

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA ELÉTRICA
JOÃO CRISPIM NEPOMUCENO LEITE

**CONFECÇÃO DE UM DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CONTROLE E
MONITORAMENTO DE MAQUINAS INJETORAS**

Varginha

2018

JOÃO CRISPIM NEPOMUCENO LEITE

**CONFECÇÃO DE UM DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CONTROLE E
MONITORAMENTO DE MAQUINAS INJETORAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Roberto Lazarino do Prado Mudesto.

Varginha

2018

JOÃO CRISPIM NEPOMUCENO LEITE

**CONFECÇÃO DE UM DISPOSITIVO MICROCONTROLADO PARA CONTROLE E
MONITORAMENTO DE MAQUINAS INJETORAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Esp. Roberto Lazarino Prado Mudesto

Prof. Me. Hugo Rodrigues Vieira

Prof. Esp. Silvio Bottrel Guimaraes

OBS.:

“Dedico esse trabalho a minha família, a minha esposa que tanto me ajudou, as minhas filhas Giovanna e Isabella que esperaram por mim nas horas das brincadeiras, a meus pais que nunca desistiram de mim e me apoiaram do início ao fim.”

AGRADECIMENTOS

“Agradeço primeiramente a Deus, agradeço a minha família que me apoiou muito a minha esposa que passou horas acordada ao meu lado me ajudando, a minhas filhas por me esperarem, a meus pais e meu irmão pelo apoio, a todos meus agradecimentos.”

RESUMO

As indústrias atualmente têm procurado melhorias tecnológicas, e umas das áreas são as de redução de consumo e a de conectividade, visando suprir essas áreas, foi desenvolvido o dispositivo para controle e monitoramento de máquinas injetoras atua nos motores elétricos, ele é aplicado especificamente no motor principal das máquinas, tendo atuação direta no funcionamento deles e faz uma análise de corrente na entrada e através dela é percebida se há uma oscilação fora da nominal, sendo a corrente alta ou baixa, dessa forma é possível perceber se o trabalho está conforme padrões pré-estabelecidos, assim ajudando a equipe de manutenção e a da produção, sua atuação também ajuda com a eficiência energética e na vida útil dos capacitores, pois está diretamente ligado a melhoria do fator de potência da máquina, ao cortar o funcionamento ocioso. Para a manutenção ele está gerando grande ajuda com sua comunicação homem máquina, pois mostra momentos de paradas inesperadas e momentos de falhas. O tipo de pesquisa foi de campo, realizando testes em simulador e físico com um protótipo.

Palavras-chave: Dispositivo para controle. Manutenção. Máquina injetora

ABSTRACT

The industries are currently sought technologically, the areas are consumption reduction and connectivity, aiming to supply these areas, was developed the control and monitoring device of injection machines in electric motors, is not used main machines, have a direct company there a moment and make an analysis of the current at the input and the path is perceived if there is a oscillation of the nominal, being a high or low current, in this way it is possible to perceive the work -established, thus helping maintenance capacity and production, its ability to apply for an energy and the life of the capacitors, because it is directly linked to a power factor of the machine, by cutting the idle operation. For the maintenance of the management for the communication in mereing times, with unexpected moments of stopings and moments of failure. The type of research was field, performing tests in simulator and physical with a prototype.

Keywords: Control device. Maintenance. Injection machine

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rendimento de motores de alto rendimento	4
Figura 2 - Consumo de energia elétrica no Brasil	5
Figura 3 - Rotor tipo Gaiola	7
Figura 4 - Rotor do tipo gaiola de esquilo após passar por corrosão as lâminas.....	7
Figura 5 - Vista de um modelo de banco de capacitores	11
Figura 6 - Injetora.....	12
Figura 7 - Ciclo de funcionamento.....	13
Figura 8 - Como a Industria 4.0 é retratada.....	15
Figura 9 - Demonstração das evoluções industriais	16
Figura 10 - Arduino Uno R3	20
Figura 11 - Resumo de recursos do Arduino UNO.	20
Figura 12 Pinagem Atmega 328 P.....	21
Figura 13 - Sensor STC013	22
Figura 14 - Demonstração do núcleo de ferrite	22
Figura 15 - Camadas de comunicação demonstração dos canais	24
Figura 16- Fluxograma.....	26
Figura 17- Hardware 1ª camada	27
Figura 18-Hardware 2ª camada.	28
Figura 19 - Tela simulador	29
Figura 20-ligação do SCT 013	32
Figura 21-Maquina DPM	33
Figura 22 – conjunto maquina motor	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Objetivos específicos	2
2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	3
3 MOTORES	6
3.1 Motores de Indução trifásicos	6
3.1.1 Motor de indução trifásico de rotor gaiola de esquilo	6
3.2 Funcionamento de um motor de indução	7
3.2.1 Motores de indução trifásicos	8
3.2.2 Características de funcionamento	8
3.2.2.1 Funcionamento a vazio	8
3.2.2.2 Funcionamento a meia carga	8
3.2.2.3 Funcionamento em plena carga	9
3.2.2.4 Funcionamento com sobre carga	9
4 FATOR DE POTÊNCIA	10
4.1 Correção do Fator de Potência	10
5 CAPACITOR	11
6 MAQUINAS INJETORAS	12
6.1 A Injetora	12
7 INDUSTRIA 4.0	15
8 MANUTENÇÃO	17
8.1 Manutenção Preditiva	17
8.2 Manutenção Corretiva	18
9 O PROJETO	19
9.1 Arduino	19
9.1.1 Atmega 328P-PU	20
9.2 Sensor STC013	21
9.3 Sistema supervisorio	22
10 CONSTRUÇÃO	24
10.1 Programação	24
10.1.1 Modbus	24
10.1.2 Fluxograma	25
10.1.3 Hardware	27

10.1.4 Simulador	29
10.2 Custos.....	30
10.3 testes e resultados.....	31
11 CONCLUSÃO.....	35
11.1 Próximos passos	35
REFERENCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias tem buscado a inovação, a tecnologia e meios de redução de consumo, o artigo demonstra como é um equipamento para supervisionamento dos motores de máquinas injetoras, o equipamento atua com a comunicação e atuação entre máquina e homem, sendo eles a equipe de produção e manutenção, sua comunicação é feita através de rede sem fio diretamente ao celular do usuário através de um sistema supervisor, trazendo assim praticidade e rápida resposta de informações, como por exemplo, durante um turno de injeção a unidade de injeção plástica entra em modo ocioso, o dispositivo vai enviar uma mensagem para produção e para manutenção, se for confirmada a falta de operador, ou um possível defeito, a célula de produção é desligada no mesmo momento, assim evitando gastos indevidos, esse equipamento também irá comunicar a manutenção de falha de fase e mudança drástica de corrente, ele tem atuação nos motores, diminuindo o fator de potência e o consumo, também auxiliando a equipe de produção e manutenção em uma fábrica.

Os equipamentos existentes no mercado atualmente são extremamente caros e sem a função IHM a distância assim gerando a ideia de se criar um dispositivo microcontrolado com esses quesitos, a pesquisa foi feita com o auxílio do simulador Proteus e também com um protótipo, a parte principal da aquisição dos dados será feita com um simulador, pois, trata-se de elementos de grande porte.

Os mecanismos os quais vão ser gerenciados são motores, que apesar de terem alto rendimento que segundo (Garcia 2003) devem ser maiores que 90%, mas eles podem ter sua eficiência reduzida por conta de fatores como a utilização deles ociosos, com falta de fase, sobre carregados dentre outros, o rendimento sendo reduzido faz com que o consumo aumente.

1.2 Objetivo

O objetivo principal é elaborar um equipamento de análise industrial especialmente em máquinas injetoras, mas no geral ele irá interagir, trocando dados da máquina para a equipe de manutenção, gerando assim um ganho de tempo significativo, principalmente por estar mandando dados das máquinas em que o equipamento está ligado, isso gera uma confiabilidade maior ao equipamento, um ganho de vida útil, e a elaboração de um dispositivo de baixo custo. Terá sua atuação em máquinas ociosas como motores, o que faz

com que tenha um ganho de vida útil, diminuição do consumo. O equipamento irá fazer também análise de rede, verificando corrente e consumo por fase.

A ideia é desenvolver o dispositivo e fazer sua comunicação com um sistema de aquisição de dados, para que tenha maior confiabilidade e ser remotamente monitorável.

O texto será organizado falando sobre Eficiência energética, motores, máquinas injetoras, fator de potência, capacitor, indústria 4.0, manutenção, Arduino, sistema supervisor, controle remoto e o projeto juntamente com os resultados.

1.3 Objetivos específicos

A principal motivação deste estudo é reduzir o consumo elétrico, e atender o setor de manutenção. Ao visar a área, vai estar reduzindo o consumo, o fator de potência, atuando como um dispositivo de anúncio de quebra de máquina utilizando o conceito de conectividade e melhorando a confiabilidade do equipamento.

A atuação é feita supervisionando de forma eletrônica os motores das máquinas injetoras de plástico, ele faz análise de funcionamento conforme a carga seriam eles a vazio, plena carga e sobre carga, sendo todos devidamente testado e programado.

O controle e monitoramento desses equipamentos ainda é deficiente, então o propósito deste projeto provém desse quesito, ao presenciar a falta de um controle de monitoramento a ideia foi criar um dispositivo que atende a essa necessidade, as características de comunicação sem fio e fácil instalação, são quesitos necessário atualmente, tanto para reduzir valor de implementação quanto para tornar ele mais interativo. Um dos objetivos é a melhoria do fator de potencia dos equipamentos em que o dispositivo atua.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

A eficiência energética é um modo de diminuir os gastos e aumentar o aproveitamento da energia produzida já que a maior parte é gasta de forma incorreta, e com o aumento no consumo aumenta-se também a maior demanda de produção, segundo a Aneel (2008) existem aspectos negativos no aumento do consumo de energia no mundo, um deles é o esgotamento das fontes atuais e outro é o impacto ambiental causado pelas novas e velhas fontes de produção de energia e a última é o auto investimento para procurar novas fontes de energia renovável. O fato de novas pesquisas no setor de eficiência energética estarem surgindo auxilia nessas três questões, pois ao diminuir o consumo nas indústrias e residências estará assim economizando com novas fontes de fornecimento de energia.

O Brasil conta com um setor de eficiência energética, segundo a Aneel (2013) ele foi criado em 1998, atuando para diminuir o consumo elétrico em horários de pico e outros modos assim, também com programas de troca de equipamentos como geladeiras e ao lançar planos para mudança de hábito de consumo. No país o primeiro plano de eficiência foi criado em 1931, segundo Viana et al. (2012) nesse ano surgiu o decreto nº 20.466, de 01/10/31, o qual dizia que seria implementado o primeiro horário de verão em todo território nacional. Atualmente empresas e órgãos como o Ministério de Minas e Energia a Eletrobrás e a Petrobras são responsáveis por programas como o Programa Nacional de Conservação usualmente conhecido como o Procel, ele é responsável como, por exemplo, o comum selo de eficiência energética utilizada nos equipamentos novos.

As leis e normas de Eficiência energética ajudou a impulsionar as pesquisas de novas tecnologias, Viana et al.(2012) diz que após a criação dos *Minimum Energy Performance Standards* que são programas de eficiência energética criados por países da Europa e da América do Norte, foi um grande estopim para o início de pesquisas em itens como por exemplo de iluminação, nesse período surgiram lâmpadas muito mais eficientes, como por exemplo as fluorescentes de alta performance e as lâmpadas de LED (Diodo emissor de luz) outros itens que teve os estudos impulsionados por esses programas foram os motores, principalmente os de indução os quais atualmente tem eficiências na casa dos 90% tendo valores menores em motores de baixa potências com Rotações mais baixas, alguns chegam a ter eficiência próxima de 95%, ao observar a Figura 1, vemos como a eficiência é proporcional a velocidade e a potência de cada um, alguns fabricantes como a

WEG mantém uma linha de motores chamada de alto rendimento, com valores próximos de 92 %.

Figura 1 - Rendimento de motores de alto rendimento

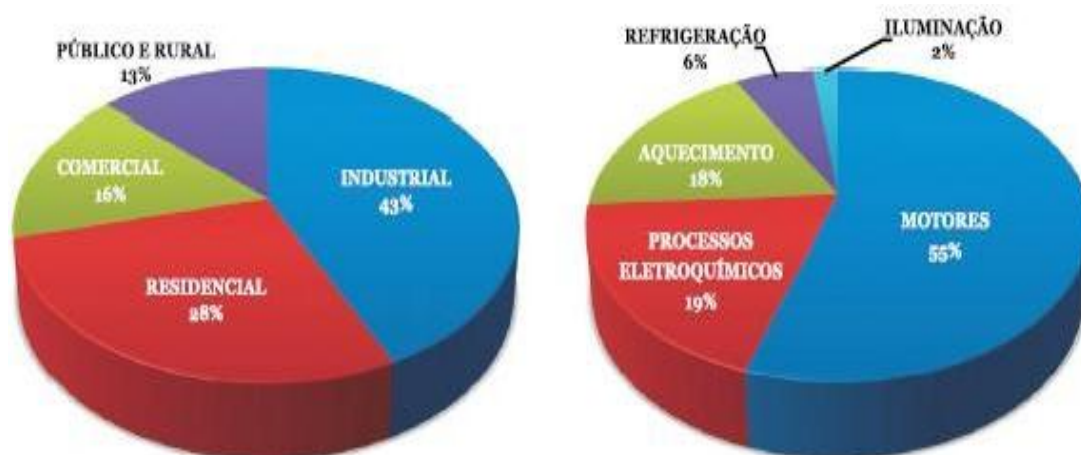
Potência Nominal (cv)	Velocidade Síncrona (rpm)			
	3600	1800	1200	900
	Rendimento Nominal (%)			
1,0	80,0	80,0	77,9	74,0
1,5	83,0	81,5	82,5	75,5
2,0	83,2	83,0	82,9	82,5
3,0	85,0	84,9	84,0	83,5
5,0	86,5	87,5	86,7	85,2
7,5	87,5	89,4	88,6	86,9
10,0	87,5	90,0	89,0	87,5
15,0	89,5	91,7	90,2	91,2
20,0	90,2	91,8	91,0	91,0
25,0	91,0	92,5	92,2	92,0
30,0	91,7	92,2	93,0	92,3
40,0	92,0	92,7	93,3	93,0
50,0	91,8	93,0	93,5	93,3
60,0	91,7	93,4	93,6	93,1
75,0	92,4	93,9	93,8	93,7
100,0	93,1	94,3	94,2	94,3
125,0	93,0	94,4	94,5	94,7
150,0	93,0	95,0	94,7	94,9
200,0	94,7	95,0	95,3	95,2
250,0	95,0	95,5	95,2	94,9

Fonte: Viana et al. (2012)

O consumo no Brasil conforme Viana et al. (2012) é maior no ramo industrial com média de 43%, os demais setores já estão bem estáveis, o segundo maior consumo é o residencial como pode ser visto na Figura 2. Nas indústrias os maiores consumos indevidos vêm de motores, são responsáveis por consumir 24% da energia gerada no Brasil e dentro das indústrias esse valor é de 85% as novas pesquisas são para fazer com que esse número diminua, para isso o equipamento em desenvolvimento vai ajudar a diminuir a porcentagem de 85%, pois vai atuar em motores ociosos, ou seja, motores que estão com a corrente de funcionamento fora da nominal, seja mais alta ou mais baixa, em muitos casos os motores são sub dimensionados, isso faz com que a corrente fique fora da nominal, gastando mais

que deveria, o equipamento em questão vai fazer esse tipo de análise e vai mostrar se o motor em questão está ocioso, melhorando assim o consumo e aumentando a eficiência energética do local, outro fator importante é que ele vai ajudar com os bancos de capacitores, como pode ser visto no capítulo 5. De acordo com a Figura 2, os motores são os maiores responsáveis pelo consumo na indústria, o capítulo 3 explica melhor como são os motores.

Figura 2 - Consumo de energia elétrica no Brasil



Fonte: Viana et al. (2012).

3 MOTORES

No Brasil segundo Goedel (2007), ou melhor, nas indústrias Brasileiras o motor elétrico é um dos recursos mais utilizados para se gerar trabalho mecânico seja ele em ventiladores, exaustores, prensas, bombas, compressores, entre outros equipamentos.

Segundo Goedel (2007) no Brasil cerca de 49% da energia elétrica produzida é utilizada nas indústrias, sendo 50% dessa parcela consumida por motores elétricos, segundo dados coletados por ele referentes ao ano de 2000.

Agora no ano de 2014 o Ministério de Minas e Energia no artigo Resenha Energética Brasileira (2015) o percentual de energia consumida pelas indústrias foi próximo de 30%. Em base de consumo por Mtep a comparação entre 2013 e 2014 mostrou que o consumo industrial caiu, em 2013 era de 88,3 Mtep e em 2014 caiu para 87,5. (Mtep significa milhão de tonelada de óleo equivalente).

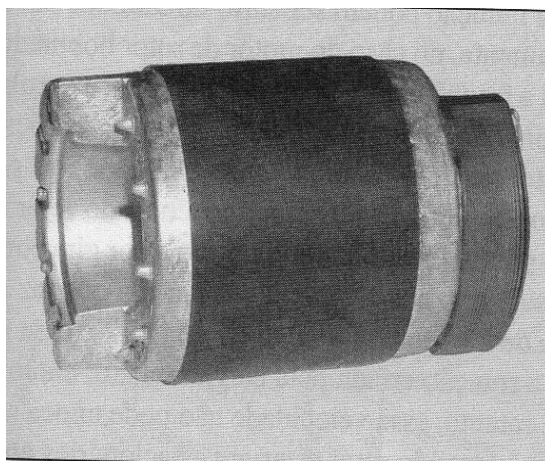
3.1 Motores de Indução trifásicos

Segundo Garcia (2003) nas indústrias o motor mais utilizado é aquele que funciona em rede trifásica, é composto por uma gaiola de esquilo e funcionamento por indução, O motor de indução trifásico tem uso em 75% dos casos, os outros 25% normalmente são motores de baixa potência que são utilizados normalmente em residências como em geladeiras, portões elétricos entre outros.

3.1.1 Motor de indução trifásico de rotor gaiola de esquilo.

O motor com gaiola de esquilo é o mais utilizado do tipo de indução trifásico, o motor tipo gaiola de esquilo é aquele em que o rotor se encontra em curto-circuito, pode se ver melhor como o rotor é na figura 3.

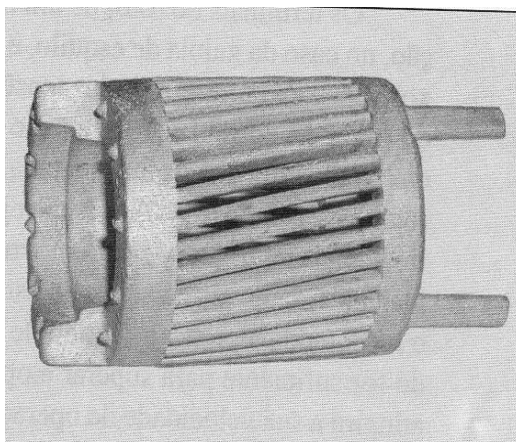
Figura 3 - Rotor tipo Gaiola



Fonte: Umans (2014).

Para explicar melhor o porquê de o rotor chamar-se gaiola de esquilo, segue a próxima Figura 4 que mostra o rotor após ser submetido à corrosão.

Figura 4 - Rotor do tipo gaiola de esquilo após passar por corrosão as lâminas.



Fonte: Umans (2014).

3.2 Funcionamento de um motor de indução

Os motores de indução funcionam de acordo com a lei de Lenz, que de acordo com a Weg (2015) a lei descreve que a corrente induzida produz um campo magnético oposto ao campo que a produziu, sendo utilizada somente em motores em corrente alternada (CA), pois em corrente contínua o campo é fixo, assim, não gerando movimento ao rotor. O motor de indução normalmente tem funcionamento em velocidade fixa, a não ser que, tenha interferência externa, podendo ser do tipo física, como um peso grande aplicado no rotor,

outro tipo de interferência pode ser um conversor de frequência que de acordo com Garcia (2003) o equipamento faz com que a frequência mude, podendo variar de 6 a 120 Hz.

3.2.1 Motores de indução trifásicos.

O motor tem os 3 enrolamentos defasados em 120° , de acordo com os estudos de Nikola Tesla (1856-1943), o porquê dos 3 enrolamentos em 120° é que isso faz com que o campo fique constante. O motor de indução do tipo gaiola tem seu funcionamento característico no intervalo entre a partida a vazio e o momento de plena carga.

3.2.2 Características de funcionamento.

Os motores têm várias características, principalmente quando colocados a funcionamentos variados, os tipos de funcionamento se resumem a vazio, meia carga, plena carga e sobre carga.

3.2.2.1 Funcionamento a vazio.

A condição em vazio do motor segundo Kosow (2005) remete que os fatores como o escorregamento que é próximo de 1% e os outros fatores como a frequência, reatância, e a força elétrica magnética, tem valores muito pequenos. Os valores de corrente em motor a vazio são muito pequenos, pois não é necessária muita corrente para gerar o torque que está sendo utilizado no momento, o mesmo vale para quando vai se der a partida de um motor a vazio.

3.2.2.2 Funcionamento a meia carga

O funcionamento se dá por meio de se utilizar um pouco de carga no motor, ou seja, fazer o motor entrar em funcionamento a meia carga. Ao colocar a carga o motor passa a trabalhar com uma velocidade um pouco menor, aumenta-se o escorregamento do mesmo e também aumenta a frequência do rotor, outros fatores influenciados são o aumento na reatância e na força eletromotriz produzida. Ao aumentar a carga aumenta-se também a corrente necessária para movimentá-lo, assim sendo, aumentando a corrente

induzida no rotor aumenta-se também a corrente primária do estator. Com o aumento de corrente para gerar maior torque no rotor, ou seja, produzir maior potência mecânica na armadura do motor, isso também faz com que o motor solicite maior potência da rede, Kosow (2005).

3.2.2.3 Funcionamento em plena carga

Segundo Kosow (2005) o valor de escorregamento gera um equilíbrio entre torque desenvolvido e o torque aplicado. Ao ir aplicando mais carga no motor o escorregamento vai começar a aumentar mais do que deveria, pois, o torque aplicado excede o torque desenvolvido. O funcionamento em plena carga demanda grande quantidade de corrente, diferentemente do que foi visto no funcionamento a vazio. O fator de potência em motores em plena carga varia de 0,8 a 0,9 para os de baixa potência, e para os de alta potência, podendo variar até 0,95.

3.2.2.4 Funcionamento com sobre carga

Como foi visto nos tópicos anteriores o fator de potência aumenta de acordo com a carga, mas ao se ultrapassar a carga máxima segundo Kosow(2005) esse conceito não se aplica, nesse caso o fator de potência cai e para tentar compensar isso o motor começa a consumir uma corrente maior, e uma frequência maior do rotor, o que produz uma maior reatância.

4 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência é o método de visualização de consumo adotado em indústrias, nelas quanto menor o fator de potência maior será o consumo, pois é a correlação da potência aparente com a potência consumida, esse é, melhor dizendo, o método de consumo de um aparelho. Atualmente a legislação Brasileira, determina que o FP deve ser maior que 0,92, os cálculos dele deve ser feito por meio de uma média horária.

A ANEEL determinou no Artigo 65 da resolução 456/2000 que se o consumo de FP for menor que 0,92.

4.1 Correção do Fator de Potência

A correção do Fator de potência é um quesito importante na indústria, pois o baixo FP gera gastos desnecessários, além de desgastes prematuros dos equipamentos, segundo a Weg a correção tem as seguintes vantagens:

- a) Redução do custo da energia elétrica;
- b) Aumento da Eficiência energética;
- c) Melhoria da tensão;
- d) Aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- e) Aumento da vida útil de equipamentos e instalação;
- f) Redução do efeito Joule;
- g) Redução da corrente reativa;
- h) Diminui os custos da Geração;
- i) Aumenta a capacidade do sistema para conduzir potência ativa;

O modelo mais utilizado para fazer a correção é através de bancos de capacitores, para modelos de pequeno porte pode se utilizar capacitores fixos e ou capacitores automáticos, os capacitores são apresentados no capítulo 5.

5 CAPACITOR

Dispositivo composto de duas placas paralelas, com núcleo ou sem, normalmente com núcleo de vácuo, o qual detém uma carga lenta e descarrega rapidamente, utilizado em indústrias para diminuir a energia reativa da rede, pois ela é responsável pelo sobre carregamento das linhas de transmissão e distribuição, sendo uma energia que não é consumida, mas gerada por máquinas bobinadas, como por exemplos motores.

5.1 Banco de capacitores

Os capacitores de derivação são os mais empregados tanto no meio comercial quanto no industrial e no sistema de potência, eles devem ser muito bem projetados para não haver uma injeção de energia capacitiva na rede, o banco pode ser formado de diversas formas uma das formas é demonstrada na Figura 5.

De acordo com Ramasamy (2005) existem 3 tipos de bancos de capacitores, são os bancos de capacitores fixos as cargas, permanentes a rede ou com controle automático.

Figura 5 - Vista de um modelo de banco de capacitores.



Fonte: Mabitec (2018)

6 MAQUINAS INJETORAS

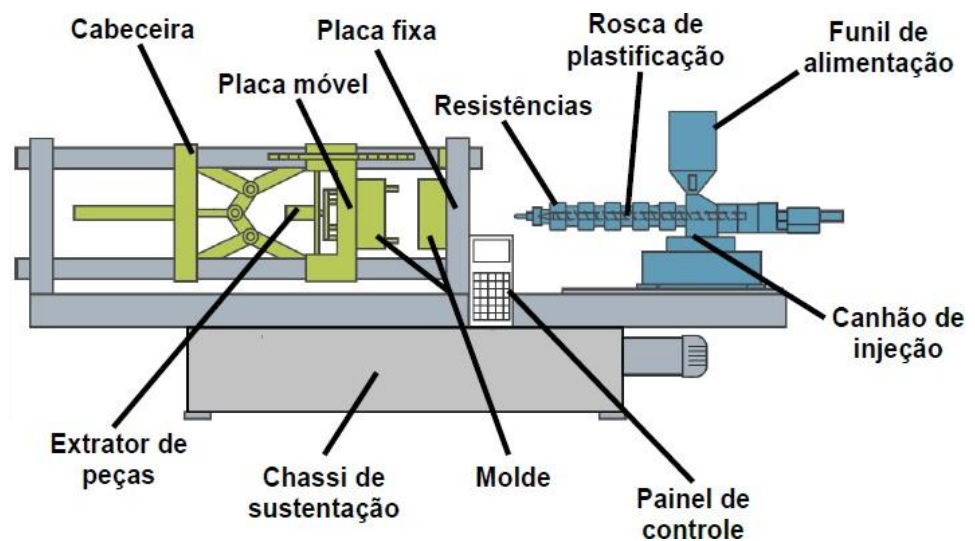
O mercado de plástico está a crescer a cada dia, segundo a Automata (2018) o mercado em diferentes setores vem utilizando mais o plástico, os plásticos estão cada vez mais presentes na vida humana. Os polímeros são facilmente manipuláveis, eles podem ser injetados, soprados, extrusados, entre outros.

Segundo a Automata (2018) o processo de injeção foi criado em 1872 por John Wesley Hyatt (1837 – 1920) e segundo Piatti at Rodrigues (2005) essa invenção veio por conta de uma competição para criação de um material que substituísse o marfim e assim veio juntamente o material chamado de celuloide.

6.1 A Injetora

O Processo de injeção é necessariamente simples ao se levar em consideração que é toda feita através de atuadores hidráulicos, mas também é complicado por conta das várias partes que tem que trabalhar junto para tudo isso acontecer, como por exemplo, motores para atuação de bombas hidráulicas e também movimentações de roscas e aquecimentos dos materiais a serem injetados.. Na figura 3 vemos como é constituída uma injetora.

Figura 6 - Injetora.

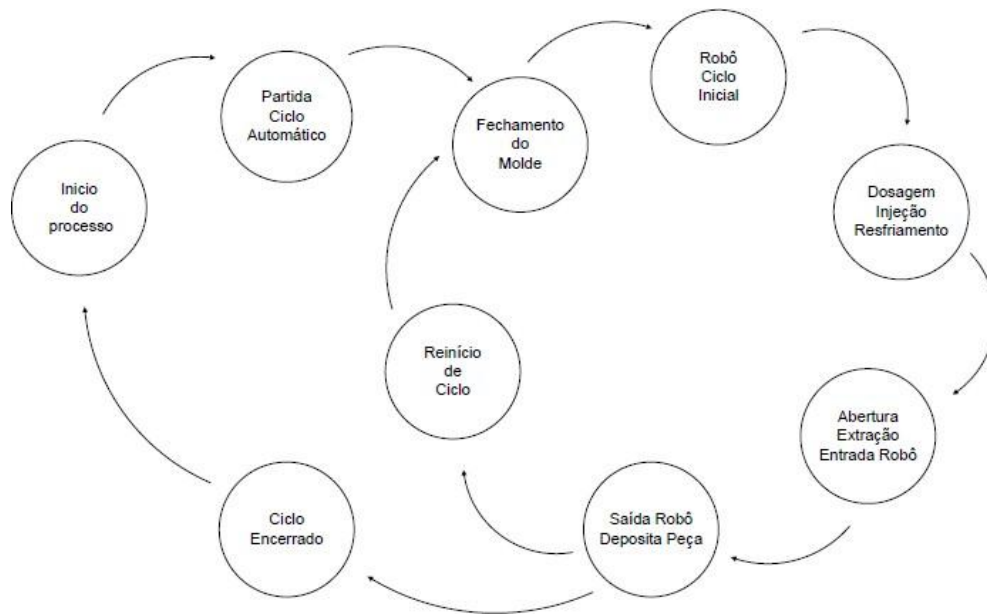


Fonte: Branqs (2012).

Segundo Mudesto (2014) a máquina trabalha como sendo mecânica, mas para fazer essa atuação é necessário um motor elétrico, a área de alojamento do motor é dentro do chassi de sustentação, que é ilustrado na Figura 6.

A máquina trabalha conforme o ciclo demonstrado a baixo na Figura 7, observa-se que no ciclo juntamente a injetora temos o manipulador que faz com que a máquina tenha um ciclo automático e ininterrupto.

Figura 7 - Ciclo de funcionamento.



Fonte: Mudesto (2017)

O processo segundo Mudesto (2017) ocorre da seguinte forma, primeiro a máquina é ligada e a espera de um início se mantém em modo *stand by*, com as portas e molde abertos, a segunda etapa é a inicialização, do processo, o processo utilizado pode ser automático ou manual, mas no caso do diagrama da imagem 4 o ciclo é o automática, assim havendo o comando do manipulador até o primeiro ponto, no terceiro passo o molde se fecha e inicia-se a dosagem do material no molde após a dosagem inicia-se o resfriamento do molde, a etapa quatro é onde o molde se abre e a peça é retirada com a ajuda do manipulador, nesse meio tempo o material da próxima injeção está sendo dosado no canhão de injeção. O manipulador nesse último passo vai até o local de descarga e a peça é depositada, e depois retorna à posição 0.

O processo de injeção no ciclo automático conforme Mudesto (2017) é o processo mais seguro, pois com ele não tem a abertura da porta da injetora, que de acordo com a

NBR 13536(jun./2016) que determina que a máquina não pode trabalhar com as portas abertas.

7 INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 trata-se da utilização de recursos IHM e recursos de rede, a indústria 4.0 segundo Dreher (2015) também pode ser chamada de *smart factory*; *intelligent factory*; *factory of the future*, em outros termos é a indústria que visa o futuro, a indústria 4.0 retratada na Figura 5. Ela tem como objetivo mudar como vemos as indústrias, uma das coisas é trocar a visão de produção em massa para uma produção adaptada, adequando aos desejos dos consumidores, como por exemplo, uma indústria de computadores que ao invés de produzir vários produtos iguais, se adapta ao que o cliente deseja assim um computador será diferente do outro, outro exemplo é uma empresa de eletro domésticos que utiliza a opinião de seus clientes para fazerem produtos novos ou mudanças nos produtos, assim serão produtos diversificados e com produção menores, será tudo conforme o cliente solicita. A mudança que visamos aqui é a de sistemas robustos e brutos sem controle algum para novos sistemas mais dinâmicos e conectados um ao outro, os quais enviam e recebem dados.

Figura 8 - Como a Indústria 4.0 é retratada



Fonte: Portallubes (2018).

A indústria 4.0 é vista por vários indivíduos como uma nova era industrial, segundo Batervyan (2015) tivemos outras 3 eras que são:

- a) Revolução industrial- que gerou evoluções como as maquinas a vapor, as quais deram início a uma indústria automática essa evolução é datada do século XVII
- b) A utilização da energia elétrica, onde os motores a vapor foram substituídos pelas novas maquinas elétricas, maquinas mais potentes e menores, o que facilitou o crescimento das industrias, essa era é datada do final do século XIX
- c) A automação, ela veio para substituir trabalhos robustos e demorados por uma forma de trabalho mais rápida e mais produtiva, teve seu início no século XX

Figura 9 - Demonstração das evoluções industriais.



Fonte: O autor.

A Quarta era industrial é a era da conectividade, é quando tudo se conectará, a utilização de equipamentos ligados a softwares que estão em smartphones, o que facilita a leitura de dados, o lançamento de defeitos, os chamados a equipe de manutenção que terá com ela um aplicativo que irá informar mal funcionamento, parada e defeitos do equipamento, a nova era veio para facilitar, apesar de gerar uma tecnofobia, ela demonstra como a vida será mais fácil daqui a alguns anos.

Segundo o Seabra (2017) no Brasil a Indústria 4.0 tem iniciado com as indústrias automobilísticas, mas o país encontra grandes dificuldades de implantar essa tecnologia por conta do governo, ele tem encontrado dificuldade para crescer industrialmente nos últimos 10 anos, esse também é um fator que tem contribuído para a lenta implantação da Indústria 4.0.

8 MANUTENÇÃO

A manutenção em termos gerais de acordo com Xenos (2014) é a combinação de ações técnicas e administrativas para poder manter ou colocar um item em seu estado de funcionamento ou que esteja mantendo sua função. A manutenção pode ser dividida em 3 eras, (Pereira, 2009).

- a) 1ª surgiu durante a primeira revolução industrial e durou até a segunda guerra mundial, na época eram feitas somente manutenções corretivas.
- b) 2ª surgiu nos anos 50 durante a implementação da automação, com isso os equipamentos se tornaram mais caros, assim foi adotada a manutenção preventiva, a qual substituía ou revitalizava as partes antes delas quebrarem, o que passou a gerar um ganho quanto a manutenção.
- c) 3ª é a geração atual, a qual surgiu com conceitos como o Just in time, ela adota métodos mais otimizados de prevenção, tais eles como estudos sobre a vida útil, estudos de vibração, utilização de software para esses dados, nesse período é adotada a manutenção preditiva.

Figura 10 - Evolução da manutenção



Fonte: Pereira (2009)

8.1 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva de acordo com Xenos (2014) é muito parecida com a preventiva, mas com a diferença que ela é levada em questão o tempo de vida útil dos equipamentos, ela é feita para otimizar o tempo de manutenção, as manutenções são

programadas, mas diferem do seguinte modo, uma é um intervalo pré determinado a preditiva são feitos estudos, como por exemplo o estudo de vibração em motores, esse tipo de coisa que vai determinar o tempo de cada manutenção.

8.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva de acordo com Xenos (2014) é o ato de agir somente quando necessário, ou seja em caso de quebra ou desgaste o qual o problema não foi corrigido na manutenção preventiva ou preditiva, a ideia da manutenção corretiva no geral é concertar uma falha, esse tipo é mais barato para a manutenção mas não é mais barata no geral, pois falhas em equipamentos geram paradas inesperadas na produção, o que pode gerar grandes perdas para indústria .

9 O PROJETO

O projeto é um dispositivo microcontrolado que no caso é utilizado um Arduino para fazer monitoramento de consumo e analisador e atuador em equipamentos ociosos. O componente faz comunicação USB com o computador o Arduino comunica diretamente com o sistema supervisor. O dispositivo atuador é ligado junto ao equipamento, esse dispositivo terá ligação com o Arduino via *Bluetooth*. Ele irá atuar como analisador da qualidade de energia, monitoramento e atuação em equipamentos, analisando equipamentos elétricos quebrados, com ociosidade, e ou com sobre carga. O projeto tende a trazer os seguintes benefícios para a indústria:

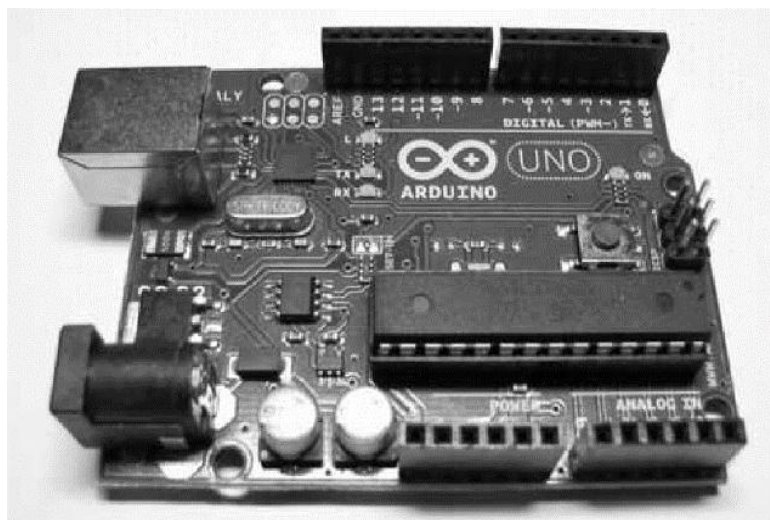
- a) Redução da manutenção;
- b) Redução do consumo;
- c) Melhorar Fator de potência;
- d) Anunciar maquina em caso de quebra (Indústria 4.0);
- e) Melhora a confiabilidade da máquina.

9.1 Arduino

O Arduino é um sistema embarcado para auxiliar na execução e criação de protótipos. Ele pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à Internet para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles. Em outras palavras, ele pode enviar um conjunto de dados recebidos de alguns sensores para um site, dados estes que poderão, assim, ser exibido na forma de um gráfico, também pode interagir com um link em rede com locais interativos, assim influenciam nos periféricos do Arduino (MCROBERTS, MICHAEL; 2011).

O Arduino utilizado para o projeto em questão é o UNO demonstrado na Figura 10 ele é constituído por um microcontrolador Atmega 328P-PU, ele tem duas formas de alimentação, uma por fonte externa de 6 a 20 V e outra que é pelo cabo USB que também faz a comunicação dele com o computador. Como auxilio a comunicação USB é utilizado um microcontrolador fixo Atmel atmega16u2. Para controle dos microcontroladores temos cristais de 16MHZ, reguladores de tensão de 3,3 e de 5 V, entre outros equipamentos que podem ser vistos na Figura 11.

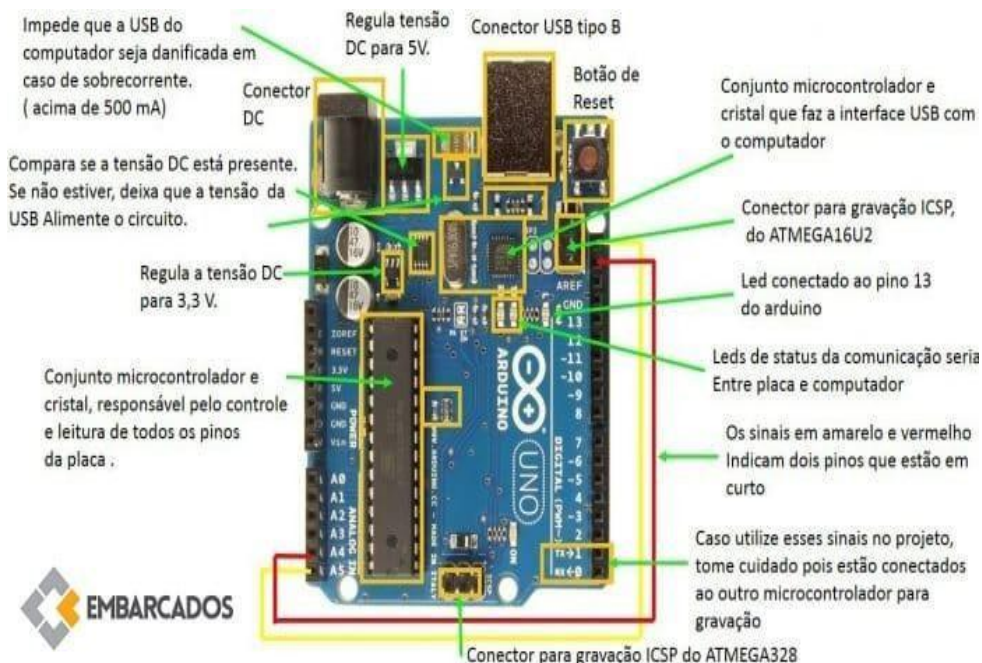
Figura 10 - Arduino Uno R3.



Fonte: Arduino (2017)

A Figura 11 é a demonstração de como é um Arduino UNO, as partes importantes dele para quem vai elaborar um protótipo são as portas analógicas e digitais.

Figura 11 - Resumo de recursos do Arduino UNO.



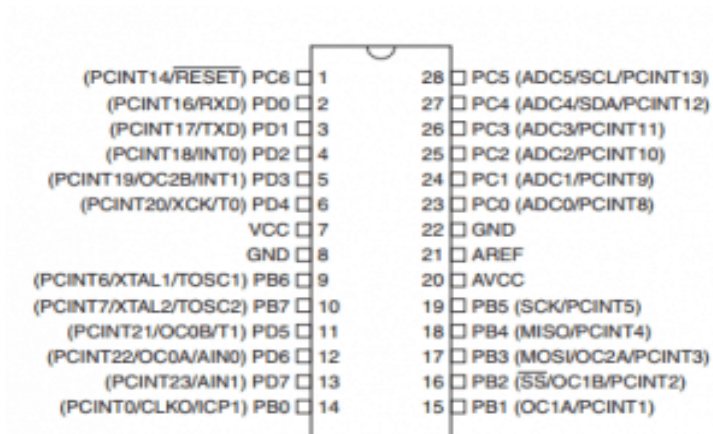
Fonte: Embarcados (2013)

9.1.1 Atmega 328P-PU

O Atmega 328P-PU é um microcontrolador da marca Atmel, ele é basicamente um microcomputador como pode ser visto na Figura 13 a qual mostra o seu interior. Ele tem

uma memória ram de 2K Bytes, memória flash de 32K Bytes e EEPROM de 1K byte, 1 microprocessador AVR, tem 6 portas de 10 bits e 8 portas em pacotes TQFP e QFN / MLF, dessas portas uma destinada ao *whatch Dog timer*. Os barramentos de saída do microcontrolador é visto na Figura 13 a mesma mostra ligações de voltagem, uma entrada para reset, um total de 28 barramentos. (Data Sheet Atmega 328P)

Figura 12 Pinagem Atmega 328 P



Fonte: Embarcados (2013)

9.2 Sensor STC013

É um sensor de corrente com um método de encaixe por fora do fio, como pode ser visto na Figura 13, que utiliza uma bobina com núcleo de ferrite visto na Figura 14 para poder receber os dados da corrente do condutor, ele tem uma faixa de atuação de até 100 A, não linearidade de 3 % e temperatura de atuação de -25° a 70°C. O sensor é ideal como dispositivo de teste e de proteção a motores de CA.

Figura 13 - Sensor STC013



Fonte: O Autor

O núcleo de ferrite recebe o campo magnético emitido pelo cabo pode ser visto na Figura 15

Figura 14 - Demonstração do núcleo de ferrite



Fonte: O Autor.

9.3 Sistema supervisorio

Os sistemas supervisorios segundo Ranieri (2007) podem ser tratados como um sistema que monitora os processos executados em uma planta industrial, processos como

maquinas em execução, sistemas e automação, eles normalmente são empregados para mostrar possíveis falhas no sistema no qual foi instalado.

No projeto o sistema supervisorio irá atuar com o sentido de mostrar os dados dos equipamentos e informar alguma avaria no processo, ele é de grande importância, pois sem ele não é possível fazer essa comunicação com os equipamentos moveis, pretendesse se utilizar o Elipse E3 no projeto.

10 CONSTRUÇÃO

A construção do projeto se divide em três partes: programação, montagem e teste funcional.

10.1 Programação

A programação foi elaborada com o auxílio do *software* da Arduino que é uma plataforma *open source* (livre), que está disponível para download no link www.arduino.cc, a qual é uma ferramenta simples e de fácil utilização para elaborações de novas programações.

A linguagem de programação utilizada no Arduino é a linguagem C++ (com pequenas modificações), que é uma linguagem muito tradicional e conhecida. O ambiente de desenvolvimento ou IDE (*Integrated Development Environment*), é onde se digita o código fonte que irá fazer a comunicação entre software e hardware. Circuitar (2015)

No projeto ainda será utilizado um sistema supervisor, nele também é feito um tipo de programação para efetuar a leitura do *modbus slave* e receber os dados do Arduino.

10.1.1 Modbus

O *modbus* segundo Jorge (2010) foi criado em 1979 pela atual Schneider Electric que anteriormente era chamada de *Modicon Industrial Automation Systems*. O Driver é utilizado para comunicação servo/ escravo. Ele trabalha na 7ª camada de comunicação como pode ser visto na Figura 16, ele utiliza vários tipos de comunicação tais como TCP/IP RS232 e RS485.

Figura 15 - Camadas de comunicação demonstração dos canais

Nível	Modelo OSI	
7	Aplicação	Protocolo Modbus
6	Apresentação	Vazio
5	Sessão	Vazio
4	Transporte	Vazio
3	Rede	Vazio
2	Dados	Modbus em linha série
1	Físico	EIA/TIA-485 ou EIA/TIA-232

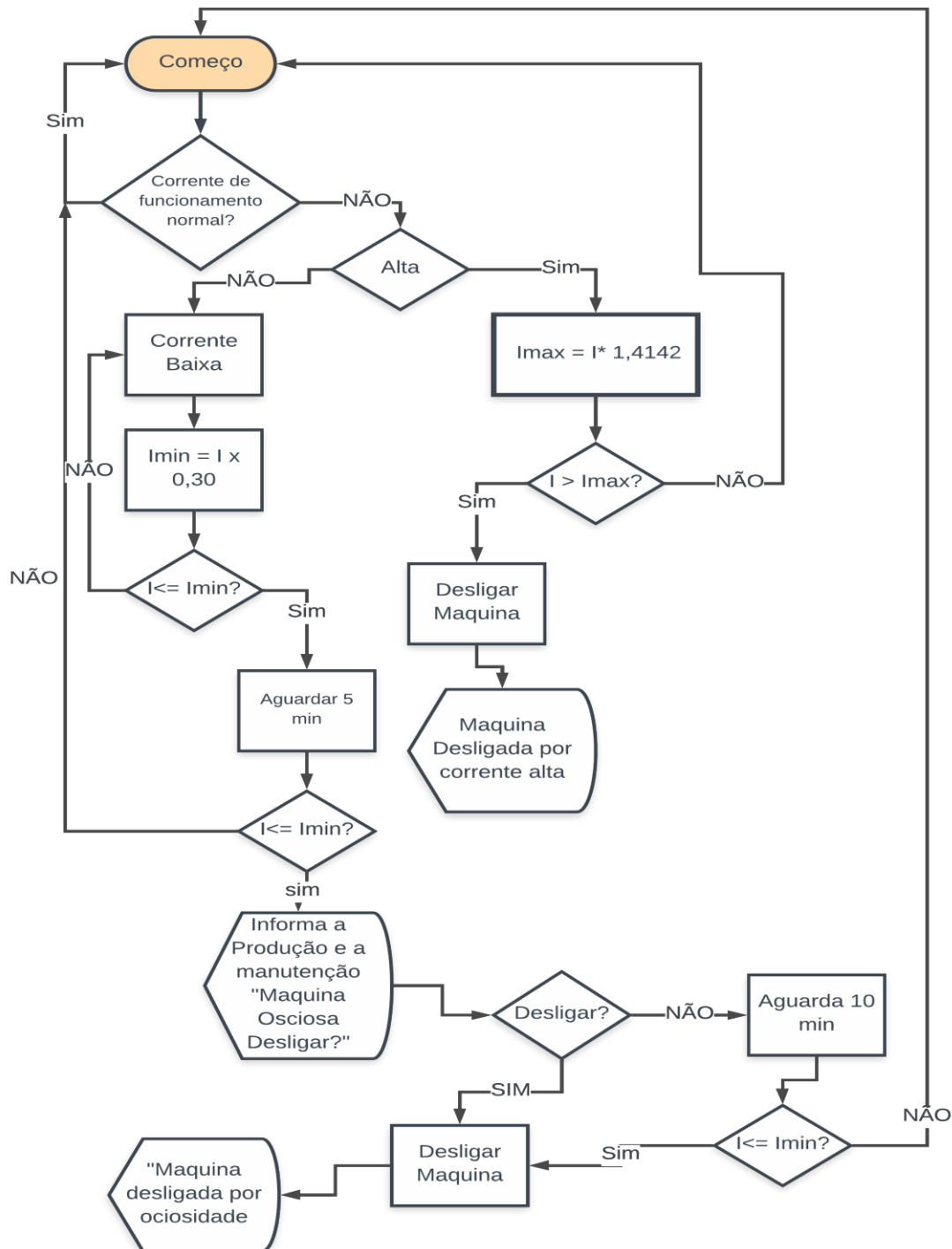
Fonte: Jorge (2010)

O *modbus* é distribuído em 4 tipos segundo Roychoudhury (2017) são eles o *slave*, RTU, TCP (Protocolo de Controle de Transmissão) e o *over TCP*, ele é um driver de comunicação entre um PLC e um RTU (*Remote Terminal Unity*). O *modbus* foi criado para automação de sistemas industriais, ele transfere dados digitais entre as interfaces, também faz a comunicação entre várias ao mesmo tempo.

10.1.2 Fluxograma.

Na figura 16 é apresentado o fluxograma, nele é demonstrado como foi elaborada a programação ela é feita em diagrama de blocos, segundo Lucidchart (2019), ele descreve um processo, um sistema ou algoritmo de computador, é um sistema simples e composto por formas geométricas que tornam a compreensão e também é uma linguagem mundial, já que as formas são usadas mundialmente.

Figura 16- Fluxograma



Fonte: O autor

O fluxograma acima é como foi feita a programação do dispositivo para monitoramento do motor de uma injetora. Esse fluxograma leva em consideração fatores

como porcentagens de variação da corrente.

10.1.3 Hardware

O *hardware* foi montado em uma caixa de madeira proporcionando assim uma maior confiabilidade ao equipamento, pois gera uma série de fatores, uma delas é a isolação a contato da parte elétrica com outros metais, isolação a respingos de água e uma maior resistência mecânica.

Na caixa são alocados todos os componentes do circuito, porta USB, porta P2 para ligação do TP, ligação da fonte, 3 leds, um vermelho, um azul, e um verde, o azul indica o funcionamento, vermelho é indicador de corrente atípica, verde é indicador de funcionamento normal.

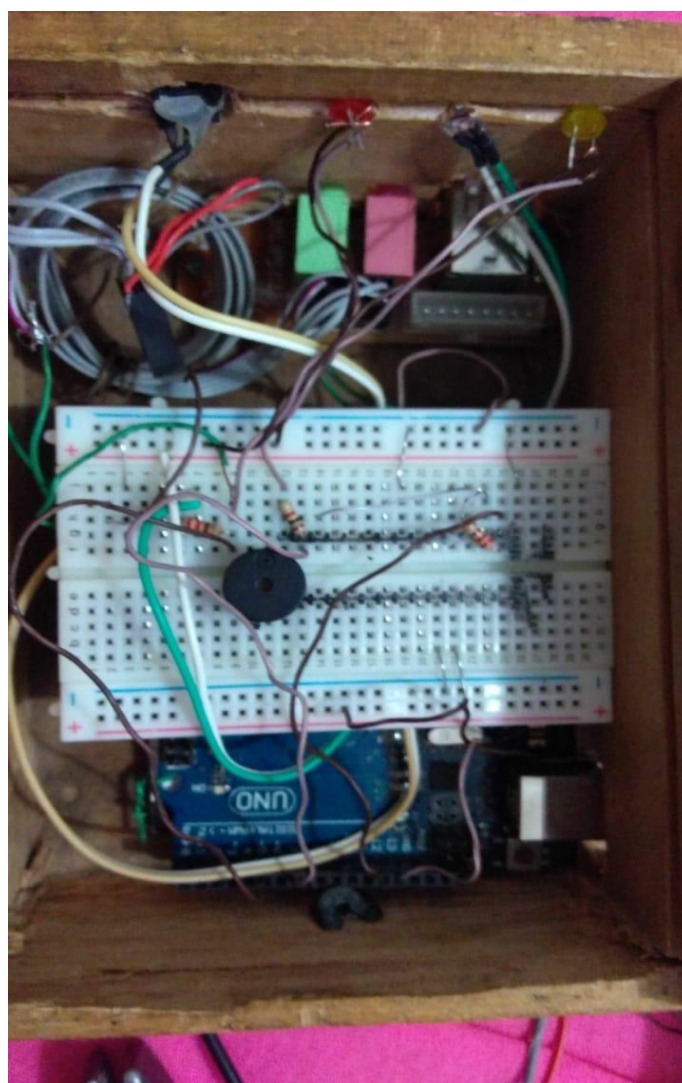
Figura 17- Hardware 1ª camada



Fonte: O autor.

A Figura 18 demonstra a 2ª camada do hardware, nela é demonstrado como é a ligação dos componentes tipo leds e *buzzers*, essa caixa mantém o equipamento em certa segurança contra intempéries do meio ambiente, já que o local de instalação delas sempre é cheio de poeira, respingos de água e óleo. Foi optado por sinais áudio visuais no projeto para se tornar mais fácil de um operador também ouvir e ver que algo na máquina não está correto, apesar de que não terá acesso a nenhuma informação de corrente ou se a máquina será parada ou não.

Figura 18-Hardware 2ª camada.



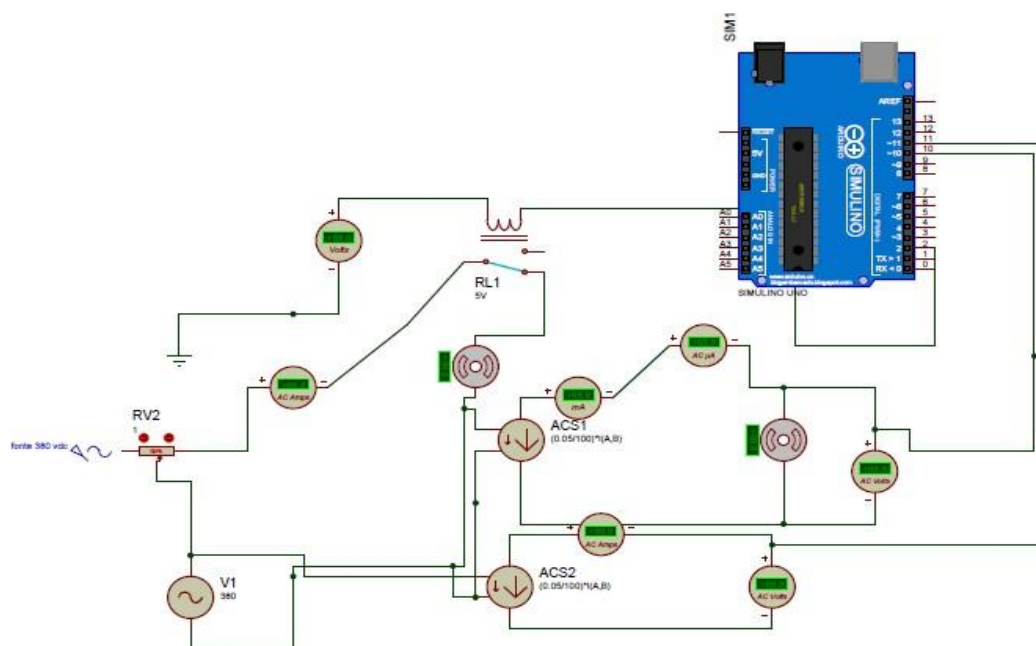
Fonte: O autor.

O que dificultou bem no momento da montagem foi à aquisição dos componentes eletrônicos, são componentes simples, e baratos, mas por conta da falta de lojas especializadas a aquisição se tornou um pouco mais complexa, mas se fosse optado por fazer a compra deles via internet teria sido mais simples, mas no caso foram utilizados algumas peças de computador, como leds, botão de reset, conectores fêmea P2, e o *buzzer*. Apesar de não serem os corretos se adaptaram muito bem ao projeto.

10.1.4 Simulador

As simulações foram feitas a partir do Proteus, por ele pode-se simular a utilização do sensor SCT 013 e motores ligados em 380V de potencias de 50 CV, a Figura 20 mostra a montagem do circuito. A simulação é muito bem feita apesar de que alguns fatores não se aplicam a vida real, como a utilização direta de um relé para o acionamento dos motores.

Figura 19 - Tela simulador



Fonte: O Autor

A programação foi muito bem aceita pelo simulador, e também houve uma ótima correspondência das simulações ao programa, tornando assim o projeto viável a sair da tela do computador e ir para um protótipo.

A principal dificuldade foi conseguir simular o sensor SCT 013, já que não existe uma biblioteca própria para o equipamento, mas o que foi feito trabalhou muito bem e mostrou ótimos resultados.

Os resultados adquiridos na simulação mostram que o projeto é viável e que está a cumprir o que foi proposto, o controle dos motores é bem simples, sendo complexa somente a parte da programação do Arduino.

10.2 Custos

O protótipo teve custos envolvidos em *hardware*, os componentes são facilmente encontrados na internet. Os componentes necessários e seus custos são demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Custos do projeto

Componentes	Quantidade	Valor (R\$)
Arduino uno	1	60,00
SCT 013 100	2	100,00
Resistor 10K	4	10,00
Resistor 30K	2	5,00
Capacitor 10M	2	5,00
LED verde	1	3,00
LED vermelho	1	3,00
Femea P2	2	10,00
LED azul	1	3,00
RELE 5- 127	1	12
	Total	212.00

Fonte: O Autor.

Além do dinheiro investido ainda houve os gastos com tempo, em relação à montagem do circuito (*Hardware*) foram gastas 2 horas, já a parte da programação no Arduino, Proteus e no Elipse, já totalizam 115 horas. Com relação à montagem física com

a programação, a virtual é a que demanda mais tempo para ser executada, principalmente por conta da complexidade do código de programa utilizado.

Ao não considerar o tempo de montagem aos custos o projeto está relativamente barato em relação a algumas opções secundarias para executar esses mesmos tipos de serviço.

10.3 Testes e Resultados

Após a montagem do protótipo no simulador iniciaram-se os testes, e assim que concluído o equipamento físico ele foi colocado em teste com diferentes níveis de correntes.

- a) Os testes com corrente a baixo da nominal programada mostrou resultados satisfatórios, tendo uma resposta muito rápida do Arduino a essas variações.
- b) O desligamento também funcionou, A grande velocidade de resposta e de atuação.
- c) Com os testes físicos houve um pouco de dificuldade em fazer o sensor funcionar por contato do capacitor do circuito, mas após o funcionamento as respostas foram boas, teve erros no início da leitura, mas logo foi resolvido.
- d) Ao aplicar os testes diretamente no protótipo observou-se que os tempos de resposta vindo seguido dos tempos para desligamento, todos com um pequeno *delay* de microssegundos para responder, mas para o proposito foi muito bem aceito.

Os testes físicos forma feitos com motores simulando o motor de uma injetora, necessariamente um motor de 7,5CV. O SCT 013 foi conectado no cabo de alimentação do motor, conforme a Figura 20, por ela pode se perceber que o circuito não e aberto para a implementação do sensor.

Figura 20-Ligação do SCT 013



Fonte: O autor

O equipamento de teste foi um motor rural ligado a uma maquina DPM (desintegrador, picador e moedor) utilizado em zonas rurais, como demonstrado nas Figuras 21 e 22. O equipamento foi instalado junto a alimentação bifásica do motor de 7,5 CV.

Figura 21-Maquina DPM



Fonte: O autor.

A Imagem 22 mostra como é conjunto motor e maquina o motor é marcado como 1 e a máquina como 2, esse é o conjunto de atuação no qual o dispositivo foi instalado ele não aparece na imagem, pois o local consiste de grande quantidade de poeira então o aparelho foi ligado junto a chave a uma certa distância do motor. Foi simulado no mesmo a atuação ociosa do motor, motor com carga e motor com sobre carga, adicionando vários níveis de carga, e analisando a corrente, o funcionamento a plena carga foi feito a partir dos dados técnicos do motor que está no Quadro 2.

Quadro 2 – Dados do motor.

Tensão de Alimentação	220 a 440 Volts
Potência	7,5 CV
Corrente nominal de partida	45 Amperes
Corrente nominal a plena carga	25 Amperes
Carcaça	132M

Fonte: O autor.

Figura 22 – Conjunto maquina motor.



Fonte: O autor.

Os testes mostraram grandes resultados, as correntes de funcionamento girando em torno de 30 Amperes e simulando momentos de ociosidade o qual acabam elevando ou abaixando demais a corrente, assim gerando gastos desnecessários e problemas nas máquinas.

11 CONCLUSÃO

O trabalho demonstra a criação de um dispositivo microcontrolado para monitoramento e controle de uma injetora com o auxílio de um Arduino e sensores SCR 013 de 100 Amperes. O transformador de corrente se tornou viável pelo seu preço, praticidade e qualidade dos dados enviados, juntamente ao Arduino foi feito um ótimo equipamento para monitoramento e atuação em motores em injetoras.

O baixo custo e a facilidade de implementação mostram que ele é um dispositivo acessível à implementação a empresas, já que no cenário industrial no ramo termoplástico as injetoras são os itens mais importantes e as quais não podem ter erros nem paradas inesperadas, assim sendo o dispositivo auxilia o setor da manutenção e produção a monitorar o funcionamento de cada uma e obter em tempo real a análise e os erros assim fazendo com que aumente a confiabilidade do equipamento.

Os testes sendo inicialmente no Proteus, fez com que fossem localizados possíveis erros que seriam passados ao protótipo, e que causariam vários problemas, mas com o auxílio dessa ferramenta, pode-se observar que o aparelho é viável tanto por simulação quanto com o protótipo.

11.1 Pontos de continuidade dos estudos

Para as próximas etapas de aprimoramento do dispositivo está previsto a elaboração de um case de proteção, uma placa de circuito impresso para substituição da *proto-board*, criação de central *wireless*, sistema de comunicação com a central de aquecimento da máquina injetora e melhora do sistema de comunicação homem máquina e a instalação em ambiente real.

REFERENCIAS

AUTOMATA. **Ebook Automata do Brasil**. Automata. Aruja SP, Brasil. 2018. pp1-5

ANEEL. **Eficiência Energética**. 1.ed. Aneel. Brasília, Brasil. 2013 pp 8-41

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3.ed. Aneel. Brasília, Brasil.2008 pp 37-44

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Relatório de Gestão. 2012. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf>>. Acesso em: 19 Jun 2017

ARDUINO (2017) Disponível em : < <https://www.arduino.cc/>> . Acesso em 15 Jun 2017

BARTEVYAN, L. **Industry 4.0 – Summary report**. DLG expert report. Frankfurt Alemanha. 2015.

CIRCUITAR. **Controle seu Mundo**. Disponível em:<<https://www.circuitar.com.br/>>. Acesso em: 02 nov 2016.

COPEL. **Companhia Paranaense de Energia. História da energia elétrica**. 2016. Disponível em<<http://www.copel.com/hpcopel/root/index.jsp>>. Acesso em: 19 Jun 2017

DREHER, A. **The Smart Factory of The Future**. 2015. Disponível em <<https://www.belden.com/blog/industrial-ethernet/the-smart-factory-of-the-future-part-1>>. Acesso em 15 jan 2019.

ELÉTRICA, A. N. D. E. **Resolução 456 de 29 de novembro de 2000**. [S.l.]: [s.n.], 2000.

ELETROPAULO. **Para sua casa, dicas de economia**. Disponível em <<https://www.aeseletropaulo.com.br/para-sua-casa/informacoes/conteudo/dicas-de-economia>>. Acesso em: 15 jun 2017

EMBARCADOS . Disponível em:< www.embarcados.com.br>.2017. Acesso em 11 jun 2017

EPE, **Empresa de Pesquisa Energética, Balanço Energético**. 2017. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br>> . Acesso 19 Jun 2017

ELIPSE. **Elipse Software**. Disponível em: <<https://www.elipse.com.br>>. Acesso 17 jun 2017

GARCIA, A. G. P . **Impacto da Lei De Eficiência Energética Para Motores Elétricos No Potencial De Conservação De Energia Na Industria**. Tese de Mestrado (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Elétrica) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ. 2003 pp. 47-77

GOEDEL, A. **Estimador neural de velocidade para motores de indução trifásicos**. Tese de Doutorado (Escola de Engenharia de São Carlos), Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, Brasil. 2007 pp.11-17

- JORGE, A.F.P. **Eficiência energética: sistema de comunicação para monitorar consumos de energia.** (2010). Dissertação (Departamento de Eletrotécnica) Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- KOSOW, I.L. **Máquinas Elétricas e Transformadores.** 15ªed . Globo, São Paulo, SP, Brasil. 2005. pp 294-389
- LUCIDCHART. **O que é um Fluxograma? South Jordan,** UT. Estados unidos 2019. Disponível em: < <https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-fluxograma?a=1>>. Acesso em 15 de janeiro 2019
- MAMEDE, J. F. **Manual de equipamentos eletricos.** Rio de Janeiro: LTC, 2005. 3.
- MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha energética brasileira. Ministério de Minas e Energia.** 2015 pp. 3-28
- MCROBERTS, M. **Arduino básico.** Novatec Editora Ltda, 2011.
- MUDESTO, R.L.P. **Desenvolvimento de um teste set para simulação dos sinais de máquinas injetoras e robôs manipuladores com interfaceamento Euromapa 12.** Monografia (Monografia em pós-graduação Latu Sensu em engenharia de processos industriais automatizados) Centro Federal de Educação tecnológica de Minas Gerais. Varginha. 2017.
- PEREIRA, P. M. D. S. **Planos de Manutenção Preventiva: Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro, SA.** Dissertação (Dissertação em Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade do Porto. Porto. 2009.
- PIATTI, T. M., RODRIGUES R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais.** 1ª Ed. Edufal - Editora da Universidade Federal de Alagoas, Maceio.2005. pp 10-23
- PORTALLUBES. **Industria 4.0 um robo só nao faz verão.** Portallubes, 2018. Disponível em: <<http://portallubes.com.br/2018/03/industria-4-0-um-robo-so-nao-faz-verao/>>. Acesso em: 20 maio 2018.
- RAMASAMY , N. **Power System Capacitors.** 1. ed. New york : Taylor & Francis , 2005.
- RANIERI, F. **Sistema supervisorio de parâmetros de máquinas elétricas via TCP/IP e painel eletrônico de mensagens.** Dissertação (Dissertação em Mestrado em Engenharia Elétrica) Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 2007.
- ROYCHOUDHURY A.,Y. LIU . **A System approach to cyber security.** 1ª Ed . IOS Press BV. Amsterdam, Netherland.2017 pp 72-75
- TINO, V. F. **Utilização de Análise de Componentes Principais na Regulagem de Máquinas de Injeção Plástica.** Mestrado em Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro: Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2005.

UMANS, S.D., FITZGERALD, A.E., KINGSLEY, C. J. (2006). **Máquinas Elétricas: Com Introdução à Eletrônica De Potência**. 6^a ed. Bookman, São Paulo, SP, Brasil. pp 295-335

UMANS, S.D., FITZGERALD, A.E., KINGSLEY, C. J. **Máquinas Elétricas**. 7 ed. Bookman, São Paulo, SP, Brasil.2014 pp 344-380

VIANA, A. N. et al. **Eficiência energética: Fundamentos e Aplicações**. Campinas SP: Elektro – Eletricidade e Serviços S.A, v. 1, 2012.

WEG. **Manual para Correção do Fator de Potência**. São Paulo: [s.n.], 2009.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1. ed. Nova Lima : Falconi, v. 1, 2014

UFRGS. Características de uma extrusora. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/lapol/processamento/l_42.html>. Acesso em: 19/04/16