



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

VÍTOR CORREIA LIMA DA SILVEIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Setembro de 2015

VÍTOR CORREIA LIMA DA SILVEIRA

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: Processamento de Energia

Orientador:

Prof. Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Setembro de 2015

VÍTOR CORREIA LIMA DA SILVEIRA

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: Processamento da Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Prof. Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Cori e Ariana, que sempre me incentivaram a estudar e puderam me oferecer tudo que sempre precisei.

À minha noiva, Larissa, pela paciência e compreensão.

Ao meu orientador, Tarso, pela atenção e ensinamentos.

Aos meus amigos, tanto aqueles que conviveram comigo nesse período quanto aqueles que escolheram outros caminhos, pela convivência.

À Elizabeth Revestimentos LTDA, pela oportunidade.

A todo o corpo de funcionários da Elizabeth, especialmente os senhores Welson, Josenildo e Armando, pelo acompanhamento durante esse período.

RESUMO

O presente relatório é referente ao estágio integrado realizado entre os dias 10 de abril de 2015 e 11 de setembro de 2015 no Grupo Elizabeth Revestimentos, situado na cidade de João Pessoa, Paraíba. Durante os cinco meses, o estágio foi realizado no setor de Manutenção Elétrica, onde foram desenvolvidas várias atividades, destacando-se os trabalhos de monitoramento de motores e sensores elétricos. O projeto visa à diminuição de rebobinamentos de motores, diminuição de gastos e melhora no processo produtivo. Além disso, também foi iniciado um outro projeto, cujo objetivo era o estudo de viabilidade de instalação de turbinas para cogeração de energia elétrica a partir do gás utilizado nos fornos e secadores. O estágio pode mostrar como é estar no ambiente industrial de uma empresa de médio porte, estar em contato com diversas pessoas e, acima de tudo, pensar e agir como engenheiro, seja para solucionar problemas ou na idealização de novos projetos.

Palavras-chave: Grupo Elizabeth, Energia Elétrica, Gás, Manutenção, Motores, Sensores, Subestação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do processo produtivo	10
Figura 2. Moinho da preparação de massa	11
Figura 3. (a) Fornalha; (b) Atomizador.	12
Figura 4. Prensa.	14
Figura 5. Secador.	15
Figura 6. Moinho da preparação de esmalte.	16
Figura 7. Peça finalizada (61cm x 61 cm).	17
Figura 8. Forno.	Error! Bookmark not defined. 8
Figura 9. Conjunto com nove cerâmicas (30 cm x 30 cm).	Error! Bookmark not defined. 8
Figura 10. Secador de ponto de cola.	Error! Bookmark not defined.
Figura 11. Embalagem: (a) esquadrejadora; (b) máquina de escolha; (c) paletizador.	20
Figura 12. Subestação 69/13,8 kV.	22
Figura 13. Etiqueta de registro de motores.	28
Figura 14. (a) Quantidade motores rebobinados; (b) Gastos com rebobinamentos.	30
Figura 15. (a) Proteção inexistente; (b) Proteção mal projetada.	32
Figura 16. Registro de quebra de sensor.	33
Figura 17. (a) Difusa; (b) Barreira; (c) Canal.	34
Figura 18. Quantidade de sensores quebrados por setor.	35
Figura 19. Quantidade de sensores quebrados por mês.	36
Figura 20. (a) Sensor do alinhador da esquadrejadora; (b) Nova configuração do sensor.	37
Figura 21. CCK 6700	39
Figura 22. Gerador de 450 kVA.	40

SUMÁRIO

1	Introdução	8
2	A empresa	9
3	Processo Produtivo	10
3.1	Moinhos	11
3.2	Fornalha e Atomizador	11
3.3	Prensagem.....	13
3.4	Secagem.....	13
3.5	Esmaltação	15
3.5.1	Fritas e Preparação de Esmalte.....	16
3.6	Fornos	17
3.7	Ponto de Cola.....	17
3.8	Embalagem	18
4	Subestações	22
5	Atividades Desenvolvidas	24
5.1	Atividades Gerais.....	24
5.2	Motores elétricos	27
5.3	Sensores elétricos.....	31
5.4	CCK e o projeto de cogeração	38
6	Conclusão	43
	Referências	44

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo estudante Vítor Correia Lima da Silveira durante o período de estágio integrado realizado no Grupo Elizabeth Revestimentos. Todas as imagens mostradas são de autoria própria, exceto as Figuras 7 e 9.

O estágio tem como objetivo consolidar e desenvolver conhecimentos adquiridos ao longo do curso no mercado de trabalho. Ocorrendo de 10/04/2015 a 11/09/2015, o estágio totalizou uma carga horária de 690 horas durante cinco meses.

A equipe de Manutenção Elétrica da unidade da Elizabeth em questão é composta por:

- 1 eletricista encarregado;
- 1 líder de manutenção elétrica;
- 7 eletricistas;
- 1 estagiário;
- 5 aprendizes.

Foram atribuídas várias atividades ao estagiário, dentre elas:

- Projetos para diminuição no número de queima de motores e quebra de sensores;
- Análise dos projetos elétricos;
- Dimensionamento e cotação de equipamentos;
- Levantamento de material necessário para manutenções;
- Acompanhamento de linha de produção e manutenções;
- Análises do consumo de energia elétrica e gás para estudo de viabilização do uso de turbinas para cogeração.

Desse modo, neste relatório, serão descritas essas atividades, sob orientação do professor Tarso Vilela Ferreira e supervisão do Eng. Armando Souza Júnior.

2 A EMPRESA

O Grupo Elizabeth iniciou a fabricação de revestimentos cerâmicos em 1984, com uma produção artesanal de 70 m²/dia.

Em 1986, foi montada a ampliação da Elizabeth Cerâmica Ltda (Matriz), com a aquisição de mais três fornos, o que aumentou consideravelmente a margem de produção. Em 1993, foi inaugurada mais uma unidade, a Elizabeth Revestimentos Ltda.

Já no final da década de 1990, mais precisamente em 1999, foi inaugurada a Cerâmica Sta. Maria Ltda, que passou a se chamar Cerâmica Elizabeth Ltda, hoje com capacidade produtiva de 28.500 m²/dia em diversos formatos.

Durante duas décadas, o Grupo teve um enorme crescimento, ampliando a sua distribuição e renovando a sua linha de produtos. Em 2001, surgiu a Elizabeth Porcelanato, com capacidade produtiva de 14.000 m²/dia.

Em 2007, com uma visão estratégica e desejo competitivo de mercado, foi inaugurada a Elizabeth Sul, na cidade de Criciúma (SC), com capacidade produtiva de mais de 10.000 m²/dia e cerca de 450 funcionários. Em 2014, foi inaugurada a Elizabeth Cimentos, na cidade de Alhandra (PB), com capacidade de 1.100.000 ton/ano.

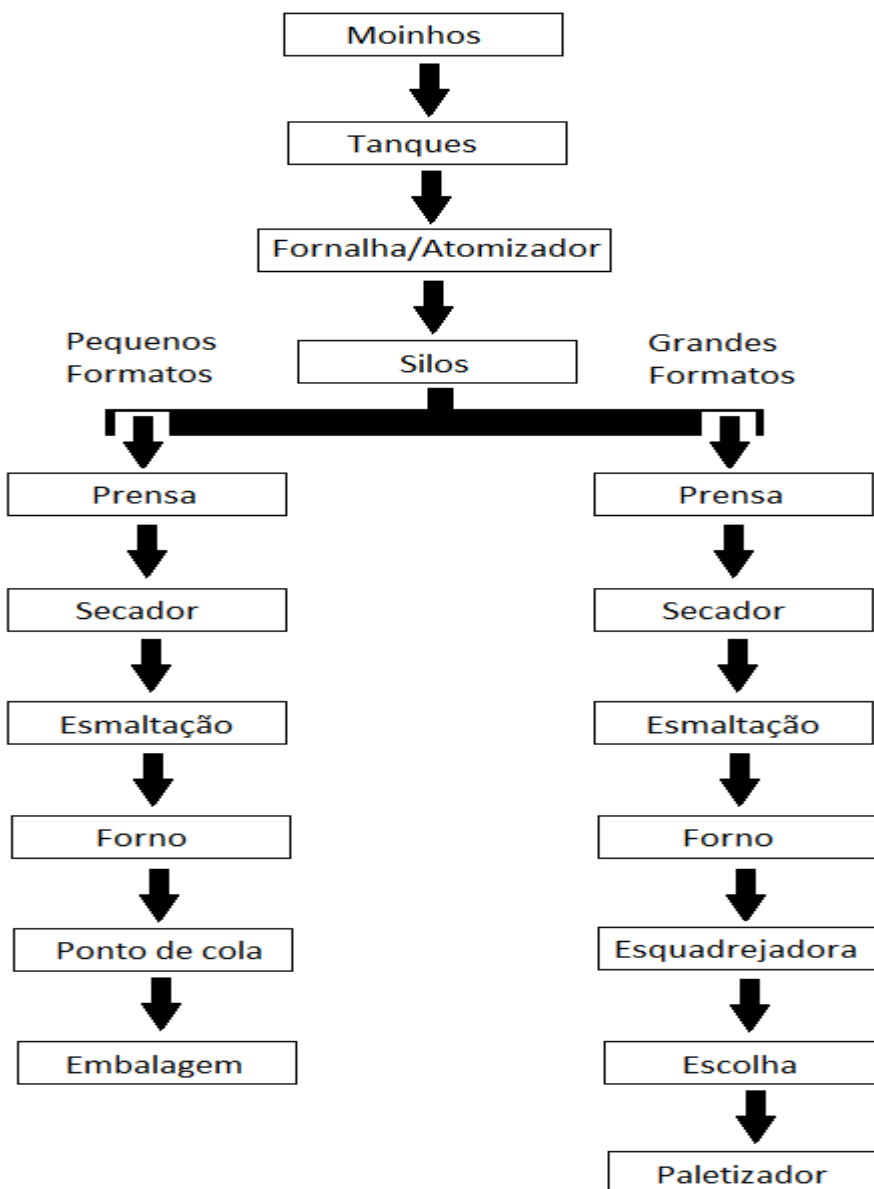
Em 2015, estão programadas a ampliação da Elizabeth Sul e a inauguração da Elizabeth RN.

O Grupo é autossuficiente em diversos aspectos. Quase todos os insumos majoritários são produzidos pela empresa, que detém cinco centros de mineração e transporte próprio de carga.

3 PROCESSO PRODUTIVO

Neste capítulo, será apresentado todo o processo produtivo da unidade Matriz, onde o estágio foi realizado. A explicação abordará desde o recebimento da matéria-prima até a destinação do produto finalizado para estoque ou transporte. Um fluxograma está mostrado na Figura 1, representando o processo produtivo da fábrica. Os pequenos formatos correspondem às linhas 1, 3 e 5. Os grandes, às linhas 2 e 4.

Figura 1. Fluxograma do processo produtivo.



3.1 MOINHOS

As matérias-primas são armazenadas em galpões, de onde, após pesadas em grandes balanças, conhecidas por caixões, nas proporções corretas para cada tipo de produto, são encaminhadas por esteiras para os moinhos.

No Grupo, é adotado o método via úmida, no qual as matérias-primas são moídas finamente (90% das partículas são menores que meio milímetro) em moinhos com esferas de aço ou porcelana com um teor de 40% de água. A fábrica possui 18 moinhos, variando de 60 cv a 125 cv, que são responsáveis pelo suprimento da “massa”, pré-produto que alimenta toda a produção. Um dos moinhos pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Moinho da preparação de massa.



3.2 FORNALHA E ATOMIZADOR

Após a moagem, o líquido obtido, de característica densa e chamado de barbotina, é levado para tanques e, de lá, para grandes silos. Então, ela é encaminhada para um equipamento de secagem, chamado de atomizador, e é pulverizada a uma temperatura de

aproximadamente 700° C, obtendo-se um pó homogêneo para a sequência do processo. Esse calor é obtido na fornalha, que é abastecida com coque, um subproduto do petróleo.

O atomizador consiste em um cilindro dotado de bicos pulverizadores em sua periferia interna, por onde são borrifadas as gotas de barbotina. O *spray* da solução mistura-se a um jato de ar quente, obtido por meio da queima do coque, resultando numa massa granulada semi-seca que é encaminhada para outros silos, onde é armazenada. Na Figura 3(a), pode-se ver a fornalha e, na 3(b), o atomizador.

Figura 3. (a) Fornalha; (b) Atomizador.



(a)



(b)

3.3 PRENSAGEM

É com a prensagem que se obtém a forma definitiva do produto. Nesta etapa, o pó obtido pela moagem e atomizado é submetido a uma pressão de aproximadamente 250 kgf/cm^2 , o que confere ao produto resistência suficiente para suportar as etapas subsequentes do processo. São sete prensas que abastecem cinco linhas, sendo que as linhas de “grandes formatos” possuem duas prensas cada (2A, 2B, 4A e 4B). As prensas possuem alguns motores elétricos, tendo o maior deles, a bomba principal, de 90 cv a 125 cv. Uma das prensas está mostrada na Figura 4.

3.4 SECAGEM

Realizada em um secador de passagem, o piso prensado desliza sobre rolos motorizados para que se possa retirar a grande quantidade de água proveniente da preparação de massa. Para evitar tensões e, conseqüentemente, defeitos nas peças (trincas, bolhas,

empenos etc) é necessário eliminar a água de forma lenta e gradual até um teor suficientemente baixo, de 0,8% a 1,5%.

Figura 4. Prensa.



Os secadores são abastecidos com gás industrial, transportados por tubulações para os queimadores, que realizam a combustão do gás nas câmaras do aparelho.

Na empresa, há cinco secadores horizontais, sendo que eles variam bastante de tamanho e potência. Nos grandes formatos, esses aparelhos chegam a ter três andares de secagem e dezenas de metros de comprimento. As potências variam de cerca de 30 kW até quase 120 kW. Pode-se ver um dos secadores na Figura 5.

Figura 5. Secador.



3.5 ESMALTAÇÃO

Nesta etapa, o produto segue sobre correias, recebendo uma sequência de aplicações que determinarão a característica final do piso. É na esmaltação que se aplicam o engobe (película branca que visa a esconder a coloração da massa, bem como deixar o piso impermeável), o esmalte (película que determina a característica superficial do produto podendo ser brilhante ou fosco), decorações e outros processos de acordo com as características que se desejam obter do produto. Há ainda as máquinas de impressão em alta definição, conhecidas como HD, que conseguem imprimir superfícies com desenhos, amadeirado, dentre outros.

A camada de esmalte contribui para os aspectos estético e higiênico, além de melhorar algumas propriedades físicas, principalmente de resistência mecânica e elétrica.

Há vários equipamentos diferentes neste setor:

- Vasca: espécie de balde com um eixo girante no meio para não permitir que o material decante, movimentado por um motor de até 2 cv;
- Peneira: semelhante à vasca, mas o motor é vibrador e a estrutura é diferente, tendo

um motor de até 1,5 cv;

- Cabines de disco/campanas: diferentemente das vascas e peneiras, ficam no decorrer da linha e são responsáveis pela aplicação do esmalte nas peças;
- Rebarbador: responsável por um ajuste nas bordas das peças, é composto por vários motores pequenos.

3.5.1 FRITAS E PREPARAÇÃO DE ESMALTE

Essa etapa é semelhante à preparação de massa (que vai da pesagem das matérias-primas até antes das prensas). Apesar de não ficar nas linhas de produção, é de vital importância no setor da esmaltação, visto que produz o esmalte e o engobe.

O setor de fritas possui fornos que queimam outras matérias-primas, e seus produtos são utilizados na fabricação de esmalte. Esse setor tem o nome autoexplicativo e é composto por moinhos e silos. Para não ocorrer a decantação do material nos silos, há motores que giram eixos com pás no interior desses silos, de forma parecida aos tanques da preparação de massa. Os motores dos moinhos chegam aos 60 cv, como observado na Figura 6.

Há ainda uma parte dedicada à fabricação das colas, usadas para unir as peças menores em grupos de 30 cm por 30 cm.

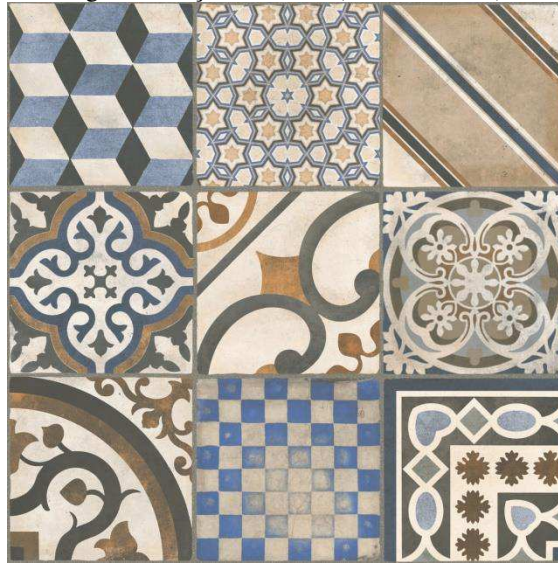
Figura 6. Moinho da preparação de esmalte.



3.6 FORNOS

A queima é realizada em fornos a rolos com ciclos de queima variáveis, chegando a quase 50 minutos, com temperaturas acima de 1150° C. Aqui são finalmente conferidas ao piso suas características finais, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7. Peça finalizada (61cm x 61 cm).



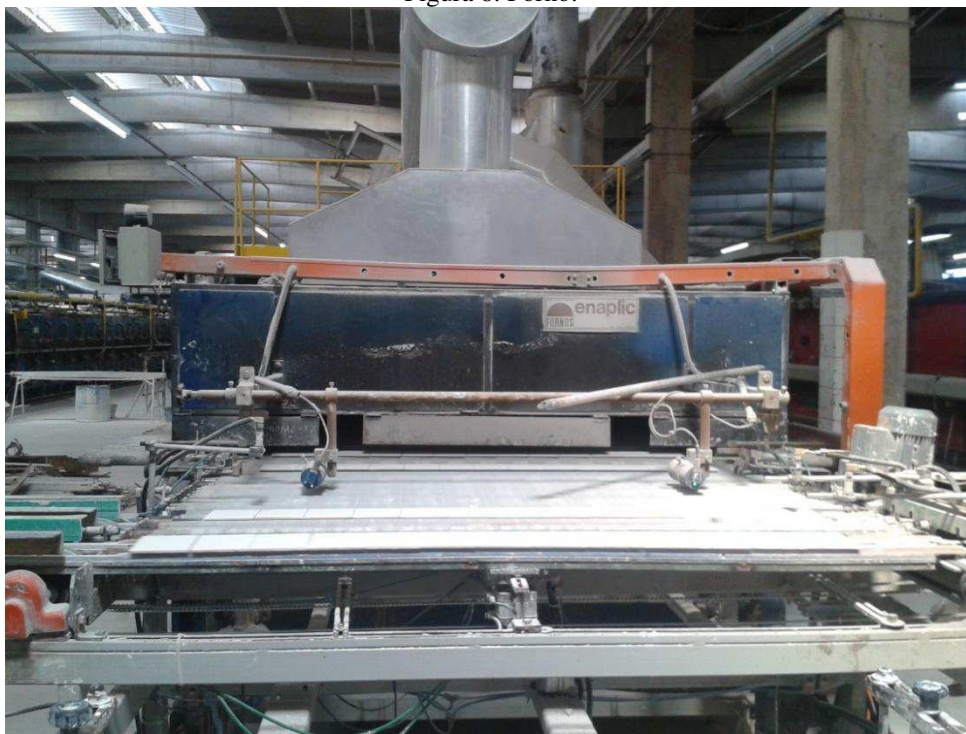
Fonte: ceramicaelizabeth.com.br

Assim como os secadores, variam bastante em tamanho e potência, chegando a mais de 100 metros e 200 kW. Pode-se ver um dos fornos na Figura 8.

3.7 PONTO DE COLA

Este setor não é presente em todas as linhas (apenas nos pequenos formatos). As colas produzidas no setor específico são usadas para unir as peças de modo a formar um quadrado de 30 cm por 30 cm, como pode ser visto na Figura 9. Depois, há outro secador, cuja finalidade é secar essa cola. Isso está mostrado na Figura 10.

Figura 8. Forno.



3.8 EMBALAGEM

Nas linhas de grandes formatos, há uma grande máquina, chamada esquadrejadora, que faz o esquadro da peça, ajustando suas medidas a padrões pré-estabelecidos. Essa máquina possui dezenas de motores e é de grande complexidade, pois possui diversos ajustes. Normalmente, há mais de um operador para cada esquadrejadora.

Figura 9. Conjunto com nove cerâmicas (30 cm x 30 cm).



Fonte: ceramicaelizabeth.com.br

Figura 10. Secador de ponto de cola.



A seleção das peças de acordo com sua qualidade e bitolas é realizada por um funcionário. Entretanto, algumas linhas contam com um processo automatizado, baseado no equipamento *Flawmaster*, que faz essa seleção e indica a destinação das peças, a ser realizada pela máquina de escolha. Há as categorias A e C, cujo critério é a qualidade da peça.

Na sequência, as pilhas são automaticamente embaladas e depois paletizadas para seguir para o estoque.

Na figura 11(a) vê-se a esquadrejadora; na 11(b), a máquina de escolha; na 11(c), o paletizador.

Figura 11. Embalagem: (a) esquadrejadora; (b) máquina de escolha; (c) paletizador.



(a)



(b)



(c)

4 SUBESTAÇÕES

O Grupo Elizabeth recebe energia da Energisa na tensão de 69 kV. Por isso possui uma subestação (SE) abaixadora 69/13,8 kV (vista na Figura 12), além de três SE abrigadas 13,8 kV/220-380 V.

Figura 12. Subestação 69/13,8 kV.



Lista de equipamentos presentes na subestação abaixadora 69/13,8 kV:

- Para-raio tipo estação, para uso em sistema 69 kV, 10 kA;
- Chave seccionadora rotativa tripolar, 69 kV/630 A, abertura lateral, montagem vertical;
- Transformador de potencial 69 kV para medição, relação 69000/3 – 115 V;
- Transformador de corrente 69 kV, uso externo, imerso em óleo isolante, com núcleo de proteção;

- Transformador de corrente 69 kV, uso externo, imerso em óleo isolante, com núcleo de medição;
- Chave seccionadora rotativa tripolar, 69 kV/630 A, abertura lateral, montagem horizontal;
- Disjuntor 69 kV, corrente nominal 1250 A, 2500 MVA, 20 kA, uso externo;
- Chave seccionadora rotativa tripolar, 69 kV/630 A, abertura lateral, montagem vertical;
- Dois transformadores de 5 MVA 69/13,8 kV.

Além dos equipamentos listados, a SE de 69 kV possui uma sala de comando onde estão localizadas as chaves para fazer os procedimentos de manobra. Também possui relés de proteção e segurança, e foi instalado o sistema supervisório através do CCK 6700, que monitora a demanda, consumo e fator de potência em tempo real. Desta SE, saem duas linhas de 13,8 kV, sendo que uma vai para as SE abrigadas da Matriz e a outra vai para a Unidade Elizabeth LTDA por via aérea. A SE de 69 kV possui também o sistema de *by-pass*, para em caso de manutenção nos TC, TP ou disjuntor, não seja necessário parar-se a produção.

Depois de reduzida a tensão para 13,8 kV, os cabos são distribuídos para as três subestações abrigadas que reduzem para 220–380 V, que é a tensão usada da produção.

A primeira subestação abrigada, dos Moinhos, possui três transformadores de potência, de 500 kVA, 750 kVA e 1000 kVA, que alimentam o maquinário da Preparação de Massa, algumas tomadas e iluminação. Possui dois geradores para suprir parte da carga quando necessário (falta de energia, defeito em algum componente etc.).

A segunda subestação abrigada, das Prensas, possui dois transformadores de 750 kVA, que por sua vez alimentam o setor das prensas, esmaltação e secagem.

A terceira subestação abrigada, dos Fornos, possui dois transformadores e é de uso exclusivo destes equipamentos, pois os fornos são de suma importância para a determinação da qualidade do produto. Essa SE possui dois geradores que conseguem suprir os Fornos por um período de aproximadamente 1 hora. É a única das abrigadas que possui um *by-pass*.

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o período de estágio foram realizadas diversas atividades, inclusive algumas de caráter administrativo ou burocrático. Dentre elas, podem-se citar solicitações de compra, verificações de materiais que chegaram à empresa (sistema eletrônico, notas fiscais, almoxarifado), etc.

Além disso, também houve participação em outras atividades, mais relacionadas à área de engenharia elétrica. Podem-se citar: participação em manutenções corretivas com eletricitistas, listagem de material e serviços para manutenções programadas em equipamentos ou nas linhas de produção, acompanhamento de empresas terceirizadas quando da realização de serviços na fábrica etc.

Por fim, as atividades principais podem ser divididas em três:

- Monitoramento, análise e proposta de soluções para redução da quantidade de queima de motores elétricos;
- Monitoramento, análise e proposta de soluções para redução da quantidade de quebra de sensores elétricos;
- Estudo das quantidades de energia elétrica e gás industrial consumidas pela fábrica, para avaliar a viabilidade de instalação de um sistema de cogeração.

5.1 ATIVIDADES GERAIS

Devido ao dinamismo de uma indústria, é impossível para um profissional especializar-se na sua área e fechar os olhos para as demais. A interdependência entre os setores faz com que vários serviços não possam ser iniciados e finalizados por apenas uma equipe.

Sendo assim, também foi requisitado do estagiário o cumprimento de atividades que, apesar de não serem estritamente da área de engenharia elétrica, são fundamentais para a continuidade do serviço e bom funcionamento da fábrica.

Dentre estas atividades, pode-se citar a ambientação com o sistema TOTVS, que é um programa utilizado para registrar as solicitações de material, serviços, mão-de-obra etc. Alguns funcionários têm um login e senha individuais para acesso ao sistema. De responsabilidade do estagiário, ficaram as requisições de serviços de rebobinamento em motores elétricos, tarefa antes executada por um aprendiz do SENAI. Entretanto, a demora nesse processo acabava atrasando a devolução dos motores, como será explicado adiante.

Além disso, a conferência de chegada de materiais requisitados no almoxarifado também podia ser realizada pelo sistema. Normalmente, quando uma linha ia ser parada para manutenção geral, o líder da manutenção elétrica fazia uma varredura por toda a linha, painéis, máquinas etc. O objetivo era identificar componentes danificados ou velhos, eletrocalhas em desconformidade com as normas de segurança e trabalho em eletricidade, fiação exposta ou qualquer outro problema de natureza elétrica. Assim, eram feitas listas de materiais e serviços necessários para corrigir tudo que tinha sido anotado. O estagiário acompanhou essa atividade quando da parada da linha 3.

Em seguida, essas listas eram passadas para o funcionário responsável por requisições desse tipo. Ele inseria no sistema TOTVS as demandas e o setor de compras dava continuidade ao processo, fazendo cotações e compras dos materiais e contratação de empresas terceirizadas para serviços especializados que não eram feitos pelos funcionários da fábrica (ou quando não havia mão-de-obra suficiente para fazê-los).

Depois disso, o estagiário verificava quando os materiais solicitados tinham chegado à fábrica, de modo a não deixá-los sem uso no almoxarifado. Quando a linha era finalmente parada e os serviços começavam, o discente sempre tentava acompanhar os eletricitistas, observando e ajudando nos reparos e melhorias.

No período de funcionamento normal da fábrica, quando todas as linhas estavam em operação, havia dois eletricitistas por turno. O turno A vai das 05:20 h até às 13:40 h, o B, das 13:40 h até 22:00 h e o C, das 22:00 h até às 05:20 h. No horário comercial, das 07:00 h às 16:00 h, também estavam presentes o líder de manutenção elétrica e o encarregado do setor. Como o horário do estagiário era das 07:00 h às 14:00 h, sempre era possível acompanhar algum eletricitista nos serviços cotidianos. Em geral, estes eram: verificar, desligar ou religar motores, ajuste em inversores de frequência, substituição de componentes quebrados (disjuntores, contactores, fusíveis, sensores etc.). A parte mais difícil era a identificação da

causa do problema, pois algumas vezes o operador não sabia explicar exatamente o que tinha ocorrido e os painéis estavam desorganizados e cheios de poeira.

Em outras ocasiões, também foi solicitado ao estagiário que fizesse alguns dimensionamentos e orçamentos de material e equipamentos mais específicos do setor. Como exemplos, podem-se citar:

- Transformador de distribuição: o transformador antigo, que alimenta um prédio de escritórios, está sobrecarregado. Com há um projeto de expansão do prédio, o antigo transformador, de 112,5 kVA, não seria mais adequado. Então, foi feita uma estimativa para o novo equipamento. No início da tarde, quando o consumo dos aparelhos de ar-condicionado é máximo, foi medida a corrente no lado de baixa tensão do transformador e verificado que esta era de quase 200 A por fase. Como a expansão inicial aumentaria consideravelmente a demanda do prédio e também considerando que deveria haver uma folga de utilização para futuras expansões, foi tomada uma base de 300 A, ou cerca de 200 kVA. Assim, foram buscados orçamentos em diversas empresas do país para transformadores de 225 kVA, visto que esse é o valor comercial mais próximo. O processo ainda segue em aberto.
- Motores para as prensas: coincidentemente com o início do estágio e do monitoramento de queimas de motores elétricos, houve duas queimas de motores grandes (90 cv e 125 cv) com intervalo bastante curto (algumas semanas). Foi observado que ambos os motores eram bastante antigos, com mais de 15 anos de uso, e que eles já haviam sido rebobinados. Então, foi proposto pelo estagiário que se observasse constantemente a corrente de operação deles, sendo verificado que estava acima da nominal. Assim, um representante da WEG foi chamado para orçar um novo motor de 125 cv, deixando o antigo como reserva. A substituição foi concluída.
- Substituição das lâmpadas de 110 W fluorescentes por LED: foi proposto pelo encarregado que o estagiário fizesse um estudo para analisar a viabilidade da substituição da iluminação da fábrica. Havia cerca de 360 lâmpadas fluorescentes, que representavam uma demanda de aproximadamente 66 kVA. Estas seriam substituídas por lâmpadas equivalentes de LED, com potência individual de 40 W, tendo uma demanda estimada de 17 kVA. Considerando-se o valor de kWh pago pela empresa e a diferença de vida útil dos dois tipos de lâmpadas, foi estimado um retorno do investimento (mesmo considerando-se que feito todo de uma vez, o que não

aconteceria), que era de cerca de 40 mil reais, em aproximadamente 12 meses. Entretanto, o projeto foi rejeitado, alegando-se que essa tecnologia não era consolidada, as peças de reposição eram difíceis de encontrar e a vida útil mostrada pelos fabricantes não correspondia à realidade.

Como acompanhamento de serviços prestados na fábrica por empresas terceirizadas, podem-se citar:

- Termografia nas subestações da empresa: a cada seis meses, é contratada uma empresa para fazer a análise termográfica das subestações, de modo a identificar pontos quentes que merecem atenção especial;
- Coleta de óleo dos transformadores: também periodicamente, é realizada a coleta e análise do óleo dos transformadores da SE de 69 kV, a fim de verificar eventuais problemas que possam vir a ocorrer e evitá-los.
- Inventário de componentes eletrônicos: foi solicitado ao estagiário o acompanhamento de uma empresa contratada para catalogar os inversores, CLP, IHM, etc. que estão em funcionamento, ou estoque, na fábrica.

5.2 MOTORES ELÉTRICOS

A primeira atribuição do estagiário, passada nos primeiros dias, foi uma análise da quantidade de motores elétricos que queimavam na fábrica, que é bastante elevada. Assim, a tarefa consistia em estudar as causas das ocorrências e mitigá-las.

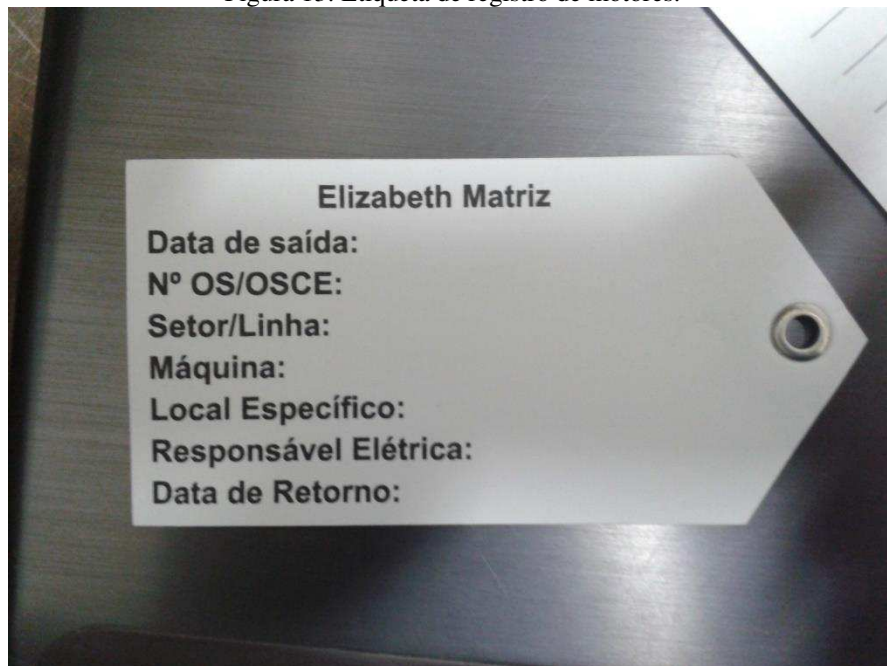
Inicialmente, foi tentado levantar um histórico desses problemas, mas a falta de dados prejudicou bastante. Foi feita uma lista com todas as ocorrências registradas num período de seis meses, mas esta era bastante incompleta. Então, vendo essa dificuldade, foi proposto um novo modelo de registro de queima de motores, no qual constava, dentre outras informações, dados de placa, localização e função do motor, data de parada e motivo da queima. Com esse novo documento, chamado OSCE (Ordem de Serviço Corretiva Emergencial), a listagem das queimas pode prosseguir de uma maneira muito mais eficaz.

Foi realizada uma estimativa da quantidade de motores elétricos na fábrica, chegando-se a um valor de aproximadamente 1500 unidades, de várias potências e configurações. Depois, houve um período de tentativa de registro desses motores, colocando etiquetas em

cada um. Porém, devido à dificuldade de material (brocas e furadeira), ao tempo que essa atividade demandava e ao fato de que alguns motores eram de difícil acesso e estavam constantemente em funcionamento, apenas cerca de 15% dos motores da fábrica foram etiquetados.

Solucionado o problema do registro, outros começaram a chamar mais a atenção. Quando os motores apresentavam defeitos, o eletricitista verificava e o desligava. Depois, um mecânico retirava o motor e o levava para uma das oficinas, onde era feita uma ficha para saída para manutenção e o registro da ocorrência para monitoramento interno. Entretanto, às vezes os motores voltavam da manutenção sem identificação e tornava-se difícil dar o destino correto a eles, visto que havia uma incerteza sobre onde ficava o motor originalmente. Então, foi elaborada uma etiqueta, para ir e voltar junto com o motor, indicando apenas a data de saída e retorno e a localização do motor. Com isso, tornou-se muito mais ágil a devolução do motor à sua finalidade. Uma fotografia da etiqueta está na Figura 13.

Figura 13. Etiqueta de registro de motores.



Depois, verificou-se que alguns motores demoravam bastante para retornar, muitas vezes passando mais de dois meses na manutenção. Como havia duas empresas que prestavam esse tipo de serviço para a Elizabeth, o estagiário e o encarregado foram nessas empresas, a fim de verificar a causa da demora. Foi então constatado que a burocracia interna da Elizabeth atrasava bastante o pagamento desses serviços, demorando mais de um mês após o retorno do motor consertado. Então, o estagiário buscou entender como se dava esse

processo, que ocorria do seguinte modo: após o retorno do motor, o orçamento chegava a um aprendiz, que colocava esse orçamento no sistema; depois, ele seguia para o setor de compras; depois retornava para a aprovação do gerente de manutenção; então, ia para o setor financeiro e o pagamento era realizado.

A demora principal estava no início do processo, visto que o aprendiz não tinha fácil acesso aos orçamentos. Depois que o trâmite se iniciava, seu prosseguimento era relativamente rápido. Então, foi proposto que, assim que o orçamento chegasse, o estagiário, que tinha acesso imediato a ele, iria colocá-lo no sistema para o setor de compras, ao mesmo tempo que já havia a aprovação do gerente de manutenção. Com essa simples mudança, o prazo médio de pagamento caiu de dois meses para três semanas, agilizando bastante o retorno dos motores.

Resolvidos os imbróglis burocráticos, passou-se a atacar as causas das queimas. Foi verificado que, em termos de quantidade, cerca de 50% eram de motores de vasca, peneira ou esquadrejadora, ou seja, das áreas mais úmidas da fábrica. As causas também eram recorrentes: contaminação interna. Com isso, foi proposto que um teste fosse realizado: alguns motores de IP (índice de proteção) maior fossem comprados e colocados para funcionar, para medir quanto tempo a mais eles duravam em relação aos normais.

O índice padrão da fábrica é IP 55, no qual o primeiro dígito refere-se à infiltração de poeira e o segundo, à de água. Foi proposto motores de IP 56 ou até mesmo 66 para algumas localidades. Após um orçamento com o representante da WEG, descobriu-se que essa alteração quase triplicaria o valor do motor e, portanto, a proposta não pode ser aceita.

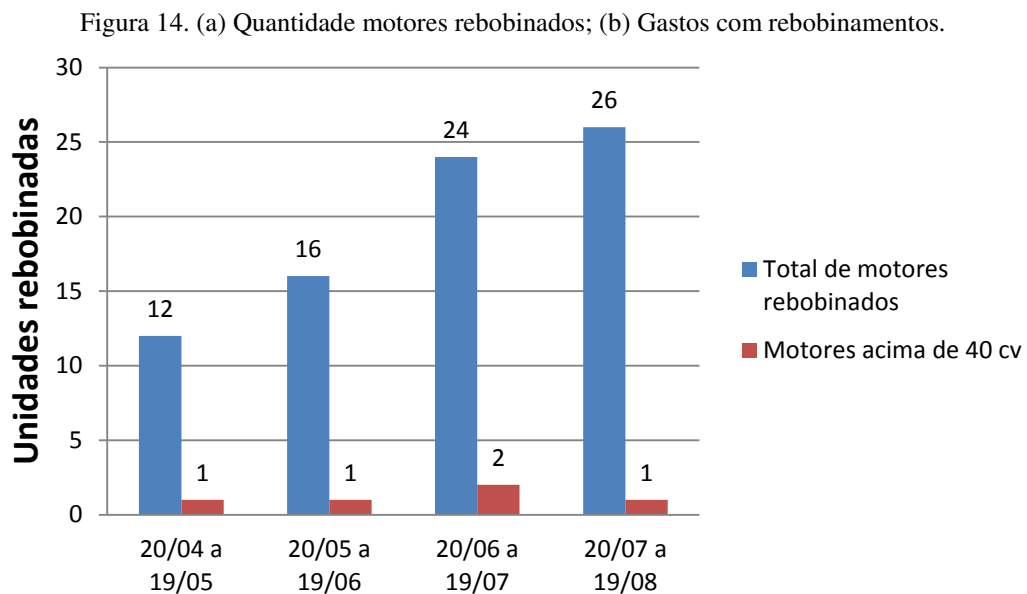
Contudo, pesquisando-se mais acerca dessas ocorrências, foi observado, tanto para as vascas quanto para as esquadrejadoras, que os operadores, ao limpar as máquinas, muitas vezes lavavam os motores com mangueiras. O estagiário buscou orientar para os riscos e danos dessa prática, mas, apesar de isso deixar de ser feito, não foram observadas reduções nos índices de queima desse tipo.

Apesar de representar uma pequena parcela no número absoluto de queimas, em termos de gastos os motores grandes representavam de 40% a 50% do total. Assim, foi proposto um plano de manutenção preventiva e preditiva, baseado em medições periódicas de corrente, vida útil de rolamentos e análise termográfica e de vibração. Entretanto, a ideia não pode ser colocada em prática. Com isso, um serviço de manutenção preventiva em um motor

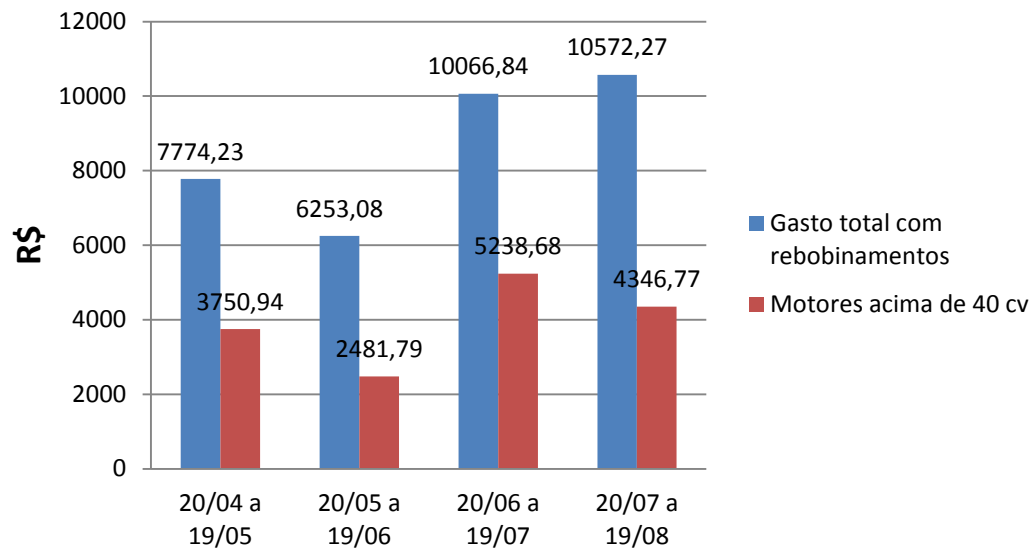
de mais de 60 cv, com troca de rolamentos e envernização do estator, que custaria poucas centenas de reais, chegava até a 10 vezes mais quando o motor queimava (sem contar o tempo extra que o conserto requeria e a queda de eficiência do motor após o rebobinamento).

Mesmo assim, mensalmente, era elaborado um relatório com todos os rebobinamentos, incluindo os locais dos motores, funções, dados de placa, motivos da queima, custos, datas e soluções propostas. Infelizmente, o registro só serviu para monitorar as ocorrências, e não para reduzi-las. Pode-se ver, na Figura 14(a), a quantidade de rebobinamentos ocorridos por período de medição; na 14(b), os gastos com esses consertos. Os períodos de medição começavam no dia 20 e terminavam no dia 19 do mês seguinte.

A quantidade de períodos de medição não foi suficiente para se observar uma boa média do número de queimas mensais. Entretanto, pode-se notar que esses números ocorriam de forma imprevisível, visto que havia semanas sem nenhuma ocorrência e outras com mais de dez queimas.



(a)



(b)

5.3 SENSORES ELÉTRICOS

Quando o trabalho com os motores elétricos estabilizou-se, o estagiário observou outro problema que causava muitas despesas desnecessárias: a quebra de sensores elétricos.

Os sensores são os responsáveis por toda a automação da linha, tendo um papel importante no controle dos processos da produção. Contudo, são frágeis, quebrando-se em choques com material ou com o operador. Podem ser vistas, na Figura 15, situações nas quais não existia proteção ou esta era precária.

A contagem dos sensores quebrados começou a ser feita pouco antes do início do estágio, no dia 01/04, por iniciativa do líder de manutenção elétrica. A instrução era para que os eletricitistas, ao retirarem um sensor quebrado da linha, usassem fita crepe para identificar a data, o local e a causa da quebra. Depois, eram colocados numa caixa na sala da elétrica. Entretanto, muitos sensores não eram identificados e o monitoramento ficava difícil.

Ao perceber o rápido enchimento da caixa, o estagiário propôs ao gerente de manutenção que ações fossem tomadas para evitar as quebras. Assim, foi feita uma reunião com o líder de manutenção elétrica, para que fossem apresentados os principais pontos de quebras e discutidas possíveis soluções.

Figura 15. (a) Proteção inexistente; (b) Proteção mal projetada.



(a)



(b)

Depois da coleta dos dados disponíveis, foi reforçado para os eletricitas a necessidade do registro correto das ocorrências. Isso melhorou significativamente as anotações, que passaram a ser completas e raramente ocorria de um sensor quebrado não estar propriamente identificado. Assim, foram criadas planilhas para isolar as áreas mais críticas e as soluções

que deveriam ser tomadas. Um exemplo de como era feito o registro pode ser visto na Figura 16.

Figura 16. Registro de quebra de sensor.



Fonte: Autoria própria.

Em conjunto com o líder de manutenção elétrica, foram elaborados ou aperfeiçoados suportes de metal que serviam também de proteção para os sensores. Devido ao fato de existirem vários tipos diferentes de sensores e diferentes tipos de uso, foram propostos seis tipos diferentes de proteção: duas para sensores de barreira, duas para sensores difusos, uma específica para o sensor do alinhador da esquadrejadora e outra para sensores de canal.

O local do sensor era medido e observado como a proteção poderia ser elaborada de forma a funcionar o mais eficazmente possível. Os desenhos eram feitos no AutoCAD e depois discutidos com o líder de manutenção elétrica, a fim de realizar alguns últimos ajustes. Por fim, os croquis eram entregues no setor de usinagem, que fabricava as proteções. Então, estas eram pintadas e instaladas. Normalmente não havia sequer a necessidade de parar a linha e, além disso, não era mais necessário qualquer tipo de manutenção posterior. Algumas fotografias das proteções já instaladas podem ser vistas nas Figuras 17(a) (difusa), 17(b) (barreira) e 17(c) (canal).

Figura 17. (a) Difusa; (b) Barreira; (c) Canal.



(a)



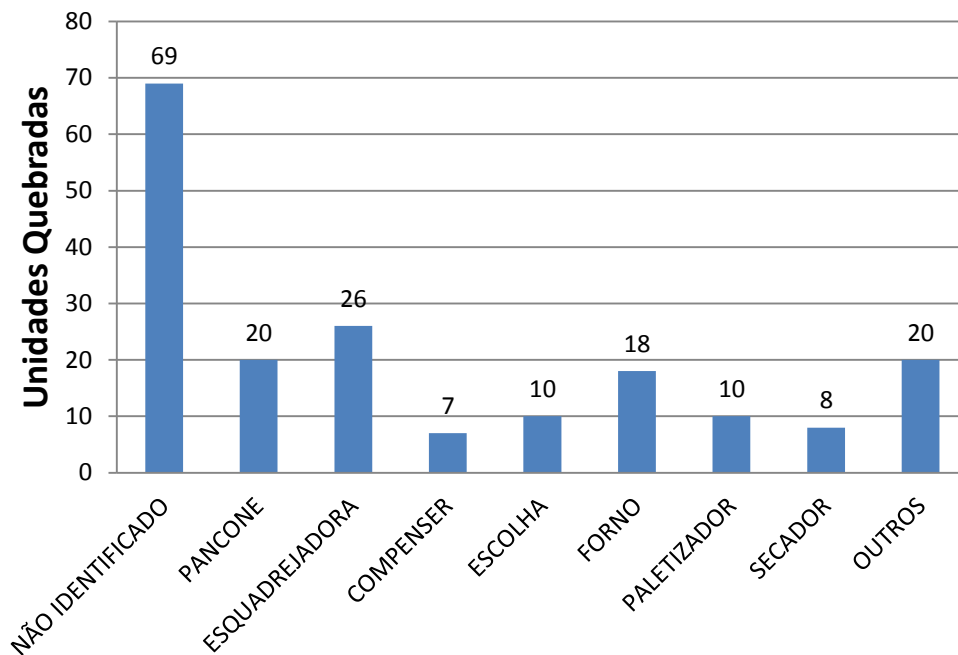
(b)

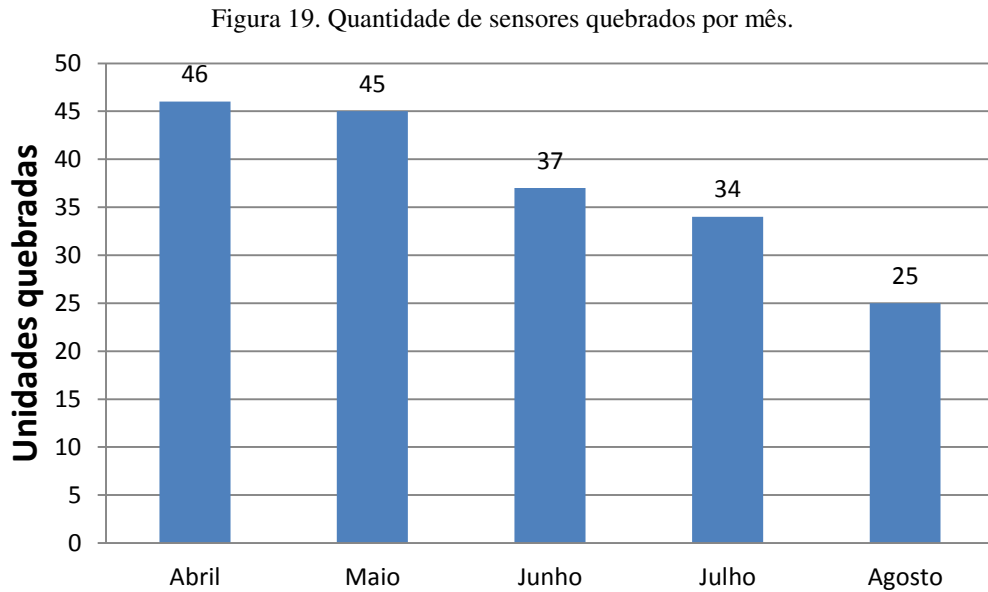


(c)

Como a solução proposta para esse problema apresentava um custo bastante baixo, pode ser quase que imediatamente aplicada. Assim, após identificadas as áreas mais críticas, o trabalho foi direcionado para elas. Estas estão representadas na Figura 18. Os resultados puderam ser observados imediatamente, conforme gráfico da Figura 19.

Figura 18. Quantidade de sensores quebrados por setor.





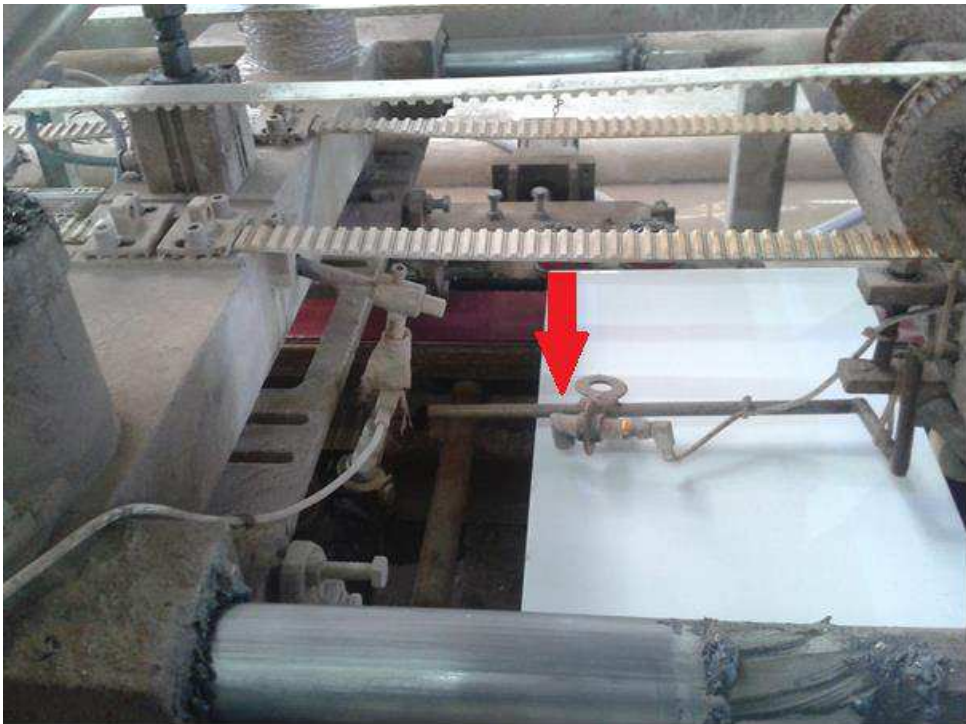
Apesar dos resultados satisfatórios, muitas dificuldades foram encontradas nesse processo, o que impediu uma melhor efetivação da ideia. Pode-se citar a falta de material no setor de usinagem, além de haver outras atividades no mesmo setor. Além disso, um dos tipos de proteção para sensores difusos requereu atenção com o peso, pois havia o risco de, caso fosse de chapa de ferro 5 mm como os demais, ela poderia virar e tirar o sensor da posição correta. Foi requisitada a compra de uma placa menos espessa ou de alumínio, mas o processo de compra também requeria mais tempo.

A proteção desenvolvida exclusivamente para a esquadrejadora era um dos pontos que necessitava do material menos pesado. O problema nesse setor consistia no pequeno espaço para alocar o sensor. Em baixo, as peças passavam bastante próximas ao sensor, ou seja, se ocorresse uma pedra montada (um azulejo em cima do outro) que passasse pelo fim-de-curso despercebida, quebraria o sensor. Em cima, havia a patinha, que é uma parte da esquadrejadora que empurrava as peças. O sensor ativava um dispositivo que ajustava as peças no centro da esteira, deixando-as perfeitamente alinhadas (daí chamar-se “alinhador”). A patinha fazia um movimento para frente e para trás e chegava muito próximo do sensor. Se o movimento de empurrar excedesse um ou dois centímetros do normal, haveria o choque com o sensor e este era quebrado. A situação pode ser vista na Figura 20(a). O sensor do alinhador está indicado com a seta vermelha.

Figura 20. (a) Sensor do alinhador da esquadrejadora; (b) Nova configuração do sensor.



(a)



(b)

Devido à falta de material para construir uma proteção eficaz para essa situação, e às constantes quebras verificadas na máquina (vide Figura 18 – embora nem todas as quebras sejam atribuídas ao alinhador), outra solução teve que ser pensada: trocar o tipo de sensor. A ideia foi dada por um dos eletricitistas: usar um espelho especial para tornar o sensor vertical num horizontal, como é possível observar na Figura 20(b). Com isso, as distâncias entre a linha e o sensor e entre a patinha e o sensor aumentaram consideravelmente, e, desde que foi feita a substituição, não foi mais observada nenhuma quebra. Entretanto, ainda se estuda usar um outro tipo de sensor, mais adequado à área bastante úmida e, para isso, um suporte adequado também está na fila para ser fabricado.

Numa situação ideal, na qual houvesse um funcionário dedicando-se a esse serviço, e com material (ferramentas e chapas de ferro e alumínio) disponível, todas as cerca de 170 proteções poderiam ficar prontas em poucas semanas.

Assim, esse projeto teve sua eficiência reduzida, embora tenha se mostrado uma solução simples, rápida e barata para um problema que causava dezenas de milhares de reais em prejuízos mensalmente (considerando o custo dos sensores, parada da produção e alocação de mão-de-obra).

O projeto segue em andamento, mas agora está em cotação para que uma empresa terceirizada faça as proteções, agilizando sua conclusão.

5.4 CCK E O PROJETO DE COGERAÇÃO

Para complementar a análise das contas de energia, foi posto em prática o uso do sistema supervisorio de monitoramento em tempo real utilizando o sistema CCK. Este é um aparelho com diversas funções, como lançar bancos de capacitores automaticamente, caso seja necessário diminuir os reativos. Porém, para a fábrica, não foi programado no aparelho para que faça tal função. Também é possível verificar relés, qual setor consome mais energia, programação por tempo, etc. Na unidade da Elizabeth onde o estágio foi realizado, há apenas o monitoramento de demanda e consumo. Neste trabalho não serão mencionadas quantidades, pois não foi permitido.

O CCK consegue informar o consumo graficamente, emite relatório, fator de potência e de carga. Ele foi instalado na Elizabeth após uma sequência de multas e para ter esse

controle e estudar o horário, setor e fábrica que estão causando o excesso. Após o início do gerenciamento, tornou-se mais fácil combater esse problema. Simplificadamente, o controle de gerenciamento de energia que o Grupo faz é monitorar graficamente os valores de consumo em tempo real. Foi notado pelo estagiário que o sistema CCK é um aparelho muito importante para a indústria. Na Figura 21, pode ser visto a interface do quadro do CCK.

Figura 21. CCK 6700.



A compra de energia é feita tendo como base um cálculo prévio, do qual cerca de 80% do consumo previsto é comprado no mercado fixo e os outros 20%, no mercado livre. A Energisa é responsável apenas pelo transporte dessa energia.

No contrato com a Energisa, há especificações do custo de transporte do quilowatt-hora consumido no horário de ponta e fora de ponta, que são iguais; mais importante é o custo da demanda contratada, que é mais de três vezes superior no horário de ponta em relação ao fora de ponta. Além disso, há uma pesada multa para o caso de a demanda no horário de ponta superar a contratada, que chega ao dobro do valor pago por kW efetivamente contratado.

Em agosto, foi observado que a fábrica extrapolava constantemente os valores contratados, pagando multas todo mês. Como se sabe, se a demanda contratada for superada pela requerida durante apenas 15 minutos em um dia no horário de ponta, a multa equivale a superar essa demanda por 100% do tempo das 17:30 h às 20:30 h nos dias úteis.

A fábrica dispõe de cinco geradores a diesel de 450 kVA, sendo quatro para a produção. São motores Cummins NTA885-G3 14.0 de seis cilindros com turbocompressores. Apesar da potência nominal, o manual recomenda não ultrapassar 70%, ou seja, 315 kVA. Um dos geradores pode ser visto na Figura 22.

Figura 22. Gerador de 450 kVA.



Teoricamente, eles deveriam ser usados para reduzir a demanda no horário de ponta, mas raramente são ligados. Ao observar isso, o estagiário solicitou ter acesso às contas de energia da empresa para que fosse analisada a possibilidade de usar os geradores. Além disso, após acesso ao manual do gerador, verificou-se que seu rendimento era de cerca de 0,27 l/kWh. Assim, para suprir 315 kVA durante as três horas, seriam necessários cerca de 255 litros para cada gerador. Comparando-se os valores da multa por excesso de consumo de energia elétrica e da quantidade de combustível para gerar os quilowatt-hora necessários, percebe-se que a última opção representa entre 50% e 58% das multas pagas mensalmente. Entretanto, foi informado que estes não eram confiáveis, não sendo viável seu uso para alimentar partes essenciais da produção, como as prensas e os fornos.

Devido à insistência do estagiário, foi imaginada uma possível solução: um sistema que reaproveitasse o calor gerado a partir da queima do gás industrial nos fornos, secadores e secadores de ponto de cola para gerar energia elétrica. Assim, o estudo foi direcionado nesse sentido.

A primeira análise foi realizada nas contas de energia desde janeiro de 2015. Observou-se que não houve ultrapassagem da demanda contratada no horário fora de ponta,

mas, na ponta, sempre ocorreu. Os excessos variaram de 25,5% a 30,7%. Além disso, o número de dias que a demanda extrapolava o limite chegava a 100% dos dias úteis do mês. Entretanto, o fator de carga durante o horário fora de ponta geralmente se situava próximo aos 85%.

De posse desses dados, o estagiário apresentou três soluções para reduzir o montante pago mensalmente pelo consumo de energia elétrica:

- a) Revisão dos contratos de compra de energia, aumentando a porcentagem da compra no mercado fixo em detrimento do mercado livre, e elevando a demanda contratada da Energisa no horário de ponta;
- b) Melhor uso dos moinhos, fazendo estoque de massa durante o horário fora de ponta, para que pudessem ser desligados durante a ponta sem prejudicar a produção;
- c) Avaliar a possibilidade de uso de geradores, a diesel ou gás, para suprir parte da demanda no horário de ponta.

O primeiro ponto foi rejeitado, sendo informado que isso era competência de outro setor. Apesar da insistência em ter uma reunião com o responsável por essa área, os contratos permanecerão iguais pelo seu período de vigência.

O segundo ponto ainda vai passar por mais discussões, visto que sua aplicação não depende exclusivamente do ponto de vista do consumo de energia elétrica, mas também da qualidade da massa produzida. É necessário que vários setores discutam essa possibilidade para associar esses dois fatores.

Quanto ao terceiro, foi pedido ao estagiário que aprofundasse os estudos nos geradores a gás, visto que os a diesel não eram confiáveis o suficiente. Assim, o primeiro passo seria saber quanto a empresa consumia de gás semanalmente, dados aos quais o estagiário teve acesso. Depois, o consumo por equipamento era necessário, pois o sistema de cogeração deveria ser concentrado nos principais pontos, e não interligando a fábrica inteira.

Já eram sabidos o consumo total da fábrica e quais máquinas consumiam mais gás, mas a parcela individual de cada uma não (existia apenas uma estimativa). Ao verificar os medidores de vazão dos cinco secadores, cinco fornos e três secadores de ponto de cola, verificou-se que apenas o medidor de um dos secadores funcionava. Logo, seria necessário ter

um conhecimento preciso do quanto cada máquina consumia para estimar seu potencial de geração e a viabilidade de instalar as turbinas.

Então, foi atribuído ao estagiário o dimensionamento dos medidores e sua cotação com diferentes empresas. A primeira etapa dependia de estimativas baseadas na produção (por m²) e em catálogos de queimadores, que são dispositivos que queimam o gás. Entretanto, grande parte dos queimadores são antigos e os catálogos são muito difíceis de encontrar. Esses dados são importantes para estimar a potência térmica dos secadores e fornos, dado importante para o correto dimensionamento dos medidores de vazão. Depois de muita pesquisa e perguntas ao operadores e chefes dos setores, o dimensionamento foi concluído e os orçamentos foram requisitados. O processo ainda segue em aberto.

6 CONCLUSÃO

O estágio realizado foi extremamente importante, pois contribuiu substancialmente para o desenvolvimento do caráter prático do discente, que por meio da realização de atividades de acompanhamento e participação em diferentes projetos e atividades, pôde se envolver em diferentes áreas da indústria.

As contribuições técnicas do estágio para o aluno foram: experiência de trabalho com uma equipe de profissionais de diversas áreas e níveis; experiência de como as coisas funcionam na prática, com problemas e cobranças para soluções imediatas; percepção do meio industrial, desde a solicitação de compra de material até sua instalação.

As contribuições do estagiário à empresa foram: agilização no processo de entrega e retorno de motores rebobinados, reduzindo o prazo de dois meses para três semanas e um registro adequado de todas as ocorrências; redução de quase 50% no número de sensores quebrados mensalmente, com previsão de uma queda total de 90% ao fim do processo; alerta à necessidade do melhor uso da energia elétrica comprada e necessidade de ações imediatas quanto ao pagamento de multas.

Dessa forma, neste estágio o aluno teve a oportunidade de colocar em prática grande parte do conteúdo adquirido ao longo do curso. Disciplinas como Circuitos Elétricos, Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Equipamentos Elétricos, Máquinas Elétricas, Distribuição de Energia Elétrica, Proteção de Sistemas Elétricos e Expressão Gráfica, principalmente, mostraram-se de grande valia para o bom aproveitamento do estágio.

O discente, então, foi capaz de alcançar seus objetivos com a realização do estágio. São eles: colocar em prática os seus conhecimentos teóricos, adquirir experiência e aperfeiçoar sua desenvoltura no âmbito profissional. Os resultados obtidos ao fim das atividades atenderam às expectativas, despertando o interesse do discente de continuar no setor industrial.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão** - Associação Brasileira de Normas Técnicas Março 2005.

Cerâmica Elizabeth. Disponível em: <<http://www.ceramicaelizabeth.com.br>> Acesso em setembro de 2015.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 7ª Edição. Editora LTC, 2007

Manual de instruções para GMG 450 kVA USCA ST2000P. STEMAC Grupos Geradores. Porto Alegre – RS.

SOUZA, B. A. **Distribuição de Energia Elétrica**. Campina Grande: UFPB, 1997.