

Revista e-Tec
04-2019

Conexão i

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

e-TEC

e-TEC Revista de Tecnologia e Ciência

Edição ano 2019 – Londrina Paraná

Corpo Editorial

Editor Chefe – Edição V4-2019

Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora

Comitê Executivo

Prof.^a. Adriana G. Carvalho

Prof. Dr. Edgard C. Menezes

Prof.^a. Dra. Camila F. de Oliveira

Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt

Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora

Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina

ISSN: 2358-5528

Direitos reservados

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Rua Belém, 844 – Londrina PR.

43 -3294-5100 – faculdade.londrina@sistemafiep.org.br

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Este periódico publica nomes individuais, comerciais e marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

Editorial

A Revista “e-Tec” de Tecnologia e Ciência, da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina em sua terceira edição de 2019 apresenta, aos leitores interessados, curiosidades e conhecimentos que podem incrementar os seus estudos e projetos; considerando-se, as abordagens executadas pelos diversos autores desta publicação. Destaca-se que, mesmo abordando temáticas diferenciadas, cada artigo provoca questionamentos, a fim de ampliar, aprofundar, temas, trazendo à tona as diversas questões estabelecidas. Os artigos ora publicados contribuem para a disseminação das informações produzidas pelos acadêmicos e docentes das Faculdades da Indústria SENAI; sendo desta forma caracterizados,

como veículo técnico científico de informações das respectivas áreas; e, estão em sintonia com os cursos ofertados; além de, estarem em harmonia com as linhas de pesquisa das Faculdades. Esta edição também apresenta algumas ações realizadas, no período, onde alunos e egressos dos cursos da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, tem a oportunidade de protagonizar sua história.

Os Autores e o corpo executivo da Revista de Tecnologia SENAI Londrina agradecem o apoio e o envolvimento de toda a comunidade acadêmica, que contribuiu de sobremaneira para a realização desta edição.

Boa leitura!

SUMÁRIO

Destques na apresentação do FaSeTech II!	5
ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA NO ÂMBITO DA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA	7
ANÁLISE EM AÇOS GALVANIZADOS A QUENTE COM BANHO DE ZINCO	19
IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE GRANDEZAS ELÉTRICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	36
PROJETO DE UMA ESTAÇÃO DE PERFORMANCE PARA EXPOSITORES REFRIGERADOS	47

Destaques na apresentação do FaSeTech II!

Prof. Dr. Vicente Gongora¹

Prof. Esp. Wesley Candido²

O Desafio de projetos inovadores, FaSeTech, este ano em sua segunda edição a comunidade acadêmica da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, apresentou durante a realização da 8ª Semana Científica, realizada no mês de novembro junto com a Conexão-i; vários trabalhos inovadores de aplicação na indústria! Dentre eles kits didáticos para a melhoria do processo de aprendizagem dos alunos, tais como o Elevador e a bancada didática de de servo motor.



Leandro Cuenca e da tecnologia em Manutenção Industrial Luciano da Silva



desenvolvida pelos alunos do curso de Tecnologia em Manutenção industrial, Enã Valério Seret Lion, Gabriel Gerra Bonadiman, Rafael Torres Pereira de Matos e Clovis Carvalho.

O projeto de controle e supervisão de Piscinas dos alunos do curso de Engenharia Elétrica Diego André Gil, Danilo Faveri Massi e Fabio Osvaldo de Souza Koyano Filho.

Já os alunos da Engenharia elétrica Luis Gustavo Ferrareto Espontao, Matheus



Teixeira e Daniel Junior, apresentaram o projeto I4PM que trata da manutenção preditiva em motores elétricos, com inteligência artificial.

Felicitemos a comunidade acadêmica envolvida neste processo!

A Bancada didática de servo motor foi

¹ Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

² Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br



O Empresário e aluno do curso de pós graduação em Engenharia de Automação Industrial, Alexandre Resende, abriu os trabalhos da 8ª semana científica e tecnológica, falando dos aspectos da qualidade e sua importância na Indústria. Os Alunos do Curso de Engenharia Elétrica Edson da Silva Bueno, Djalma Leite de Oliveira, apresentaram seu prototipo para análise de falhas em motores elétricos de indução, ainda em fase de ajustes. E o colega de curso José Mojica de Matos, está dando a maior força!!!

Foram várias atividades e apresentações que contaram com empresas da região e do sul do estado.

Também houveram apresentações e minicursos coordenados pela prof. Camila Fogaça que comandou os trabalhos da 8ª edição da Semana científica e tecnológica da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; que esta ano juntou-se ao Conexão I, evento que congregou a comunidade acadêmica de forma atrativa e eficiente! Muitos projetos e experimentos foram mostrados e apresentados para a comunidade local. Em tempo, aqui ficam registrados os nossos agradecimentos: à Faculdade mantenedora, a gerência de educação superior, à direção e coordenação acadêmica da



Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina pela contribuição financeira e os demais esforços dispensados para que o evento pudesse ter o êxito que conquistou, no ano de 2019!

As fotos são ilustrativas e representam os detalhes dos vários momentos do evento, maiores informações os leitores podem .

O projeto vencedor desafio do FaSeTech II, foi dos alunos do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial do quarto período. Desenvolveram a melhoria do tempo de “setup” na indústria! Merecidos Parabéns aos alunos, Clóvis de Almeida Carvalho e Thiago Fonseca Teodoro.



ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA NO ÂMBITO DA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

Camila Fogaça de Oliveira¹

Katielly Tavares dos Santos²

RESUMO

No desenvolvimento das atividades que visam desenvolver o conhecimento tecnológico, destacamos atividades de modelagem matemática para facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos. Este trabalho apresenta o resultado de duas atividades de modelagem matemática na educação matemática, relacionando com os conceitos de física e processos de fabricação.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Educação Tecnológica. Atividade Interdisciplinar.

MATHEMATICAL MODELING ACTIVITIES IN THE FIELD OF TECHNOLOGICAL EDUCATION

ABSTRACT

In the development of activities aimed at developing the technological knowledge, we emphasize mathematical modeling activities to facilitate the understanding of the concepts involved. This work presents the results of two activities of mathematical modeling in mathematics education, relating to the concepts of physics and manufacturing processes.

Key-words: Mathematical Modeling. Technological Education. Interdisciplinary Activity.

¹ Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. e-mail: camila.fogaça@sistemafiep.org.br

² Universidade Norte do Paraná Unopar. E-mail: katielly.souza@kroton.com.br

1. INTRODUÇÃO

A educação profissional e tecnológica vislumbra do conhecimento de técnicas e ao ato de fazer, mas com a apreensão do conhecimento tecnológico, considerando-se o mercado de trabalho. Nesse caso, visa “formar profissionais capazes de formular e resolver problemas, modelar situações e analisar de forma crítica os resultados obtidos” (FERRUZZI, 2003, p. 7).

Tendo em vista estes objetivos, atividades de modelagem matemática podem auxiliar na aprendizagem de conceitos em sala de aula, com a finalidade de construir modelos matemáticos já conhecidos na literatura e que utilizam conceitos relativos aos cursos de tecnologia.

Neste trabalho apresentamos a modelagem matemática como alternativa pedagógica para o ensino e a aprendizagem da matemática. As atividades abordadas se relacionam a conteúdos de matemática básica e de disciplinas de Física e Processos de Fabricação dos cursos superiores de Tecnologia em Manutenção Industrial e Fabricação Mecânica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina.

A primeira delas envolveu a construção de um robô lançador para o estudo de lançamento de projéteis e a segunda atividade envolveu conceitos de velocidade de corte na usinagem por torneamento convencional de uma peça. A seguir detalhamos as atividades.

2. MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

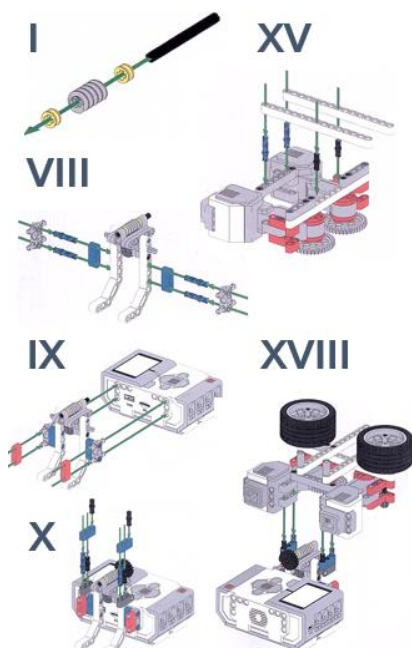
2.1. Atividade 1: Análise do movimento de um projétil

Na educação tecnológica recursos do tipo *Lego Education* são utilizados para incentivar a iniciação tecnológica. Neste caso, é possível explorar conteúdos matemáticos e físicos expandindo a utilização desses recursos.

Foi construído um robô lançador com recursos *Lego Education* (Figura 1) e utilizado o software *Tracker* (Figura 2) para a análise da trajetória do projétil. A trajetória desse objeto com velocidade inicial v_0 apresenta o formato de uma parábola com concavidade

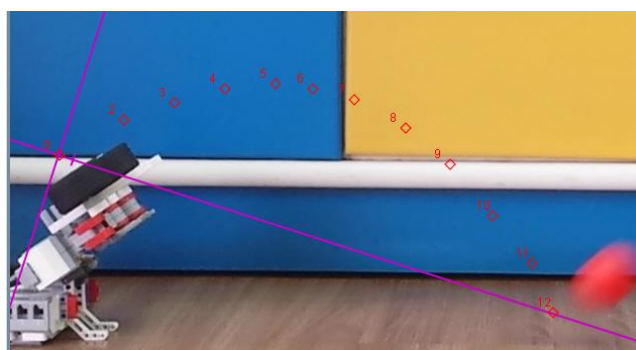
voltada para baixo e seu movimento é denominado de lançamento oblíquo. Nesse caso, o projétil apresenta ponto de máximo.

Figura 1: Robô lançador



Fonte: Dos autores.

Figura 2: Trajetória através do software



Fonte: Dos autores.

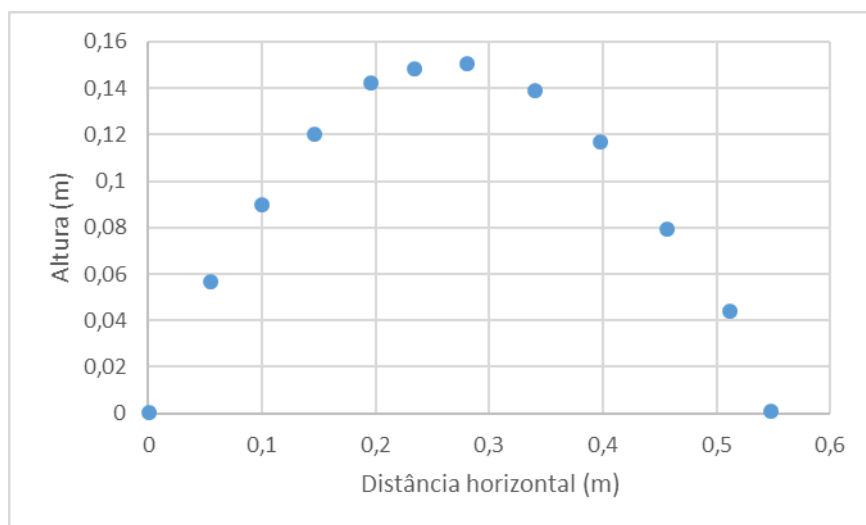
O software *Tracker* apresentou dados do tempo da trajetória, sua distância horizontal e altura correspondentes, conforme indica Tabela 1. A partir da tabela, foi possível construir a tendência dos dados com vistas a obter a equação da trajetória do projétil (Gráfico 1).

Tabela 1: Dados da trajetória obtidos através do software

Tempo (s)	Distância horizontal (m)	Altura (m)
0,000	0,00114	0,00037
0,067	0,05455	0,05649
0,100	0,1001	0,08984
0,133	0,1465	0,1204
0,167	0,1957	0,1424
0,200	0,2343	0,1485
0,234	0,2804	0,1508
0,267	0,3405	0,1389
0,300	0,3976	0,1166
0,334	0,4564	0,07924
0,367	0,5115	0,04381
0,401	0,5484	0,00102

Fonte: Dos autores.

Gráfico 1: Equação da trajetória do projétil



Fonte: Dos autores.

A trajetória do projétil corresponde a uma função quadrática do tipo $y = ax^2 + bx + c$ (1), em que x representa a distância horizontal (metros) e y representa a altura atingida pelo projétil (metros).

Considerando que a altura final é a mesma altura de lançamento¹, ou seja, $c = 0$ e levando em consideração os seguintes pontos $y(0,2804) = 0,1508$ e $y(0,5484) = 0$, obtemos o seguinte sistema linear, por meio da substituição em (1):

$$\begin{cases} y(0,2804) = a \cdot 0,2804^2 + b \cdot 0,2804 = 0,1508 \\ y(0,5484) = a \cdot 0,5484^2 + b \cdot 0,5484 = 0 \end{cases}$$

Sabendo que $a = -2,0067$ e $b = 1,1003$ obtemos o seguinte ajuste para o conjunto de dados:

$$y = -2,0067x^2 + 1,1003x. \quad (2)$$

Pelo Teorema de Fermat temos que se uma função possui valores máximo ou mínimo locais em um ponto x_m interior de seu domínio e sua derivada existir, então $f'(x_m) = 0$. Sendo assim, o próprio fenômeno movimento de um projétil nos indica que temos um ponto de máximo no domínio da função.

¹ Realizou-se essa simplificação com o intuito de complementar nosso estudo com conceitos físicos.

A derivada de (2) nos fornece $y' = -4,0134x_m + 1,1003$ e igualando a zero temos que a altura máxima do projétil de $y_m = 0,1508 \text{ metros}$ é adquirida a uma distância horizontal de $x_m = 0,2742 \text{ metros}$.

O estudo do movimento de um projétil é abordado especialmente, em cursos superiores, na disciplina de Física (mecânica). Neste caso, visamos complementar nossa problemática, o Quadro 1 apresenta uma abordagem do livro didático 'Fundamentos de Física', vol. 1 - mecânica de David Halliday e Robert Resnick publicado em 2008.

Quadro 1: Conceitos físicos para lançamentos de projéteis

Movimento Vertical

O movimento vertical é o movimento para uma partícula em queda livre. O mais importante é que a aceleração é constante. A componente vertical da velocidade se comporta exatamente como a de uma bola lançada verticalmente para cima. Inicialmente ela está dirigida para cima e seu módulo diminui continuamente até se anular, o que determina a altura máxima da trajetória (Fig. 4-10). Em seguida, a componente vertical da velocidade muda de sentido e seu módulo passa a aumentar com o tempo.

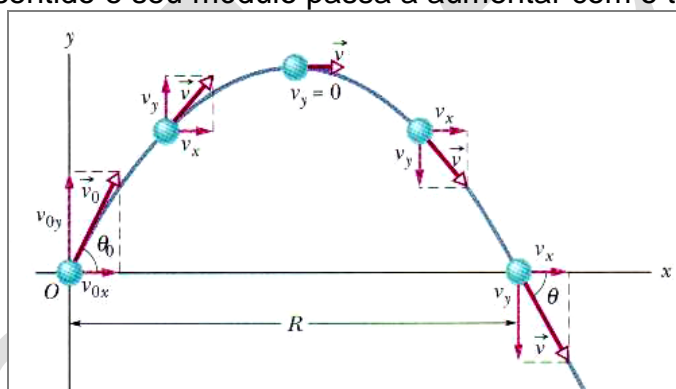


Fig. 4-10 Trajetória de um projétil que é lançado em $x_0 = 0$ e $y_0 = 0$ com uma velocidade inicial \mathbf{v}_0 . São mostradas a velocidade inicial e as velocidades em vários pontos ao longo da trajetória, juntamente com suas componentes. Observe que a componente horizontal da velocidade permanece constante, mas a componente vertical muda continuamente. O *alcance* R é a distância horizontal percorrida pelo projétil quando retorna à altura do lançamento.

Fonte: Halliday e Resnick (2008, p. 72).

Halliday e Resnick (2008) apresentam a equação da trajetória e alcance horizontal por meio de modelos já estruturados, visando indicar aplicações destes conceitos. Segundo os autores, a trajetória de um projétil é determinada pela fórmula (3) definida por

$$y = (\tan\theta_0)x - \frac{g x^2}{2(v_0 \cos\theta_0)^2} \quad (\text{Quadro 2}).$$

Quadro 2: Equação da trajetória

Equação da Trajetória

Podemos obter a equação do caminho percorrido pelo projétil (sua *trajetória*), obtemos após algumas manipulações algébricas,

$$y = (\tan\theta_0)x - \frac{gx^2}{2(v_0 \cdot \cos\theta_0)^2} \quad (3)$$

Esta é a equação da trajetória mostrada na Fig. 4-10. Como g , θ_0 e v_0 são constantes, a equação (1) é da forma $y = ax + bx^2$, onde a e b são constantes. Como esta é a equação de uma parábola, a trajetória é *parabólica*.

Fonte: Halliday e Resnick (2008, p. 72).

Sendo assim, a partir de (2) é possível determinar o ângulo de lançamento do projétil e sua velocidade inicial. Igualando (1) e (2), obtemos $\tan\theta_0 = 1,1003$ e $\frac{g}{2(v_0 \cdot \cos\theta_0)^2} = 2,0067$, ou seja, $\theta_0 \cong 47,73^\circ$ e $v_0 \cong 2,32 \text{ m/s}$.

O alcance horizontal do projétil pode ser determinado considerando que $R = 2x_m$. Por outro lado, Halliday e Resnick (2008) indica no quadro 3 que o *alcance horizontal* de um projétil é determinado pela fórmula $R = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\theta_0}{g}$ (4), assim, $R \cong 0,55 \text{ metros}$.

Quadro 3: Alcance horizontal de um projétil

Alcance Horizontal

O *alcance horizontal* R de um projétil, como mostra a Fig. 4-10, é a distância horizontal percorrida pelo projétil até voltar à sua altura inicial (altura de lançamento). Para determinar o alcance R , fazemos:

$$R = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\theta_0}{g} \quad (4)$$

Atenção: Esta equação não fornece a distância horizontal percorrida pelo projétil quando a altura final é diferente da altura de lançamento.

Observe que R na equação 2 atinge o valor máximo para $\sin 2\theta_0 = 1$, que corresponde a $2\theta_0 = 90^\circ$ ou $\theta_0 = 45^\circ$.

Fonte: Halliday e Resnick (2008, p. 73)

É possível inferir que no caso do livro didático abordado, os autores já apresentam modelos matemáticos estruturados para a análise do movimento de um projétil, ou seja, seu estudo trata de aplicações de conceitos físicos. Foi possível verificar que a abordagem desses conceitos enriquecem e complementam o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática em sala de aula.

2.2. Atividade 2: velocidade de corte na usinagem por torneamento convencional de uma peça

Para que uma ferramenta corte um material, é necessário que um se movimente em relação ao outro a uma velocidade adequada.

Na indústria mecânica, por exemplo, as fresadoras, os tornos e outras máquinas operatrizes, produzem peças por meio de um processo denominado usinagem (Figura 3). A escolha de uma ou outra máquina depende das especificações técnicas exigidas da peça como o formato do produto (planas, curvas, cilíndricas, cônicas e outras), dimensões e acabamento especificados.

Figura 3: Diversos formatos de peça podem ser obtidos pelo processo de usinagem



Fonte: Dos autores.

Segundo Houaiss (2009), usinagem é o processo de fabricação que consiste em trabalhar uma peça bruta com máquinas operatrizes para lhe dar o formato final. Segundo a Senai (1998), o material removido da peça ou material bruto é denominado de cavaco, sendo constituído por lascas, pedaços ou fragmentos, caracterizando-se por uma forma geométrica irregular (excedente do ferro fundido, do aço, do alumínio ou outros materiais retirados de uma peça durante o processo de usinagem).

Os processos mecânicos de usinagem são normalizados e padronizados pela norma NBR 6175. O torneamento consiste de um “processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes” (ABNT, 1971, p. 2).

Embora possua grande versatilidade, o torno convencional apresenta dificuldade em mudanças ou troca de ferramentas. Neste caso, não oferece grandes possibilidades de fabricação de peças em série, podendo executar operações que normalmente são feitas por outras máquinas, como a fresadora, a furadeira e a retificadora.

Diversas partes compõem o torno convencional, realizando operações de usinagem (ESTAMBASSE, GÓES, 2014; SENAI, 2007), conforme ilustra a Figura 4.

Cabeçote Móvel: desliza sobre o barramento do torno e serve como ponto de apoio em diversas operações de torneamento, especialmente em fixação de peças longas.

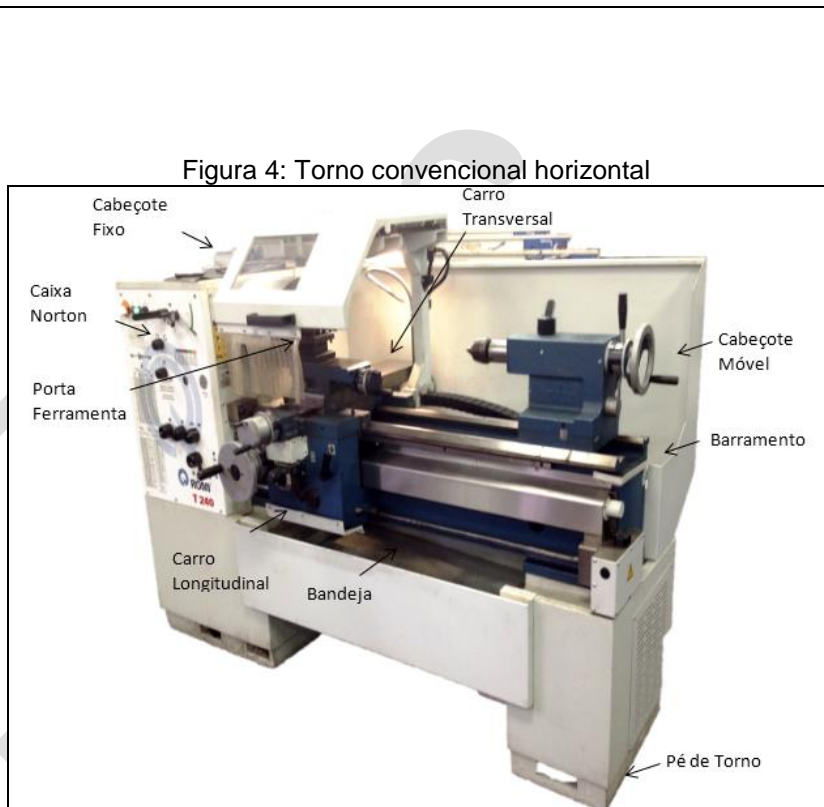
Carro Transversal: é responsável pelo movimento transversal da ferramenta e se desliza por meio de um movimento manual ou automático.

Barramento: forma a estrutura da máquina, fixando o cabeçote fixo e móvel e proporcionando movimento do carro transversal do torno e alguns acessórios.

Carro Longitudinal: se apoia sobre o barramento e serve de apoio aos outros carros.

Cabeçote Fixo: permite estabelecer o movimento de rotação do torno, fornecendo a frequência de rotação.

Porta Ferramenta: permite fixar a ferramenta de corte por meio de parafusos de aperto.



Fonte: Dos autores.

Essas partes constituintes do torno convencional são as responsáveis pelo desenvolvimento dos seguintes sistemas:

- Sistema de transmissão de movimento do eixo: motor, polia, engrenagens, redutores.
- Sistema de deslocamento da ferramenta e de movimentação da peça em diferentes velocidades: engrenagens, caixa de câmbio, inversores de marcha, fusos, vara etc.

- Sistema de fixação da ferramenta: torre, carro porta-ferramenta, carro transversal, carro principal ou longitudinal.
- Sistema de fixação da peça: placas e cabeçote móvel.
- Sistema de comandos dos movimentos e das velocidades: manivelas e alavancas.
- Sistema de frenagem (SENAI, 2007, p. 26)

O torneamento de uma peça pode ser cilíndrico (Figura 5). Neste caso, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória paralela com o referido eixo.

Figura 5: Torneamento cilíndrico externo

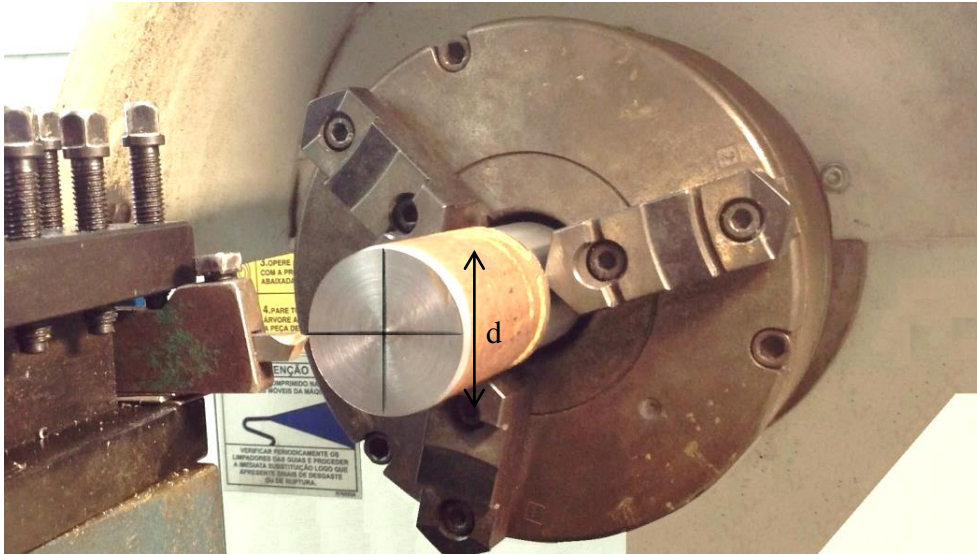


Fonte: Dos autores.

A velocidade do torneamento de uma peça pode ser muito rápida ou bem lenta. Segundo Fiesp (1995, p. 85), a velocidade de corte “depende de uma série de fatores, como tipo de material da ferramenta, tipo do material a ser usinado, tipo de operação a ser realizada, condições da refrigeração, condições da máquina, etc.”.

Por definição, essa velocidade de corte, corresponde a velocidade de rotação da peça. Em cada rotação da peça a ser torneada, o seu perímetro da base passa uma vez pela aresta cortante da ferramenta, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6: Representação do movimento de rotação da peça



Fonte: Dos autores.

Para determinar o modelo matemático que descreve o movimento de rotação de uma peça a ser torneada são necessárias algumas suposições a respeito da situação-problema. A saber,

- ✓ A função que descreve a velocidade de corte é uma função de duas variáveis diretamente proporcional entre o deslocamento da ferramenta (ferramenta percorre uma circunferência completa) e o seu período de rotação;
- ✓ Em cada rotação o diâmetro será considerado fixo;
- ✓ O diâmetro da tabela 2 se refere ao diâmetro final da peça.

Considerando as variáveis: velocidade de corte (metros/minuto) (v_c), diâmetro do material (metros) (d), período de rotação (minuto) (T) e frequência de rotação (rpm) (n), podemos inferir que a velocidade de corte é uma grandeza numérica diretamente proporcional ao perímetro¹ que a ferramenta percorre uma circunferência completa e o seu período de rotação, ou seja,

$$v_c = \frac{\pi d}{T} . \quad (5)$$

Neste caso, dizemos que o movimento é denominado de *movimento circular uniforme*, pois sua trajetória é uma circunferência e o módulo de sua velocidade permanece constante no decorrer do tempo.

¹ Período é o tempo que a ferramenta leva para percorrer uma circunferência completa.

Em usinagem, como é necessário o cálculo da frequência de rotação da peça que está realizando o trabalho, utilizaremos a seguinte relação:

$$n = \frac{1}{T} . \quad (6)$$

Substituindo (6) em (5) obtemos:

$$v_c = \pi d n . \quad (7)$$

Como é padronizado para o diâmetro das peças a sua utilização em milímetros, de modo geral, materiais técnicos utilizam da transformação de unidades do modelo (7) de metros para milímetros:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} , \quad (8)$$

onde v_c é a velocidade de corte (metros/minuto), d é o diâmetro do material (milímetros) e n é a frequência de rotação (rpm).

Visando facilitar cálculos matemáticos, muitos fabricantes informam por meio de tabelas, relações entre a velocidade de corte e o diâmetro de material, para a determinação da frequência de rotação ideal (Tabela 2).

Tabela 2: Frequência de rotação de uma peça (rpm)

v m/min	Diâmetro do material em milímetros											
	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
6	318	191	96	64	48	38	32	27	24	21	19	16
9	477	287	144	96	72	57	48	41	36	32	29	24
12	636	382	191	127	96	76	64	54	48	42	38	32
15	794	477	238	159	119	96	80	68	60	53	48	40
19	1108	605	303	202	152	121	101	86	76	67	60	50
21	1114	669	335	223	168	134	112	95	84	74	67	56
24	1272	764	382	255	191	152	128	109	96	85	76	64
28	1483	892	446	297	223	178	149	127	112	99	89	75
30	1588	954	477	318	238	190	159	136	119	106	95	80
36	1908	1146	573	382	286	230	191	164	143	127	115	96
40	2120	1272	636	424	318	254	212	182	159	141	127	106
45	2382	1431	716	477	358	286	239	205	179	159	143	120
50	2650	1590	795	530	398	318	265	227	199	177	159	133
54	2860	1720	860	573	430	344	287	245	215	191	172	144
60	3176	1908	954	636	477	382	318	272	239	212	191	159
65	3440	1070	1035	690	518	414	345	296	259	230	207	173
72	4600	2292	1146	764	573	458	382	327	287	255	229	191
85	4475	2710	1355	903	679	542	452	386	339	301	271	226

Fonte: Senai (2007, p. 76).

Neste caso, é possível verificar que há estreita relação entre a Tabela 2 e o modelo matemático (8). Nesse sentido, é possível vislumbrar nessa primeira atividade que além de conteúdos matemáticos e de processos mecânicos de usinagem, também são acionados conceitos físicos, para a determinação do modelo já convencionado na literatura.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, mostramos que a modelagem matemática pode ser utilizada como uma alternativa pedagógica para o ensino e aprendizagem da matemática. Técnica que também pode ser aplicada ao ensino de outras disciplinas.

As atividades desenvolvidas e apresentadas neste trabalho relacionam a matemática com a física e a matemática com processos de fabricação mecânica. As atividades foram desenvolvidas nos cursos superiores de Fabricação Mecânica e Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina.

Através do desenvolvimento das atividades verificamos que trabalhar com a modelagem matemática auxilia no desenvolvimento e aprendizagem dos alunos no âmbito tecnológico, motivando a busca por outros meios de aprendizagem e tornando possível o aluno ser protagonista de seu aprendizado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **Processos mecânicos de usinagem**: 6175. Rio de Janeiro, 1971.

ESTAMBASSE, E. C.; GÓES, R. P. **Torneiro Mecânico**. Curitiba: Editora do Livro Técnico, 2014.

FERRUZZI, E. C. **Modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem do cálculo diferencial e integral nos cursos superiores de tecnologia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas)—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

FIESP. **Calculo Técnico**. São Paulo: Fundação Roberto Marinho, 1995.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HOUAISS, A. **Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva Ltda., 2009.

SENAI. **Noções de Tornearia**. Rio de Janeiro: Senai, 2007.

SENAI. **Processos mecânicos de usinagem**. São Paulo: Senai, 1998.

ANÁLISE EM AÇOS GALVANIZADOS A QUENTE COM BANHO DE ZINCO

Thaís Daniela Lima Gonçalves¹

Adriana Carvalho²

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise dos tipos de corrosão em aços galvanizados a quente com banho de zinco. O objetivo desse estudo é identificar parâmetros de influência na qualidade de revestimentos superficiais a base de zinco, baseados em normas

¹ Graduando em Tecnólogo em Fabricação Mecânica. E-mail: thaisllimag@gmail.com

² Titulação. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: thaisllimag@gmail.com

regulamentadoras demonstrando a sua importância na vida útil do material com relação a fenômenos de corrosão e nos custos industriais. A metodologia utilizada está embasada em uma revisão da literatura nas áreas de tratamentos superficiais de material, mais especificamente em aço e em experimentos como, medição da camada de zinco e.

Palavras-chave: Corrosão. Galvanização. Zinco.

ANALYSIS IN HOT GALVANIZED STEELS WITH ZINC BATH

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the types of corrosion in zinc plated hot dip galvanized steels. The objective of this study is to identify parameters of influence on the quality of zinc - based surface coatings, based on regulatory standards, demonstrating their importance in the useful life of the material in relation to corrosion phenomena and industrial costs. The methodology used is based on a literature review in the areas of surface treatments of material, more specifically in steel and in experiments. The aim of this study is to inspect the material after treatment by galvanizing companies that provide the service, and to show the result based on the regulatory standard.

Key-words: Corrosion. Galvanization. Zinc.

1. INTRODUÇÃO

Com o mercado muito competitivo as empresas buscam o aperfeiçoamento nos seus processos produtivos. A indústria metalúrgica consiste em um enorme leque de tipos de materiais acabados, a utilização do aço para estruturas sempre foi muito valorizada pelo simples fato de ser um tipo de material fácil de manusear e custo mais barato.

Atualmente as empresas que são as grandes consumidoras utilizam do aço como matéria prima são as indústrias que fabricam estruturas metálicas para companhias de energia e fabricantes de estruturas para construtoras na área de engenharia civil e fixadores. No entanto os projetos de linhas de transmissão e subestação de energia vêm sempre sendo modificado, criando normas regulamentadoras para garantir a qualidade do material, incluindo aos poucos os materiais à base de polímeros em suas estruturas.

Mesmo assim, o aço é o mais utilizado por ter um custo mais barato e é mais fácil de manusear. Transformando-o em qualquer componente de uma estrutura metálica. Aço é uma liga de ferro-carbono contendo geralmente 0,008% até aproximadamente 2,11% de

carbono, além de certos elementos residuais, resultante dos processos de fabricação. (CHIAVERINI, 1995)

O metal é um material muito resistente em si, porém os problemas com as intempéries são muito comuns em qualquer tipo de aço, sendo a corrosão o maior problema que ainda enfrenta-se nas estruturas metálicas. A corrosão pode ser considerada como um ataque gradual e contínuo de metal por parte do meio circunvizinho, que pode ser a atmosfera mais ou menos contaminada das cidades, ou em meio químico, líquido ou gasoso. Como resultado de reações químicas entre os metais e elementos não-metálicos contidos nesses meios, tem-se mudança gradual do metal num composto ou em vários compostos químicos, que são geralmente óxidos ou sais. (CHIAVERINI, 1995)

Mesmo sendo um processo espontâneo químico ou eletroquímico presente em nosso cotidiano. É comum perceber a existência da corrosão em metais, mas ela também pode acontecer em materiais não metálicos, concretos e polímeros. Uma das formas de prevenção de fenômenos da corrosão são os tratamentos superficiais, onde é feita uma camada de proteção no aço, entre eles destacam-se a pintura, galvanização a quente e a frio.

Com isso, a partir do estudo de tratamento superficial de materiais metálicos, foi-se atribuído um tipo revestimento de sacrifício e/ou catódica, onde o zinco ataca o metal base pelos poros expostos do material o tornando mais resistente.

Esse tipo de processo é conhecido como Galvanização a Quente, que consiste numa limpeza do aço em banhos químicos, e o revestimento metálico é aplicado pela imersão em um banho do metal líquido, dando assim uma camada protetora ao aço. Os materiais que recebem este tipo de revestimento são denominados galvanizados.

A galvanização a quente ganhou grande espaço no mercado das indústrias pelo simples fato de ser uma necessidade. Com a corrosão, muitas estruturas tinham pouco tempo de vida e com isso era necessário a troca com maior frequência da peça. Em conjunto, elevando o custo para a empresa e diminuindo seu lucro.

Este estudo aborda o problema encontrado em estruturas em subestações de energia influenciado pelas intempéries do dia-a-dia. A galvanização a quente com banho de zinco foi um método encontrado para resolver os problemas com a corrosão, dando

mais vida útil ao aço, logo diminuindo o tempo de troca das estruturas e o custo para empresa.

O objetivo deste trabalho é identificar parâmetros de influência na qualidade de revestimentos superficiais a base de zinco, baseados em normas regulamentadoras demonstrando a sua importância na vida útil do material com relação a fenômenos de corrosão e nos custos industriais; através, da inspeção do material após o tratamento feito por empresas galvanizadoras que fornecem este tipo de serviço; evidenciando os resultados baseando-se na norma regulamentadora.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 LIGAS FERROSAS

As ligas ferrosas são metais que contêm uma grande porcentagem de ferro em sua composição. São materiais usados em vários ramos da indústria, como energia. Por serem materiais amplamente versáteis, no sentido de que podem ser adaptados a uma variedade de propriedades mecânicas e físicas. A grande desvantagem é o fenômeno da corrosão, que acaba perdendo as suas propriedades.

O aço é uma liga de ferro e carbono, onde a porcentagem de carbono com um teor maior é 1,2%. Porém, o aço utilizado na indústria atualmente não passa de 0,5%. Fazem parte também da liga o silício, manganês. O enxofre e o fósforo são impurezas e não devem conter mais 0,5% destes componentes na liga. O aço carbono é extraído a partir de minérios de ferro em alto-fornos, originalmente do gusa.

Os metais em sua forma pura ou em ligas são usados em vários ramos da indústria, incluindo-se aeroespacial, biomédica, semicondutores, eletrônica, energia, construção civil e transportes. (SMITH, 2012)

2.2 CORROSÃO


Universalmente a corrosão é definida como uma deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada. A corrosão é um processo espontâneo causado entre o material e o seu meio operacional, causando alterações prejudiciais indesejáveis, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso. (GENTIL, 2007)


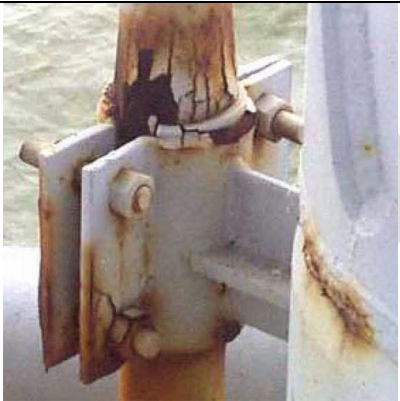


De acordo com o meio corrosivo que o material esteja exposto, podem-se apresentar diferentes mecanismos de corrosão: químico e eletroquímico.

A corrosão química é uma reação direta no material metálico, ou não metálico. O meio não há geração de corrente elétrica. Sendo assim, a corrosão é causada pela elevada temperatura de gases, vapores ou ausência de umidade.

A corrosão eletroquímica é o processo que ocorre envolvendo a transferência de elétrons, portanto são reações anódicas e catódicas (reações de oxidação e redução). O material deve estar em contato com o solo, água, atmosfera e sais, no quadro 1, destacam-se alguns tipos de corrosão e aspecto visual na superfície do material.

Quadro 1 – Tipos de Corrosão

TIPO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
Corrosão Uniforme	É uma corrosão que se estende por toda superfície do material, perdendo uniformemente a espessura.	 <p>Fonte: http://www.tsambientali.com.br/tipos-de-corrosao-saiba-como-diferenciar-cada-processo-corrosivo/</p>

<p>Corrosão por Pite</p>	<p>É caracterizado visualmente pela formação de pequenas cavidades e de profundidade tanto quanto considerável na localização da corrosão.</p>	 <p>Fonte: http://wwwo.metalica.com.br/corrosao-em-estruturas-metalicas</p>
<p>Corrosão por Frestas</p>	<p>Quando há uma fresta com o tamanho suficiente para permitir a entrada de um líquido, ou em materiais que recebem um tratamento de proteção na superfície, possível para manter esse líquido estancado, já é o suficiente para que inicie a corrosão.</p>	 <p>Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com/2014/01/caso-055-corrosao-por-fresta-em.html</p>
<p>Corrosão Galvânica</p>	<p>Ocorre quando diferentes tipos de materiais estão submersos em uma mesma solução corrosiva. Não ocorre somente nesse tipo de solução, mas também em ambientes úmidos.</p>	 <p>Fonte: http://wwwo.metalica.com.br/corrosao-em-estruturas-metalicas</p>
<p>Corrosão Atmosférica</p>	<p>A sua intensidade vai depender das suas condições climáticas, ou seja, dos climas presentes em cada região como clima seco, clima tropical chuvoso, clima úmido, clima das regiões costeiras onde as partículas de água salgada transportadas</p>	

	pelo ar aceleram a ação corrosiva.	Fonte: http://www.abraco.org.br/intercorr2008/premiacao_concurso_foto.htm
--	------------------------------------	---

Fonte: Elaborado pela autora (2018)

A corrosão de metais pode ser considerada uma extração metalúrgica reversa. As maiorias dos metais que existe na natureza, estão combinados, por exemplo, em forma de óxidos, sulfitos, carbonatos ou silicatos. (SMITH, 2012)

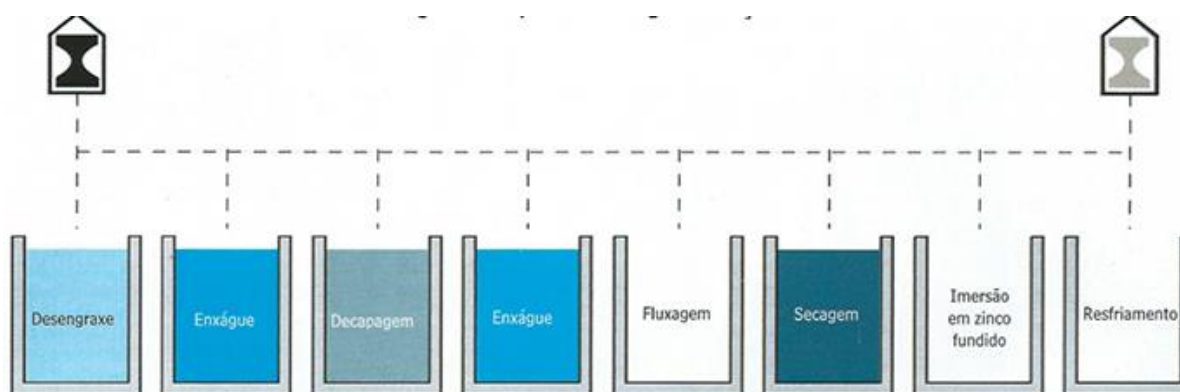
2.3 PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO: REVESTIMENTOS

O material metálico que está submetido ao ataque corrosivo, é indispensável um revestimento superficial. O revestimento também atua como um aspecto decorativo, porém eventualmente, é para aumentar sua resistência ao desgaste. Neste caso, a aderência do metal fundido ao material depende muito do preparo prévio da superfície, onde é feito uma limpeza tornando a superfície livre de ferrugem e sujeira geral.

As impurezas presentes nas superfícies metálicas podem ser do tipo oleoso, como óleos minerais, óleos graxos, emulsões, óleo-graxa, óleos utilizados nos processos de conformação mecânica do tipo: semi-sólido, como parafina, graxas, ceras, sabões etc.; do tipo sólido como resíduos carbonáceos, casca de óxido etc. (CHIAVERINI, 1995)

O preparo da superfície metálica é primordial para a qualidade final do revestimento galvanizado obtido após a etapa de imersão na cuba de zinco. O processo divide-se em quatro etapas: desengraxe, decapagem, fluxagem e secagem, além dos tanques de lavagem que impedem que o tanque anterior venha contaminar os tanques subsequentes, demonstrado pela figura 1.

Figura 01 – Fluxograma do processo de galvanização



Fonte:

Instituto de Metais Não Ferrosos¹

No processo inicial tem-se o desengraxe, que consiste na remoção de impurezas por meio de solventes, entre os quais podem ser citados derivados de petróleo, derivados de carvão incombustíveis (como hidrocarbonetos clorados) etc. As modalidades de sua aplicação levam aos processos de desengraxamento por vapor, desengraxamento associado a um jato de solvente, desengraxamento associado à imersão a quente e vapor e desengraxamento líquido-vapor. (CHIAVERINI, 1995)

Também é possível após o enxague realizar a decapagem ácida, processo de ação química utilizada para remoção de casca de óxido, hidróxidos, sulfetos. Na decapagem ácida é utilizado os seguintes ácidos inorgânicos: ácido sulfúrico comercial, de concentração de 5 a 25% (temperatura de 60 a 80°C); ácido clorídrico comercial (muriático) em concentração de 25 a 50% (em temperatura ambiente); ácido fosfórico comercial com concentração de 15 a 40% (temperatura de 50 a 80°C), as concentrações mais comuns são de 15 a 30% a temperatura de 60°C. Ácido nítrico; ácido fluorídrico. (CHIAVERINI, 1995)

Depois da decapagem, é realizado novamente um enxague, na sequência do processo realiza a fluxagem que o processo consiste em mergulhar o material sob uma composição, o que gera uma fina película que dissolve traços de sais e de óxido de ferro da superfície do aço. No momento da imersão na cuba, a película sublima-se retirando com ela as impurezas. Esse procedimento é chamado de processo seco, em que as peças são imersas em solução aquosa de cloretos de zinco e amônio. (CHIAVERINI, 1995)

¹ Disponível em: <http://www.icz.org.br/noticias-detahes.php?cod=4817>. Acesso em

E para finalizar o processo, a secagem consiste no preparo que finaliza-se com um pré-aquecimento em que as peças são depositadas em uma estufa com a temperatura de aproximadamente 120°C. A secagem possibilita a melhoria no rendimento da galvanização a quente, pois vaporiza a água da solução fluxante e evita choque térmicos, que ocasiona estouros no momento em que ocorre a imersão. Esses choques geram desperdício de zinco. (CHIAVERINI, 1995)

2.5 GALVANIZAÇÃO A QUENTE

Nesta técnica, as peças a serem protegidas são mergulhadas num banho de metal protetor fundido. É empregada principalmente para revestir objetos de ferro ou aço com zinco. (CHIAVERINI, 1995)

A partir da imersão do material (aço) a um metal fundido (zinco), cria-se uma camada de proteção resistente a corrosão dando mais vida útil ao material. A espessura da camada depende da temperatura do zinco e do tempo do que o material ficará imerso. Forma-se a camada mais rápido quando se tem uma temperatura elevada, aumentando, então a espessura conforme o tempo submerso.

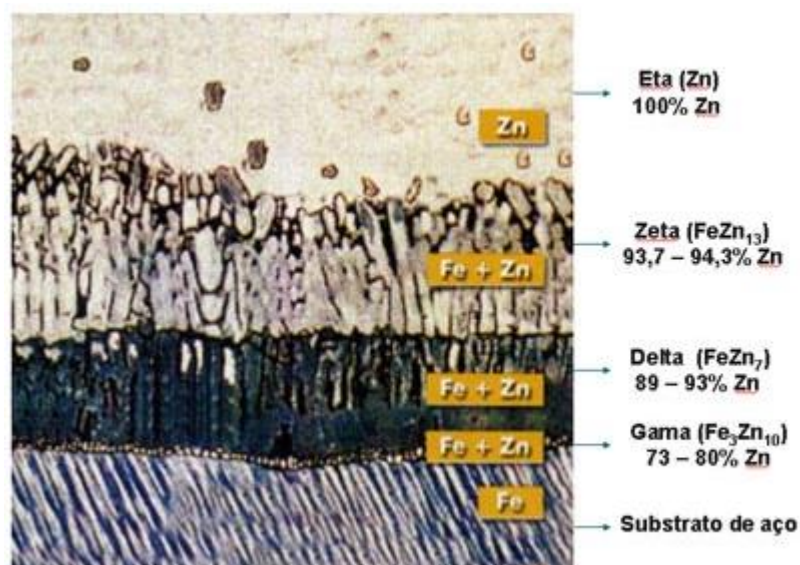
A temperatura seguida da norma regulamentadora é de 440-480°C. Deixando a temperatura do zinco maior que isso há uma grande perda do metal fundido, fazendo que ele ataque as paredes da cuba, aonde é depositado, que é constituída de aço. E também um gasto de energia desnecessária para manter a temperatura indesejável. Pode também ocasionar em formação de borra na parte superior, onde 96% é zinco e 4% de ferro, considerável uma perda muito significativa.

O tempo imerso do material é muito importante. Normalmente fica-se imergido de 6 a 7 m/minutos, depois disso já é considerada uma perda de metal. Além disso, a espessura agregada no material será prejudicial e exagerada.

A velocidade e o método de retirada da peça do banho também afeta na espessura da camada. Onde, ser for muito rápida, será agregada uma camada muito espessa de zinco puro, e também uma variação na película da espessura.

A galvanização a quente é utilizada mundialmente, por cumprir uma boa resistência a corrosão. É muito usada em indústria de metalúrgica, aonde seus produtos são submetidos a intempéries do clima, e também agrega-se valor ao seu produto acabado. Sendo que para cada tipo de produto há um limite de espessura aceitável, também regulamentada por uma norma. Essa espessura é variável de 305 e 610 g/m². (1 g/m² = 0,143 μm). A figura 2 ilustra as camadas e fases do revestimento.

Figura 02 – Camadas e Fases do Revestimento



Fonte: Instituto de Metais Não Ferrosos¹

As três primeiras fases são formadas devido a reação entre o zinco fundido e o aço, chamadas de fases intermediárias. Esta reação pode continuar após e retirada do aço de dentro da cuba, se a velocidade de resfriamento for baixa. A última fase, denominada ETA (de zinco puro) é formada pela solidificação do zinco fundido aderido à peça por arraste.

Esses revestimentos apresentam os melhores resultados em atmosfera de campo, onde o ar é menos poluído. Em atmosfera marítima, são relativamente satisfatórios. São, entretanto, mais rapidamente atacados em atmosferas industriais altamente ácidas, mas mesmo assim são intensamente aplicados nessas atmosferas, pois ainda não se encontrou um método substituto tão eficiente e econômico quanto o da galvanização.

¹ Disponível em: <http://www.icz.org.br/fluxograma-de-um-processo-de-galvanizacao-a-fogo.php>. Acesso em: 17/08/2018.

Pode-se, em alguns casos, melhorar a resistência à corrosão dos revestimentos galvanizados pela aplicação de uma pintura resistente a ácidos. (CHIAVERINI, 1995)

2.7 NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA (NBR) 6323

Esta Norma estabelece os requisitos para a galvanização por imersão a quente de produtos de aço. Como a espessura mínima e máxima que o material pode receber. A porcentagem correta de cada composição que constitui o material metálico líquido, neste caso o zinco.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho é uma pesquisa bibliográfica nas áreas de corrosão, revestimentos metálicos, materiais metálicos e contará com a realização de experimentos. O experimento foi de baixo custo, onde o perfil foi preparado com a furação nas pontas para que pudessem pendurar no gancho e mergulhar a peça, e enviado para a galvanização que fica localizada na cidade de Joinville-Sc.

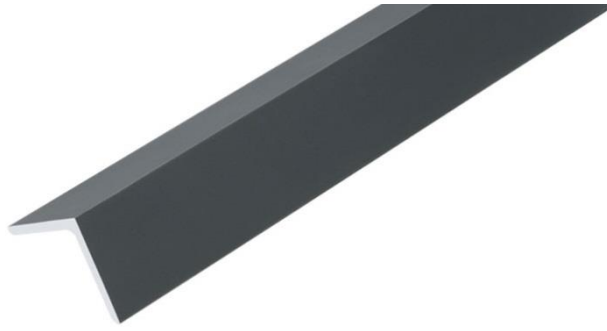
As principais variáveis do processo que foram analisadas são:

- Armazenamento: abrigada e não-abrigada;
- Tempo da peça na cuba de decapagem;
- Tempo da peça na cuba de zincagem;
- Velocidade de saída na cuba de zincagem.

3.1 Material

O material utilizado para o estudo foi o AÇO SAE 1010/1020, do tipo de perfil “L” tecnicamente é um perfil estrutural, sendo este uma cantoneira. A figura 03 mostra um modelo deste perfil.

Figura 03: Perfil “L”



Fonte: Gerdau¹

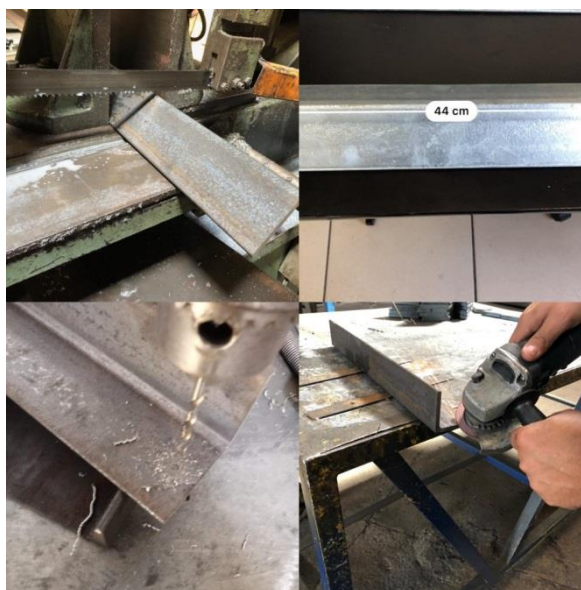
O material é um tipo de aço que contém baixo teor de carbono, com isso o fenômeno da corrosão é mais frequente neste tipo de aço. É também um tipo de aço mais utilizado pelas indústrias por ser mais fácil de encontrar e um custo favorável.

3.2 Preparação da Superfície dos Corpos de Prova

Os corpos de prova no formato do perfil “L” têm 430mm de comprimento, passaram pelos processos de usinagem como corte, dimensionamento, furação e rebarbação, como mostra a figura 04.

Figura 04: Processos

¹ Disponível em: <https://www.gerdau.com/br/pt/produtos/cantoneira-gerdau#ad-image-0>. Acesso em 13/08/2018.



Fonte: Gerdau¹

Esses tipos de processos são muito comuns no dia-a-dia industrial, não interfere em nenhum aspecto e resultado na qualidade do material.

3.3 Revestimentos

Serão definidos três tipos de fornecedores de galvanização no norte do Paraná, no qual serão submetidos corpos de prova para serem galvanizados. Também serão feitos revestimentos em corpos de provas no laboratório da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. Tanto as amostras terceirizadas quanto as feitas internamente serão do mesmo material e dimensão, tendo por objetivo a realização de análises dos revestimentos de zinco que tem grande importância de proteção e é eficaz no aço.

3.4 Análises dos Corpos de Prova

Os equipamentos utilizados para as análises foram, medidor de espessura de camada da marca minipa, e o microscópio digital.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram estabelecidas algumas variáveis de grande importância no processo de galvanização que a partir delas compromete a qualidade do serviço no material, colocadas no quadro 02. Nas peças foram verificados o acabamento superficial e a da camada de zinco, e uma imagem microscopicamente da parte superficial como é o aço antes e depois da galvanização, como mostram as figuras 05, 06 e 07.

RESULTADO ANÁLISE CORPOS DE PROVA
Material: Cantoneira (aço 1010/1020) 2" x 2" x 5/16" x 430mm
Variáveis a serem analisadas: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de armazenamento: abrigada / não abrigada - Tempo da peça na cuba de decapagem: tempo (empresa) / 20 minutos a mais do tempo - Tempo da peça na cuba de zincagem: tempo (empresa) / 2 minutos a mais do tempo - Velocidade de saída na cuba de zincagem: constante / inconstante
PEÇA 1: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de armazenamento: abrigada - Tempo da peça na cuba de decapagem: tempo (empresa) - Tempo da peça na cuba de zincagem: tempo (empresa) - Velocidade de saída na cuba de zincagem: constante
PEÇA 2: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de armazenamento: não abrigada - Tempo da peça na cuba de decapagem: 20 minutos a mais do tempo da empresa - Tempo da peça na cuba de zincagem: 2 minutos a mais do tempo da empresa - Velocidade de saída na cuba de zincagem: inconstante
Obs: <ul style="list-style-type: none"> 1. Tempo que a PEÇA 1 e PEÇA 2 ficaram na cuba de decapagem:

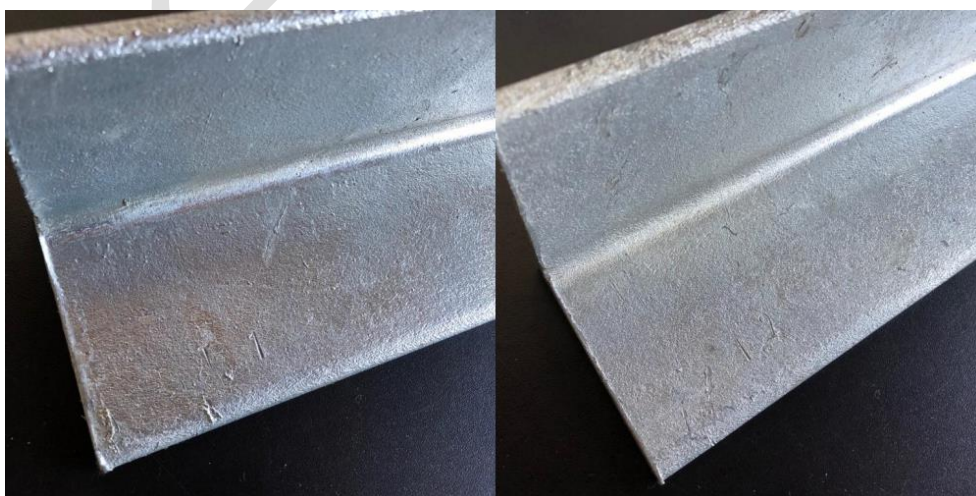
¹ Disponível em: <https://www.gerdau.com/br/pt/produtos/cantoneira-gerdau#ad-image-0>. Acesso em 13/08/2018.

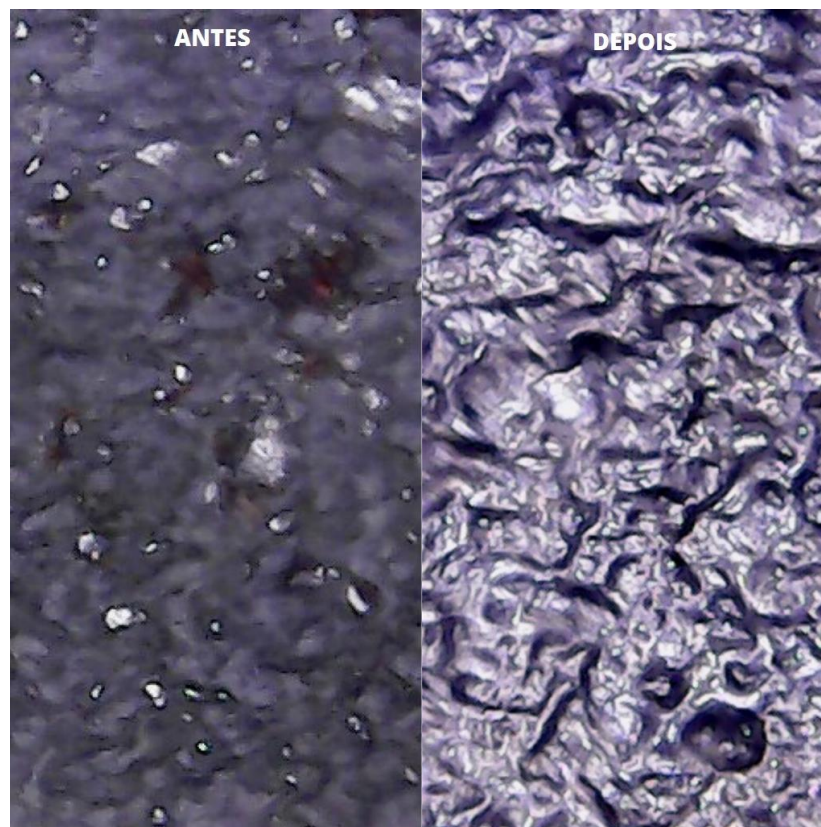
- PEÇA 1: 1 hora
PEÇA 2: 1 hora e 20 minutos
2. Tempo que PEÇA 1 e PEÇA 2 ficaram na cuba de zincagem:
PEÇA 1: 6 minutos
PEÇA 2: 8 minutos

Figura 05: Verificação camada de zinco



Figura 06: Imagem microscópica (antes e depois)





Nota-se que superficialmente as amostras são iguais, os corpos de provas têm a mesma coloração. Porém, quando se faz a medida da camada de zinco é expressiva a diferença, medindo-se em microns.

Já na imagem com o zoom na peça, no antes já é notado alguns focos de princípios de galvanização, podendo a partir destes focos a corrosão de alastrar pelo restante da peça. No depois, é notável a camada de zinco protegendo a peça, com nenhum foco de corrosão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A galvanoplastia realizada foi para evidenciar que os parâmetros que influênciam na qualidade do revestimento são fatores muito importantes no processo. O tempo suficiente para obter êxito no processo é de referência da PEÇA 1, onde o zinco agregado é o suficiente para proteger da corrosão, para esse tamanho de peça.

O tempo da PEÇA 2 é considerado um exagero, pois o zinco agregado a mais do necessário, acaba saindo como perca de matéria prima, gerando um gasto de produção não programado.

É de suma importância se atentar para as variáveis estudadas, tornam o processo mais correto e confiável, gerando aos clientes uma satisfação no trabalho realizado.

REFERÊNCIAS

BUZZONI, H. A. **Galvanoplastia**. 2º edição. São Paulo. Ícone, 1991.

CALLISTER, William D. – **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CHIAVERINI, Vicente – **Tecnologia mecânica**. 2ª edição. São Paulo: McGraw, 1995.

GENTIL, Vicente – **Corrosão**. 5º edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

SMITH, William F. – **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2012.

CHIAVERINI, Vicente – **Tratamento térmico das ligas metálicas**. São Paulo, 2008.

IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE GRANDEZAS ELÉTRICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Joel Raimundo¹

Vicente de Lima Gongora²

Wesley Candido da Silva³

RESUMO

Será apresentada neste artigo uma implementação realizada no processo de automatização de aquisição e monitoramento das grandezas elétricas aplicadas no gerenciamento de geradores elétricos em uma indústria de produção de açúcar e álcool. A comunicação utilizada será principalmente MODBUS e suas modalidades junto a um cliente OPC, também utilizado alguns instrumentos trafegando informações via protocolo HART ao qual já tínhamos disponíveis, um LC700 tomará conta de processar os dados e para o gerenciamento das informações o INDUSOFT foi utilizado. A solução foi implantada devido a problemas que ocorriam durante a operação dos geradores como desarmes sem detectar as causas, falta de óleo de lubrificação dos mancais, controle de temperatura, controle de demanda etc. Ao fim da implantação desenvolvemos em uma tela a maioria das informações relevantes ao gerenciamento dos geradores, correções foram feitas no sistema de transmissão das informações devido oscilações detectadas no sistema supervisorio e ainda um sistema servidor ao qual possibilitará acessar as informações em tempo real em qualquer lugar.

Palavras-chave: Automação. Indústria. Instrumentação.

MONITORING OF ELECTRICAL QUANTITIES IN ENERGY GENERATION

ABSTRACT

This work will present the improvements made in the automation process in the acquisition and monitoring of electrical quantities applied in the management of electric generators in a sugar and alcohol production industry. The communication used will be mainly MODBUS and its modalities with an OPC client, also used some instruments to transfer information via HART protocol to which we already had available, an LC700 will take care of processing the data and for the information management the INDUSOFT was used. The solution was

¹Especialista em Engenharia de Automação Industrial Faculdade de Tecnologia SENAI, Joel Raimundo

² Prof. Vicente de Lima Gongora. E-mail: Vicente.gongora@sistemafiep.org.br

³ Prof. Wesley Candido. E-mail: wesley.conadido@sistemafiep.org.br

implemented due to problems that occurred during the operation of generators such as disassembling without detecting the causes, lack of lubricating oil of the bearings, temperature control, demand control etc. At the end of the deployment we had on one screen most of the information relevant to the management of the generators, corrections were made in the information transmission system due to oscillations detected in the supervisory system and also a server system which will allow to access the information in real time in any place.

Key words: Automation. Manufacturing. Instrumentation.

1 INTRODUÇÃO

As transformações que ocorrem causadas pela implementação da automação industrial muitas vezes não estão presentes para grande parte das pessoas que não convivem no ambiente fabril, sendo incapazes de imaginar todos os sistemas e equipamentos automatizados utilizados para transformar, monitorar, executar, transmitir dados e tantas outras tarefas necessárias para manter a competitividade e uma indústria efetivamente operacional. Neste artigo será abordada a criação de um sistema supervisório e instalação de equipamentos em campo para monitorar grandezas no sistema de geradores elétricos em uma indústria produção de açúcar e álcool, ao qual ocasionavam grandes transtornos na qualidade de operação devido a dificuldade operacional de monitorar todos os elementos envolvidos no processo de geração bem como a falhas no sistema ocasionando paradas indesejadas no abastecimento de energia ao processo fabril sem motivos aparentes.

2 AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

Historicamente, o primeiro termo usado foi o de controle automático de processo. Foram usados instrumentos de medir, transmitir, comparar e atuar no processo, para se conseguir um produto desejado com pequena ou nenhuma ajuda humana. A partir deste novo nível de instrumentos, com funções de monitoração, alarmes e Inter travamentos é

que apareceu o termo automação. As funções predominantes neste nível são as de detecção, comparação, alarmes e atuação lógica. (RIBEIRO, 1999)

Cada vez mais os segmentos de produção industrial, geração e distribuição de energia, transportes e muitos outros requerem um número crescente de novos sistemas e máquinas automatizadas. Isto se deve ao aumento da produção, aos custos mais baixos de componentes de automação e máquinas, a qualidade e estabilidade de novos produtos e à necessidade de substituir trabalhos perigosos e monótonos dos operadores. (Silveira, 2013).

2.1 REDES INDUSTRIAIS

Para interligarmos diversos equipamentos contidos nas indústrias devemos escolher quais protocolos utilizar, protocolos são os elementos de maior importância nas redes de automação industrial, tanto que as redes passam a ser denominadas pelos protocolos utilizados (MORAES; CASTRUCCI, 2007). Basicamente, um protocolo é um conjunto de regras sobre o modo como se dará a comunicação entre as partes envolvidas. A violação do protocolo dificultará a comunicação e em alguns casos poderá impossibilitá-la (TANEMBAUM, 1997). Não existe protocolo certo ou errado, a escolha depende particularmente da aplicação (REYNDERS; MACKAY; WRIGHT, 2005). Os protocolos são construídos seguindo o padrão OSI, criando pela ISO. Alguns dos protocolos largamente utilizados são: MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET. FIELDBUS FOUNDATION, etc.

2.1.1 CONTROLE SUPERVISÓRIO

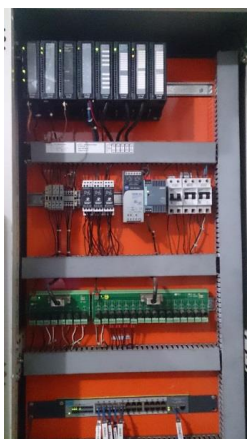
SCADA (abreviadamente do seu nome em inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*) são sistemas aos quais utilizam software para monitorar e supervisionar variáveis e os dispositivos de sistemas e controle. São interligados através de drivers específicos. Tais sistemas podem assumir topologia simples, cliente-servidor ou múltiplos servidores-clientes. Nos dias atuais, com o advento de sistemas de automação e controle baseados em redes digitais abertas permitem arquiteturas cliente-servidor OPC (OLE for

Process Control). Simplificando, um sistema de supervisão é uma ferramenta de software que permite monitorar e controlar partes ou todo um processo industrial.

3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO

Inicialmente foram levantados dados dos equipamentos disponíveis instalados em campo para detectarmos o meio de Interfaceá-los com o sistema de supervisão e também reduzirmos o custo na compra de outros dispositivos sendo que havia há possibilidade de realizarmos o sistema com os equipamentos em questão. Ao total três geradores são responsáveis para manter o abastecimento sustentável de energia ao pátio industrial, sendo suas capacidade de 3000KVA, 3750KVA e um de 5000KVA ao qual será aplicado o sistema automático de monitoração incluindo telas de alarmes e gráficos. Para a comunicação dos equipamentos os protocolos TCP/IP, OPC e MODBUS serão alvos para enviarem dados ao sistema de supervisão, bem como CLP smar (LC700) ilustrada na figura 1, e o software da indusoft (IWS) para a criação do ambiente gráfico.

Figura 1: Painel com CLP smar.



Fonte: Elaborado pelo autor

A imagem acima ilustra a instalação do painel com o CLP para monitoramento das pressões de óleo dos geradores utilizando transmissores de pressão SMAR e um cartão ENET para conversão dos dados do CLP para TCP em seguida supervisorio.

Para a monitoração dos cubículos de distribuição de energia foram utilizados os relés de proteção URPE 6104 ilustrado na figura abaixo que indicarão as demandas de correntes dos setores.

Figura 3: Rele Pextron URPE 6104.



Elaborado pelo autor

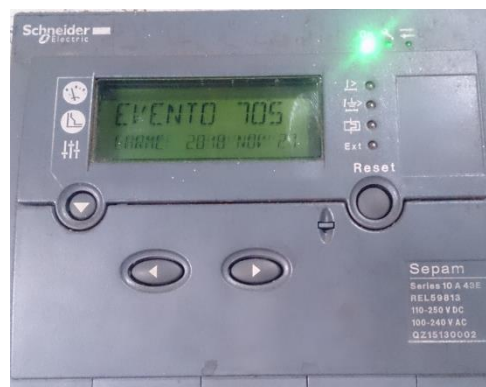
Para monitoramento da demanda geral dos geradores foram utilizados Power Logic (figura 4) e SEPAM (figura 5) que indicarão diversas variáveis pertinentes ao sistema de geração, como fator de potência, potência, corrente, tensão etc.

Figura 4: Power Logic.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5: SEPAM.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os geradores utilizam reles de gerenciamento de proteção GE Multilin ilustrado na figura 6, que serão utilizados na captura de dados de leituras das diversas variáveis que o constituem.

Figura 6: GE Multilin sr 489.



Fonte: Elaborado pelo autor

Foram instalados transmissores de temperatura no conjunto turbina/gerador para monitoração da temperatura de óleo dos mancais ao qual reduzirá o risco de fundi-los por excesso de temperatura, ilustrado logo abaixo.

Figura 7: Turbina de acionamento com transmissores de temperatura.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8: Gerador 5000KVA.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a instalação e ligação dos instrumentos de campo, dos relés e controladores foram instalados, cabos de comunicação para o sistema supervisorio de todos os instrumentos seguindo a especificação de cada modelo, MODBUS (figura 9) para os relés de proteção e equipamentos de monitoração e OPC para comunicação com CLP e supervisorio.

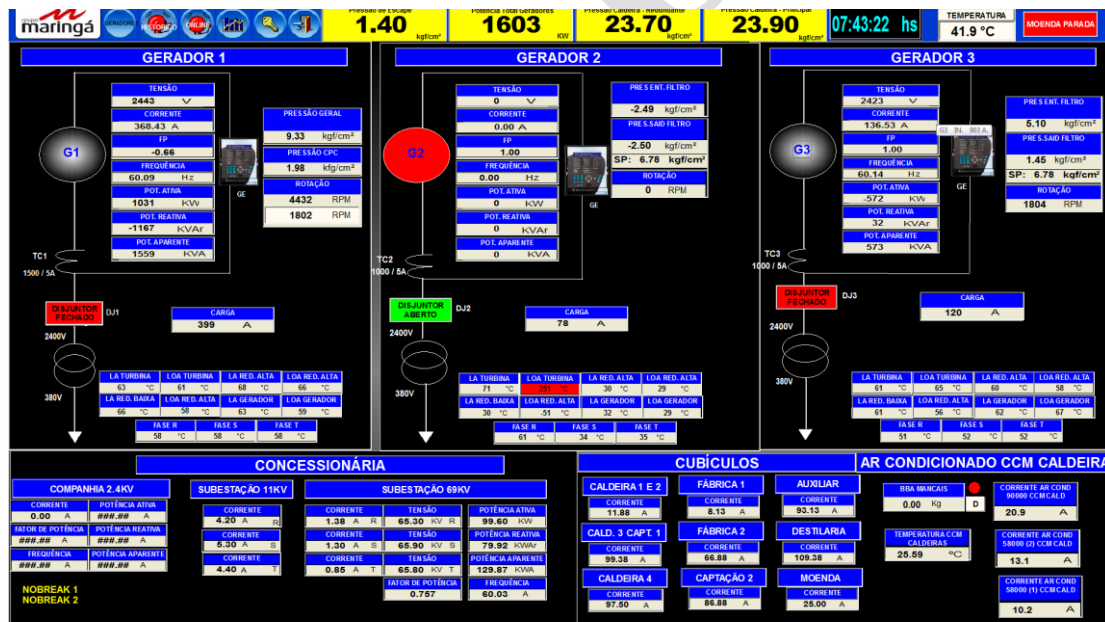
Figura 9: Tabela de comunicação MODBUS.

Tag Name	Station	IO Address	Action	Scan	Div	Add
1 POTENCIA_ATM_G1	10.4.5.56.502.21	4X.1155	Read	Always	-	-
2 POTENCIA_APARENTE_G1	10.4.5.56.502.21	4X.1159	Read	Always	-	-
3 POTENCIA_REAL_G1	10.4.5.56.502.21	4X.1157	Read	Always	0.000000	-
4 DISJUNTOR_G1	10.4.5.56.502.21	4X.898	Read	Always	-	-
5 ULTIMO_TRIP_G1	10.4.5.56.502.21	4X.545	Read	Always	-	-
6 FATOR_POTENCIA_G1	10.4.5.56.502.21	4X.1153	Read	Always	100.000000	-
7 FREQUENCIA_G1	10.4.5.56.502.21	4X.1096	Read	Always	100.000000	-
8 TENSAO_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1092	Read	Always	-	-
9 FATOR_POTENCIA_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1153	Read	Always	100.000000	-
10 FREQUENCIA_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1096	Read	Always	100.000000	-
11 POTENCIA_APARENTE_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1159	Read	Always	-	-
12 POTENCIA_REAL_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1157	Read	Always	-	-
13 TENSAO_FASE_RS_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1089	Read	Always	-	-
14 TENSAO_FASE_ST_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1090	Read	Always	-	-
15 TENSAO_FASE_TR_G2	10.4.5.56.502.22	4X.1091	Read	Always	-	-
16 DISJUNTOR_G2	10.4.5.56.502.22	4X.898	Read	Always	-	-
17 ULTIMO_TRIP_G2	10.4.5.56.502.22	4X.545	Read	Always	-	-
18 TENSAO_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1092	Read	Always	-	-
19 FATOR_POTENCIA_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1153	Read	Always	100.000000	-
20 POTENCIA_ATM_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1155	Read	Always	-	-
21 POTENCIA_APARENTE_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1159	Read	Always	-	-
22 POTENCIA_REAL_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1157	Read	Always	-	-
23 TENSAO_FASE_RS_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1089	Read	Always	-	-
24 TENSAO_FASE_ST_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1090	Read	Always	-	-
25 TENSAO_FASE_TR_G3	10.4.5.56.502.23	4X.1091	Read	Always	-	-
26 DISJUNTOR_G3	10.4.5.56.502.23	4X.898	Read	Always	-	-
27 ULTIMO_TRIP_G3	10.4.5.56.502.23	4X.545	Read	Always	-	-
28 TESTE	10.4.5.52.502.25		Read+Write	Always	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor

Realizado a construção de layout conforme figura 10, alarmes (figura 11) e históricos do sistema de supervisão, como ilustrado na figura 12.

Figura 10: Tela Principal Supervisório.



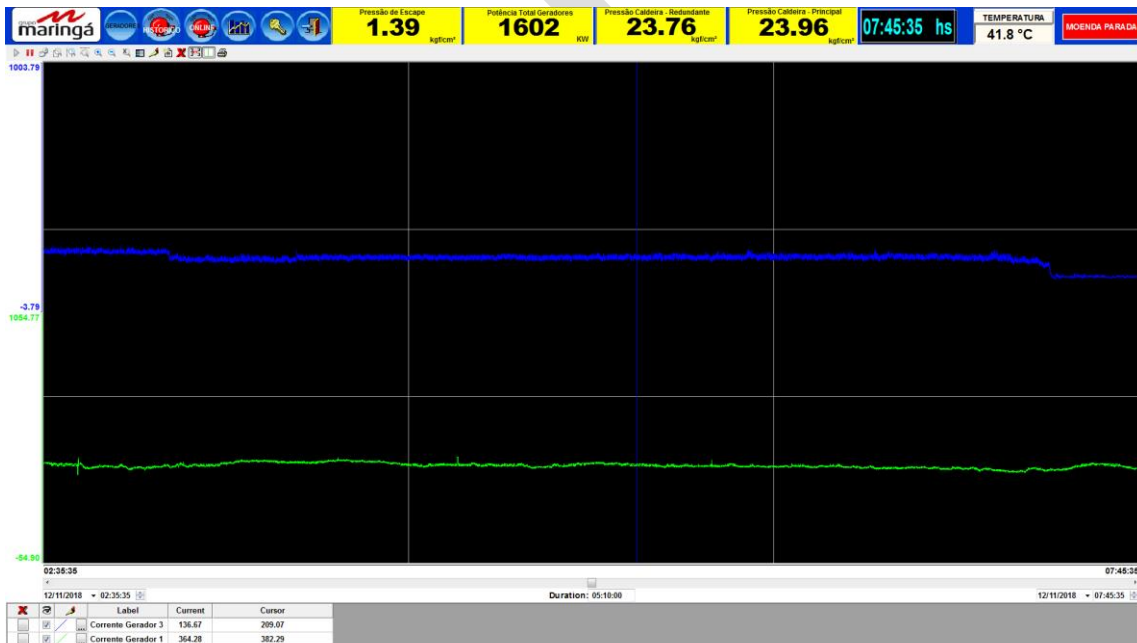
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11: Tela de alarmes.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12: Tela de Histórico Gráfico.



Fonte: Elaborado pelo autor

Como o software de monitoramento está conectado a rede TCP/IP e para obter melhores resultados na monitoração, elaboramos um servidor web que depois de instalado o software indusoft e configurado foi possível a criação do chamado Web ThinClient que ao executar a aplicação na estação de trabalho é possível acessar as telas do projeto em tempo real via web em qualquer local com a possibilidade de monitorar ou até mesmo alterar valores das variáveis.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a implantação do sistema foram vários dias de acompanhamento, realizando ajustes e melhorias principalmente na comunicação MODBUS que apresentou “lags” durante as leituras das variáveis. Muitos problemas foram evitados e corrigidos devido a constante monitoramento em tempo real dos geradores, como temperatura alta nos mancais ocorrido por desbalanceamento do eixo da turbina, filtros de óleo sujo diminuindo o fornecimento do mesmo a lubrificação dos mancais, melhor distribuição de cargas no gerador, melhora no controle de demanda por setores, desarmes que ocorriam sem motivos aparentes foram detectados suas causas sendo possível a correção do problema, etc. Além de todo sistema de supervisão e com a criação do servidor web temos a flexibilidade de verificar as condições dos geradores em tempo real em qualquer localização desde que o dispositivo esteja conectado a internet.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de automação industrial são de fundamental importância em qualquer processo produtivo, pois além de melhorar significativamente a produção possibilita a empresa de analisar, monitorar e controlar as etapas produtivas e a possibilidade de integração com sistemas de gestão aumentando e agilizando as tomadas de decisões tornando-a mais competitiva. Com a automação dos geradores foi possível perceber esta realidade, pois obtivemos melhora na eficiência e redução de custos sendo por quebras ou paradas indesejáveis.

REFERÊNCIAS

SILVEIRA, Cristiano, B. **O que é automação industrial**. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/o-que-e-automacao-industrial/>>. Acesso em: 19/12/2018.

MORAES, C.c. de; CASTRUCCI, P. I. **Engenharia de Automação Industrial**. 2.ed. LTC, 2007.

REYNDERS, D.; Mackay, S.; WRIGHT, E. **Practical Industrial Data Communications. Best Practice Techniques** (tradução Thiago Augusto Nogueira). Newnes/Elsevier. 2005.

Smar. **Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados**. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/sistemas-de-supervisao-e-aquisicao-de-dados>>. Acesso em: 20/03/2019.

VILELA. P.S.C.; VIDAL. J.T. **Automação Industrial**. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_19.pdf>.

PROJETO DE UMA ESTAÇÃO DE PERFORMANCE PARA EXPOSITORES REFRIGERADOS

Gustavo Henrique Tomazella¹

Omar Custodio Vieira²

RESUMO

Este artigo é um estudo de caso em uma empresa metalúrgica, com o objetivo de projetar uma estação de performance para expositores refrigerados; a estação irá mostrar o desempenho relacionado ao consumo energético e a temperatura de operação, dos expositores que são fabricados em uma das linhas de produção dessa indústria. Para essa finalidade diversas grandezas elétricas como tensão, corrente, frequência, potência ativa, reativa e aparente, entre outros além de grandezas relacionadas à temperatura que esses balcões atingiam tiveram que ser coletadas, processadas e armazenadas, com o auxílio de equipamentos voltados para a automação industrial.

Palavras-chave: Expositores refrigerados. Automação industrial. Consumo Energético.

DESIGN OF A PERFORMANCE STATION FOR REFRIGERATED EXHIBITORS

ABSTRACT

This article is a case study in a metallurgical company, with the objective of certifying to the national institute of metrology, quality and technology (INMETRO), the performance related to electrical quantities and temperature of operation, of the exhibitors that are manufactured in one of the production lines of this industry. For this purpose, several electrical quantities such as voltage, current, active, reactive and apparent power, frequency among others besides temperature-related quantities had to be collected, processed and stored, with the aid of equipment aimed at industrial automation.

Key words: Refrigerated Exhibitors. Industrial Automation. Energy Consumption.

¹ Graduação – Bacharel em engenharia elétrica, da Faculdade Universidade Norte do Paraná. Londrina.
E-mail: gustavo.tomazella@hotmail.com

² Dados do Orientador

1 INTRODUÇÃO

Os expositores refrigerados são equipamentos que cumprem bem a função de manter sob temperatura mais baixa, habitualmente entre 1C° e 7C° os itens ali armazenados, podem servir tanto para expor bebidas como frios e laticínios que estão à disposição para serem prontamente encontrados e pegos, além de conferir bastante praticidade, à medida que podem ser como as conhecidas e funcionais “prateleiras”, mas com o benefício da refrigeração sob medida.

As principais diferenças entre os tipos de expositores comuns existentes são relacionadas ao seu formato vertical ou horizontal.

O expositor vertical tem formato e/ou disposição bastante parecidos com os de uma “geladeira” como conhecemos, o diferencial prático fica por conta, na maior parte dos modelos, normalmente da porta de vidro para que se possa visualizar o interior antes mesmo de abri-lo e evitar que esse procedimento seja feito muitas vezes desnecessariamente o que acaba inclusive prejudicando a eficiência da conservação e aumentando o consumo de energia.

Devido à importância desses equipamentos no nosso dia a dia, este trabalho tem como objetivo o estudo de caso, projetar uma estação de performance para que no final da linha de produção, esses expositores passem por testes para análise de seu consumo energético, bem como testes para validar sua temperatura de operação.

Tal estudo é justificado pela necessidade de certificação dos expositores junto ao INMETRO, proporcionando maior competitividade de mercado, intensificado pela atual crise do setor energético brasileiro, o qual acumula 31,5% de elevação no custo da energia elétrica entre 2014 e 2017 (ENERGIA, 2015).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Refrigeração

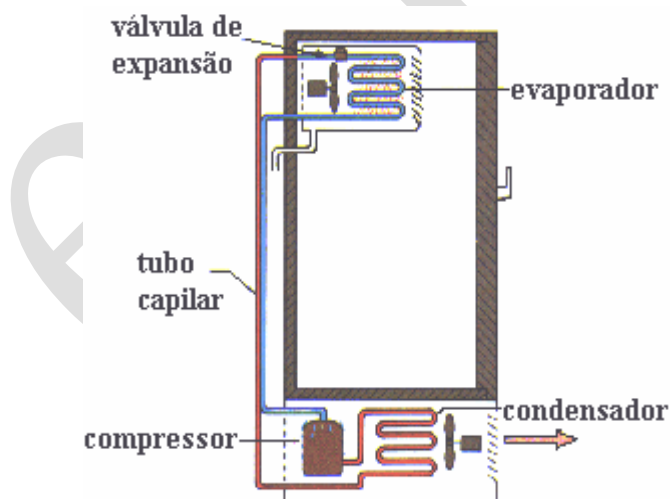
Refrigeração é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos, a ideia básica por trás da

conservação de produtos é diminuir a velocidade da atividade das bactérias, fazendo com que elas demorem mais para estragar os alimentos. Refrigeração e congelamento são duas das formas mais comuns de preservar alimentos usados hoje em dia. Em geral, a refrigeração não exerce nenhum efeito sobre a textura ou gosto dos alimentos. E esse é um dos fatores responsáveis pelo sucesso do refrigerador (GONÇALVES, 1989).

O conceito básico por trás de um refrigerador é muito simples: ele usa a evaporação de um líquido para absorver calor. Quando colocamos água em nossa pele, normalmente sentimos um frescor. Quando a água evapora, ela absorve calor, criando esta sensação de frio. Esfregar álcool sempre dá uma sensação de ainda mais frio, pois este evapora em menores temperaturas. O líquido usado em uma geladeira evapora a uma temperatura mais baixa, e assim ele pode criar temperaturas geladas dentro do refrigerador. Se colocarmos o fluido refrigerante (líquido da geladeira) em sua pele ele irá congelá-la enquanto evapora.

Existem cinco partes básicas dos refrigeradores: compressor, serpentina externa, válvula de expansão, serpentina interna e o fluido refrigerante.

FIGURA 1: Esquema de funcionamento de um refrigerador



Fonte: DOSSAT, 1977

O mecanismo básico funciona da seguinte forma, o compressor comprime o gás refrigerante, isto eleva a pressão e temperatura do fluido refrigerante, de modo que as serpentinas externas de troca de calor da geladeira permitem que o fluido refrigerante

dissipe o calor devido à pressurização, à medida que esfria, o fluido refrigerante se condensa em forma líquida e flui pela válvula de expansão, quando passa pela válvula de expansão, o líquido refrigerante se move da zona de alta pressão para a zona de baixa pressão, e se expande e evapora, as serpentinas internas permitem que o fluido refrigerante absorva calor, fazendo com que a parte interna da geladeira fique fria. Então, o ciclo se repete.

2.2 Medição de energia elétrica

A Resolução Normativa ANEEL 414 de 2010 define como medição o processo realizado por equipamento que possibilite a quantificação e o registro de grandezas elétricas associadas à geração ou consumo de energia elétrica, assim como à potência ativa ou reativa (ANEEL, 2010). Na prática a medição de energia elétrica serve para a concessionária poder faturar o consumo de energia de seus clientes. Os medidores de energia mais utilizados no mercado nacional são os do tipo eletromecânicos (MÍNGUEZ, 2007). Estes medidores se baseiam na interação entre os campos magnéticos das bobinas de corrente e tensão para proporcionar o movimento do disco. Devido às suas características construtivas os medidores eletromecânicos medem somente uma das energias, sendo assim, existem medidores específicos para energias ativa e reativa, que são as energias faturadas pelas concessionárias. A energia aparente não é faturada.

Mesmo os medidores de energia eletromecânicos demonstrando-se uma tecnologia bastante robusta e confiável, os medidores de energia eletrônicos (multimedidores) conseguem oferecer maior exatidão e informações mais detalhadas acerca do consumo de energia.

O multimedidor é um equipamento eletrônico capaz de realizar diversas medições em um circuito elétrico no mesmo aparelho, substituindo os mostradores individuais de cada grandeza, possui a função de medições instantâneas (tensão (F-F e F-N), frequência, corrente de linha, potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência e taxa de distorção harmônica), e medições acumulativas (energia ativa, energia reativa, demanda ativa, demanda aparente, máxima tensão e máxima corrente).

FIGURA 2: Multimetro



Fonte: www.kron.com.br

Normalmente esses equipamentos operam em sistemas CA (corrente alternada) e necessitam medir a tensão elétrica e a corrente elétrica do circuito a ser analisado. Estas informações podem ser obtidas diretamente (medição direta) ou indiretamente, por meio de transformadores de potencial (para medição de tensão) e transformadores de corrente (para medição de corrente).

A principal diferença entre um multimetro e um multímetro é o fato do multimetro ser instalado de forma fixa, normalmente na porta de um painel elétrico. Multímetros, ao contrário, são portáteis.

Quando não são equipados com display e destinam-se exclusivamente a supervisão remota, os multimetros também são conhecidos como transdutores.

Multimetros se baseiam em circuitos eletrônicos compostos de A/D (conversores analógico/digital) que convertem os sinais de tensão e corrente em sinais digitais e microprocessadores (ou microcontroladores) que realizam os cálculos matemáticos para medição de cada grandeza elétrica.

Dependendo da tecnologia empregada na medição e no processamento dos sinais um multimetro pode ter maior ou menor precisão.

Todo multimetro possui um display para indicar as informações medidas. Este display normalmente é do tipo LCD (liquid cristal display) ou LED (light emitting diode).

Alguns multimedidores possuem saídas de comunicação para supervisão remota. Nestas saídas normalmente é utilizado os padrões RS-232, RS-485 ou Ethernet.

Boa parte dos multimedidores disponíveis no mercado utiliza o protocolo Modbus. Outros protocolos também utilizados são o Profibus, Devicenet, Metasys, dentre outros protocolos específicos a certas aplicações.

Os medidores também permitem conectividade com plataformas operacionais em nuvem, para que os dados da medição sejam disponibilizados de forma inteligente para análises avançadas, monitoramento e gestão, visando redução de custos e otimização de uso da energia elétrica.(CHAGAS, 2019)

2.3 Medição de temperatura

A medição de temperatura é ponto de interesse da ciência há muitos anos. O corpo humano é um péssimo termômetro, pois só consegue diferenciar o que está frio ou quente em relação à sua própria temperatura. Portanto com o passar dos tempos o homem começou a criar aparelhos que o auxiliassem nesta tarefa.(GRATON, 2011)

O primeiro termômetro foi idealizado por Galileu Galilei(1564-1642). Ele consistia de um longo tubo de vidro com um bulbo preenchido com vinho. Este primeiro tipo de aparelho utilizado para a medição de temperatura foi chamado de termoscópio (instrumento que indica a temperatura através da mudança do volume). Alguns tinham o ar do bulbo retirado antes de se colocar o líquido (podia ser água colorida no lugar do vinho), fazendo com que o líquido subisse dentro do tubo. Conforme o ar restante no tubo era aquecido ou esfriado, o líquido do tubo variava refletindo a mudança na temperatura do ar. Mais tarde seu colega Sanctorius Sanctorius acrescentou uma escala gravada no tubo para facilitar a medição da alteração da temperatura.

Muitas tentativas de transformar a escala para um intervalo de 100 graus foram feitas, antes que o Suíço Anders Celsius (1701-1744) em 1742 propusesse graduar o termômetro com 100 graus como o ponto de ebulição da água e 0 como o ponto de derretimento da neve. Aparentemente desejando evitar o uso de números negativos para

as temperaturas, Celsius determinou o número 100 para o ponto de congelamento da água e 0 para o ponto de ebulição, dividindo a distância em intervalos de 100 graus.

Atualmente as escalas mais utilizadas são Celsius e Fahrenheit. Kelvin e Rankine são mais utilizadas por cientistas e engenheiros. Quanto as outras escalas, elas acabaram sendo esquecidas. (ITS, 1990)

Com a criação das diversas escalas, houve a necessidade da definição das curvas dos vários sensores e de seus pontos de calibração. Isto foi alcançado nas diversas reuniões desde 1889 até hoje onde finalmente chegamos ao ITS-90 (International Temperature Scale).

Termopar é o mais conhecido entre os métodos industriais de medição de temperatura por ser o mais barato e cobrir também uma maior faixa de temperatura, uma das extremidades de suas junções chamamos de junta quente e, a outra extremidade onde ligamos os aparelhos ou cabos de compressão é chamada de junta fria. A quente quando submetida a uma fonte de calor faz com que seja gerada uma tensão pequena, na casa dos mili volts, que é proporcional a sua junta fria, este efeito é chamado de Seebeck.

Mas não é qualquer metal que provoca um efeito perceptivo, algumas ligas são adotadas pelo sistema internacional devido sua confiabilidade e precisão na mudança de tensão em relação a mudança de temperatura.

Esta possibilidade de medição de temperatura foi descoberta acidentalmente utilizando a junção de dois tipos de metais diferentes, gerando uma tensão elétrica em função da temperatura pelo físico Thomas Seebeck no ano de 1822.

Existem vários tipos de termopares industriais que permitem medir temperaturas entre -270 graus até + 2320 graus Celsius (MADEIRA, 2016) são eles:

TERMOPAR TIPO T (COBRE - CONSTANTAN) - Termoelemento positivo (TP): Cu100% - Termoelemento negativo (TN): Cu55%Ni45% - Faixa de utilização: -270°C a 400°C - f.e.m. produzida: -6,258 mV a 20,872 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas inertes, oxidantes ou redutoras. Devido à grande homogeneidade com que o cobre pode ser processado, possui uma boa precisão. Em temperaturas acima de 300°C, a oxidação do cobre torna-se muito intensa, reduzindo sua vida útil e provocando desvios em sua curva de resposta original.

TERMOPAR TIPO J (FERRO - CONSTANTAN) - Termoelemento positivo (JP): Fe99,5% - Termoelemento negativo (JN): Cu55%Ni45% - Faixa de utilização: -210°C a 760°C - f.e.m. produzida: -8,096 mV a 42,919 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas neutras, oxidantes ou redutoras. Não é recomendado em atmosferas com alto teor de umidade e em baixas temperaturas (o termoelemento JP torna-se quebradiço). Acima de 540°C o ferro oxida-se rapidamente. Não é recomendado em atmosferas sulfurosas acima de 500°C.

TERMOPAR TIPO E (CROMEL - CONSTANTAN) - Termoelemento positivo (EP): Ni90%Cr10% - Termoelemento negativo (EN): Cu55%Ni45% - Faixa de utilização: -270°C a 1000°C - f.e.m. produzida: -9,835 mV a 76,373 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas oxidantes, inertes ou vácuo, não devendo ser utilizado em atmosferas alternadamente oxidantes e redutoras. Dentre os termopares usualmente utilizados é o que possui maior potência termoelétrica, bastante conveniente quando se deseja detectar pequenas variações de temperatura.

TERMOPAR TIPO K (CROMEL - ALUMEL) - Termoelemento positivo (KP): Ni90%Cr10% - Termoelemento negativo (KN): Ni95%Mn2%Si1%A12% - Faixa de utilização: -270°C a 1200°C - f.e.m. produzida: -6,458 mV a 48,838 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas inertes e oxidantes. Pela sua alta resistência à oxidação é utilizado em temperaturas superiores a 600°C, e ocasionalmente em temperaturas abaixo de 0°C. Não deve ser utilizado em atmosferas redutoras e sulfurosas. Em altas temperaturas e em atmosferas pobres de oxigênio ocorre uma difusão do cromo, provocando grandes desvios na curva de resposta do termopar. Este último efeito é chamado "green - root ". A estabilidade da f.e.m pode ser afetada por um fenômeno chamado "magnetização", através de gradientes térmicos, tensão mecânica ou pela não homogeneidade das ligas. A magnetização é atribuída à ordenação/desordenação da estrutura molecular da liga Cromel (+), isso ocorre com maior frequência na faixa de 200 até 600 °C. Isso pode ser revertido por meio de tratamento térmico.

TERMOPAR TIPO N (NICROSIL - NISIL) - Termoelemento positivo (NP): Ni84,4%Cr14,2%Si1,4% - Termoelemento negativo (NN): Ni95,45%Si4,40%Mg0,15% - Faixa de utilização: -270°C a 1300°C - f.e.m. produzida: -4,345 mV a 47,513 mV - Características: Este novo tipo de termopar é um substituto do termopar tipo K, por possuir

uma resistência à oxidação bem superior a este, e em muitos casos também é um substituto dos termopares a base de platina em função de sua temperatura máxima de utilização. É recomendado para atmosferas oxidantes, inertes ou pobres em oxigênio, uma vez que não sofre o efeito de "green -root". Não deve ser exposto à atmosferas sulfurosas.

Além desses modelos descritos existem também os termopares nobres, que são aqueles cujos pares são constituídos de platina. Embora possuam custo elevado e exijam instrumentos receptores de alta sensibilidade, devido à baixa potência termoelétrica, apresentam uma altíssima precisão, dada a homogeneidade e pureza dos fios dos Termopares.

3 METODOLOGIA

Para obter êxito nos objetivos deste estudo de caso, foram realizados levantamentos da situação atual para análise e elaboração de estratégias. A seguir apresenta-se a metodologia utilizada neste trabalho.

A principal motivação desse projeto foi construir uma estação de performance para expositores refrigerados, com a finalidade de demonstrar o desempenho relacionado ao consumo energético e a temperatura de operação desses balcões, que até então eram produzidos, testados e enviados para o cliente, sem qualquer tipo de registro e demonstração desses dados.

A estação deveria ter a capacidade de medir todos os balcões produzidos nesta linha de produção, balcões bifásicos 220V, balcões trifásicos 220V e balcões trifásicos 380V, essa capacidade de abranger dois níveis de tensão além de produtos bifásicos e trifásicos, foi um desafio grande, mas também foi um diferencial.

3.1 Aquisição de materiais

O primeiro passo foi definir os materiais a serem utilizados no projeto, várias pesquisas e orçamentos de materiais foram feitos para encontrar o melhor custo benefício, ao total foram utilizados 1 armário de comando, 3 chaves seccionadoras, 16 disjuntores, 3

dispositivos de proteção contra surto, 32 contadores, 24 transformadores de corrente 20/5 rh 40, 8 multimedidores de grandezas elétricas 5A 500V, trifásico, display 4 dígitos, saída rs 485, 1 fonte chaveada 24V/2,5A 60W, 1 CLP M241 40 IO transistor pnp ethernet, 1 módulo de expansão TM3 8 saídas a transistor, 3 módulos TM3 - 4 inputs temperature_analog volt_corrente, 24 reles de interface, 8 sinaleiros indicadores azuis, 8 sinaleiros indicadores vermelho, 800 metros de termopar tipo T além de cabos de comando e de potência e plugs de tomadas. No quadro 1 temos o valor com o investimento para o projeto.

QUADRO 1: Valores para o investimento do projeto

DESCRIÇÃO	ITEM
Termopar tipo T	R\$ 8.106,00
Multimedidores de Energia	R\$ 4.075,55
Transformadores de Corrente	R\$ 3.172,49
CLP, Módulos e Ventilação	R\$ 8.812,15
Cabos e Plugs	R\$ 3.500,00
Sinaleiros, Chaves Seccionadoras, Relés, DPS	R\$ 1.680,83
Disjuntores e Contadoras	R\$ 3.553,93
Armário de Comando	R\$ 2.498,00
TOTAL	R\$ 35.398,95

FONTE: Elaborado pelo autor

3.2 Projeto elétrico

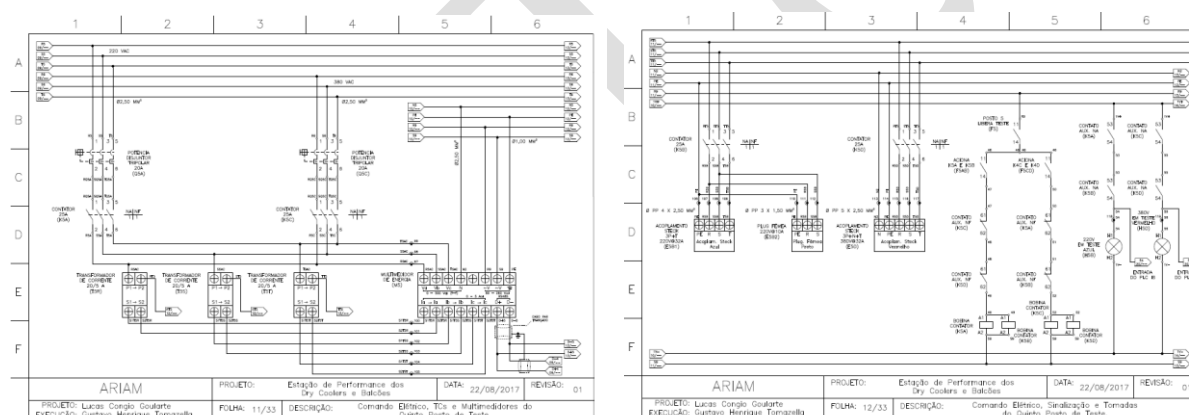
Depois de definir os materiais que seriam utilizados chegou a hora de desenvolver o diagrama elétrico de funcionamento, os manuais fornecidos pelos fabricantes auxiliou para conseguir extrair o máximo de cada componente, o software utilizado foi o autocad.

O primeiro passo é realizar a página de instruções, onde o técnico responsável pela montagem do painel tenha onde consultar as informações de como ler o projeto com os nomes das anilhas bem especificados além das cores dos cabos utilizados tanto na parte de potencia como na parte de comando. A seguir vem a parte de potencia, a entrada de energia no painel, contendo informações das bitolas dos cabos a serem utilizados bem como os componentes de proteção disjuntores, dispositivos de proteção contra surtos e chaves seccionadoras, nesta página também foi inserido a fonte de alimentação DC do circuito 24V.

Na sequência o esquema de ligação dos postos de testes, onde o desenho é replicado 8 vezes, pelo fato da estação conter 8 postos de testes bifásicos 220V e trifásicos 220V e 380V, cada posto contém dois disjuntores tripolares de 20A para proteção dos dois níveis de tensão, além de contatores para selecionar em qual tensão o teste será realizado, posteriormente as três fases são ligadas no terminal P1 do transformador de corrente com a relação de transformação de 20/5, em paralelo com a referência de tensão do aparelho de medição, o terminal P2 é ligado nas tomadas que alimentarão os balcões, já os terminais S1 e S2 são conectados no referencial de corrente do multimetror que além dessas recebe a conexão de alimentação do aparelho além dos cabos de comunicação rs485.

O comando para acionar os contatores de seleção de tensão bem como o intertravamento e a sinalização de indicação também é descrita, como exposto na figura 3.

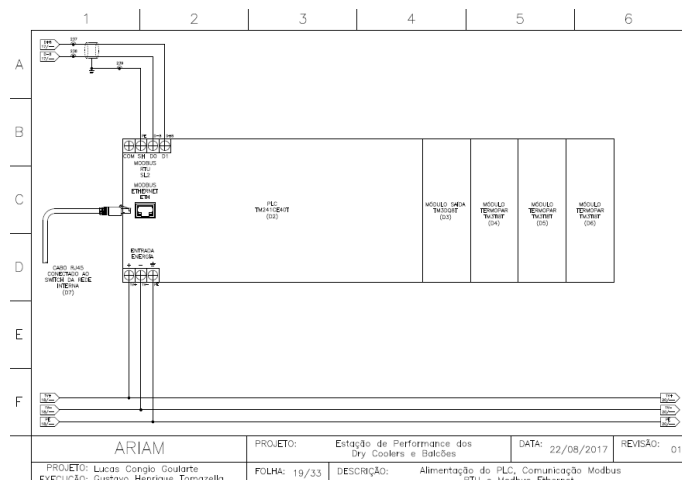
FIGURA 3: Diagrama de ligação elétrica de potência e comando.



Fonte: próprio autor

O próximo passo foi definir as ligações do CLP (Controlador lógico programável), alimentação, comunicação e suas entradas, saídas e o módulo de temperatura, foram utilizadas 16 entradas, duas para cada posto de medição, que correspondem ao nível de tensão utilizado 220V ou 380V, já nas saídas foram utilizadas 24, três para cada posto, as saídas acionam reles de interface, um rele libera o teste e os outros dois fazem o intertravamento para que não seja possível acionar as duas tensões ao mesmo tempo, como mostra a figura 4.

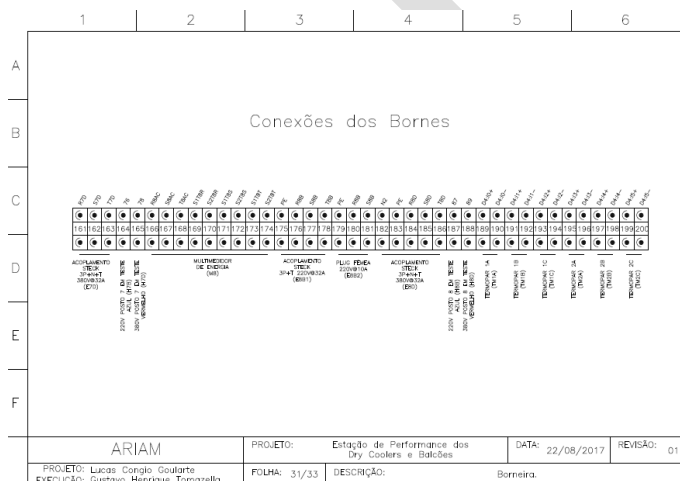
FIGURA 4: CLP, módulos adicionais e comunicação.



Fonte: próprio autor

Por último a conexão dos bornes, para interligar o painel elétrico com as plugs de tomadas e os termopares, como é mostrado na figura 5.

FIGURA 5: Conexão dos bornes.



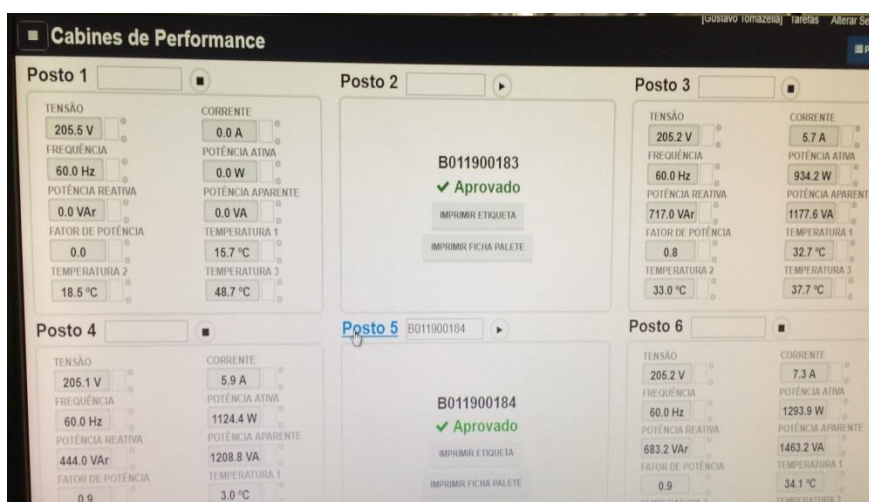
Fonte: próprio autor

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um sistema supervisorio foi desenvolvido para acessar os dados obtidos pela estação, realizou-se vários testes até encontrar as curvas ideais para cada grandeza

medida e assim garantir que os expositores refrigerados sempre operem dentro dos níveis desejáveis, garantindo que ocorra a validação junto ao inmetro.

Figura 6: Sistema supervisorio



Fonte: próprio autor

Caso algum expositor seja reprovado nos testes, prontamente o operador acessa os dados no sistema e identifica onde ocorreu a falha, diminuindo o tempo de retrabalho.

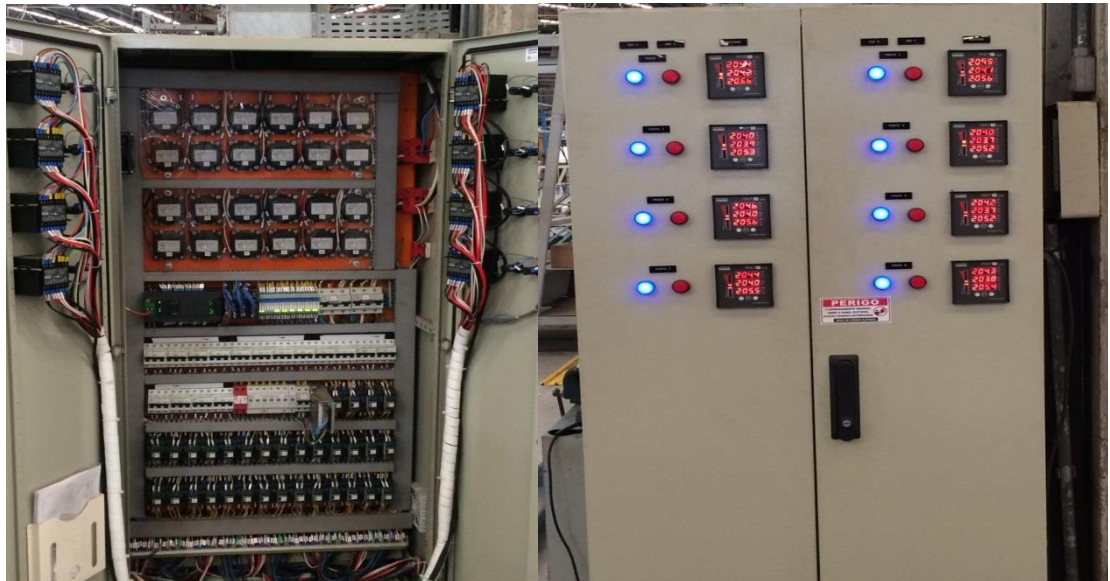
Figura 7: Expositor sendo testado



Fonte: próprio autor

Outro fator importante é conseguir testar componentes de outros fabricantes para validar qual responde melhor tanto no consumo energético quanto na capacidade de realizar o seu papel.

Figura 8: Painel montado em funcionamento



Fonte: próprio autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em meio a atual crise energética no setor elétrico nacional, todas as medidas para redução do consumo são muito importantes para o meio ambiente e para a viabilidade de processos produtivos, quanto mais informações for disponibilizada para o cliente a respeito do produto que ele está comprando, maior será a confiança e com isto proporciona maior competitividade de mercado.

Um estudo futuro para ser implementado na estação é adicionar um termopar exclusivo para monitorar a temperatura ambiente, que reflete muito na operação dos expositores, não foi possível realizar pois não tem entradas disponíveis no módulo de temperatura do clp.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução Normativa N° 414, de 9 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> Acessado em: 18 fevereiro 2019.

CHAGAS, M. Disponível em <https://www.segs.com.br/info-ti/160536-siemens-amplia-seu-portfolio-de-produtos-para-gerenciamento-inteligente-de-energia-com-lancamento-de-linha-de-medidores-eletronicos-de-excelente-custo-beneficio> Acessado em: 18 março 2019.

DOSSAT, R. J.. Princípios de Refrigeração: teoria, prática, exemplos, problemas, soluções. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1977. 884p.

ENERGIA Conta de luz acumula alta média de 31,5% entre 2014 e 2017, **Globo online**. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/conta-de-luz-acumula-alta-media-de-315-entre-2014-e-2017-diz-estudo.ghtml> Acessado em: 10/12/2018.

GONÇALVES, J. R. Desempenho de um refrigerador doméstico na rotina caseira. Publicação FEA, Campinas, 1989. 109p.

GRATON, M. A. Disponível em <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index124> Acessado em: 12 fevereiro 2019

ITS-90. Disponível em: <https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/guide-its90.html> Acessado em: 22 fevereiro 2019

MADEIRA, D. Medição de temperatura – termopares. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/medicao-de-temperatura-termopares/> Acessado em: 20 de fevereiro 2019

MÍNGUEZ, A. Medidores de Energia Ativa, funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e análise das fraudes mais comuns., 2007. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000368.pdf> Acessado em: 19 fevereiro 2019.

