



Fabio Alves Barbosa <sup>(a)</sup>, Guilherme Faria da Silva Ribeiro <sup>(b)</sup>,  
Juliana Suemi Yamanari <sup>(c)</sup>, Walter Roberto Hernández Vergara <sup>(d)</sup>

(a) Universidade Federal da Grande Dourados, MS, Brasil / fabiobarbosa@ufgd.edu.br

(b) Universidade Federal da Grande Dourados, MS, Brasil / faria\_guilherme1993@hotmail.com

(c) Universidade Federal da Grande Dourados, MS, Brasil / jusuemi@hotmail.com

(d) Universidade Federal da Grande Dourados, MS, Brasil / waltervergara@ufgd.edu.br

## **DESENVOLVIMENTO COLABORATIVO DE UM SISTEMA MÓVEL PARA ENVASAMENTO DE SANEANTES**

### **RESUMO**

*O presente trabalho aborda o desenvolvimento e projeto de um sistema eletromecânico móvel para envasamento automatizado de produtos saneantes químicos através de parceria entre uma Universidade Federal Brasileira e um pequeno fabricante de saneantes químicos localizado em um dos principais pólos de desenvolvimento agroindustrial da Região Centro-Oeste. O objetivo central desse artigo é a descrição do desenvolvimento e projeto conceitual do referido equipamento destinado à ampliação de capacidade do principal recurso limitador do fluxo produtivo (operação de envasamento), o que resultou em ganhos de flexibilidade para todo o sistema de manufatura. A metodologia utilizada foi a pesquisa exploratória que fundamentou a elaboração de um estudo de caso. Os principais resultados obtidos são o projeto de um equipamento de envasamento versátil e inovador, baseado em Controlador Lógico Programável (CLP) e Interface Homem Máquina (IHM), capaz de reconhecer e preencher automaticamente embalagens plásticas (2 a 200 litros), bem como o patenteamento do referido sistema junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial/INPI.*

**Palavras-chave:** desenvolvimento de produto; automação em processo industrial; saneantes químicos.

## **COLLABORATIVE DEVELOPMENT OF A MOBILE SYSTEM FOR POTTING SANITIZERS**

### **ABSTRACT**

*This paper discusses the development and design of a mobile electromechanical system for automated filling of chemical cleaning products through partnership between a Brazilian Federal University and a small manufacturer of chemical sanitizers located in an important center of agro-industrial development of the Midwest Region. The main objective of this paper is a description of development and conceptual design of this equipment for capacity expansion of the main limiting resource of production flow (filling operation), which resulted in flexibility gains for all the manufacturing system. The applied methodology was the exploratory research that supported the development of a case study. The main results are the design of a versatile and innovative filling equipment, based on Programmable Logic Controller (PLC) and Human Machine Interface (HMI), capable to recognize and fill plastics packaging automatically (2 - 200 liters), as well as patenting of this system at the National Institute of Industrial Property.*

**Keywords:** product development; industrial process automation; chemical sanitizers.

## 1. Introdução

A inovação tecnológica obrigatoriamente implica no planejamento detalhado e execução coordenada de um conjunto de atividades nas áreas científica, tecnológica, organizacional, financeira e técnico-comercial, que deve ser realizado pelas organizações produtivas que demandam processos e/ou disponibilizam ao mercado novos produtos tecnológicos ou significativamente melhorados (FORSMAN, 2010; ZHOU e WU, 2010; OCDE, 2005).

Schumpeter e McDaniel (2009) consideram que as organizações que buscam aumentar resultados financeiros (lucros) devem desenvolver novos produtos e processos produtivos tecnologicamente aprimorados para obterem vantagens comparativas em custos, qualidade e entregas em relação a seus concorrentes, o que lhes permitem alcançar maior margem em relação aos preços vigentes de mercado e, dependendo da elasticidade da demanda, combinar preço mais baixo e uma maior margem em comparação com seus concorrentes diretos, de modo a conquistar maior participação de mercado, aumentar a lucratividade, defender posições competitivas e ampliar a participação em vendas nos mercados da sua base de atuação.

Nesse contexto, a inovação em produtos e processos é considerada imprescindível à competitividade das organizações produtivas e, dessa forma, o processo de desenvolvimento/projeto do produto deve possuir forte orientação para os requisitos dos clientes. As atividades inovativas consideram, desde suas atividades preliminares, um conjunto de necessidades, expectativas, atributos e exigências de mercado, que deve ser incorporado aos bens e/ou serviços de modo a se atingir conteúdos significativos de diferenciação perante a concorrência. As competências organizacionais, que estão ligadas à identificação de oportunidades de mercado, direcionamento de esforços de desenvolvimento de novos produtos/processos e agilidade no atendimento das necessidades de mercado podem ser consideradas como fatores decisivos para fortalecer a competitividade dos processos de negócio (COOPER, 2011).

Teixeira (2013) e OECD (2005) defendem que as atividades inovativas ligadas ao desenvolvimento/aprimoramento tecnológico de produtos e processos devem estar integradas à própria estratégia competitiva da organização fabril, sendo que a automação industrial possibilita o gerenciamento autônomo dos

processos produtivos em tempo real baseado na incorporação de sistemas eletromecânicos e informatizados aplicados para aumentar a capacidade das instalações, melhorar a padronização e os níveis de qualidade dos produtos, permitindo melhor posicionamento competitivo frente aos concorrentes.

Desse modo, a incorporação de sistemas automatizados em operações consideradas recursos restritivos críticos (que são limitadoras da capacidade produtiva como um todo) é fundamental para aumentar competitividade. Botelho, Carrijo e Kamasaki (2007) defendem que a realização de parcerias entre universidades, centro de pesquisas e empresas constituem um importante mecanismo para potencializar a capacidade de inovação industrial – as alianças colaborativas entre o setor produtivo, universidades e centros de pesquisa podem representar um grande diferencial para construção de vantagens em termos de diferenciação de produtos e processos. Na mesma linha, Segatto-Mendes e Rocha (2005) e Stal e Fujino (2005) mencionam que as parcerias estratégicas entre universidade-empresa requerem elevado comprometimento e ampla integração entre todas as partes envolvidas para que promovam, concretamente, a transferência de competências e tecnologias de produto e processo necessárias à expansão sustentável dos negócios.

O presente trabalho trata da realização de atividades de cunho inovativo para a concepção e desenho de um equipamento aplicado a uma operação-gargalo em um pequeno fabricante de produtos saneantes agroindustriais da Região da Grande Dourados/MS, que fazem parte da execução de um projeto integrado universidade-empresa apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas do (CNPq-RHAE).

O objetivo do presente estudo é descrever o processo de desenvolvimento e projeto conceitual de um sistema automatizado móvel para envasamento multivolumétrico de produtos saneantes, que contribui com o aumento de capacidade produtiva da planta fabril como um todo através do aprimoramento tecnológico de uma operação considerada como restritiva do fluxo de processamento.

Atualmente, a referida indústria processa um diversificado *mix* de embalagens com diferentes volumes e formatos, gerando consideráveis tempos de preparação dos equipamentos (*setup time*). Assim, a operação de envasamento de produtos saneantes químicos

não contribui diretamente para a agregação de valor aos produtos acabados, consumindo energia e recursos produtivos (horas-homem e horas-máquina).

Nesse sentido, um dos métodos mais efetivos para minimizar o impacto da operação de envasamento na formação dos custos de produção está relacionado à diminuição de seu tempo de execução por meio de automação industrial. O equipamento desenvolvido tem por finalidade aumentar a flexibilidade e produtividade da referida operação, bem como fornecer capacidade produtiva adicional, realizando o envasamento automatizado de embalagens devidamente dispostas em uma plataforma de posicionamento única ou múltipla (para utilização de um único bico ou um conjunto de múltiplos bicos de enchimento), conforme um determinado volume pré-programado no sistema de comando.

Ademais, o sistema móvel para envasamento de produtos saneantes apresenta tamanho reduzido, ocupando menor espaço físico em comparação com as envasadoras instaladas na empresa, bem como possui sistemas de movimentação motorizada e alimentação híbrida de energia, podendo ser conectado diretamente à rede elétrica ou alimentado através de acumuladores (baterias automotivas).

Dessa forma, o equipamento proposto visa solucionar problemas relacionados aos atuais equipamentos de envase fixos/rígidos (grande porte) que apresentam baixa flexibilidade para envasamento de diversos modelos de embalagens, falta de mobilidade para utilização em outras linhas de produção e custos elevados de manutenção devido à própria estrutura construtiva formada por diversos sistemas mecânicos, hidráulicos, pneumáticos e eletroeletrônicos, dentre outros. Além disso, as envasadoras fixas tradicionais demandam um conjunto significativo de atividades de acompanhamento e controle operacional, requerendo dedicação intensa de pessoal de apoio para preparação/*setup*, manutenção e programação.

A OCDE (2005) considera que as inovações focalizadas em processos são consideradas fundamentais para o aumento de competitividade industrial, sendo que no estudo em questão, o conjunto de incrementos inovativos realizado em equipamentos industriais determinantes para a capacidade produtiva (operações-gargalo), conjuntamente com a reorganização do arranjo físico industrial, podem propiciar melhores desempenhos

operacionais sob os pontos de vista da redução de custos, incremento da qualidade dos produtos e expansão dos mercados consumidores.

Por fim, a estrutura do presente artigo é composta por revisão bibliográfica (que aborda conceitos sobre capacidade produtiva, automação industrial e processo de desenvolvimento do produto), materiais e métodos da pesquisa (que envolvem a caracterização da empresa em questão, metodologia e procedimentos adotados) e, na sequência, são apresentados os resultados obtidos e as considerações finais.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Considerações sobre capacidade e automação industrial

A capacidade do sistema produtivo como um todo é limitada pela descontinuidade do fluxo de materiais influenciada pela capacidade das operações-gargalo, pois a mesma é responsável pelo ritmo de produção de toda a fábrica e influencia sobremaneira as atividades de apoio/facilidades relacionadas ao suprimento de matérias-primas e insumos, avaliação da qualidade no processo, manutenção e preparação dos equipamentos (TADEUSZ, 2012). Nesse sentido, a automação industrial, segundo Bartelt (2010), busca eliminar a intervenção humana nos processos produtivos em termos da otimização do controle operacional, redução de esforços dos operadores (aumento da produtividade) e aprimoramento da conformidade do sistema de manufatura, podendo atenuar as interferências dos recursos restritivos nos fluxos de processamento dos materiais.

O aumento do nível de automação nos processos pode influenciar positivamente o nivelamento da produção, pois permite adequar corretamente os níveis de produção para responder rapidamente às variações da demanda e reduzir estoques em processo, promovendo uma distribuição mais uniforme das cargas de trabalho nas operações – o que se traduziria em quantidades mais constantes produzidas nos períodos de atividade fabril.

Para Lippolt e Furmans (2008), o nivelamento operacional via aplicação de automação industrial também pode minimizar diferenças presentes nos tempos de utilização dos recursos produtivos (pessoas, máquinas/equipamentos e materiais/insumos), melhorando o balanceamento/sincronização das operações e assegurando que os tempos de processamento se mantenham relativamente

semelhantes, permitindo o agrupamento dos postos de trabalho para equilibrar a alocação de recursos e capacidade produtiva entre os mesmos. Assim, poder-se-ia estabelecer um fluxo mais uniforme no processo de produção, propiciando melhor utilização dos recursos para atender prontamente a demanda nas quantidades e prazos preestabelecidos pela programação da produção.

Nesse contexto, a inserção de conteúdos tecnológicos nos processos de transformação, associada à utilização de técnicas de modelagem/simulação e estruturação da cadeia de operações, confere maior robustez ao sistema de manufatura, o que implicaria adicionalmente em maior integração de distribuidores, pontos de venda/fornecedores e práticas de gerenciamento mercadológico (LEAN MANUFACTURING JAPAN, 2014; CHASE *et al.*, 2006).

Petruzella (2004) considera que o *boom* da automação dos processos industriais está associado ao desenvolvimento do Controlador Lógico Programável/CLP (*Programmable Logic Controller/PLC*) ocorrido nas décadas de 1960-1970, o que possibilitou uma ampla disseminação dos sistemas automatizados fabris para armazenamento de instruções de controle operacional com funções específicas de lógica, sequenciamento, temporização e cálculo aritmético com entradas e saídas digitais conectadas a computadores e máquinas/equipamentos operatrizes.

Em relação à flexibilidade de utilização em máquinas/equipamentos produtivos (componentes, características e aplicações), Groover (2010) explica que os sistemas automatizados industriais podem ser assim classificados:

- Rígidos, que estão associados a operações padronizadas de manufatura de produtos em larga escala (grandes volumes com alta conformidade);
- Programáveis, que são usados em sistemas de produção em lotes/bateladas com possibilidade de reprogramação de instruções para cada nova ordem de produção que será processada;
- Flexíveis, que são instalados em sistemas de manufatura que permitem rápidas modificações e reprogramações constantes nas rotinas de trabalho de máquinas/equipamentos.

Os Sistemas Flexíveis de Manufatura (*Flexible Manufacturing Systems/FMS*) se orientam de acordo com a constante inserção/atualização de tecnologias baseadas em

microeletrônica e mecânica de precisão, de forma a garantir estabilidade dimensional aos produtos e repetibilidade aos processos produtivos, o que exige adaptação do ambiente produtivo com relação a ciclos rápidos de desenvolvimento de novos produtos, alta qualidade em diversas escalas de produção e capacidade de conformação de *mix* variados de produtos. Nesse sentido, para Yu, Schüller e Epple (2014) e Bielawny *et al.* (2012), os principais elementos de automação presentes nos atuais sistemas industriais são os controladores lógicos, dispositivos para contagem de eventos cíclicos, temporizadores, transdutores elétricos, inversores de frequência, sensores eletromecânicos, óticos, magnéticos e ultrassônicos, chaves eletromecânicas, relés e contadores elétricos, atuadores mecânicos, hidráulicos, pneumáticos e eletromecânicos, válvulas de bloqueio, controle de fluidos, eletropneumáticas, magnéticas e servoválvulas, motores de corrente contínua e alternada, motores de passo e geradores eletrônicos de pulsos.

Por fim, com base em Lamb (2013) e Previdelli e Meurer (2005), os sistemas de automação flexível possuem ampla aplicabilidade em pequenas e médias indústrias, visto que as mesmas normalmente não possuem recursos para investimentos em diversas linhas de produção rígidas (dedicadas a poucos produtos), o que necessariamente demanda estruturas produtivas altamente adaptáveis a ambientes competitivos cada vez mais dinâmicos e inserção de soluções industriais com baixos custos iniciais de aquisição e facilidade de manutenção.

## 2.2. Processo de desenvolvimento do produto

O Processo de Desenvolvimento do Produto/PDP representa as atividades que levam ao estabelecimento de uma linha de produtos novos e/ou modificados, disponibilizados ao mercado ao longo do tempo, incluindo a geração de oportunidades, seleção e transformação destas em bens e/ou serviços para os consumidores finais (LOCH e KAVADIAS, 2008). Rozenfeld *et al.* (2006) e Krishnan e Ulrich (2001) defendem que o PDP é iniciado pela identificação dos requisitos dos clientes, avaliação de estratégias competitivas/funcionais e análise de possibilidades tecnológicas, restrições e recursos necessários às atividades de desenvolvimento e projeto.

Para Ulrich e Eppinger (2011), o

desenvolvimento do produto abrange atividades iniciadas com a percepção de uma oportunidade de mercado, produção, venda e distribuição de um produto. Wang, Guo e Liu (2013), por sua vez, definem as oportunidades de mercado como sendo as situações nas quais novos bens, serviços, matérias-primas e métodos organizacionais são introduzidos e vendidos a preços substancialmente mais elevados do que os referidos custos de produção, sendo que a descoberta e exploração de oportunidades podem ser interpretadas como atividades inovativas e empreendedorismo – consequentemente, novos bens tangíveis e serviços são considerados como a ‘representação física das oportunidades de mercado’.

A complexidade do desenvolvimento de novos produtos é abordada por Baxter (2011), que afirma que o mesmo representa uma atividade complexa que requer pesquisas, planejamento cuidadoso, controle meticuloso e métodos sistemáticos. A divisão do processo de desenvolvimento do produto deve ser realizada a partir da configuração de um modelo fundamentado em etapas interdependentes, ressaltando a relevância do planejamento e controle de qualidade do PDP – sob esse aspecto, o conteúdo intrínseco de cada uma das etapas poderia ser adaptado segundo a natureza do produto e da organização produtiva.

Nesse sentido, Back *et al.* (2008), Chen *et al.* (2008) e Akgun, Lynn e Yilmaz (2005) dissertam sobre o conteúdo eminentemente estratégico do processo de desenvolvimento do produto a partir do uso de processos inovadores de aprendizagem e métodos de gestão de conhecimentos necessários à realização de atividades organizacionais complexas com o propósito de se obter diferenciação tecnológica, estética e/ou funcional em novos produtos ou mesmo para o reposicionamento de produtos já comercializados. O PDP também pode ser considerado como processo gerencial, estratégico-racional e metodológico para se estabelecer um conjunto de atividades inovativas a serem realizadas, cronogramas rígidos, equipes responsáveis/comprometidas, tecnologias e aporte de recursos financeiros.

Já a clássica ‘Estrutura Estratégica para Desenvolvimento de Produtos’ proposta por Clark e Wheelwright (1993) abrange cinco fases: (1) desenvolvimento do conceito (definição de oportunidades e mercado-alvo, possibilidades técnicas, arquitetura do produto e conceito final); (2) planejamento do produto (estudo detalhado do mercado, investimentos, cronogramas, recursos necessários, especificações e construção

de modelos); (3) projeto do produto e processo (projeto detalhado do produto e sistema produtivo, prototipagem/testes e desenvolvimento de fornecedores); (4) produção-piloto e *ramp-up* (avaliação/testes de processo e suprimento de materiais, liberação para produção normal e inserção do produto no mercado); (5) introdução do produto no mercado (elevação dos níveis de produção, preenchimento dos canais de distribuição e estabilização do processo).

A metodologia de desenvolvimento do produto supracitada é exibida na Figura 1.

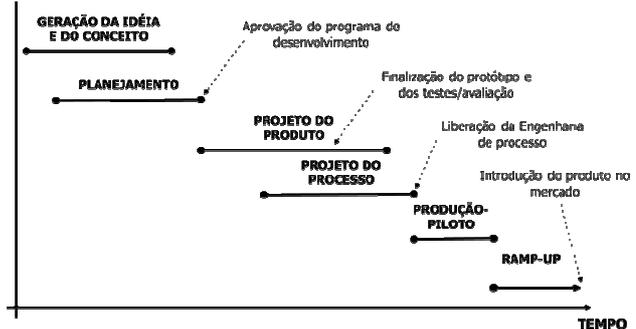


Figura 1: Estrutura estratégica para desenvolvimento de produtos.

Fonte: Clark e Wheelwright (1993).

De acordo com a Figura 1, o desenvolvimento do produto está dividido em diferentes fases que podem ou não ocorrer simultaneamente, dependendo de como o arranjo das atividades possa beneficiar a diminuição dos custos, utilização de recursos e/ou *leadtimes* envolvidos. Assim, há forte interdependência entre cada uma das fases do desenvolvimento do produto, sendo que o resultado de uma fase é considerado como a base precursora da execução das atividades da fase subsequente – por esse motivo, as decisões tomadas em cada fase se refletem no desenvolvimento do produto como um todo.

As duas primeiras fases da metodologia se referem ao desenvolvimento do conceito e planejamento do produto, em que são realizadas prospecções de dados/informações sobre oportunidades de mercado, competitividade, viabilidade técnica e requisitos do produto que devem ser combinados na arquitetura do mesmo, incluindo projeto conceitual, públicos-alvo, nível de desempenho desejado, investimentos e impactos econômico-financeiros. Nesse sentido, há uma preocupação com o compartilhamento de itens-chave já desenvolvidos em projetos anteriores, de modo a se criar ‘soluções diferenciadas’ para os novos produtos, com custos viáveis de desenvolvimento e produção.

Nesse contexto, Ulrich e Eppinger (2011) apontam a coleta de dados/informações e

posterior identificação e classificação das necessidades dos consumidores, como importantes formas de se obter as particularidades primárias do produto. Uma vez que sejam identificadas as necessidades do público-alvo, estas devem ser traduzidas em especificações para serem usadas na conceituação do produto, que representa inicialmente a descrição aproximada das tecnologias empregadas, princípios de funcionamento, arquitetura e forma/estética. Na visão de Ullman (2009), os conceitos tratam de abstrações controladas do produto, que podem ser apresentadas como diagramas, esboços, modelos simples, cálculos e/ou textos descritivos.

Na mesma linha, a partir do conceito selecionado, o seguinte passo deve ser a definição de quais serão os componentes do produto e que funções cada um deles deve exercer – esta fase é considerada uma etapa-chave no desenvolvimento do produto, pois nesse momento são tomadas decisões sobre o funcionamento e arquitetura final do produto (OTTO e WOOD, 2001). Lee e Wong (2011), por sua vez, mencionam que a concepção dos sistemas técnicos e configuração final do produto são obtidas com a realização de testes em pequena escala dos conceitos propostos (modelagem e avaliação), sendo que também podem ser executadas avaliações adicionais com possíveis clientes, culminando com a aprovação do programa de desenvolvimento do produto, buscando integrar três pontos cruciais do PDP: *marketing*, tecnologia e organização.

A fase seguinte, que trata da integração entre a Engenharia do Produto e Processo, aborda o desenvolvimento/projeto detalhado do produto, construção/testes de protótipos, projeto das operações de fabricação e montagem, ferramentas e equipamentos necessários para a produção em escala comercialmente viável. Um aspecto de grande relevância é o ciclo combinado ‘projetar-construir-testar’ para produto/processo (modelos físicos, computacionais e protótipos). Caso os modelos reais e/ou virtuais não atendam às especificações e aos níveis de desempenho desejados, realizam-se alterações e este ciclo é repetido até que se atinjam as especificações propostas para o produto em questão.

Ainda dentro da lógica do PDP, a especificação completa/integrada do produto e do processo produtivo é compreendida como uma importante questão para se obter sucesso de vendas. Nesse sentido, Müller e Fairlie-Clarke (2003) propõem um método de autoavaliação

dos novos produtos e processos como forma de aumentar a possibilidade de êxito durante a etapa de introdução no mercado, onde o mesmo identifica a necessidade de um procedimento não prescritivo para avaliar um processo de desenvolvimento do produto existente ou proposto em um nível detalhado, analisando, no contexto das práticas de excelência mundial, os produtos, processos, procedimentos e mercados atingidos.

Assim, o projeto das operações de fabricação e montagem, aliado ao desenvolvimento de fornecedores, pode ser considerada a fase na qual são estudadas todas as formas possíveis de se obter um produto ao menor custo possível sem sacrificar a dimensão da qualidade. Ullman (2009) considera, portanto, que o maior desafio é selecionar o processo que melhor se adapte à manufatura de cada produto, tendo em vista que para qualquer componente há diversas possibilidades de operações e roteiros produtivos consistentes.

Dessa forma, a obtenção de um produto que respeite as especificações mercadológicas e condições técnicas de desempenho indica o início da fase de produção do lote-piloto, onde há o pressuposto de que os sistemas, subsistemas e componentes desenvolvidos/projetados e anteriormente testados serão normalmente produzidos e avaliados internamente, de forma a se conseguir a validação do novo e/ou modificado processo. Por fim, a fase final da metodologia de desenvolvimento do produto de Clark e Wheelwright (1993) é chamada *ramp-up*, indicando o início da produção comercial do produto, que pode ser a princípio em volume reduzido – o aumento de produção é gradualmente realizado com aumentos escalonados da confiabilidade do processo, fornecedores e distribuidores do produto (atacadistas e varejistas).

### 3. Materiais e métodos da pesquisa

#### 3.1. Caracterização da empresa

A BioLimp Produtos para Limpeza Ltda. está localizada na Região da Grande Dourados/MS e pode ser caracterizada como uma pequena fabricante de produtos saneantes químicos para os segmentos agroindustrial, automotivo, doméstico e industrial, possuindo um amplo *mix* de produtos composto por detergentes, limpadores, amaciantes de roupa, alvejantes, desinfetantes, ceras, polidores e sabões líquidos. A indústria conta com 25 funcionários, entre mão de obra direta e

supervisão (corpo administrativo), sendo coligada à outra empresa de distribuição atacadista e comercialização varejista pertencente ao mesmo grupo empresarial.

A firma possui homologação do processo produtivo e sistema de qualidade em conformidade com a legislação para fabricação de produtos saneantes do Ministério da Saúde-Agência Nacional de Vigilância Sanitária (MS-ANVISA). O parque fabril possui 1.800 m<sup>2</sup> de área construída em galpões climatizados, sistemas de exaustão, proteção contra entrada de insetos e partículas sólidas e sistema de iluminação diferenciado (blindado). O processo é composto de oito operações sequenciais e interdependentes que são assim descritas:

- Operação 1: recebimento/inspeção de matérias-primas, insumos e embalagens – as três principais categorias de materiais diretos e indiretos são recebidas pelo responsável do Setor de Almoxarifado e ali se verificam os documentos fiscais, quantidades e relatórios de qualidade dos fornecedores. Normalmente, os materiais/insumos são analisados através de planos de amostragem pelo Laboratório de Análise Química/LAQ, que encaminha documentação referente aos lotes aprovados ao Almoxarifado ou recomenda a devolução de matérias-primas aos fornecedores (quando as mesmas forem rejeitadas);
- Operação 2: armazenagem das matérias-primas (período de quarentena), insumos e embalagens – os materiais aprovados na operação 1 são armazenados no almoxarifado (matéria-prima em quarentena) de acordo com a Resolução ANVISA RDC n.º 134/2001. Já as embalagens primárias e secundárias (recipientes para envasamento de saneantes e caixas de papelão para acondicionamento de recipientes envasados, respectivamente), bem como os demais insumos usados no processamento químico, são armazenados em áreas específicas do Almoxarifado;
- Operação 3: formulação dos produtos saneantes – a pesagem/dosagem volumétrica dos materiais diretos que compõem os produtos acabados são realizadas através de balanças presentes na Área de Pesagem e dosadores manuais instalados junto aos tanques homogeneizadores alocados no Setor de Dosagem/Homogeneização. Assim, a partir da composição específica de cada produto, faz-se a separação prévia e pesagem de pequenas quantidades de reagentes e matérias-primas necessários, que são levados ao Setor de Dosagem/Homogeneização. Os materiais líquidos que perfazem a maior proporção dos produtos são diretamente bombeados dos tanques de armazenamento e das bombonas plásticas para os dosadores manuais graduados. Posteriormente, os volumes de materiais líquidos e as massas de reagentes sólidos devidamente quantificados (medidos e pesados) são transferidos aos tanques homogeneizadores;
- Operação 4: homogeneização/inspeção dos produtos acabados – as matérias-primas devidamente pesadas e dosadas contidas nos tanques misturadores são submetidas à agitação mecânica através de pás giratórias, com inserção de água (solvente principal), dentro de um intervalo de tempo predeterminado para cada saneante químico produzido. A grande diversidade de produtos processados, bem como suas características físico-químicas específicas, tornaram necessária a divisão dos mesmos em três famílias distintas (clorados, alcalinos e ácidos), sendo que cada tanque homogeneizador deve produzir somente uma determinada família de produtos, de forma a não contaminar e/ou desencadear reações químicas indesejáveis. Já a inspeção dos produtos em processos é responsável pelo controle da qualidade dos lotes produzidos, em que são retiradas amostras do lote em processamento para realização de análises físico-químicas pelo Laboratório de Análise Química/LAQ e microbiológicas por empresas terceirizadas (quando necessárias). Caso os níveis de qualidade definidos para os produtos forem atendidos, o volume homogeneizado é bombeado para o Setor de Envasamento. Quando o lote do produto for rejeitado pela inspeção final de qualidade, o mesmo pode ser reprocessado para atendimento de especificações de qualidade ou, caso contrário, o volume rejeitado deve ser

enviado a empresas de reciclagem de produtos químicos em condições de manuseio/transporte ambientalmente seguras;

- Operação 5: envasamento em embalagem primária – posteriormente à aprovação do volume processado, o mesmo é bombeado dos tanques de homogeneização para os reservatórios presentes nos equipamentos de envasamento (semiautomáticos ou manuais), onde ocorre o acondicionamento em embalagens plásticas primárias predeterminadas de 500mL, 750mL, 1L, 2L e 5L, além de bombonas de 20L, 50L e 200L;
- Operação 6: rotulagem e impressão da data de validade/lote – as embalagens primárias referentes aos produtos envasados são submetidas à colagem de rótulos e à impressão de informações relacionadas à data de validade e codificação do lote fabricado, permitindo a rastreabilidade dos produtos e dos processos para eventuais ações corretivas;
- Operação 7: acondicionamento em embalagem secundária – conforme as especificidades dos pedidos de vendas, as embalagens primárias de 500mL, 750mL, 1L, 2L podem ser acondicionadas em caixas de papelão (embalagens secundárias) para facilitar o manuseio, movimentação e transporte para os pontos de vendas e/ou distribuição aos consumidores finais;
- Operação 8: armazenagem de produto acabado (período de quarentena) – os produtos acabados acondicionados em embalagens primárias ou secundárias são previamente armazenados em uma área de quarentena para estabilização físico-química. Posteriormente, os mesmos são movimentados para o Depósito de Produtos Acabados, permanecendo nesse setor até a expedição final.

### 3.2. Metodologia e procedimentos adotados

A estrutura metodológica do trabalho segue a lógica de pesquisa aplicada/exploratória que, segundo Gil (2008) e Barros e Lehfel (2007), tem como premissa a produção do conhecimento através de resultados associados à solução prática de um problema específico a

partir de conceitos da literatura. O principal objetivo da pesquisa bibliográfica é a ampliação e domínio do conhecimento disponível para auxiliar na fundamentação de hipóteses e construção de modelos (LAKATOS e MARCONI, 2010). A referida pesquisa também está baseada na elaboração de um estudo de caso, sendo que Yin (2010) ressalta sua natureza empírica e adequação à investigação de problemas realísticos, principalmente quando os mesmos não estão claramente definidos.

- Sistematização do conhecimento através da construção do referencial teórico para os temas “automação industrial e capacidade produtiva” e “processo de desenvolvimento do produto”;
- Realização de visitas técnicas a diversos fabricantes de produtos químicos para estudo e embasamento das inovações propostas no equipamento desenvolvido (detalhes técnicos e condições de aplicação dos produtos propostos);
- Utilização da metodologia de desenvolvimento do produto proposta por Clark e Wheelwright (1993) como referencial para desenvolvimento conceitual, abrangendo a elaboração da arquitetura (sistemas, subsistemas e componentes), realização de estudos técnicos para proposição de conceito final do produto (equipamento), detalhamentos e desenhos técnicos representativos;
- Elaboração do projeto conceitual de um sistema móvel automatizado compacto para envasamento de produtos saneantes em embalagens de múltiplas capacidades volumétricas (2 a 200 litros);
- Patenteamento do produto (equipamento) proposto.

### 3.3. Resultados obtidos

O projeto do equipamento teve como princípio fundamental a capacidade de reconhecimento e preenchimento automático de embalagens de diferentes modelos e capacidades volumétricas (2, 5, 10, 20, 50 e 200 litros). Para tanto, buscou-se garantir confiabilidade para a etapa de seleção automática de embalagens e respectivos volumes de envase através da ação de um conjunto de chaves eletromecânicas (*switches*), que determina o modelo de embalagem em função do deslocamento do conjunto-guia conforme a altura da mesma (Figura 5). A leitura dos *switches* é informada ao

Controlador Lógico Programável (CLP) antes do início do envasamento, sendo que o operador deve declarar o modelo de embalagem ao sistema de Interface Homem Máquina (IHM).

Dessa forma, os *switches* representam o sistema redundante em relação à programação do modelo de embalagem realizada no CLP. Para o controle do volume, utiliza-se uma válvula medidora de vazão devidamente acoplada à linha de recalque do equipamento e adequada aos tipos de fluidos utilizados, sendo que a mesma aciona/desliga a bomba hidráulica responsável pela inserção do fluido na embalagem. Como redundância, em caso de falha da válvula medidora de vazão, o equipamento conta com um sistema de células de carga instalado na plataforma de posicionamento única ou múltipla para medir a massa associada ao volume envasado – caso ocorra divergência anômala entre os valores encontrados pela válvula medidora de vazão e a leitura do sistema de células de carga, um alarme é acionado, interrompendo a operação. O equipamento também possui um dispositivo de retorno para o reservatório (tanque paletizável), a fim de evitar o transbordamento do fluido quando houver excessiva formação de espuma.

Para possibilitar o pleno funcionamento do sistema proposto em diferentes pontos do arranjo produtivo, adotou-se um sistema híbrido de alimentação (rede elétrica e/ou acumuladores), que supre os sistemas de bombeamento/controle do volume de envase e movimentação. O equipamento inovador também é bastante acessível em termos de custos de aquisição para a empresa em questão, que necessita obter rapidamente maior capacidade para a operação de envasamento dos produtos saneantes.

Como pode ser visto na Figura 2, o referido equipamento está dividido em três partes-componentes principais, que são assim elencados: (1) Sistema de Movimentação do Equipamento/SME; (2) Sistema de Envase Volumétrico/SEV; (3) Sistema Híbrido de Energia/SHE.

O Sistema de Movimentação do Equipamento/SME (Figura 3) é composto por um motoredutor (6) acoplado ao eixo traseiro da envasadora móvel, que constitui o conjunto motriz e sistema de direção (8A). O controle de direção é manual e acionado pela rotação de uma alavanca em formato de “T” acoplada ao conjunto motriz, onde também se encontra o acionador do SME do tipo gatilho (8B). Todo o conjunto encontra-se apoiado sobre pneus (7) especificados conforme o tipo do piso do

ambiente fabril e peso total do equipamento.

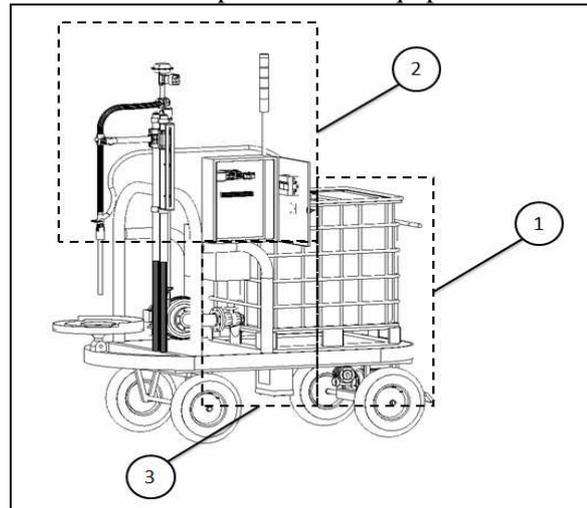


Figura 2 – Esquema geral do sistema automatizado móvel para envasamento multivolumétrico de produtos saneantes. Fonte: Os Autores

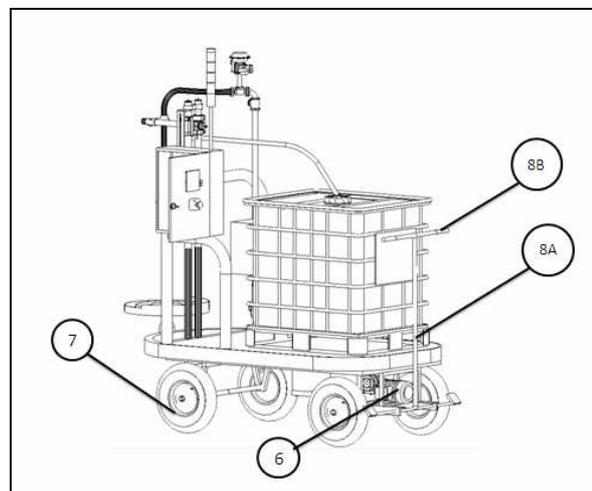


Figura 3 – Representação esquemática do Sistema de Movimentação do Equipamento/SME. Fonte: Os Autores

O Sistema de Envase Volumétrico/SEV, que está representado na Figura 4, é composto pelo bico de enchimento e dispositivo de retorno (9), reservatório (tanque paletizável) (10) acoplado à linha de sucção (11A) e linha de recalque (11B) acoplada à bomba hidráulica (12). Outra configuração possível para o sistema proposto é o engate direto da linha de sucção à tanques fixos industriais com maior capacidade volumétrica. O controle do volume de envase é realizado pela válvula medidora de vazão (13A) que é responsável por executar a função liga/desliga da bomba hidráulica em função do volume de envasamento. Como sistema redundante para garantir o correto enchimento das embalagens foi acoplado ao sistema uma célula de carga (13B) que é responsável por medir a massa associada ao volume envasado, determinando conjuntamente com a válvula medidora de vazão (13A) o volume inserido na

embalagem. Caso houver uma divergência percentual predeterminada, que deve ser pré-programada no CLP (14), entre as leituras da válvula medidora de vazão (13A) e o da célula de carga (13B) para a operação de envasamento, um alarme (13C) é acionado, interrompendo a referida operação para que sejam realizadas as correções/ajustes no equipamento.

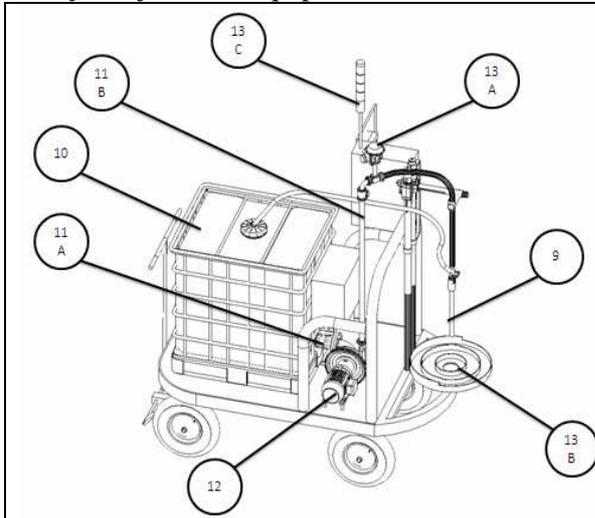


Figura 4 – Representação esquemática do Sistema de Envase Volumétrico/SEV  
Fonte: Os Autores

A definição do volume de envase é automaticamente executada pelo Subsistema de Definição do Volume de Envase (SDVE), que é representado em detalhes na Figura 5. O SDVE é formado basicamente por uma unidade CLP (14) integrada a um conjunto de três chaves eletromecânicas A, B e C (15), que são ajustadas com a regulagem da altura do bico de enchimento associado aos diversos modelos de embalagens utilizadas. Ressalta-se que a composição dos *switches* (20, 50 e 200L) representa somente um exemplo de uma possível configuração do sistema para utilização de somente três modelos de embalagem, visto que a quantidade de chaves eletromecânicas está diretamente ligada aos diferentes modelos de embalagens adotadas nas linhas de produção – e, na prática, o número de *switches* está associado à quantidade de modelos e embalagens normalmente empregadas na operação de envasamento (2, 5, 10, 20, 50 e 200L), que é limitada pelo número de entradas do CLP.

O Sistema Híbrido de Energia (SHE) apresentado na Figura 6 é composto de um cabo de conexão principal de ligação à rede elétrica para alimentação do SME e do SEV, sendo que na ocorrência de falta de energia e/ou necessidade de utilização sem conexão à rede elétrica convencional, o Quadro de Transferência Automática/QTA (16) redireciona a alimentação do SME e do SEV

para um dispositivo de alimentação de corrente contínua constituído de acumuladores de energia elétrica (17).

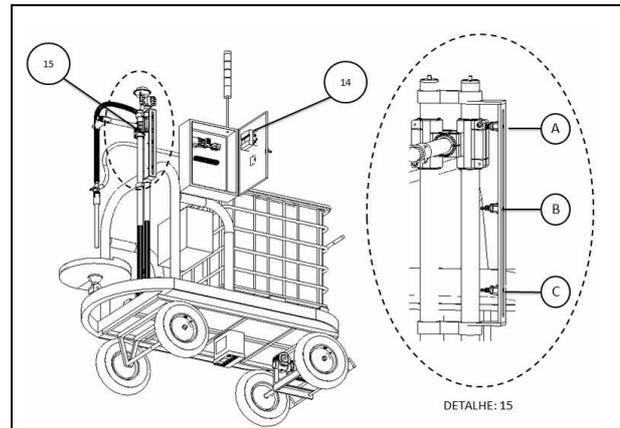


Figura 5 – Representação do Subsistema de Definição do Volume de Envase (SDVE).  
Fonte: Os Autores

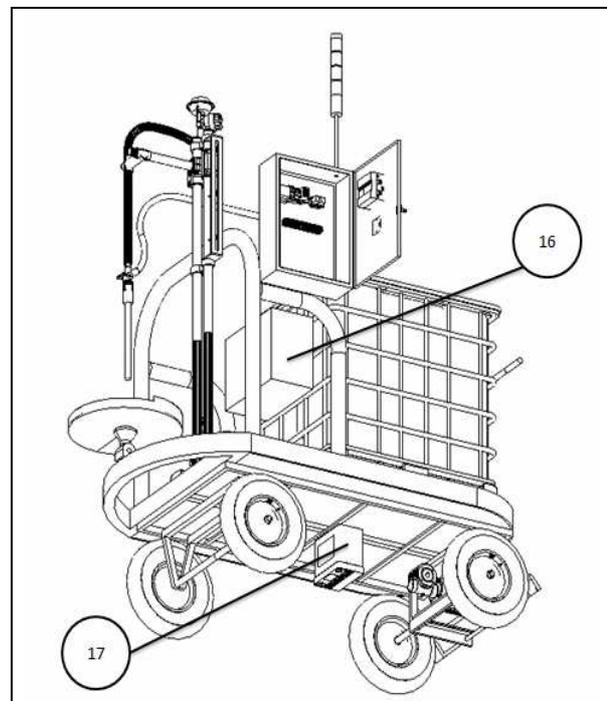


Figura 6 – Representação esquemática do Sistema Híbrido de Energia/SHE  
Fonte: Os Autores

A Figura 7 representa o esquema de ligação dos componentes utilizados para automação via CLP do sistema móvel automatizado para envasamento em embalagens.

A lógica de controle aplicada ao sistema proposto possui as seguintes instruções: (1) definir embalagem e produto-IHM; (2) selecionar volume de envase; (3) colocar embalagem vazia sobre a plataforma de posicionamento; (4) iniciar operação de envasamento; (5) operação de envasamento; (6) interrupção do fluxo do produto-medidor de vazão e célula de carga; (7) remoção da

embalagem envasada; (8) colocar nova embalagem vazia sobre a plataforma de posicionamento ou redefinir embalagem e

produto-IHM (caso haja alteração de embalagem e/ou produto); (9) fim.

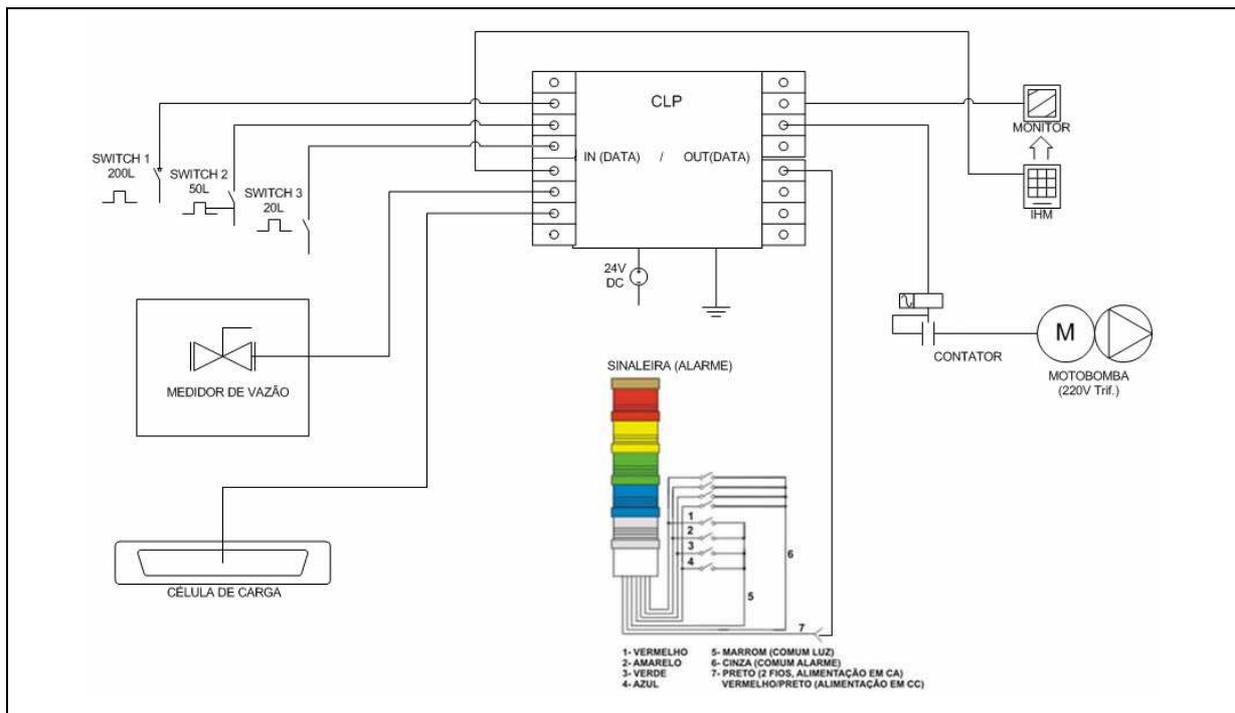


Figura 7 – Esquema de automação via CLP aplicado ao produto proposto

Fonte: Os Autores

Finalmente, o referido equipamento, denominado de “Sistema Eletromecânico Móvel para Envase Multivolumétrico de Produtos Líquidos ou Pastosos”, está em processo de patenteamento junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial/INPI, realizado pelo Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual da Universidade Federal da Grande Dourados (NIPI-UFGD).

#### 4. Considerações finais

As atividades inovativas voltadas ao desenvolvimento/projeto de máquinas, dispositivos e equipamentos utilizados no sistema de manufatura são consideradas fundamentais à competitividade industrial, compreendendo normalmente a execução de uma série de atividades científicas, tecnológicas e organizacionais. A preocupação constante com processos tecnologicamente aprimorados possibilita à organização industrial alcançar uma substancial diferenciação nos produtos baseada na otimização de importantes critérios competitivos, como custos de produção, níveis de qualidade e produtividade, melhorando seu posicionamento no ambiente de negócios.

Os modelos de referência originalmente elaborados para a área de Engenharia do Produto podem ser adaptados para o aprimoramento

tecnológico dos processos produtivos, que subentende o desenvolvimento e projeto de equipamentos industriais muitas vezes utilizados para atenuar o efeito das operações críticas (recursos-gargalo). Adicionalmente, as metodologias aplicadas ao desenvolvimento do produto integradas à automação industrial potencializam os resultados das atividades inovativas focalizadas em pontos cruciais presentes no ambiente de manufatura.

O sistema automatizado móvel para envasamento multivolumétrico de produtos saneantes pode ser considerado bastante acessível em termos de custos de aquisição para as pequenas e médias indústrias que desejam automatizar o envasamento de produtos líquidos/pastosos, pois o mesmo possui princípios construtivos relativamente simplificados em termos de estrutura física e componentes, facilitando sua utilização e realização de atividades de manutenção que, de modo geral, podem ser executadas pelos próprios operadores. Com relação à aplicabilidade em grandes indústrias do sistema proposto, tem-se que o mesmo propicia ganhos de capacidade produtiva em períodos de elevada demanda, requerendo menores investimentos financeiros em comparação com a aquisição de grandes equipamentos de envase que pressupõem tanto uma apreciável imobilização

de capital quanto uma indesejável capacidade ociosa em períodos de baixa demanda (quando essas grandes envasadoras não serão plenamente utilizadas).

A versatilidade do equipamento desenvolvido está condicionada aos modelos de bombas hidráulicas empregadas (que estão correlacionados à viscosidade dos produtos líquidos e/ou pastosos) e à utilização de embalagens de capacidades e modelos diversificados, apresentando possibilidade de aplicações em indústrias químicas, farmacêuticas, petroquímicas e alimentícias, dentre outras modalidades de atividades industriais ou semi-industriais dedicadas ao envasamento de produtos *in natura*, como leite, sucos, mel, água mineral e matérias-primas/produtos agropecuários diversos.

Por fim, constatou-se que durante a realização desse projeto, a indústria decidiu iniciar um novo projeto de aprimoramento tecnológico para a operação de homogeneização/inspeção dos produtos acabados, que também é considerada um recurso-gargalo (limitador de capacidade produtiva). Dessa forma, a empresa está ainda mais voltada à construção de uma cultura organizacional para a inovação e o aprimoramento permanente de processos e produtos, analogamente ao *Kaizen* japonês.

## 5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por possibilitar e financiar a presente pesquisa.

## 6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC nº 134, de 13 de julho de 2001. Determina a todos os estabelecimentos fabricantes de medicamentos, o cumprimento das diretrizes estabelecidas no regulamento técnico das boas práticas para a fabricação de medicamentos. Disponível em: <<http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=1-9-34-2001-07-13-134>>. Acesso em: 01 fev. 2014.

AKGUN, A.; LYNN, G.; YILMAZ, C. *Learning process in new product development teams and effects on product success: a socio-cognitive perspective*. Industrial Marketing Management, v. 35, p. 210-224, 2005.

BACK, N. *et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri: Manole, 2008.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. *Fundamentos da metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2007. BARTELT, T. L. M. *Industrial automated systems: instrumentation and motion control*. Stamford: Cengage Learning, 2010.

BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. 3. ed. São Paulo: EdgardBlücher, 2011.

BIELAWNY, D. *et al. Multi-robot approach for automation of an industrial profile lamination process*. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS 2012). Proceedings Engineering, v. 41, p. 981-987. 2012. Disponível em: <<http://www.science-direct.com/science/article/pii/S187705812026720>>. Acesso em: 03 mai. 2014.

BOTELHO, M.; CARRIJO, M.; KAMASAKI, G. *Inovações, pequenas empresas e interações com instituições de ensino/pesquisa em arranjos produtivos locais de setores de tecnologia avançada*. Revista Brasileira de Inovação, p. 331-371, n. 2, v. 6, 2007.

CHASE, R. B. *et al. Administração da produção para a vantagem competitiva*. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHEN, H. H. *et al. Developing new products with knowledge management methods and process development management in a network*. Computers In Industry: Product Lifecycle Modelling, Analysis and Management, v. 59, n. 2-3, p. 242-253, 2008.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing new product and process development*. New York: The Free Press, 1993.

COOPER, R. *Winning at new products: accelerating the process from idea to launch*. 4. ed. Cambridge: Perseus Books, 2011.

FORSMAN, H. *Innovation capacity and innovation development in small enterprises: a comparison between the manufacturing and service sectors*. Research Policy, v. 40, n. 5, p. 739-750, 2010.

GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GROOVER, M. P. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. São Paulo: Pearson, 2010.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. *Product development decisions: a review of the literature*. Management Science, v. 47, n. 1, p. 1-21, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAMB, F. *Industrial automation: hands on*. New York: McGraw-Hill Professional, 2013.

LEAN MANUFACTURING JAPAN. *MTS (Make to Stock)*. Disponível em: <http://www.lean-manufacturing-japan.com/scm-terminology/mts-make-to-stock.html>. Acesso em: 21 mar. 2014

- LEE, K. B.; WONG, V. *Identifying the moderating influences of external environments on new product development process*. Technovation, v. 31, n. 10-11, p. 598-612, 2011.
- LIPPOLT, C.R.; FURMANS, K. *Sizing of heijunka-controlled production systems with unreliable production processes*. In: IFIP International Federation for Information Processing. Lean Business Systems and Beyond, Tomasz Koch, Boston: Springer, v. 257, p. 11-19, 2008.
- LOCH, C. H.; KAVADIAS, S. *Handbook of new product development management*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008.
- MÜLLER, M. H.; FAIRLIE-CLARKE, A. C. *The evaluation of manufacturing issues in the product development process*. Journal of Materials Processing Technology, v. 138, n. 1-3, p. 2-8, 2003.
- ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Traduzido pela Financiadora de Estudos e Projetos/FINEP. 3.ed. Paris: OCDE, 2005.
- OTTO, K; WOOD, K. *Product design: techniques in reverse engineering and new product development*. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- PETRUZZELLA, F. *Programmable logic controllers*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.
- PREVIDELLI, J. J.; MEURER, V. *Gestão da micro, pequena e média empresa no Brasil: uma abordagem multidimensional*. Maringá: Unicorpore, 2005.
- ROZENFELD, H. *et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SCHUMPETER, J.A.; MCDANIEL, B. *The nature and essence of economic theory*. Piscataway: Transaction Publications, 2009.
- SEGATTO-MENDES, A. P.; ROCHA, K. *Contribuições da teoria de agência ao estudo dos processos de cooperação tecnológica universidade-empresa*. Revista de Administração, p.172-183, n. 2, v. 40, 2005.
- STAL, E.; FUJINO, A. *As relações universidade-empresa no Brasil sob a ótica da lei de inovação*. Revista de Administração e Inovação, p. 5-19, n. 1, v. 2, 2005.
- TADEUSZ, S. *Production planning and scheduling in flexible assembly systems*. New York: Springer-Verlag, 2012.
- TEIXEIRA, M. M. M. *Automatização e integração de uma linha de produção industrial*. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Universidade do Porto, Porto, 2013, 103 p. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/66949/2/951880.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2013.
- ULLMAN, D.G. *The mechanical design process*. 4. ed. New York: McGraw Hill, 2009.
- ULRICH, K; EPPINGER, S. *Product design and development*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
- WANG, T.; GUO, S.; LIU, Y. *Pareto process optimization of product development project using bi-objective hybrid genetic algorithm*. Advances In Engineering Software, v. 65, p.12-22, 2013.
- YIN, R, K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- YU, L.; SCHÜLLER, A.; EPPLE, U. *On the engineering design for systematic integration of agent-orientation in industrial automation*. ISA Transactions, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.isatra.2013.12.029>>. Acesso em: 03 mai. 2014.
- ZHOU, K.Z.; WU, F. *Technological capability, strategic flexibility, and product innovation*. Strategic Management Journal, v. 31, p. 547-561, 2010.