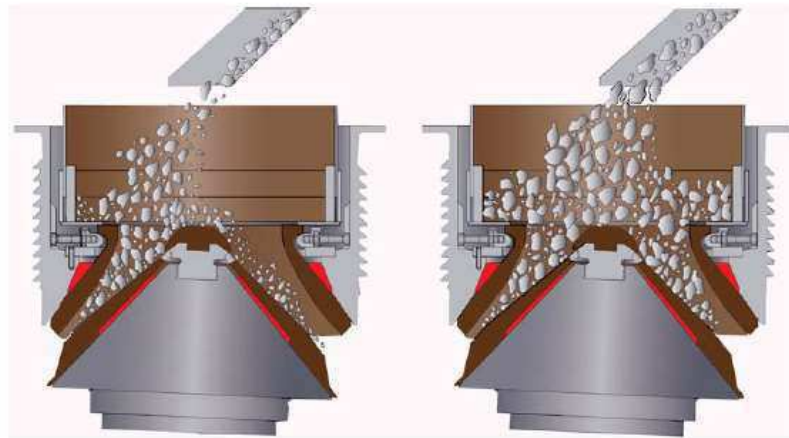
Figura 7 - Esboço do britador do tipo cônico MCO11.



Fonte: Manual do MCO11 da Kleemann.

A calha de carregamento (6) transporta o material para a esteira de carregamento (8) que conduz o material até a britadeira em cone (3). A britadeira realiza a fragmentação do material a partir da compressão do cone, que realiza movimento excêntrico, e a carcaça, como é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Imagem de um britador cônico.



Fonte: Manual de instruções do britador tipo cônico da Kleemann.

A imagem à esquerda apresenta a britadeira com carregamento desfavorável, com material de carregamento insuficiente, enchimento unilateral e distribuição irregular, diferentemente da imagem à direita que apresenta a condição perfeita de carregamento.

Os ajustes da fenda da britadeira de cone dependem das propriedades do material britado e do consumo de energia do motor nas condições locais. A fim de garantir um funcionamento livre de interferências e para a obtenção de um desempenho perfeito da britadeira, algumas condições devem ser satisfeitas, tais como:

- Enchimento uniforme da britadeira de cone com o material de trituração;
- Enchimento suficiente (britadeira de cone em plena carga);
- Composição homogênea do grão do material de trituração;
- Estado do material de trituração:
 - Menor que a fenda da britadeira do lado aberto (unidades de tamanho excessivo originam obstruções e danos na britadeira);

- Na medida do possível sem material colante e/ou aglutinantes como, por exemplo, argila.

Duas sondas de nível podem ser acopladas a este tipo de britador, um na tremonha de carregamento e outro na britadeira, com a finalidade de diminuir o recebimento de material quando o alimentador estiver com sobrecarga.

Após realizar a fragmentação, o material é encaminhado à esteira de saída do britador (1). Por fim, se o material for encaminhado a um montante, obtêm-se material sem graduação específica, caso contrário, o material segue para etapa de peneiramento.

Antes de seguir para a etapa seguinte, as pedras podem passar por um separador magnético (5), com a finalidade de extrair os componentes ferrosos do material e lançá-los para fora do monte. Esse elemento é opcional e não está presente na máquina utilizada pela empresa.

Da mesma forma que no britador do tipo mandíbula, os comandos para execução e as funções realizadas durante a instalação e manutenção são controlados a partir do posto de comando, que está localizado em um armário fixado no chassi da máquina, como pode ser observado na Figura 9

Figura 9 - Fotografia do armário distribuição do MCO11.



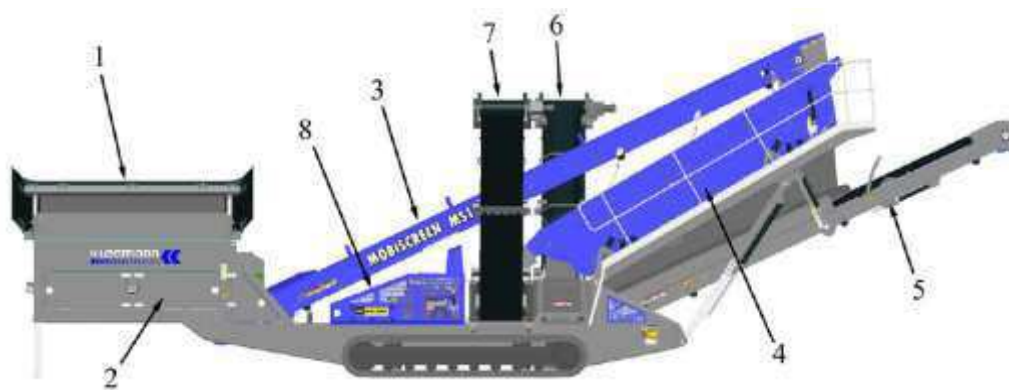
Fonte: Autoria própria

O sistema elétrico do britador do tipo cônico é similar ao descrito para o britador do tipo mandíbula.

3.2.3 PENEIRA MODELO MS19D

As peneiras são máquinas de separação de material, que tipicamente separam os materiais: areia, cascalho, pedra, solo, carvão e terra. O processo de funcionamento inicia-se com o carregamento de material para o alimentador (1) a partir da esteira de saída do britador secundário. A Figura 10 apresenta um esboço da peneira utilizada da empresa.

Figura 10 - Esboço da peneira modelo MS19.



Fonte: Manual de instruções do modelo MS19.

O material é encaminhado para o transportador principal (3) e conduzido até a unidade de crivo (4), que é responsável pelo peneiramento da matéria-prima para quatro produtos em três níveis de revestimento, dentre os quais:

- Brita não graduada: primeira etapa de peneiramento; retida a partir da tela de 25 mm, o material segue para um transportador lateral esquerdo (6);
- Brita 19: segunda etapa de peneiramento; retida a partir da tela de 12 mm; o material segue para o transportador lateral direito (7);
- Cascalho: terceira etapa de peneiramento; retido a partir da tela de 5 mm; o material segue para um transportador lateral esquerdo (6);
- Pó de pedra: material residual das três etapas de peneiramento; o material segue para o transportador de extremidade traseira (5).

A angulação dos transportadores e da unidade de crivo é regulada de acordo com as exigências de produção. As funções de partida são controladas durante os trabalhos de ajuste e manutenção na unidade de alimentação, conforme mostrado na Figura 11, que inclui o motor, o depósito hidráulico e os controles operacionais da máquina.

Figura 11 - Fotografia da unidade de alimentação.



Fonte: Autoria própria.

3.3 AS MÁQUINAS DE ESCAVAÇÃO

Os equipamentos de escavação são máquinas que tem a finalidade de escavar e carregar material para uma unidade de depósito ou transporte. Em empresas de britagem, as máquinas de escavação mais utilizadas são pás carregadeiras e escavadeiras.

As pás carregadeiras são tratores de pneus ou esteiras, com caçambas na dianteira, que escavam, levantam e descarregam materiais. O mecanismo de translação de carregadeiras com pneus garante mobilidade no canteiro de obra. Na Figura 12 é apresentada uma fotografia da pá carregadeira utilizada na empresa.

Figura 12 - Fotografia da pá carregadeira 1580.



Fonte: Autoria própria.

As escavadeiras hidráulicas são máquinas capazes de desempenhar inúmeras funções. As suas principais funções no processo de britagem são: carregar os caminhões com o material fragmentado resultante do desmonte de uma rocha e alimentar os britadores. Essas máquinas possuem características de execução estacionária, isto é, sem efetivo deslocamento no momento de operação e são montadas, principalmente, sobre esteiras. O modelo da escavadeira utilizada pela empresa está apresentada na Figura 13.

Figura 13 - Fotografia de uma escavadeira hidráulica R944C.



Fonte: Liebherr.

3.4 CAMINHÃO DE TRANSPORTE

Os equipamentos destinados ao transporte de material são, em geral, caminhões basculantes, pois estes são capazes de transportar material bruto, abrasivo ou aderente em uma diversidade de terrenos, garantindo um bom rendimento de produção. A Figura 13 mostra o modelo do caminhão utilizado pela empresa.

Figura 14 - Fotografia de um caminhão ROSSETTI modelo 01 516 0000.



Fonte: Autoria própria.

3.5 O PRODUTO FINAL

Os produtos finais resultantes do processo produtivo da pedra encontram-se relacionados com as suas principais aplicações na Tabela 1.

Tabela 1 - Produtos resultantes do processo produtivo e suas respectivas aplicações.

Material	Faixa granulométrica	Aplicações
Brita Zero (Cascalho)	5,1 a 12mm	Artefatos de concreto (pré-- moldados); Chapiscos; Confecção de massa asfáltica; Estruturas de ferragens densas.
Brita 1 (Brita 19)	12,1 a 25mm	Artefatos de concreto (pré-- moldados); Confecção de massa asfáltica.
Brita 2 (Brita 25/não graduada)	> 25mm	Alicerce de casas; Artefatos de concreto (pré-- moldados); Base e sub-base.
Expurgo	-	Preenchimento em aterros.
Macadame	Até 250mm	Base e sub-base; Calçamento; Drenagens; Muros de contenção.
Pó de pedra	0,1 a 5mm	Calçamento de pisos pré-- moldados; Terraplanagem.

Fonte: Autoria própria.

4 SUBESTAÇÃO

Neste capítulo é apresentado um breve descritivo sobre os principais tipos, características e componentes das subestações.

Uma subestação (SE) é um conjunto de equipamentos interligados com a finalidade de modificar os níveis de tensão e corrente, controlar o fluxo potência, bem como de garantir a proteção do sistema elétrico.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

A classificação das subestações pode ser feita conforme seu tipo de instalação, seu nível de tensão e sua função no sistema elétrico.

4.1.1 QUANTO AO TIPO DE INSTALAÇÃO

As subestações podem ser construídas a céu aberto (externas) ou em interiores (abrigadas). Na subestação a céu aberto todos os equipamentos estão sujeitos continuamente a condições atmosféricas adversas (chuva, vento, poluição. etc.), que desgastam os equipamentos e materiais componentes, exigindo, portanto, uma manutenção mais frequente.

Na subestação abrigada, os equipamentos são instalados no interior de construções, não estando tão sujeitos às intempéries como no caso da subestação a céu aberto. As subestações abrigadas podem ser construídas em locais que possuem ar na pressão atmosférica ou em construções blindadas, que podem ser isoladas a óleo, ar comprimido ou hexafluoreto de enxofre (SF₆).

4.1.2 QUANTO AO NÍVEL DE TENSÃO

O nível de tensão de operação da subestação classifica-a como de baixa, média, alta ou extra alta tensão. As subestações classificadas como de baixa tensão possuem níveis de tensão que chegam a, no máximo, 1 kV. As de média tensão possuem níveis de tensão que variam entre 1 e 34,5 kV, sendo amplamente encontradas com tensões de 6,6, 13,8, 23 e 34,5 KV. As de alta tensão possuem níveis entre 34,5 e 230 kV, cujas tensões típicas são de 69, 138 e 230 kV. As SE de extra alta tensão possuem níveis de tensão superiores a 230 kV e suas tensões típicas são de 345, 440, 500 e 750 kV.

4.1.3 QUANTO A SUA FUNÇÃO

As subestações podem ser: transformadoras, seccionadoras (também chamada de manobra ou de chaveamento), conversoras, de transmissão ou de distribuição.

A subestação transformadora converte a tensão de suprimento para um nível diferente, maior ou menor, sendo designadas, respectivamente, de subestação transformadora elevadora ou subestação transformadora abaixadora.

Em geral, as subestações próximas aos centros de geração são elevadoras, característica que proporciona transporte econômico da energia. A elevação no nível de tensão é comumente utilizada para facilitar o transporte da energia, diminuir as perdas do sistema e melhorar o processo de isolamento dos condutores. As subestações próximas aos centros de carga são geralmente abaixadoras e evitam inconvenientes para a população como rádio interferência e campos magnéticos intensos.

A subestação seccionadora interliga circuitos de suprimento sob o mesmo nível de tensão, possibilitando a sua multiplicação, bem como possibilita o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

A subestação conversora converte a energia elétrica em corrente alternada para energia elétrica em corrente contínua e/ou vice-versa, podendo ser de dois tipos: conversora retificadora, que opera apenas no sentido da corrente alternada para a corrente contínua, e conversora inversora, que opera apenas no sentido da corrente contínua para a corrente alternada.

A subestação conversora de frequência converte energia elétrica em corrente alternada de uma determinada frequência para energia elétrica em uma frequência diferente.

A subestação de transmissão é uma subestação transformadora na qual entram e saem linhas de transmissão, já a subestação de distribuição recebe energia de linhas de sub-transmissão, transferindo-as para as linhas de distribuição (que alimentam diretamente alguns consumidores, ou através de transformação adicional a distribuição secundária).

4.2 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

4.2.1 EQUIPAMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO

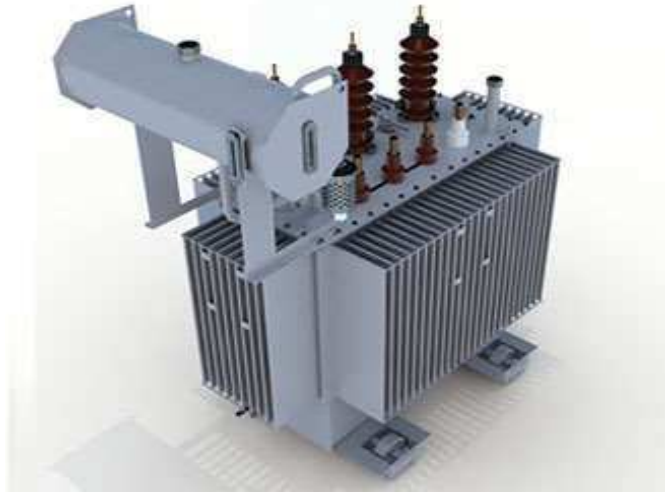
TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

O transformador é um conversor de energia eletromagnética, cuja operação pode ser explicada em termos do comportamento de um circuito magnético excitado por uma corrente alternada. Consiste de duas ou mais bobinas de múltiplas espiras enroladas no mesmo núcleo magnético e isoladas deste. Uma tensão variável aplicada à bobina de entrada (primário) provoca o fluxo de uma corrente variável, criando assim um fluxo magnético variável no núcleo que induz uma tensão na bobina de saída (ou secundário).

Com relação ao número de fases, os transformadores de potência podem ser classificados em monofásicos ou trifásicos. Já quanto ao número de enrolamentos eles se classificam em transformadores de dois ou mais enrolamentos ou autotransformadores.

Sem os transformadores de força seria praticamente impossível o aproveitamento econômico da energia elétrica, pois a partir deles foi possível a transmissão em tensões cada vez mais altas, possibilitando grandes economias nas linhas de transmissão em trechos cada vez mais longos. Na Figura 15 é apresentada a imagem de um transformador.

Figura 15 - Transformador de força.



Fonte: Tubos Trans Eletric empresa.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

Os transformadores de instrumentos são transformadores de corrente (TC) e transformadores de potencial (TP) que têm a finalidade de reduzir a corrente ou a tensão, respectivamente, a níveis compatíveis com os valores de suprimento de relés e medidores. Portanto, estes equipamentos têm como finalidades isolar o circuito de baixa tensão (secundário) do circuito de alta tensão (primário) e reproduzir os efeitos transitórios e de regime permanente aplicado ao circuito de alta tensão, o mais fielmente possível, no circuito de baixa tensão. Na Figura 16 é mostrada a imagem de um transformador de potencial e um de corrente.

Figura 16 - TP e TC.



Fonte: FIEE, 2015.

4.2.2 EQUIPAMENTOS DE MANOBRA

DISJUNTORES

A principal função dos disjuntores é a interrupção de correntes de falta tão rapidamente quanto possível, de forma a limitar a um mínimo os possíveis danos aos equipamentos por curtos-circuitos. Observa-se este equipamento na Figura 17.

Figura 17 - Fotografia de um disjuntor de média tensão.



Fonte: Autoria própria.

CHAVES SECCIONADORAS

Chaves seccionadoras são dispositivos destinados a isolar equipamentos ou zonas de barramento, ou ainda, trechos de linhas de transmissão por necessidade operativa ou por necessidade de realizar manutenções. Neste último caso, as chaves abertas, que isolam o componente em manutenção, devem ter uma suportabilidade entre terminais, às solicitações dielétricas de forma que o pessoal de campo possa executar o serviço de manutenção em condições adequadas de segurança. A imagem de uma chave seccionadora é mostrada na Figura 18.

Figura 18 - Chave seccionadora tripolar.



Fonte: SHACK.

4.3 PROJETOS DE SUBESTAÇÕES

O desenvolvimento do projeto de uma subestação está condicionado às exigências de fornecimento e suprimento, sendo assim, são informações imprescindíveis ao projetista: planta de localização, demanda a suprir, tensão de alimentação e previsão de crescimento. Os projetos têm a finalidade de prever e direcionar a execuções de operações e devem obedecer às especificações das correspondentes normas brasileiras (NBR).

Estes projetos compreendem:

- Projetos civis: contêm principalmente informações de drenagem, caixas de passagem, pavimentação, cercas, muros, portões, base para equipamentos e estruturas, e, anexados a estes têm-se o memorial de cálculo;
- Projetos elétricos: o memorial descritivo deste projeto compreende o sistema básico de operação da instalação, características e detalhes de ligação de equipamentos, identificação de componentes, equipamentos, código de cores, mensagens e memorial de cálculos. Estes projetos são subdivididos em projetos de:
 - Aterramento;
 - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA);
 - Proteção;
 - Telecomunicação;

- Circuitos:
 - Especificação de Equipamentos;
 - Diagrama Unifilar Básico;
 - Plantas e Cortes;
 - Memorial Descritivo.
- Projetos Eletromecânicos: devem apresentar plantas referentes à situação, arranjos físicos, locação, barramentos e estruturas de suporte. Fazem parte dos projetos eletromecânicos de uma subestação:
 - Estruturas;
 - Projeto do Barramento;
 - Pórticos e Ferragens.

Cada projeto deve atender os padrões adotados pela concessionária responsável, assegurando assim uma maior confiabilidade e segurança tanto na sua operação de instalação quanto no funcionamento. Em Campina Grande as normas a serem seguidas são as da Energisa.

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No presente capítulo estão detalhadas as atividades propostas à estagiária pela empresa concedente, mediante supervisão do engenheiro eletricista Elson Dantas Martins.

No período de vigência do estágio foram realizadas atividades de caráter administrativo, bem como atividades técnicas diretamente relacionadas à área da engenharia elétrica

5.1 EMISSÃO DOS RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (RDO)

A estagiária, com a supervisão do engenheiro responsável, redigia diariamente um relatório ao fim de cada dia trabalhado, com o intuito de informar todas as atividades realizadas no pátio da pedreira. Dessa forma, os engenheiros responsáveis poderiam monitorar e fazer ajustes, caso fosse necessário, no cronograma geral das obras. O modelo do RDO utilizado na obra é mostrado na Figura 19.

5.2 ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO

Ao iniciar o estágio, foi feito o treinamento do software Data Gold destinado para gestão de pedreiras, porém o mesmo não foi implementado. Então, foi de responsabilidade da estagiária criar uma planilha, apresentada na Figura 20, para registrar diariamente toda a saída de material.

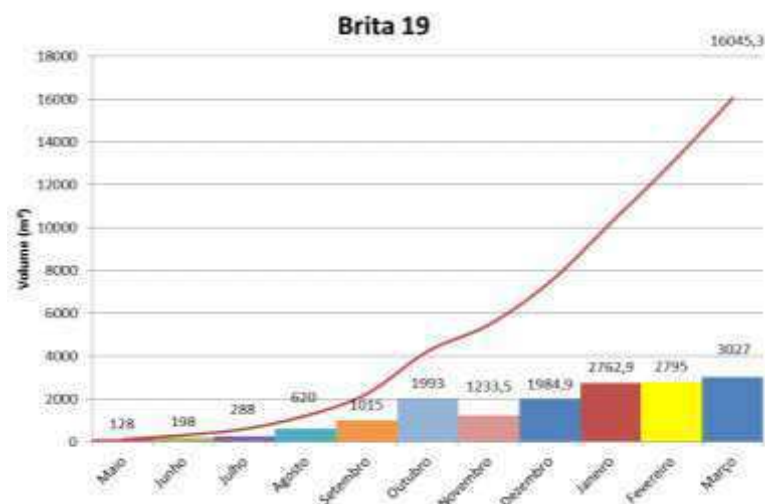
Figura 20 - Planilha de acompanhamento de material enviado.

ROCHA		Pedreira Rocha Asfalto e Mineração Acompanhamento de material enviado								
Destino	Data	Quantidade	Placa	Material	Volume	Observações	VolxQuant (m³)	Preço	Preço considerando frente	TOTAL
José Maurício Araújo	12/04/2016	1	NQF - 2835	Brita 1 (Brita 19)	13		13	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 650,00
Raminho	12/04/2016	1	OFH - 5819	Brita 1 (Brita 19)	12		12	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 600,00

Fonte: Autoria própria.

O acompanhamento da saída do material é de fundamental importância, uma vez que é possível acompanhar a quantidade de insumos que são vendidos mensalmente na pedreira, conforme mostram os gráficos das Figuras 21, 22 e 23, bem como o capital obtido com as vendas.

Figura 21 - Gráfico de acompanhamento da produção de brita 19.



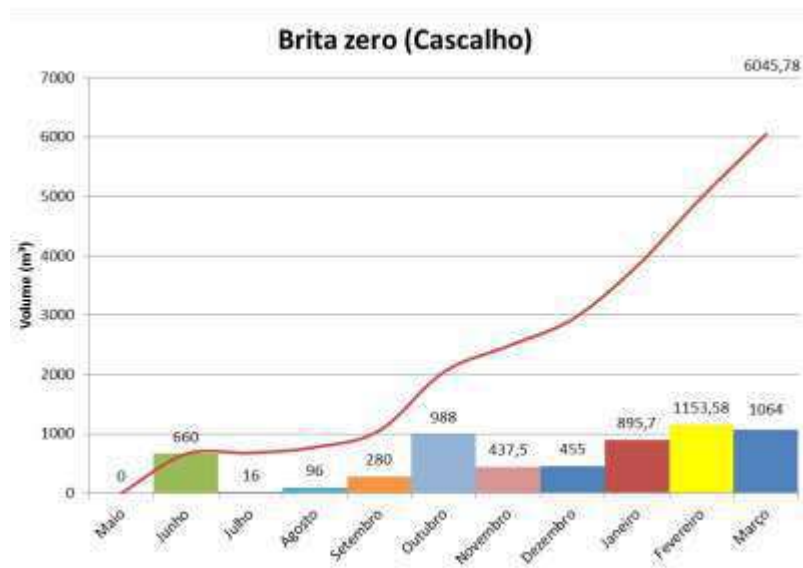
Fonte: Autoria própria.

Figura 22 - Gráfico de acompanhamento da produção de pó de pedra.



Fonte: Autoria própria.

Figura 23 - Gráfico de acompanhamento da produção de brita zero.



Fonte: Autoria própria.

5.3 ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DO CONJUNTO DE BRITAGEM

Durante o treinamento realizado na entrega técnica das máquinas foi indicado pelo engenheiro responsável que o acompanhamento do conjunto das máquinas de britagem deveria ser realizado diariamente, a fim de verificar variáveis importantes para manutenção, consumo e produção. Então, juntamente com o operador das máquinas de britagem, a estagiária executava as inspeções necessárias, que eram repassadas para um documento, denominado de *check-list*.

Para o preenchimento do *check-list*, eram verificados: nível de óleo do motor diesel; nível de água do radiador; filtro de ar do motor; presença de água no filtro separador, retirando-a; nível de óleo hidráulico; presença de vazamentos; desgastes ou cortes nas correias; dentre outros.

Além dos itens inspecionados no *check-list*, para a correta operação das máquinas, outros elementos específicos de cada máquina eram inspecionados diariamente. Sempre era examinado se o britador primário de mandíbula, MC120Z, iniciava sua operação com a mandíbula em vazio, para tanto, verificava-se, também, o acúmulo de material na mesa vibratória. Furos ou falhas nas telas e ausência de parafusos ou parafusos frouxos na pré-peneira também eram itens verificados.

Da mesma forma que para o mandíbula, era verificado se o britador cônico, MCO11, iniciava sua operação com o cone em vazio. Além disso, eram verificados: temperatura de entrada e saída; pressão de lubrificação; distribuição do material no cone; área livre de descarga do britador; presença de ruídos anormais e desgaste do revestimento interno do cone.

Na peneira MS19D, furos ou falhas nas telas, bem como ausência de parafusos ou parafusos frouxos eram sempre inspecionados.

Todas as informações dos *check-lists* eram transferidas para planilhas criadas pela estagiária, de modo a realizar o acompanhamento das principais variáveis do conjunto de britagem. Os modelos dos *check-lists* estão disponíveis no Anexo A.

5.3.1 HORÍMETRO E ABASTECIMENTO DAS MÁQUINAS

Os britadores primário e secundário apresentam dois horímetros, um correspondente ao tempo de trabalho do motor e o outro ao tempo de trabalho do britador. O acompanhamento dos horímetros das máquinas de britagem e de escavação, bem como do odômetro dos caminhões, eram realizados duas vezes no dia, para que pudesse ser feito o levantamento do consumo diário e mensal de cada máquina.

O controle do consumo de óleo diesel por hora trabalhada foi um item acompanhado com cautela para todas as máquinas da empresa. Esse acompanhamento foi bastante importante na decisão de substituir a alimentação dos britadores primário e secundário por energia elétrica, item que será abordado na sessão 5.3.2.

A planilha desenvolvida para esse acompanhamento é apresentada na Figura 24.

Figura 24 - Planilha de acompanhamento de abastecimento.



PEDREIRA ROCHA ASFALTO
Acompanhamento de abastecimento

Mês	Pá Carregadeira		Escavadeira		NQF - 3895		NQF - 3885	
	Horas trabalhadas	Consumo (l/h)	Horas trabalhadas	Consumo (l/h)	km rodados	Consumo (km/l)	km rodados	Consumo (km/l)
Setembro	83,6	14,47	51	41,85	1515,9	1,12	998,1	1,25
Outubro	44,4	12,39	61,2	36,42	1125,5	1,27	1064,9	1,30
Dezembro	86,4	11,23	94,5	35,69	890	1,36	697,4	0,94
Janeiro	115,9	12,48	63,9	30,8	1115,6	1,09	1363,4	1,41
Fevereiro	119,4	14,03	98	37,76	981,3	1,25	1243,7	1,35
Março	206	14,05	168,9	32,04	1153,5	1,11	853,1	0,85
Média de consumo das máquinas	13,56		35,95		1,20		1,18	

Fonte: Autoria própria.

5.3.2 DESGASTES

Resultante de fontes de atrito, cada sessão de britagem ocasiona os mais variados tipos de desgastes. Então, para assegurar a confiabilidade, eram verificadas diariamente a abertura do cone, as condições das telas da peneira e as esteiras do conjunto antes de iniciar o processo, já a abertura do mandíbula era verificada quinzenalmente.

O britador mandíbula, quando em trabalho na linha de processo, operava com abertura de 110 mm e apresentava um desgaste mais lento quando comparado com o britador secundário. Quando os desgastes excediam 10 mm, eram inseridas placas de aço a fim de garantir a abertura desejada. Atualmente o mandíbula tem 4 placas de 15 mm cada.

As telas da peneira apresentam desgaste aperiódico e são trocadas assim que furos, falhas ou alto desgaste na malha são detectados. A primeira troca ocorreu a fim de regular a qualidade do material fino que estava sendo acumulado, para tanto, a tela, que inicialmente era do tipo harpa, foi trocada por uma do tipo malha. Essa regulagem foi necessária, pois no pó de pedra continham porções significativas de cascalho.

5.3.3 TEMPERATURA E PRESSÃO DA BRITADEIRA EM CONE

O britador secundário apresentou alguns parâmetros que necessitaram de um acompanhamento mais rigoroso, como por exemplo, temperatura de entrada e pressão de operação, que eram verificadas diariamente após aproximadamente 30 minutos do início do processo de britagem. Após a descoberta de um problema de regulagem da abertura do cone, sentiu-se a necessidade de acompanhar, também, o comportamento da temperatura de saída. Estes parâmetros eram observados pois deveriam apresentar valores constantes e dentro da faixa de operação esperada: Temperatura de entrada e saída menor que 60°C; pressão de lubrificação maior que 30 PSI.

Para estas variáveis também foi desenvolvida uma planilha e como resultado tem-se o gráfico da Figura 25, que apresenta o comportamento destes parâmetros durante o período de estágio.

Figura 25 - Gráfico de acompanhamento das variáveis do cone.



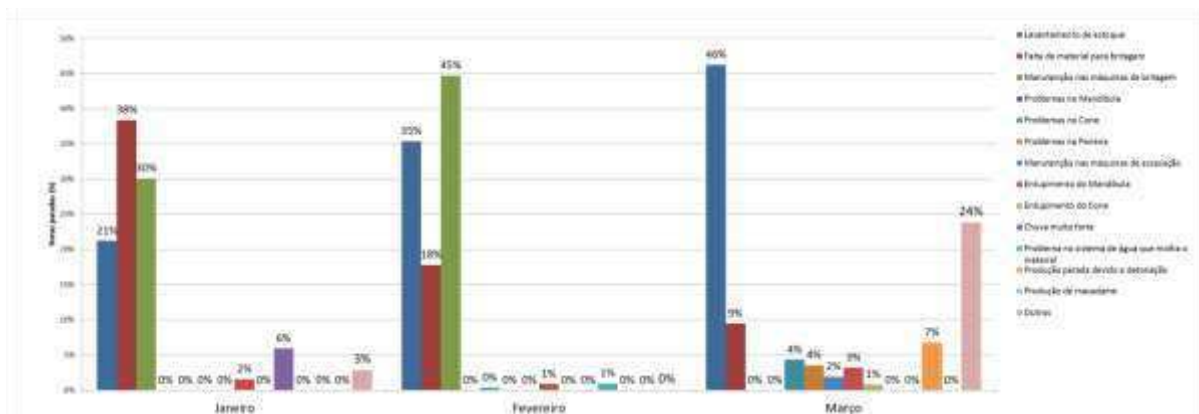
Fonte: Autoria própria.

No início do estágio, entre o fim de novembro e início de dezembro, verificou-se que a pressão de lubrificação e a temperatura de saída variaram bruscamente. A equipe técnica contatada informou que os valores obtidos eram resultantes dos desgastes e que não era algo preocupante. Após realizar a troca das peças que estavam desgastadas, as variáveis apresentaram o comportamento esperado.

5.3.4 MOMENTOS DE PARADA

Os motivos de interrupção do processo produtivo eram acompanhados mensalmente pela estagiária e registrados em uma planilha que gerava um gráfico com o levantamento das principais ocorrências em cada mês, como apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Gráfico dos principais motivos de parada.



Fonte: Autoria própria.

Após gerar o gráfico, era feita uma análise gráfica sobre os principais motivos pelo qual o processo era interrompido e repassado para o engenheiro operacional.

As principais causas que levavam a interrupção do processo eram o levantamento de estoque para britagem e a falta de material para britar. Isso acontecia porque a empresa possuía uma única escavadeira hidráulica para as atividades de carregamento de material para os caminhões na mina e de alimentador do mandíbula. Além disso, possuíam apenas dois caminhões que realizavam o carregamento do material da mina para os britadores e a entrega do material que era comprado na empresa.

A fim de solucionar esse problema, a empresa solicitou a compra de uma nova escavadeira, que chegou no final do período de vigência do estágio, porém, mesmo com o

curto período em que a estagiária presenciou as duas escavadeiras em operação, pode-se verificar uma diminuição significativa no tempo em que os britadores permaneciam parados.

5.3.5 SOBRECARGA E SOBRE DIMENSIONAMENTO DOS BRITADORES PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

A ocorrência de sobre dimensionamento de material no britador primário, isto é, presença de material com granulometria excedente à sua capacidade, apresentava correção automática ou manual. Na correção automática, a placa móvel recua com o auxílio de um conjunto de molas até um determinado grau, antes que a placa de pressão atinja seu ponto de ruptura. Quando este tipo de correção não era eficaz, a retirada do material era manual, usando cabos de aço que amarrados à escavadeira hidráulica removiam os aparatos.

Sensores de nível instalados na entrada do britador monitoravam seu nível de enchimento e desativava, em caso de sobrecarga, o crivo preliminar e a calha de carregamento. Ao regularizar este acúmulo de material, primeiro é reativado o crivo preliminar e, em seguida, a calha de carregamento.

O britador cônico apresentava, mediante presença de material sobre dimensionado, apenas correção manual que, neste caso, um botão no painel de controle elevava a estrutura superior do britador até sua altura máxima e então, o material retido na carcaça era removido.

A ausência de um sistema automático, assim como no britador mandíbula, ocasiona desgastes intensos por pedras de granulometria intermediária que poderiam seguir o fluxo do processo produtivo.

Sobre dimensionamentos e sobrecargas não foram problemas detectados na etapa de peneiramento.

5.3.6 MANUTENÇÕES

As solicitações dos serviços de manutenção eram realizados por cada operador da sua respectiva máquina em alinhamento com a estagiária, que decidia pela adoção ou combinação de manutenções.

A manutenção corretiva consistia em substituir peças ou componentes que se desgastaram ou falharam e que levaram a máquina a uma parada. Normalmente, os reparos eram executados sem planejamento e em caráter emergencial. A empresa não adotava como política de manutenção a manutenção corretiva, no entanto, esta foi presente na maioria das manutenções relacionadas aos caminhões.

As manutenções preditivas e preventivas foram empregadas na maioria dos equipamentos. A primeira indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Assim, atua-se com base na modificação de parâmetros, condições ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece uma sistemática. Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica do equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

A manutenção preventiva é efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de uma máquina, ou ainda a degradação de um serviço prestado. É uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha. Enquadram-se nessa categoria as revisões sistemáticas do equipamento, as lubrificações periódicas, os planos de inspeção de equipamentos e os planos de calibração e de aferição de instrumentos.

A manutenção preventiva ocorre por unidade de tempo ou por condições de estado. Por unidade de tempo são os serviços preventivos preestabelecidos através de programação definidas por unidades de calendário (dia, semana) ou por unidade não calendário (horímetro, odômetro, etc.). A classificação por condição de estado engloba os serviços preventivos executados em função da condição operativa do equipamento (reparos de defeitos, preditiva, revisão geral, etc.).

A planilha de acompanhamento das manutenções para monitoramento preditivo, preventivo e em alguns casos, corretivo, das máquinas, era de responsabilidade da equipe da oficina.

5.4 ACOMPANHAMENTO DA SUBESTAÇÃO

A possibilidade de alimentação de duas das máquinas de britagem por meio de energia elétrica conduziu ao estudo da viabilidade de instalação de uma subestação, apresentado na Tabela 2, para substituição do óleo diesel. O projeto da subestação em avaliação era do tipo transformadora abaixadora, abrigada, de média tensão (13,8 kV/380 – 220V) com carga instalada de 1000 kVA.

Tabela 2 - Estudo da viabilidade da SE.

Consumo mensal do britador: Energia Elétrica x Diesel			
Tempo de trabalho:	8 h/dia		
Dias de trabalho:	22 dias/mês		
Mandíbula		Cone	
Dados de placa			
Potência Ativa:	328 kW	Potência Ativa:	440 kW
Potência Aparente:	410 kVA	Potência Aparente:	550 kVA
Fator de potência:	0,8	Fator de potência:	0,8
Tensão de fase:	220 V	Tensão de fase:	220 V
Corrente:	592 A	Corrente:	794 A
Energia			
Corrente média:	200 A	Corrente média:	200 A
Tarifa KWh:	R\$ 0,425	Tarifa KWh:	R\$ 0,425
Potência:	105,6 kW	Potência:	105,6 kW
Consumo mensal:	18585,60 kWh	Consumo mensal:	18585,60 kWh
Valor final:	R\$ 7.898,88	Valor final:	R\$ 7.898,88
Combustível (diesel)			
Média de combustível:	26,62 l/h	Média de combustível:	38,49 l/h
Preço do diesel:	R\$ 2,8	Preço do diesel:	R\$ 2,8
Consumo mensal:	4685,12 l/mês	Consumo mensal:	6774,24 l/mês
Valor final:	R\$ 13.118,34	Valor final:	R\$ 18.967,87
Investimento da subestação: R\$ 100.000,00			
Investimento mensal em energia: R\$ 15.797,76			
Investimento mensal em combustível: R\$ 32.086,21			
Lucro mensal: R\$ 16.288,45			
Tempo de retorno: 6 meses			

Fonte: Autoria própria.

Mediante estudo apresentado, a equipe da diretoria optou por construir a subestação.

Alguns dos principais equipamentos utilizados na subestação foram:

- Isoladores tipo coluna 15 kV;
- Transformadores de corrente para medição com relação de transformação 200/5 A;
- Transformadores de potencial para medição com relação de transformação 13800/110 × 220 V;
- Chaves seccionadoras de comando simultâneo, 15 kV– 400 A, montagem horizontal;
- Disjuntor 17,5 kV, corrente nominal 1250 A, capacidade de interrupção de 16 kA;
- Transformador de 1000 kVA com isolamento para 15 kV, primário em DELTA para tensão nominal de 13,8 kV e o secundário em Y aterrado para tensões de 380/220 V.

A construção da subestação iniciou-se antes do período de vigência do estágio, porém o supervisor disponibilizou todas as informações referentes ao que já tinha sido feito até então.

A partir desse momento, coube à estagiária acompanhar e até mesmo supervisionar, na ausência do engenheiro operacional, a instalação de equipamentos, de modo a garantir que o projeto fosse executado conforme o projetado. Devido às muitas atividades realizadas pela estagiária, não foi possível acompanhar todas as instalações dos equipamentos na subestação, porém, as que foram acompanhadas, foram de extrema importância para consolidação dos conhecimentos adquiridos na disciplina de Equipamentos Elétricos.

5.4.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

A primeira característica mostrada pelo supervisor dizia respeito à laje do cubículo da subestação, apresentado na Figura 28, que possuía uma inclinação de 8° para a queda d'água, reforçando a importância das inclinações nas lajes de subestações abrigadas.

Figura 28 - Fotografia da laje da SE.



Fonte: Autoria própria.

5.4.2 IMPLANTAÇÃO DA MALHA DE ATERRAMENTO

Outra informação repassada pelo supervisor foi a dificuldade de instalação da malha de aterramento, uma vez que o terreno era rochoso. A malha era formada de cabos de cobre nu, com seção nominal de 50 mm^2 , com profundidade média de 0,5 m e as hastes com 2,40 m comprimento e $5/8$ polegada de diâmetro. As hastes deveriam ser fincadas em furos com 2,40 m de profundidade, no entanto, das 12 hastes apenas 5 seguiram o valor especificado em projeto, as demais foram instaladas em furos de aproximadamente 1,5 m de profundidade. As hastes foram distribuídas uniformemente, de modo a garantir que as tensões de toque e de passo estivessem dentro de limites permitidos para segurança das pessoas e dos equipamentos.

A estagiária acompanhou o processo do aterramento do ponto de entrada. Foram instaladas três hastes de terra para aterramento dos para-raios e dos terminais muflas. O cabo utilizado era de cobre nu de seção igual a 50 mm^2 e as conexões foram realizadas mediante o uso de solda exotérmica em caixa de inspeção com dimensões $30 \times 30 \times 40 \text{ cm}$.

Para tanto, utilizou-se um molde de grafite e um cartucho para solda, que foram escolhidos de acordo com o tipo de conexão a ser realizada. O cartucho para solda contém uma mistura balanceada de óxido de cobre e alumínio (reagentes), um pó de ignição (inicia o processo) e um disco metálico que retém ambos na parte superior do molde. O processo de solda inicia-se com a limpeza dos condutores (cabos e hastes). Em seguida, eles são colocados na posição de junção e coloca-se o molde sobre eles, prensando-os com um alicate. O disco metálico é colocado no interior do molde sendo preenchido com o composto exotérmico. Por último, coloca-se o pó de ignição. O molde é fechado e com um acendedor dá-se início ao processo que desencadeia uma reação exotérmica atingindo temperaturas superiores a 2000 °C. A esta temperatura, o óxido de cobre do composto exotérmico reage com o alumínio liberando cobre puro que se liquefaz, funde o disco metálico e cai na parte inferior do molde fazendo a conexão permanente entre os condutores.

5.4.3 FIXAÇÃO DOS POSTES

A dificuldade de instalação dos postes foi similar à dificuldade de executar o projeto da malha de aterramento em razão do terreno rochoso. Para tanto, fez-se uso do rompedor hidráulico para atingir os níveis de profundidade requeridos. Foram colocados 22 postes pela concessionária até chegar ao poste de entrada da subestação.

5.4.4 INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Para fins econômicos, foi utilizado um transformador de 1.000 kVA com condutores de cobre e meio de extinção a óleo, com resfriamento do tipo natural à Óleo Natural e Ar Natural (ONAN). A escolha desse transformador acarretou em mudanças no projeto civil, uma vez que o cubículo de transformação não atenderia às normas de instalação do transformador, isto é, uma distância mínima de 50 cm entre a carcaça do transformador e as paredes do cubículo. Para solucionar, foi necessário aumentar a paredes em 90 cm na profundidade e 1,90 m na altura, como pode ser observado na Figura 29.

Figura 29 - Fotografia do cubículo de transformação redimensionado.



Fonte: Autoria própria.

Depois do redimensionamento do cubículo de transformação, aconteceu um pequeno problema: o tanque de expansão do transformador estava próximo a uma fase, então foi necessário comprar mais três isoladores tipo coluna, para se fazer uma nova configuração no barramento, como mostra a Figura 30. Após a compra dos isoladores, foram feitos os barramentos com vergalhões de cobre, de diâmetro 3/8 polegada, pintados nas cores vermelho, branco e cinza.

Figura 30 - Fotografia do barramento com a nova configuração.



Fonte: Autoria própria.

Foram colocadas três chaves seccionadoras de 15 kV com comando simultâneo, Figura 31, uma antes do disjuntor, outra depois do disjuntor e antes do transformador e uma após o transformador. Todas as chaves foram colocadas em suportes e os suportes foram chumbados na parede.

Figura 31 - Fotografia da chave seccionadora no suporte.



Fonte: Autoria própria.

No cubículo de disjunção, foi colocado um disjuntor de média tensão e com o mesmo veio acoplado o relé de proteção, como mostrado na Figura 32.

Figura 32 - Fotografia do disjuntor com relé de proteção acoplado.



Fonte: Autoria própria.

A mufla terminal foi utilizada para reestabelecer as condições de isolamento da extremidade de um condutor isolado quando este é conectado a um condutor nu. Sendo um componente imprescindível em projetos de subestações, a estagiária pode observar a preparação minuciosa de uma mufla, assunto comentado superficialmente nas aulas de equipamentos elétricos. Na subestação executada, o terminal tensão de isolamento era de 20/35 kV.

Outro acompanhamento de extrema importância para a estagiária foi a instalação de um banco de capacitores para realizar o controle do fator de potência das máquinas de britagem. O banco era formado por 13 capacitores da marca WEG conectados a 12 conectores do quadro dos bancos de capacitores, o outro capacitor era ligado diretamente no quadro geral de baixa tensão, garantindo que sempre um capacitor estivesse ativado. As Figuras 33, 34 e 35 mostram o banco de capacitores utilizado.

Figura 33 - Fotografia do controlador de fator de potência.



Fonte: Autoria própria.

Figura 34 - Fotografia do quadro do banco de capacitores.



Fonte: Autoria própria.

Figura 35 - Fotografia do banco de capacitores.



Fonte: Autoria própria.

Para a medição da SE foram instalados 3 transformadores de correntes e 3 de potencial, ambos presos em um único suporte, como apresentados nas Figuras 36 e 37.

Figura 36 - Fotografia dos transformadores de potencial.



Fonte: Autoria própria.

Figura 37 - Fotografia dos transformadores de corrente.



Fonte- Autoria própria.

Foi instalado um quadro geral de baixa tensão (QGBT), como pode ser observado na Figura 38, após o transformador, de onde foram derivados os circuitos para alimentação dos demais quadros e equipamentos.

Figura 38 - Fotografia do QGBT.



Fonte: Autoria própria.

No sistema de iluminação interna da SE foram utilizadas luminárias para lâmpadas fluorescentes 2×32 W compostas de materiais a prova de explosão. O sistema de iluminação foi alimentado através do secundário de um dos TP utilizados para proteção, garantido a continuidade da alimentação mesmo desenergizando o transformador de potência.

Todos os cubículos foram isolados com tela de arame galvanizado de 12 BWG. A porta da subestação instalada tinha as seguintes dimensões: 2,10 m \times 2,20 m. A mesma permanece absolutamente fechada para evitar a entrada de pó de pedra na subestação. Tanto nas telas quanto na porta foram colocadas placas alertando sobre o perigo, como mostram as Figuras 39, 40, 41 e 42.

Figura 39 - Fotografia da subestação abrigada já em funcionamento.



Fonte: Autoria própria.

Figura 40 - Fotografia de uma placa de alerta.



Fonte: Autoria própria.

Figura 41 - Fotografia da placa alertando cubículo energizado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 42 - Fotografia de placa indicando para não operar a chave sob carga.



Fonte: Autoria própria.

Pra finalizar as atividades na subestação foi feita a energização da SE e a ligação entre a subestação e as máquinas com o auxílio do engenheiro da Kleemann, como está apresentado na Figura 43.

Figura 43 - Fotografia dos engenheiros realizando a ligação das máquinas com a SE.



Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÃO

A realização de atividades práticas de acompanhamento de projetos foi de fundamental importância na consolidação de conhecimentos adquiridos ao longo do curso, principalmente nas disciplinas de Equipamentos Elétricos, Circuitos Elétricos, Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas e Máquinas Elétricas.

Dentre as diversas contribuições técnicas do estágio para a aluna é possível destacar: experiência de trabalho com uma equipe de profissionais de diversas áreas e níveis; experiência de funcionalidade prática de processos produtivos; consolidação e aquisição de conhecimentos específicos da Engenharia Elétrica.

A discente, então, foi capaz de alcançar seus objetivos com a realização do estágio, colocando em prática os seus conhecimentos teóricos e adquirindo experiência no âmbito profissional. Os resultados obtidos ao fim das atividades atenderam às expectativas, despertando o interesse da discente de continuar no setor empresarial.

REFERÊNCIAS

- [1] KLEEMANN © 2016 **Kleemann GmbH**. Alemanha. Disponível em: <<http://www.kleemann.info/>>. Acesso em: 15 de Maio de 2016.
- [2] KLEEMANN. **Manual de instruções MOBICAT MC120Z**. © Kleemann GmbH. 2011. BAL_K007_2260080_00_PT
- [3] KLEEMANN. **Manual de instruções MOBICONE MCO11**. © Kleemann GmbH. 2012. BAL_K0380216.
- [4] KLEEMANN. **Manual de utilização, manutenção e peças de substituição. Modelo: MS19D**. © Kleemann GmbH. 9. ed.
- [5] LIEBHERR. **Portal da Liebherr no Brasil**. Disponível em: <<http://www.liebherr.com.br/>>. Acesso em: 15 de Maio de 2016..
- [6] MAMEDE, J. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 3. ed. LTC Editora. 2005. ISBN: 8521614365

ANEXO A – PLANILHAS DE CHECK-LIST

Nome do executor da inspeção: _____		Data da inspeção: _____ / _____ / _____	
Horímetro (motor): _____ h		Horímetro (mandíbula): _____ h	
Tempo de trabalho: _____ h			
Checking List MC120 Semanal			
	Descrição	Tipo	OK?
MOTOR DIESEL	Nível de Combustível	Visual	
	Nível de Óleo do motor	Visual	
	Nível de Água do Radiador	Visual	
	Nervuras do Radiador	Limpeza	
	Filtro de Ar do motor	Limpeza	
PAINEL	Retirar água do Filtro separador	Visual	
	Filtro de ar do painel	Limpeza	
	Verificar pressão dos coxins do quadro de força	Visual	
	Aspirar internamente o painel	Limpeza	
	Reajuste da borracha raspadora	Visual	
CORREIAS	Verificar Alinhamento da correias	Visual	
	Verificar desgaste das borrachas de vedação dos transportadores	Visual	
	Verificar limpeza do transportador	Visual	
	Verificar Limpeza do correia final de produtos	Visual	
	Verificação dos Roletes	Visual	
	Verificação dos raspadores internos	Visual	
	Verificar se existe algum dano na grelha furada	Visual	
	Verificar bicos de água	Visual	
PRÉ-PENEIRA	Verificar desgaste das telas da peneira abaixo da grelha	Visual	
	Lubrificar o cardan	NLG1-2 EP2	
	Lubrificar os rolamentos da peneira (2 x 35g)	SKF LGHB 2 / 0.4 / 70g	
MANDIBULA	Verificar desgaste das Mandíbulas	Visual	
	Verificar desgaste das cunhas laterais	Visual	
	Lubrificação dos mancais dos rolamentos da carcaça (12 pontos de lubrificação - 6 x 40g - 4 x 15g - 2 x 30g)	NLG1-2 EP2	
	Verificar tensão das correias trapezoidais - primeiras 50h	360 g	
MESA VIBRATÓRIA	Verificar integridade do cabo elétrico	Visual	

Nome do executor da inspeção: _____

Data da inspeção: _____ / _____ / _____

Horímetro (motor): _____ h

Horímetro (cone): _____ h

Tempo de trabalho: _____

Checking List MCO11 H/S Semanal			
	Descrição	Tipo	OK?
MOTOR DIESEL	Nervuras do Radiador	Limpeza	
	Filtro de ar do painel	Limpeza	
PAINEL	Verificar pressão dos coxins do quadro de força	Visual	
	Aspirar internamente o painel	Limpeza	
SISTEMA HIDRAULICO	Verificar nível de óleo hidráulico	Visual	
	Verificar se há vazamento de óleo hidráulico	Visual	
	Reajuste da borracha raspadora	Visual	
	Verificar Alinhamento da correias	Visual	
CORREIAS	Verificar desgaste das borrachas de vedação dos transportadores	Visual	
	Verificar desgaste dos roletes	Visual	
	Verificação dos raspadores internos	Visual	
ALIMENTADOR	Verificar desgaste ou presença de rachaduras	Visual	
	Verificar aberto dos parafusos	Visual	
	Verificar aperto dos parafusos		
	Visualizar presença de vazamentos		
CONE	Verificar trincas ou rachaduras		
	Verificar desgaste no bojo e manta		
	Lubrificar o anel de ajuste com a bojo destravado (15g) e após travado (15g)	NLGI-2 EP2 30g para cada bico	
	Verificar presença de partes metálicas na gaveta do tanque de óleo	Visual	
	Nervuras do Radiador	Limpeza	
Limpeza Geral	Limpeza		
Temperatura dos mancais			

Nome do executor da inspeção: _____

Data da inspeção: _____ / _____ / _____

Horímetro: _____ h

Tempo de trabalho: _____

Checking List MS19 Semanal			
	Descrição	Tipo	OK?
MOTOR DIESEL	Limpeza do Radiador	Ar + Agua	
	Verificação das baterias	Nível agua	
	Verificação de vazamentos	Visual	
CORREIAS	Lubrificação dos mancais das correias	NLGI EP2	
	Ajuste dos raspadores	Visual	
	Verificação das borrachas de vedação	Visual	
	Verificar desgaste dos roletes	Visual	
SISTEMA HIDRAULICO	Verificação de possíveis vazamentos	Visual	
	Aperto dos parafusos	Visual	
PENEIRA	Verificação das telas	Visual	
	Verificar possíveis rachaduras	Visual	
	Verificar temperatura dos rolamentos	Medir	