



RENATO DE SOUZA SILVA

**AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL:
RETROFIT EM MOTORES ELÉTRICOS**

Mauá – São Paulo
2022

RENATO DE SOUZA SILVA

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL:
RETROFIT EM MOTORES ELÉTRICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Anhanguera, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica

Orientador: MARCUS RIGHETTI

SILVA, Renato De Souza. **Automação Industrial: Retrofit** em Motores Elétricos. 2022. Xx.pg Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica – Universidade Anhanguera, Mauá – São Paulo, 2022.

RESUMO

A pesquisa apresentada neste trabalho descreve uma análise sobre a automação em motores elétricos, uma operação também conhecida como *retrofit*, dando foco principal para os métodos utilizados neste processo de melhoria dos motores elétricos, equipamentos de grande importância para o setor industrial e que necessitam de atualizações para melhoria no desempenho e aumento na segurança das operações realizadas. Obtendo como ponto inicial uma descrição sobre as principais características da automação industrial, sendo identificados também os métodos utilizados e sua funcionalidade para a qualidade da automação. Tudo sobre uma natureza de pesquisa documental verificando-se diversos autores sobre o tema, sendo o objetivo reunir informações sobre o tema com uma finalidade de melhorar o conhecimento geral sobre ele, sendo uma revisão literária com abordagem dedutiva através das fontes literárias abordadas. Como resultado foi verificado que a automação de motores elétricos serve para melhoria na qualidade do sistema, assim como uma melhoria na eficiência e na segurança dos processos realizados, uma vez que pode ser aplicado um sistema mais funcional para o funcionamento do sistema.

Palavras-chave: Automação Industrial; Motores Elétricos; Retrofit.

SILVA, Renato De Souza. **Automação Industrial: Retrofit** em Motores Elétricos. 2022. Xx.pg Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica – Universidade Anhanguera, Mauá – São Paulo, 2022.

ABSTRACT

The research presented in this paper describes an analysis of automation in electric motors, an operation also known as retrofit, giving focus to the methods used in this process of improving electric motors, equipment of great importance for the industrial sector and in need of updates to improve performance and increase the security of the operations carried out. Obtaining as a starting point a description of the main characteristics of industrial automation, also identifying the methods used and their functionality for the quality of automation. All about the nature of documentary research, with several authors on the subject being verified, the objective being to gather information on the subject in order to improve the general knowledge about it, being a literary review with a deductive approach through the literary sources covered. As a result, it was verified that the automation of electric motors serves to improve the quality of the system, as well as an improvement in the efficiency and safety of the processes carried out, since a more functional system can be applied for the functioning of the system.

Keywords: Industrial Automation; Electric motors; Retrofit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Painel de comandos elétricos automatizado com CLP	21
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de Matriz GUT.....29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP	Comando Lógico Programável
GUT	Gravidade, Urgência e Tendência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 INTRODUÇÃO A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	19
3 TÉCNICA DE RETROFIT.....	24
3.1 INICIAÇÃO DE UM SISTEMA DE RETROFIT	26
3.2 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE UM SISTEMA DE RETROFIT.....	27
3.3 DETERMINAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO.....	28
3.4 FORMALIZAÇÃO DO ESCOPO DE TRABALHO	28
4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	31
4.1 MELHORA NA PRODUÇÃO	32
4.2 REDUÇÃO DE CUSTOS	33
4.3 MELHORA NA QUALIDADE	33
4.4 SEGURANÇA.....	34
4.5 VANTAGEM COMPETITIVA	35
4.6 MONITORAMENTO REMOTO.....	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A automação industrial de equipamentos é uma atualização que se utiliza de técnicas de automação para a melhoria de equipamentos e processos, sendo diversas vezes utilizado na indústria para diminuir custos na troca de máquinas obsoletas e ainda conseguir uma melhora considerável na eficiência do equipamento, sendo que isso ocorre com maior frequência em empresas de médio porte devido aos valores reduzidos de investimento

Um termo utilizado neste tipo de automação é o *Retrofit*, uma técnica reconhecida como a retificação de equipamentos obsoletos, sendo em principais motores, neste trabalho sendo identificados de forma principal os motores elétricos industriais. O termo *Retrofit* é utilizado em diversos meios, sendo considerado a junção de duas palavras, “retro” do latim que significa “movimentar-se” e “fit”, termo utilizado no inglês para “adaptação, ajuste”, tornando processo nada mais que tornar o equipamento mais uma vez útil, através da automação dele, tornando-a igual a data que foi adquirida ou melhorada, dependendo do investimento.

A automação industrial de equipamentos é uma atualização que se utiliza de técnicas de automação para a melhoria de equipamentos e processos, sendo diversas vezes utilizado na indústria para diminuir custos na troca de máquinas obsoletas e ainda conseguir uma melhora considerável na eficiência do equipamento, sendo que isso ocorre com maior frequência em empresas de médio porte devido aos valores reduzidos de investimento. O uso da tecnologia sempre é utilizado em primeira instancia por empresas de grande porte e que podem realizar altos investimentos, porém é importante também que outras empresas atualizem seus equipamentos com a finalidade de melhorar desempenho e diminuir gastos a longo prazo, para isso uma alternativa com um custo reduzido e ao mesmo tempo eficaz é a opção da automação de equipamentos, onde é realizada uma atualização da máquina, sendo importante analisar as vantagens desse método em empresas com as necessidades de um investimento baixo e um bom retorno a longo prazo. Este trabalho tem como função principal analisar as características da automação industrial aplicado a equipamentos e demonstrar as vantagens desta técnica em relação a outras opções, como a troca completa de uma máquina ou motor no caso, assim promovendo o conhecimento

sobre as opções para empresas que nem sempre são lembradas em outros trabalhos do gênero.

Um dos grandes empasses da indústria é decidir o momento mais propício para a troca de um equipamento, porém muitas vezes estes equipamentos podem ser atualizados sem a necessidade de troca por completo. Como problemática do trabalho em questão, como poderia a indústria se beneficiar com o uso da automação industrial em equipamentos?

O objetivo geral deste trabalho foi descrever a aplicação da automação industrial em equipamentos como motores elétricos, levando em conta as técnicas utilizadas e seus benefícios para as empresas. Descrevendo como objetivos específicos: Caracterizar a automação industrial; identificar a técnica de *retrofit* e destacar as vantagens e desvantagens da automação industrial.

Neste trabalho foi realizada uma revisão de literatura, através de pesquisa documental em arquivos científicos e dados técnicos fornecidos por instituições do ramo. Sendo uma pesquisa exclusivamente teórica onde se irá adotar uma abordagem dedutiva para se chegar ao objetivo final. Para isso foi tomada uma postura realista em relação a abordagem onde todos os argumentos deveram seguir fonte sustentável, com a pesquisa principal tendo como fonte dados originários de livros e empresas relacionados com o tema. Estes dados foram reforçados com argumentos de autores ligados ao tema. Primeiramente analisando as principais características do sistema de automação, seus benefícios e os motivos pelos quais deve ser utilizado pelas empresas, para isso são consultados autores como Sabbag (2009), Kardec (2013) e Barrientos (2004), tendo as palavras-chave: Automação Industrial; Motores Elétricos; *Retrofit*.

2 INTRODUÇÃO A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial é o uso de sistemas de controle, como computadores ou robôs, e tecnologias de informação para lidar com diferentes processos e maquinarias em uma indústria para substituir um ser humano. É o segundo passo além da mecanização no âmbito da industrialização (SABBAG, 2009).

Automação é a tecnologia pela qual um processo ou procedimento é realizado sem assistência humana. Automação ou controle automático é o uso de vários sistemas de controle para operar equipamentos como máquinas, processos em fábricas, caldeiras e fornos de tratamento térmico, comutação de redes telefônicas, direção e estabilização de navios, aeronaves e outras aplicações e veículos com mínima ou reduzida intervenção humana. Alguns processos foram completamente automatizados (CASSILLO, 2013).

A automação cobre aplicações que vão desde um termostato doméstico controlando uma caldeira, até um grande sistema de controle industrial com dezenas de milhares de medições de entrada e sinais de controle de saída. Na complexidade do controle, pode variar de simples controle on-off a algoritmos de alto nível multivariáveis (KARDEC, 2013).

No tipo mais simples de um loop de controle automático, um controlador compara um valor medido de um processo com um valor definido desejado e processa o sinal de erro resultante para alterar alguma entrada no processo, de forma que o processo permaneça no seu valor definido. ponto apesar das perturbações. Este controle de malha fechada é uma aplicação de feedback negativo para um sistema. A base matemática da teoria do controle foi iniciada no século XVIII e avançou rapidamente no século XX (SANCHEZ, 2009).

A automação foi alcançada por vários meios, incluindo dispositivos mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos, eletrônicos e computadores, geralmente em combinação. Sistemas complicados, como fábricas modernas, aviões e navios, normalmente usam todas essas técnicas combinadas. O benefício da automação inclui economia de mão-de-obra, economia nos custos de eletricidade, economia nos custos de materiais e melhorias na qualidade, precisão e exatidão (SABBAG, 2009).

O termo automação, inspirado na palavra anterior automática (vindo do autômato), não foi amplamente usado antes de 1947, quando a Ford estabeleceu um

departamento de automação. Foi durante esse período que a indústria estava adotando rapidamente os controladores de feedback, que foram introduzidos na década de 1930 (BARRIENTOS, 2004).

O projeto de sistemas de controle de feedback através da Revolução Industrial foi por tentativa e erro, juntamente com uma grande dose de intuição de engenharia. Assim, era mais uma arte do que uma ciência. Em meados do século XIX, a matemática foi usada pela primeira vez para analisar a estabilidade dos sistemas de controle de feedback (OLIVEIRA, 2004).

Já que a matemática é a linguagem formal da teoria do controle automático, pode-se chamar o período anterior a este tempo à pré-história da teoria do controle. Em 1771, Richard Arkwright inventou a primeira fiação totalmente automatizada impulsionada pela energia da água, conhecida na época como a estrutura da água. Um moinho de farinha automático foi desenvolvido por Oliver Evans em 1785, tornando-se o primeiro processo industrial completamente automatizado (KARDEC, 2013).

O desenvolvimento do amplificador eletrônico durante a década de 1920, que era importante para a telefonia de longa distância, exigia um sinal mais alto para a taxa de ruído, o que foi resolvido pelo cancelamento de ruído de feedback negativo. Este e outros aplicativos de telefonia contribuíram para o controle da teoria. Nas décadas de 1940 e 1950, a matemática alemã Irmgard Flugge-Lotz desenvolveu a teoria dos controles automáticos descontínuos, que encontrou aplicações militares durante a Segunda Guerra Mundial para disparar sistemas de controle e sistemas de navegação de aeronaves (BARRIENTOS, 2004).

A lógica do relé foi introduzida com eletrificação de fábrica, que sofreu rápida adaptação a partir de 1900, na década de 1920. Centrais elétricas também estavam passando por um rápido crescimento e operação de novas caldeiras de alta pressão, turbinas a vapor e subestações elétricas criaram uma grande demanda por instrumentos e controles (SABBAG, 2009).

As salas centrais de controle tornaram-se comuns na década de 1920, mas no início dos anos 1930, a maior parte do controle do processo estava ativada. Os operadores normalmente monitoravam gráficos desenhados por gravadores que plotavam dados de instrumentos. Para fazer correções, os operadores manualmente abrem ou fecham as válvulas ou ligam ou desligam os interruptores. As salas de

controle também usavam luzes codificadas por cores para enviar sinais aos trabalhadores da fábrica (KARDEC, 2013).

Anteriormente, o objetivo da automação era aumentar a produtividade. No entanto, o foco da automação mudou para aumentar a qualidade e flexibilidade em um processo de fabricação. Na indústria automobilística, a instalação de pistões no motor costumava ser realizada manualmente com uma taxa de erro de 1-1,5%. No século XXI, essa tarefa é executada usando máquinas automatizadas com uma taxa de erro de 0,00001% (OLIVEIRA, 2004).

Na Figura 1 é possível verificar uma das utilizações da automação industrial, sendo aplicada em painéis de comandos elétricos, destinados a máquinas, motores e até mesmo para o controle de linhas de produção. Possibilitando um sistema autônomo de produção, segurança ou demais funcionalidades que sejam necessárias para a empresa YAMAGUCHI (2013).

Figura 1 – Painel de comandos elétricos automatizado com CLP



Fonte: Cassillo (2013).

No painel de comandos elétricos da Figura 1 é possível verificar além da presença de disjuntores motor, contadores e de um inversor de frequência, a utilização de um Comando Lógico Programável (CLP), que pode ser considerado o principal

dispositivo de automação encontrado na indústria. Através dele é possível programar o funcionamento das saídas dos dispositivos, tanto por tempo, como também através de sinais enviados pelos sensores conectados ao dispositivo, desta forma possibilitando um sistema automatizado com inúmeras aplicações (CASSILLO, 2013).

A aplicação das técnicas de automação industrial pode gerar diversas melhorias para os sistemas industriais. De acordo com Sabbag (2009), o conceito foi pioneiramente divulgado por Gaddis, um sistema de melhoria por automação é uma unidade da organização dedicada a atingir uma meta – geralmente a conclusão bem-sucedida do desenvolvimento de um produto no prazo, dentro do orçamento e em conformidade com as especificações de desempenhos predeterminadas. Desta forma, o sucesso em sua execução depende de um planejamento que se inicia com a definição clara do que se espera: o escopo do que se é desejado (SANCHEZ, 2009).

Dentro das organizações os recursos para realização do sistema de melhoria são cada vez mais escassos uma vez que as empresas buscam a racionalização dos custos para manterem-se competitivas. Diante deste quadro a definição assertiva do escopo do sistema de automação passa a ser fator de máxima importância para a estratégia da empresa. Durante a realização desse trabalho foram analisadas algumas das ferramentas que auxiliam na definição de quais atividades devem ser realizadas em ordem de prioridade para que se obtenha sucesso em sua execução YAMAGUCHI (2013).

Ao se utilizar de uma série de técnicas para a melhoria contínua de equipamentos e processos, para a utilização em motores elétricos a utilização mais comum é o Retrofit, que consiste na melhoria de equipamentos industriais a partir de sua atualização, sendo que diversas vezes este processo acaba por ser realizar mais econômico para a empresa que a compra de um equipamento novo (CASILLO, 2018).

Conforme mencionado anteriormente, a aplicação das técnicas de retrofit pode gerar diversas melhorias para os sistemas industriais. De acordo com Sabbag (2009), o conceito foi pioneiramente divulgado por Gaddis, um sistema de melhoria por retrofit é uma unidade da organização dedicada a atingir uma meta – geralmente a conclusão bem-sucedida do desenvolvimento de um produto no prazo, dentro do orçamento e em conformidade com as especificações de desempenhos predeterminadas. Desta forma, o sucesso em sua execução depende de um planejamento que se inicia com a definição clara do que se espera: o escopo do que se é desejado (SANCHEZ, 2009).

Dentro das organizações os recursos para realização do sistema de melhoria são cada vez mais escassos uma vez que as empresas buscam a racionalização dos custos para manterem-se competitivas. Diante deste quadro a definição assertiva do escopo do sistema de retrofit passa a ser fator de máxima importância para a estratégia da empresa. Durante a realização desse trabalho foram analisadas algumas das ferramentas que auxiliam na definição de quais atividades devem ser realizadas em ordem de prioridade para que se obtenha sucesso em sua execução (CASILLO, 2018).

Além do material utilizado como revisão de literatura, também foram analisados materiais de especialistas em projetos na indústria a fim de compreender os aspectos práticos da realização de projetos de reforma e atualização de máquinas. As informações obtidas foram importantes para o esclarecimento dos critérios de escolha que em geral podem ser objetivos ou subjetivos YAMAGUCHI (2013).

Ou seja, podem ser determinados através de ferramentas que estabelecem uma pontuação que por sua vez define a prioridade das ações ou por critérios que, podem não parecer importantes na aplicação de cálculos matemáticos, mas que têm relevância se considerados dentro de um contexto específico (SANCHEZ, 2009).

Segundo Kardec (2013), o gerenciamento do escopo do sistema de melhoria inclui os processos necessários para garantir que ele inclui todo o trabalho necessário, e somente o necessário, para obtenção de sucesso. Deve-se primeiramente definir o que está ou não está incluído.

3 TÉCNICA DE RETROFIT

Ao se utilizar de uma série de técnicas para a melhoria contínua de equipamentos e processos, para a utilização em motores elétricos a utilização mais comum é o *Retrofit*, que consiste na melhoria de equipamentos industriais a partir de sua atualização, sendo que diversas vezes este processo acaba por ser realizar mais econômico para a empresa que a compra de um equipamento novo (CASILLO, 2018).

Conforme mencionado anteriormente, a aplicação das técnicas de *retrofit* pode gerar diversas melhorias para os sistemas industriais. De acordo com Sabbag (2009), o conceito foi pioneiramente divulgado por Gaddis, um sistema de melhoria por *retrofit* é uma unidade da organização dedicada a atingir uma meta – geralmente a conclusão bem-sucedida do desenvolvimento de um produto no prazo, dentro do orçamento e em conformidade com as especificações de desempenhos predeterminadas. Desta forma, o sucesso em sua execução depende de um planejamento que se inicia com a definição clara do que se espera: o escopo do que se é desejado (OLIVEIRA, 2004).

Dentro das organizações os recursos para realização do sistema de melhoria são cada vez mais escassos uma vez que as empresas buscam a racionalização dos custos para manterem-se competitivas. Diante deste quadro a definição assertiva do escopo do sistema de *retrofit* passa a ser fator de máxima importância para a estratégia da empresa. Durante a realização desse trabalho foram analisadas algumas das ferramentas que auxiliam na definição de quais atividades devem ser realizadas em ordem de prioridade para que se obtenha sucesso em sua execução (OLIVEIRA, 2004).

Além do material utilizado como revisão de literatura, também foram analisados materiais de especialistas em projetos na indústria a fim de compreender os aspectos práticos da realização de projetos de reforma e atualização de máquinas. As informações obtidas foram importantes para o esclarecimento dos critérios de escolha que em geral podem ser objetivos ou subjetivos. Ou seja, podem ser determinados através de ferramentas que estabelecem uma pontuação que por sua vez define a prioridade das ações ou por critérios que, podem não parecer importantes na aplicação de cálculos matemáticos, mas que têm relevância se considerados dentro de um contexto específico (CASILLO, 2018).

Segundo Yamaguchi (2013), o gerenciamento do escopo do sistema de melhoria inclui os processos necessários para garantir que ele inclui todo o trabalho necessário, e somente o necessário, para obtenção de sucesso. Deve-se primeiramente definir o que está ou não está incluído.

O primeiro passo para a definição do escopo de um sistema de *retrofit* é definir a estrutura para iniciar ele propriamente dito. Ter uma equipe multidisciplinar preparada para desenvolver as ações de melhorias necessárias é de fundamental importância. Essa equipe será responsável por todas as fases do processo até a sua entrega final (BARRIENTOS, 2004).

Em seguida, pode ser verificado a necessidade de elaborar um plano escrito que serviu de base para as tomadas de decisão durante todo o desenvolvimento. Nessa fase é importante considerar todos os aspectos que são importantes para atingir os objetivos, assim como o impacto de cada ponto elencando. Nesta etapa são determinadas as premissas do projeto que serviriam de justificativa para as ações realizadas (OLIVEIRA, 2004).

A partir daí vem a definição do escopo propriamente dita, levando em consideração a análise nos dois passos descritos anteriormente. De acordo com Yamaguchi (2013), é necessário subdividir um sistema em atividades menores e com isso mais fáceis de serem gerenciadas. Todos os estudos devem se basear nos resultados esperados, considerando-se sempre a necessidade de ajustar o escopo evitando excessos ou ausência de atividades.

O próximo passo consiste na verificação do escopo determinado previamente. É reunida a equipe multidisciplinar, assim como todas as partes interessadas no processo – os stakeholders – para avaliar se todas as considerações e premissas realizadas estão coerentes com as expectativas. Nessa fase são realizadas todas as alterações que forem justificáveis para garantir o bom andamento do projeto (CASILLO, 2018).

Mesmo com todos os cuidados mencionados anteriormente, podem ocorrer imprevistos que irão resultar na necessidade de mudanças no escopo original. O Yamaguchi (2013) descreve a etapa de controle de mudanças no escopo do processo como sendo uma atividade fundamental para o sucesso do trabalho. Um processo como este deve ter começo, meio e fim e por isso deve-se evitar mudanças do escopo definido inicialmente. Tais mudanças podem resultar no atraso na entrega do mesmo

ou aumentos significativos em seus custos previstos. Entretanto, é importante prever a contingência de imprevistos que podem ocorrer durante a realização.

O plano de investimentos da empresa estudada, conforme mencionado anteriormente, sofre revisões anuais e visa atender ao triênio. Ou seja, é feita uma previsão de investimentos com horizonte de três anos, realizando-se, anualmente, uma “correção de rota”. Essas avaliações levam em consideração a demanda de diversos departamentos, como Qualidade, Manutenção, Engenharia de Produto, Engenharia de Projetos, Engenharia de Materiais, Marketing, logística entre outros (CASILLO, 2018).

Durante a revisão de literatura realizada, verificou-se que as solicitações de projetos podem ser originadas nos diversos departamentos da empresa, sendo comumente: Engenharia de Processos e de Materiais, Engenharia de Produto, Qualidade, Produção, Higiene e Segurança do Trabalho, dentre outros. Em geral, as solicitações têm por objetivo assegurar a qualidade de um novo produto a ser lançado no mercado, ou mesmo melhorar a eficiência dos processos da empresa mantendo-a competitiva. Os sistemas de melhoria solicitados demandam estudos complexos com o objetivo de racionalizar os investimentos, mantendo os custos dos projetos o mais baixo possível dentro dos objetivos estabelecidos (OLIVEIRA, 2004).

As fases a seguir determinam a formação do escopo do sistema de *retrofit* de maneira abrangente, ou seja, podendo ser aplicado a sistemas dessa natureza.

3.1 INICIAÇÃO DE UM SISTEMA DE RETROFIT

Segundo Sabbag (2009), isso consiste na execução de algumas atividades específicas que servirão de base para todo o seu ciclo, uma vez que um processo deve ter começo, meio e fim, conforme citado anteriormente.

A primeira atividade a ser realizada é o desenvolvimento do termo de abertura do sistema de melhoria. Esse termo de abertura contém todas as informações do projeto que permitam sua estruturação e gerenciamento ao longo de todo seu ciclo de vida. Observou-se a importância de determinar os aspectos mais importantes tais como: orçamento previsto para o processo completo, cronograma de execução as pessoas envolvidas e os resultados esperados ao término de sua realização (CASILLO, 2018).

A principal função do termo de abertura, de acordo com Yamaguchi (2013), é de comunicar a existência de um processo a ser realizado, assim como de autorizar a sua execução. Em geral, um processo exige a participação de diversos setores, além da equipe responsável pela sua realização. Desta forma, esse documento permite uma comunicação eficiente e oficial da atividade a ser desenvolvida.

Nesta fase ainda são determinadas as pessoas para compor a equipe de trabalho e suas atividades específicas. Para tanto, é imprescindível analisar as tarefas e suas características de modo a selecionar os profissionais com características que possibilitem a realização de cada uma das tarefas de forma mais consistente de acordo com a suas especialidades e conhecimentos. Em geral, verificou-se que para sistemas de *retrofit* a formação de um time com múltiplos conhecimentos é a opção mais interessante dada a natureza do sistema a ser implantado (OLIVEIRA, 2004).

3.2 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE UM SISTEMA DE RETROFIT

De acordo com Sabbag (2009) um processo de melhoria deve ser tratado como um produto a ser entregue. Ou seja, o resultado do processo deve ser um produto que pode ter uma natureza física ou um serviço. No caso do aqui analisado como exemplo o produto era um equipamento capaz de processar os novos compostos definidos pela engenharia de produto e processos.

A fim de determinar o escopo de um sistema de *retrofit* é elaborado, inicialmente, um elenco com todas as necessidades de um processo produtivo. A racionalização dos recursos financeiros resulta na viabilização do processo, por isso, escolher os aspectos fundamentais para atendimento aos requisitos é única forma de conseguir os investimentos necessários. São considerados, portanto, as atividades essenciais ao bom funcionamento do equipamento após a implantação do processo em questão (CASILLO, 2018).

Segundo Yamaguchi (2013), é necessário definir claramente o objetivo a ser alcançado. Durante a revisão de literatura realizada, dentre as diversas necessidades estudadas na indústria, optou-se por estudar detalhadamente os aspectos relacionados ao atendimento dos requisitos técnicos, ao cumprimento das determinações contidas em normas e legislações vigentes e à análise de viabilidade

econômica desta modalidade de projeto. Para tanto, verificou-se a necessidade da elaboração do plano de trabalho do projeto.

3.3 DETERMINAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

Uma vez definidos os requisitos do processo, conforme descrito na seção anterior, é necessário elaborar o plano de trabalho. De acordo com Yamaguchi (2013), é importante que esse seja um plano escrito, ou seja, um documento formal que contenha todas as informações pertinentes ao processo em questão. É fundamental descrever os aspectos importantes de forma manter claros os objetivos e as premissas adotadas durante a fase de planejamento.

Conforme determinado anteriormente, o plano de trabalho é dividido em requisitos do sistema, aspectos financeiros, atendimento às normas e solução técnica. Cada um dos itens deve ser estudado em detalhes a fim de garantir a definição do escopo de maneira precisa evitando, assim, necessidades de alterações para atendimento de demandas não previstas inicialmente. Durante o estudo levou-se em consideração o fato de que alterações de escopo resultam em alterações no orçamento no projeto e podem provocar atrasos em seu cronograma (OLIVEIRA, 2004).

3.4 FORMALIZAÇÃO DO ESCOPO DE TRABALHO

Após a realização das etapas anteriores, vem em seguida a formalização do escopo de trabalho que é o objetivo desse capítulo. Todas as informações e técnicas foram cuidadosamente estudadas de modo a compreender a aplicação da metodologia baseada em Sabbag (2009). No caso específico do sistema de *retrofit* se devem observar cuidadosamente as premissas adotadas a fim de evitar necessidades de alterações no escopo de trabalho durante o seu curso.

Inicialmente são levantadas as atividades principais e registrar as decisões que definem as suas escolhas em detrimento a outras ações levantadas na fase de elaboração. A matriz GUT – Gravidade, Urgência e Tendência – é uma ferramenta que auxilia na determinação das atividades que devem compor o escopo do processo.

Sua aplicação foi analisada através do estudo das revisões de literatura realizadas (CASILLO, 2018).

Entende-se por Gravidade a intensidade do problema analisado. Em outras palavras, para definir a gravidade em uma matriz GUT deve responder à pergunta: o que pode acontecer se nada for feito para solucionar o problema? A Urgência pode ser definida como o tempo necessário para que o problema comece a provocar efeitos negativos, desta forma, quanto mais rápido esses efeitos surgem ou quanto mais graves forem suas consequências, maior será a urgência. A Tendência é descrita pela evolução dos efeitos negativos com o tempo, nesse caso, a pergunta que deverá ser respondida é: o que acontece se nenhuma ação for tomada? (CASILLO, 2018).

A composição da matriz GUT deve basicamente elencar os problemas que levaram a formalização da necessidade do projeto. Uma vez definidos os problemas passam-se a uma análise minuciosa de cada um dos pontos levantados e partir daí inicia-se a classificação segundo um critério quantitativo. O resultado é obtido através da multiplicação das notas atribuídas à Gravidade, Urgência e Tendência.

Os itens com pontuações maiores são prioritários em relação aos itens que obtêm menor pontuação. Portanto, a matriz estabelece um método quantitativo que auxilia na determinação das prioridades de um projeto. Cada item irá se transformar em uma subfase do projeto, ou seja, uma atividade específica, com o objetivo de facilitar o gerenciamento global do processo de *Retrofit* (CASILLO, 2018).

Quadro 1 – Exemplo de Matriz GUT.

Matriz de Priorização de GUT								
Gravidade - G		Urgência - U		Tendência - T		Nota		
Extremamente Grave		Extremamente Urgente		Piora imediata		5		
Muito Grave		Muito Urgente		Piora Curto prazo		4		
Grave		Urgente		Piora Médio prazo		3		
Pouco Grave		Pouco Urgente		Piora Longo prazo		2		
Sem Gravidade		Sem Urgência		Sem tendência de piora		1		
Avaliação								
Item	Descrição problema			G	U	T	Total	Priorização

Fonte: Casillo (2018).

O quadro 1 representa uma matriz GUT com todos os graus de prioridade necessários para a eficácia do processo em realização (CASILLO, 2018).

Em geral, técnicas de *retrofit* são aplicados a equipamentos que se encontram desatualizados tecnologicamente e que por isso não atendem mais a exigências de mercado para o produto resultado de seu processo. Cada item preenchido e classificado na tabela representa uma necessidade que tem seu grau de importância e relevância especificado de acordo com os objetivos que se espera do projeto e definidos na fase inicial de avaliação, descrita anteriormente. Toda análise deve ser conduzida em base ao atendimento dos objetivos estabelecidos e com isso é composta uma escala de prioridade nas atividades (KARDEC, 2005).

A matriz GUT é uma ferramenta que auxilia na definição das prioridades. Entretanto, a tomada de decisões exige atenção a outros fatores que podem ser determinantes e mesmo assim não terem grandes impacto na pontuação. Por exemplo, ao se tratar de uma máquina ou equipamento estratégico, mesmo não tendo maior pontuação pode ser que a sua parada ou retirada de funcionamento possa ter consequências catastróficas para o negócio. Portanto, é fundamental se aprofundar no processo como um todo antes de aplicar qualquer ferramenta ou tomar qualquer decisão (CASILLO, 2018).

Após a definição de um escopo claro passou-se a analisar o atendimento às normas técnicas e relacionadas à segurança de máquinas e equipamentos na sequência do desenvolvimento do trabalho. Esse tópico é mais bem detalhado no capítulo a seguir (CASILLO, 2018).

4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

É possível destacar uma série de benefícios trazidos pela manutenção industrial para as empresas e funcionários durante o tempo, tais como a melhoria na qualidade de operações, assim como a melhoria no tempo de execução destas atividades também, porém é importante destacar que estas vantagens também vêm acompanhadas de pequenas desvantagens que em geral envolvem o custo a curto prazo dos equipamentos utilizados (KARDEC, 2005).

A maior fama negativa em relação a automação industrial é a questão dela ser um agente de melhoria que pode diminuir postos de trabalho, algo que é negado pela indústria como um todo e ao mesmo tempo não deixa de ser verdade pois seu uso depende exclusivamente de mão de obra qualificada para a realização das atividades necessárias, uma vez que um motor é automatizado seu uso é melhorado, porém diversas vezes este uso também se torna mais complexo, necessitando de um treinamento para funcionários com menos conhecimento técnico (BARRIENTOS, 2004).

A automação surgiu sobre a necessidade de se criar sistemas mais eficazes para a realização das tarefas e está acaba sendo seu maior benefício, a geração de sistemas cada vez mais eficazes através do uso de novas tecnologias, uma vez que a cada ano se apresentam novas tecnologias na área para que esta seja também uma melhoria contínua (KARDEC, 2005).

Um ponto importante das vantagens e desvantagens ligadas a automação está diretamente ligado ao custo envolvido, sendo que não é uma operação de melhoria que em geral tem custo baixo para a empresa, sua necessidade precisa ser avaliada com base nos custos-benefícios ligados a operação, onde é importante que a empresa já tenha um valor máximo de investimento já pré-estabelecido, algo que garante que o orçamento não será exagerado, algo que pode causar prejuízo para ela (KARDEC, 2005).

Segundo Cassilo (2018), a automação industrial em motores elétricos é responsável pelo aumento da vida útil do motor, uma vez que sem a possibilidade de automatização este motor acabaria sendo descontinuado, de forma não servir mais para a empresa, uma vez que sua utilização não traria os benefícios que a empresa

estaria exigindo do mesmo, algo que acaba sendo realizado com a automação industrial.

Para este tipo de automação é dado o nome de *Retrofit* que nada mais é que a atualização de equipamentos industriais, neste caso motor elétricos, sendo que é possível desde a mudança do tipo de corrente de alimentação do motor, até a aplicação de novas funções, como controle de velocidade, alternar o sentido de rotação por botões ou por distância, tudo dependendo do investimento que será realizado no equipamento e na tecnologia disponível para a realização do *Retrofit* (KARDEC, 2005).

De acordo com Barrientos (2004), no ramo industrial a atualização de equipamentos por meio do processo de automação possui benefícios ilimitados, uma vez que este processo acaba por garantir um aumento de desempenho global do equipamento, algo que pode gerar possibilidades ilimitadas em desempenho do equipamento final, deste modo também é importante destacar que o investimento é importante para a melhoria contínua da empresa.

4.1 MELHORA NA PRODUÇÃO

O aumento da produtividade é o primeiro e os mais conhecidos dos benefícios da automação industrial, sendo que através deste processo de melhoria a produção pode aumentar sua capacidade, dependendo da porcentagem de processos que foram automatizados e do investimento colocado nestes processos, sendo que não necessariamente quanto maior o investimento maior será a produção, isto será um resultado relativo a cada melhoria no sistema (KARDEC, 2005).

Uma vez que o sistema de automação é requerido para um equipamento é realizado o projeto e uma previsão será realizada, a partir desta previsão onde em geral estará presente a nova capacidade do equipamento os engenheiros devem calcular o custo-benefício para a empresa desta operação, sendo que em muitos casos o valor necessário para a automação é relativo ao custo de um equipamento novo, algo que inviabiliza esta operação (BARRIENTOS, 2004).

Para o uso em motores elétricos a automação industrial em geral costuma se utilizar do sistema de comando elétricos para realização de melhorias nas operações com o motor, aumentando a eficiência do mesmo em processos, uma vez que é

possível o controle de sua velocidade com maior eficácia neste processo (KARDEC, 2005).

4.2 REDUÇÃO DE CUSTOS

A redução de custos é possibilitada a longo prazo através da automação industrial, por meio da facilitação de processos e na agilidade dos mesmos, uma vez que a partir do uso da automação em certos processos, como a produção de peças, acaba-se diminuindo o número de operações necessárias para a realização da peça, deste modo acabando com o custo que aquela operação causava, seja ela a mão de obra de um funcionário que foi realocado, ou o uso de um equipamento (CASILLO, 2018).

Para os motores elétricos esta redução de custos está ligada diretamente ao uso de energia elétrica, a automatização de motores gera duas situações importantes para a redução de energia, uma redução na corrente de pico do equipamento, através do uso de sistemas para a realização de controle desta corrente, que variam desde uma ligação melhorada para o motor até o uso de CLP para realizar este controle. O outro ponto é o controle da velocidade deste motor, uma vez que quanto maior a velocidade mais energia este motor utilizará, este pode ser realizado através de ligações que diminuam a quantidade de partes do motor a ser utilizado, ou pelo uso de equipamentos para realizar este controle, como o CLP (BARRIENTOS, 2004).

4.3 MELHORA NA QUALIDADE

Outro aspecto importante da automação industrial é o aumento da qualidade nos processos, uma vez que se utilizada a automação para a melhoria de um processo, este automaticamente terá uma melhora na qualidade daquele processo, o motivo é simples, com o uso da automação a operação será realizada de modo automático, sem a possibilidade de erro por má execução causada por interferência humana, sendo que o sistema cuidará daquele processo (BARRIENTOS, 2004).

Este tipo de automação é utilizado em processos em que a mão de obra humana acaba sendo ineficaz para a realização, como fabricação de microchips, indústrias alimentícias onde a higienização do local é a prioridade do sistema, ou

também é possível destacar as indústrias farmacêuticas onde é necessária uma precisão cirúrgica na preparação dos produtos e a variação deve mínima para passar nos rigorosos testes de qualidade (KARDEC, 2005).

Para a automação de motores elétricos é possível destacar a melhoria no controle do equipamento, o que garante a precisão nos processos, uma vez que quanto mais preciso é movimento do motor, maior é a precisão em que é possível utilizá-lo, assim possibilitando a utilização em processos mais complexos e que exigem um melhor controle do equipamento, que dependo da melhoria realizada pode ser operado via programa, algo que aumenta muito a precisão do equipamento (BARRIENTOS, 2004).

4.4 SEGURANÇA

A melhoria na segurança é um dos destaques mais influentes na automação mais moderna, através do uso de diversos equipamentos como, cortinas a laser, botões de segurança e estruturas de proteção a automação garante a segurança dos usuários dos equipamentos industriais, sendo que na indústria em especial no século XX a maioria dos casos de acidentes de trabalho envolvia a mutilação de pernas e braços em meio a utilização de equipamentos industriais, após a popularização da automação e a criação de normas de segurança para garantir a segurança dos funcionários, estes números diminuíram (CASILLO, 2018).

Para os motores elétricos a utilização de estruturas de segurança garante o uso adequado dos equipamentos, assim como botões e chaves adequados as normas de segurança, que são equipamentos instalados através da automação industrial. Um exemplo deste tipo de automação é a implementação de botões de segurança onde existe a possibilidade de o funcionário ligar a máquina com a mão dentro da mesma, para este caso o motor exige que dois botões separados a distância de pelo menos 30 cm sejam pressionados simultaneamente, impedindo a possibilidade de algum membro do mesmo estar dentro da máquina no momento deste acionamento (BARRIENTOS, 2004).

4.5 VANTAGEM COMPETITIVA

As vantagens competitivas ligadas ao uso da automação industrial estão ligadas a melhoria na produção e na redução de custos a longo prazo, além da utilização de tecnologia avançada em processos em que muitas vezes os concorrentes não investiram ainda, algo que dá a empresa uma vantagem na produção de produtos com o diferencial daquela tecnologia (CASILLO, 2018).

Um exemplo disto pode ser dado quando a empresa x investe em um equipamento que realize a produção de peças com o diferencial de ter uma melhor acabamento que equipamentos utilizados pelos concorrentes, esta empresa terá vantagem tecnológica que afeta diretamente seus produtos de maneira positiva, até que outras empresas resolvam investir nesta tecnologia (SANCHEZ, 1989).

4.6 MONITORAMENTO REMOTO

Uma das características da automação mais presentes no século XXI é o uso de tecnologias de controle remoto e monitoramento remoto, ao se utilizar de sistemas que devem ser monitorados constantemente é possível a utilização da automação para facilitar este processo, assim como o controle remoto para equipamentos de difícil acesso ou onde não pode haver a presença de pessoas por questões de higiene ou de segurança (BARRIENTOS, 2004).

Um exemplo deste tipo de aplicação são os fornos industriais que devem ser operados a distância por questões de segurança e sua temperatura deve ser monitorada constantemente, tanto para a segurança dos funcionários, mas também para assegurar a qualidade do material a ser forjado, uma vez que uma leve variação na temperatura pode causar perdas de qualidade no produto (CASILLO, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise da automação industrial em motores elétricos com foco principal voltado para os métodos utilizados, como o Retrofit, também descrevendo suas diversas vantagens, assim como suas funções dentro do ambiente industrial e a importância desta técnica.

Verificou-se que é importante para o setor industrial a atualização de equipamentos para que estes possam ter um aumento de vida útil e não se tornem obsoletos com facilidade, utilizando técnicas de automação como o Retrofit isto se torna possível, trazendo vantagens operacionais como o aumento da produção e a uma melhoria na segurança do operador, assim como outras vantagens.

Com relação a descrição da automação industrial foi verificado que ele consiste na junção de várias técnicas de atualização e ou melhoria de sistemas, desde a melhoria de um comando elétrico até a atualização de uma produção inteira, sendo responsável pela melhoria do sistema e da atualização dos equipamentos industriais até que eles necessitem ser substituídos por completo.

As técnicas de automação industrial consistem na utilização de sistemas eletroeletrônicos para a atualização e ou melhoria de equipamentos, sua técnica mais comum foi identificada como o *Retrofit* que consiste em uma atualização de equipamentos que já não possuem mais um desempenho que seja satisfatório para a empresa.

As vantagens da automação dos equipamentos industriais se mostraram diversas, sendo as principais a melhoria da produção e o aumento da vida útil do equipamento, uma vez que atualizado não necessitava que seja efetuada a compra de um novo dispositivo, o que causa grandes custos para a empresa.

Através da descrição da qualidade no sistema de distribuição elétrica, verificou-se a necessidade de um estudo mais aprofundado em relação a contribuição do sistema de geração de energia para a qualidade do sistema como um todo, sendo este um dos pilares da distribuição elétrica.

6 REFERÊNCIAS

CASILLO, D. **Automação e controle - IHM**. 2018. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202010_2/Automa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Controle%20-%20IHM.pdf>. Acesso em: set. 2022.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações**: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais. 2004. 189 f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

KARDEC, Alan & NARSCIF, Júlio. **Manutenção função estratégica**: equipamentos industriais. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2013.

OLIVEIRA, J. C. P. **Controlador programável e automação de motores**. 1ª ed. São Paulo: Makron-Books do Brasil editora, 2004

SABBAG, P. Y. **Automação Industrial**: máquinas e equipamentos. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

SANCHEZ, I. C., MATSUSHITA, K., & PONS, F. C. **Moagem & Moinhos**. São Paulo: Editora Votorantim, 2009.

YAMAGUCHI, M. Y. **Controladores programáveis e retrofit**. Apostila MBA – Automação Industrial, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.