

DISCUSSÃO PÓS IMPLANTAÇÃO DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DA ERGONOMIA NO PROJETO DE AUTOMATIZAÇÃO DE LINHAS DE PRODUÇÃO

DISCUSSION AFTER THE IMPLEMENTATION OF POSSIBLE ERGONOMIC CONTRIBUTIONS IN THE PROJECT OF AUTOMATION OF PRODUCTION LINES

José Adriano Canton* E-mail: adriano.canton@sanovo.com.br

Andréa Regina Martins Fontes* E-mail: andreaf@dep.ufscar.br

Isaias Torres* E-mail: isaias@ufscar.br

Talita Martins Oliveira* E-mail: talita.ergonomia@yahoo.com.br

Thamiris Linhares Marques* E-mail: thamirislinhares@hotmail.com

*Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Sorocaba, SP

Resumo: No contexto do sistema produtivo em conjunto com princípios da ergonomia este artigo busca discutir como a falta de interação na concepção de projetos contribui para o aparecimento de inadequações no desenvolvimento das tarefas. O objeto de estudo é um projeto de melhoria implementado em uma empresa fabricante de embalagens de fibra celulósica (polpa moldada) para acondicionamento de ovos e frutas localizado no interior do estado de São Paulo. Trata-se de uma pesquisa exploratória de caráter qualitativo explanado em um estudo de caso, no qual foi possível refletir a respeito dos resultados da implementação de um processo de automação de linha. A nova situação trouxe dificuldades para o desenvolvimento da atividade, impactando em novos constrangimentos aos trabalhadores. As análises indicaram que a melhoria foi realizada sem a efetiva participação do usuário e, portanto, careceu de conhecimentos importantes sobre “o fazer” da operação. Concluiu-se que a correlação entre conceitos da Ergonomia com foco na atividade e os requisitos de projeto possibilitariam aos atores envolvidos desenvolverem mudanças mais eficazes, beneficiando o trabalhador e a produção.

Palavras-chave: Ergonomia da atividade. Projeto. Sistema produtivo. Automação.

Abstract: In the context of the production system in conjunction with principles of ergonomics this article seeks to discuss how the lack of interaction in the design of projects contributes to the appearance of inadequacies in the development of tasks. The object of study is an improvement project implemented in a company that manufactures cellulose fiber packaging (molded pulp) for the packaging of eggs and fruits located in the interior of the state of São Paulo. This is an exploratory research of a qualitative nature, explained in a case study, in which it was possible to reflect on the results of the implementation of a line automation process. The new situation brought difficulties for the development of the activity, impacting on new constraints on the workers. The analyzes indicated that the improvement was performed without the effective participation of the user and, therefore, lacked important knowledge about "doing" the operation. It was concluded that the correlation between Ergonomics concepts with focus on the activity and the design requirements would allow the involved actors to develop more effective changes, benefiting the worker and the production.

Keywords: Activity ergonomics. Project. Productive system. Automation.

1 INTRODUÇÃO

Um sistema de produção compreende a gestão e interação de recursos humanos, tecnológicos, informacionais e outros para a produção de bens ou serviços, com foco em atender as necessidades e desejos dos clientes (CORRÊA e CORRÊA, 2017). Dentro desse contexto, o presente trabalho irá focar nos recursos humanos de um sistema produtivo, com foco direto na abordagem ergonômica.

Os sistemas de produção passaram por quatro etapas de evolução, sendo caracterizadas entre outras por: alterações nos produtos, nos processos, na tecnologia implementação, no volume da produção (FERNANDES e GODINHO FILHO, 2010). Dentro dessas evoluções pode ser evidenciada a substituição crescente da produção manual para a produção direcionada por máquinas e equipamentos, e mais recentemente a direcionada por ferramentas computacionais. A implementação de equipamentos e ferramentas computacionais pode levar a automatização de diversas atividades produtivas.

O processo de implantação de um sistema automatizado em substituição a um sistema manual acarreta em diversas alterações no ambiente produtivo. Além dos aspectos estruturais como *layout* e equipamentos, as mudanças em um sistema produtivo também podem gerar diversos impactos positivos ou negativos nos aspectos produtivos, econômicos, ergonômicos, ambientais, entre outros.

A automação de um sistema produtivo é responsável por vincular equipamentos e pessoas para criar novas oportunidades, uma vez que aumenta os ganhos na produtividade e eficiência, sendo isso através da redução de custos com mão de obra, aumento da qualidade e padronização dos produtos, redução de acidentes de trabalho, entre outros (ARBIX e MIRANDA, 2017). A adoção da automatização de linha, objeto de estudo do presente artigo, teve como foco principal a eliminação de danos à saúde do trabalhador e de acidentes de trabalho.

Entender um objeto ou fenômeno a partir do viés da ergonomia requer atenção voltada aos aspectos do trabalho e seus impactos sobre o trabalhador envolvido no contexto (NEVES et al. 2018). Assim, este artigo busca discutir a importância do uso dos conceitos da ergonomia na etapa concepção de projeto para implantação de um sistema produtivo automatizado substituindo o antigo processo manual. O estudo tem por finalidade reduzir o surgimento de novos constrangimentos ao implantar um novo

projeto de espaço de trabalho. Para tanto serão elencados o tema de projeto de situações produtivas e o papel da ergonomia nesse processo.

Corroborando com a definição de ergonomia situada é importante destacar que compreender e transformar o trabalho são dois dos principais objetivos da Ergonomia Situada ou da Atividade, e para tal faz-se necessário elucidar a diferença entre trabalho prescrito e trabalho real (GUÉRIN et al. 2001).

É preciso observar o trabalho real sob o prisma da Norma Regulamentadora NR17 (BRASIL, 2002), pois visa “estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de forma a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente”. Apesar da existência da norma nota-se que no desenvolvimento dos projetos de concepção as questões do trabalho não são consideradas na sua plenitude. Tendo em vista que grande parte dos projetos seguem o modelo de abordagem tradicional, descendente ou *top down* (CANTON, 2015).

Pretende-se, com esta pesquisa, evidenciar como algumas ferramentas disponibilizadas pela ergonomia podem ser aplicadas no desenvolvimento de um projeto de espaço de trabalho. Dessa forma, espera-se contribuir para que o projeto tenha maior assertividade na sua implantação, reduzindo os níveis de insatisfação com relação ao novo sistema. E ainda evidenciar como as operações manuais influenciavam na saúde e na produtividade dos trabalhadores gerando a motivação para a melhoria do espaço de trabalho da linha de estudada.

Sob este prisma o diagnóstico do projeto a luz da ergonomia de concepção pode relacionar as situações do cotidiano classificando constrangimentos encontrados durante a execução das atividades. E dessa forma explicar a importância dos conceitos de Ergonomia sendo estes o centro da pesquisa onde o objetivo deste estudo é avaliar quais os impactos produtivos e ergonômicos ocasionados durante o projeto de substituição de um sistema manual para um sistema automatizado de produção de bandejas de polpa moldada destinadas ao acondicionamento de maçãs. Os conceitos de ergonomia aplicados em projetos de concepção podem contribuir para a redução de dificuldades com a nova tarefa, reduzir os constrangimentos que possam surgir após a implantação do novo *layout*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um processo produtivo consiste em qualquer atividade de transformação de um ou mais insumos para agrega-lhe valor e resultar em um ou mais produtos ou serviços para os clientes. Sendo assim, é condição necessária que todo processo ou operação produtiva possua insumos como entrada (trabalhadores, equipamentos, materiais, serviços) e resultados ou saídas de bens ou serviços (KRAJEWSKI et al. 2009).

A gestão de operações é a atividade responsável pelo gerenciamento dos recursos produtivos dentro de uma organização. Essa atividade visa a melhor interação dos recursos e dos processos para assegurar a entrega de bens ou serviços e atender as necessidades dos clientes. O presente estudo busca otimizar as operações realizadas pelos trabalhadores e pelos equipamentos de forma que minimize os danos à saúde do trabalhador (CORRÊA e CORRÊA, 2017).

A automação de um sistema ou processo consiste na adoção de equipamentos e dispositivos que atuem sozinhos e que se autorregulam. Embora, o pensamento que a implementação de sistemas automatizados seja necessária para ganhos competitivos, essa ação deve ser analisada cuidadosamente, pois também suas desvantagens, como custo econômico de implantação, treinamento, reparos entre outros (KRAJEWSKI et al. 2009).

Em geral, o emprego de tecnologias em um sistema produtivo representa altos custos de investimentos. Dessa forma, uma empresa deve avaliar de forma cuidadosa quais são os benefícios financeiros, operacionais e estratégicos que resultarão da adoção dessas tecnologias (CORRÊA e CORRÊA, 2017). Toda tecnologia necessita de intervenção humana, sendo em diferentes graus de atuação. Os processos com baixa variedade de produtos e alto volume de produção, geralmente, possuem maior grau de automação. Sendo que, a adoção dessa tecnologia é normalmente justificada pela redução de custos com mão de obra (SLACK et al., 2009).

O uso da Ergonomia nos projetos de concepção pode colaborar, significativamente, com o fornecimento de orientações gerais e específicas como normas e parâmetros ergonômicos (LIMA; DUARTE, 2014; BRAATZ, 2015). O desafio é fazer com que a ergonomia da atividade atue antes do detalhamento do projeto, ainda na fase de definições e conceitos do projeto porque as alterações nessa fase não são tão complexas de se realizar e demonstram um menor custo, comparado aos

de adequações em fases mais avançadas (LIMA; DUARTE, 2014; BRAATZ, 2015). A ergonomia visa garantir a harmonização entre os atores e o sistema de trabalho. A falta dessa perspectiva significa a existência de um grande número de situações que requerem um processo de transformação (FONSECA et al. 2012).

Slack et al. (2009), definem projeto como sendo um conjunto de atividades que tem um ponto inicial e final definidos. Possui uma meta estabelecida para ser atingida com o consumo de um conjunto de recursos, também definidos. Os projetos têm características variadas, podem ter a forma de um projeto social ou projeto de um produto específico. Os elementos comuns entre esses projetos é que todos eles possuem um objetivo, um resultado final e prazo de conclusão. Observa-se em Maleski et al. (2015), as duas características encontradas em quase todos os projetos a singularidade isto é cada projeto tem suas particularidades e é único, e todo projeto tem seu começo e fim.

No âmbito do trabalho Corrêa e Corrêa, (2017) afirma que o projeto do trabalho, envolverá uma série de decisões tais como levando em consideração a ergonomia, especialização do trabalho, componentes psicológicos envolvidos com a tarefa, expansão do trabalho, motivação, métodos de trabalho, entre outros para que a aplicação dos conhecimentos possa conceber os dispositivos, equipamentos e o ambiente de forma concisa provendo a saúde e bem estar do trabalhador.

Para realização dos projetos com êxito no campo da Ergonomia existem métodos, técnicas e ferramentas que podem auxiliar nos projetos de concepção de situações produtivas. As áreas de conhecimento relacionadas aos projetos do trabalho podem colaborar na incorporação da perspectiva da atividade (BRAATZ, 2015). E como método de aplicação destaca-se a importância da Análise da Atividade Futura (DANIELLOU, 2007) para que sejam reduzidos os riscos de aparecimento de outros constrangimentos na nova forma de atuação.

Quanto maior o estudo e aprofundamento das alternativas de concepção de projetos nas fases iniciais maior será a influência no resultado do projeto (RODRIGUES, 2012). Postergar decisões e introduzir modificações nas fases mais avançadas trará maiores custos e menor flexibilidade na atuação dentro do projeto.

Dessa forma pretende-se evidenciar a importância do emprego da ergonomia na fase de concepção de um projeto, antes de sua implementação. Enfatizando a relevância do planejamento não apenas para o cumprir exigências legais como a NR17 (LIMA e DUARTE, 2014), mas a importância da sua participação para qualquer

alteração no espaço de construção coletiva, ou seja, em novos projetos de espaços de trabalho.

3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como exploratória, de natureza qualitativa, adotando o estudo de caso (CANTON, 2015) como método de procedimento (GIL, 2008). O fenômeno tratado no estudo de caso é a análise *a posteriori* de uma transformação produtiva (um projeto de automatização) e o contexto é como o uso da Ergonomia em projetos de concepção pode reduzir o aparecimento de novas dificuldades na execução das atividades que surgem a partir da implantação de melhorias para os trabalhadores (YIN, 2015). Destaca-se que este contexto emerge da constatação de redução da margem de manobra (GUÉRIN et al. 2001) ocorrida na atividade de trabalho a partir da solução implantada.

Para a coleta e análise dos dados (descrição e análise da situação anteriormente existente, dos acontecimentos do processo de projeto e da situação implantada) utilizou-se a Análise da Atividade, a partir do viés da Ergonomia Situada (GUÉRIN et al. 2001).

Yin (2010) diz que as evidências do estudo de caso podem vir de várias fontes e enfatiza seis delas: documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Para esta pesquisa foram utilizadas as seguintes fontes de evidências: análise das atas de reuniões, mensagens enviadas por e-mail entre os participantes do projeto, documentos de domínio público, como as decisões tomadas pelo Ministério Público, entrevistas com os atores do processo (os usuários do sistema nos dois contextos antes e depois da automatização; o engenheiro da empresa que era o responsável pelo processo de concepção do projeto; e o técnico de segurança do trabalho da empresa) e observação direta. No Quadro 1 são apontadas as etapas dos procedimentos realizados na pesquisa.

Quadro 1 – Etapas e procedimentos de pesquisa

Etapas	Procedimentos de ação
Caracterização da situação anterior (Contexto 1)	Levantamento de documentação da empresa; Entrevistas abertas com os atores do processo de projeto; Caracterização da tarefa anteriormente praticada, da definição da demanda de projeto.
Caracterização da situação atual / solução implantada (Contexto 2)	Caracterização da tarefa, análise dos novos constrangimentos; Análise da atividade; Entrevistas semiestruturadas e questionários de percepção com os usuários atuais do sistema.
Papel da Ergonomia em processos de projeto	Confronto entre a revisão teórica e o estudo de caso, reflexão da questão de pesquisa: Discussão das abordagens de projeto descendente versus ascendente.

Fonte: Elaboração própria

Para a condução das entrevistas foram criados roteiros específicos para cada tipo de ator envolvido no processo, foi elaborado roteiro usado para a entrevista com o Engenheiro responsável pelo processo de concepção do projeto, e também o roteiro usado para coletar as opiniões do Técnico de Segurança do Trabalho e dos Ajudantes de Produção. Foram entrevistados cinco Ajudantes de Produção sendo que três trabalharam nos dois momentos em que este estudo abordou e dois deles só atuaram na linha após a implantação do novo projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da empresa

A empresa objeto da pesquisa é uma multinacional de médio porte instalada na cidade de Sorocaba - SP, que atua na fabricação de embalagens de polpa moldada para ovos e frutas, bem como dispositivos de proteção de mudas com o mesmo material. Seus principais clientes são granjas e produtores de frutas. A empresa pertence a um grupo dinamarquês, que possui duas plantas produtivas no Brasil, a matriz em Sorocaba - SP e a planta de Montes Claros – MG. A unidade de Sorocaba possui uma produção mensal de 35.000.000 de bandejas divididas em cinco linhas de produção de embalagem de polpa moldada, sendo: uma para bandeja de ovos, uma para bandeja de frutas e três linhas para a produção de estojo de ovos.

O sistema produtivo estudado é dividido em linhas de produção de acordo com as características do produto (bandeja de ovos, bandeja de frutas e estojo de ovos), sendo que os processos são realizados por batelada ou lotes, que se caracteriza por

pequenos ciclos de produção que se inicia assim que o processo anterior é finalizado, e são recarregados continuamente em curtos intervalos de tempo. Quando analisada a estratégia de demanda adotada pela empresa a produção é direcionada para estocagem de produtos acabados com base na demanda, sendo então caracterizada como uma produção *make to stock (MTS)*. A produção direcionada para estocagem possui características de alto volume de produção, baixo grau de customização, baixa variedade de produtos, altos custos de estoque e baixo tempo de resposta (TR). O TR é o tempo que o cliente espera entre solicitar o produto e recebe-lo, nesse sistema produtivo, o TR será limitado ao tempo gasto com transporte do produto até o cliente.

MacCarthy e Fernandes (2000) propõem a classificação dos sistemas produtivos em características gerais, características do processo, características do produto e características da montagem. Essa é uma das classificações de sistemas produtivos mais completas, com definição de doze variáveis. O sistema produtivo estudado foi analisado e caracterizado conforme a classificação das variáveis apresentadas no modelo proposto pelos autores. O Quadro 2 caracteriza o sistema de produção de bandejas frutas e ovos com polpa moldada.

Quadro 2 - Caracterização do sistema produtivo de bandejas de frutas e ovos com polpa moldada.

Caracterização geral	Caraterização do processo
Tamanho (M): médio porte Tempo de resposta (LD): produz para estoque Nível de repetição (RP): sistema de produção repetitivo Nível de automação (N): automação normal	Tipos de layout (P): layout por produto Tipos de estoque de segurança (1): antes do primeiro estágio (2): intermediários (3): depois do último estágio Tipos de fluxo (F1) estágio único com apenas uma máquina
Caracterização do produto	Caracterização da montagem
Estrutura do produto (SL): não requer montagem Nível de customização (4): produto padrão Número de produtos (M): múltiplos produtos	Tipos de montagem (A1): mistura (A4): montagem de produtos leves Tipos de organização do trabalho (I) Trabalho individual

Fonte: Adaptado de MacCarthy e Fernandes 2000; Fernandes e Godinho Filho (2010)

4.2 Caracterização da antiga linha embalagens de maçã – processo manual

O processo manual realizado na linha de bandejas de maçãs era executado em três turnos, sendo quatro ajudantes em cada turno. Os processos existentes nessa linha consistem em: contagem e compactação; prensagem; aplicação da fita de

arquear; unitização do produto em paletes; aplicação do filme *stretch* e identificação da carga. Depois de sair da estufa as bandejas eram transportadas por uma correia até a seção de contagem e compactação, onde são agrupadas formando um pacote com 170 unidades. Formados os pacotes, os ajudantes tornavam-se peça fundamental para transportar os pacotes e executar as seguintes atividades:

- Transportar pacote de bandejas compactadas até a estação de prensagem;
- Dividir o pacote de bandejas em dois, posicioná-los na prensa e acionar equipamento;
- Unir embalagens, retirá-las da prensa e transportá-las até o aplicador de fita;
- Posicionar embalagens no aplicador de fitas e acionar equipamento;
- Retirar material do aplicador de fitas e posicionar 24 pacotes em um palete;
- Com uma paleteira manual levar o palete até o aplicador de filme *stretch*;
- Acionar aplicador de *stretch* e identificar carga unitizada com etiqueta;
- Com uma paleteira manual transportar a carga até a área de coleta.

4.3 Caracterização do processo de concepção – nova linha de embalagem de maçãs

O levantamento realizado na área teve como foco eliminar as atividades manuais de movimentação dos materiais entre as estações de trabalho. Foram identificadas que ao realizar essas movimentações os funcionários estariam suscetíveis a algum tipo de lesão. Dessa forma desenvolveram-se alternativas para o transporte do material, sem intervenção humana. O projeto também inclui a automatização das operações de prensagem, aplicação das fitas de arquear, posicionamento e configuração dos pacotes nos paletes e aplicação do filme *stretch*.

Os objetivos estabelecidos eram a eliminação das situações de risco presentes no trabalho manual, reduzir a intervenção dos ajudantes nos processos produtivos e criar um ambiente onde o ajudante possa focar principalmente na qualidade do produto. Com a automação também aumentaria a padronização da qualidade das bandejas. O aumento da produtividade não era foco principal, mas estimava-se que as mudanças gerariam economias como a redução de refugo, redução do número de ajudantes, além de um pequeno aumento de produção. O Quadro 3 faz uma comparação entre o processo original e o projeto de melhoria da linha.

Quadro 3 – Comparação entre o processo original e a alteração proposta

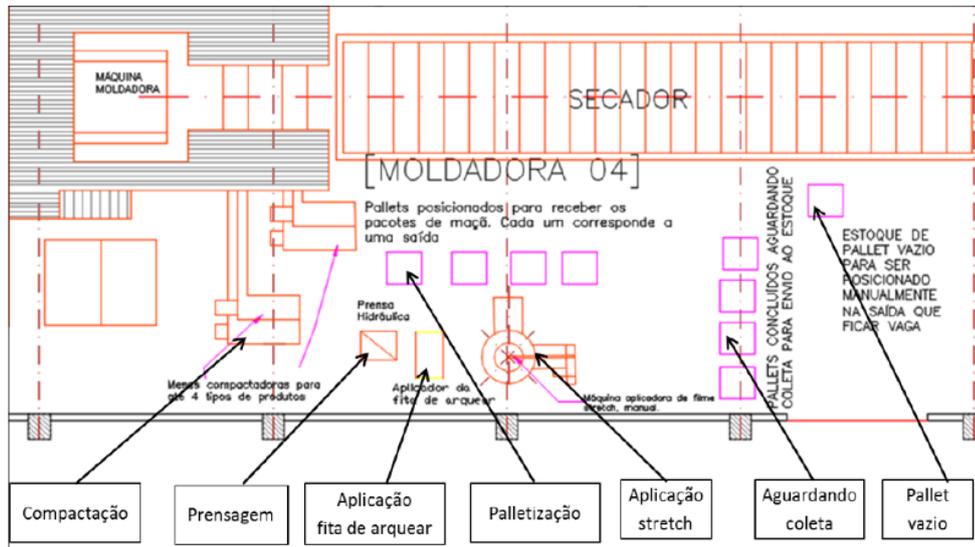
Operação	Antes da automação	Projeto de automação	Riscos eliminados
Contagem e compactação das bandejas	Contagem: feita por sensor com aplicação de <i>spray</i> para identificar a contagem de 170 bandejas. Compactação: feita manualmente	Sensor de presença para contagem e sistema servo-motor para compactação	Lesões nos punhos
Transporte de bandejas compactadas para a prensagem	Feito manualmente (o ajudante transportava o pacote e posicionava-o na prensa fazendo duas viagens devido ao volume a ser movimentado)	Sistema servo-motor arrasta o pacote até área de prensagem	Lesões nos ombros
Operação de prensagem	Feita manualmente (ajudante acionava o comando hidráulico para a prensagem)	Parafuso sem fim faz a prensagem do pacote	Acidentes
Transporte da prensagem para aplicação da fita	Feito manualmente (o pacote era retirado da prensa e transportado pelo ajudante até a máquina aplicadora da fita de arquear)	Braço mecânico faz as movimentações do pacote após a prensagem	Lesões nos ombros
Operação da aplicação da fita de arquear	Feita manualmente (ajudante posiciona o pacote na máquina e aciona o comando de aplicação em uma extremidade e o movimenta para fazer o mesmo na outra extremidade)	Um controlador lógico programável (PLC) aciona a aplicadora de fita	Acidentes
Transporte da aplicação da fita de arquear até Paletização	Feito manualmente (o ajudante retira o pacote da máquina aplicadora da fita de arquear e o leva até a área onde estão os paletes)	Braço mecânico posiciona o pacote para ser levado até a área do robô	Lesões nos ombros
Operação de Paletização	Feito manualmente (ajudante posiciona os 24 pacotes em um palete)	Feito automaticamente por um robô	Lesão na coluna e levantamento de carga
Transporte do palete até a aplicação do filme stretch	Transportador manual de palete (ajudante levava o conjunto para a máquina aplicadora do filme <i>stretch</i>)	Movimentação feita por esteiras comandadas pelo PLC	Lesões nos ombros
Operação de aplicação do filme stretch	Feito manualmente (ajudante amarrava filme <i>stretch</i> na base do palete e acionava o comando da máquina)	Sensor de presença manda sinal para o PLC iniciar processo	Acidentes
Aplicação da etiqueta de identificação	Feita manualmente (ajudante recebia as etiquetas de identificação já impressas e colava nos manualmente)	Impressora emite a etiqueta e a aplica no palhete	
Transporte para expedição do pallet	Transportador manual de palhete (ajudante levava o palhete concluído até o setor de coleta)	Movimentação feita por esteiras comandadas pelo PLC	Lesões nos ombros

Fonte: Elaboração própria

Com as mudanças propostas no projeto de automação tornou-se possível a contratação de qualquer pessoa, independente das características físicas que eram limitadas devido ao peso dos pacotes transportados e a altura dos pacotes montados

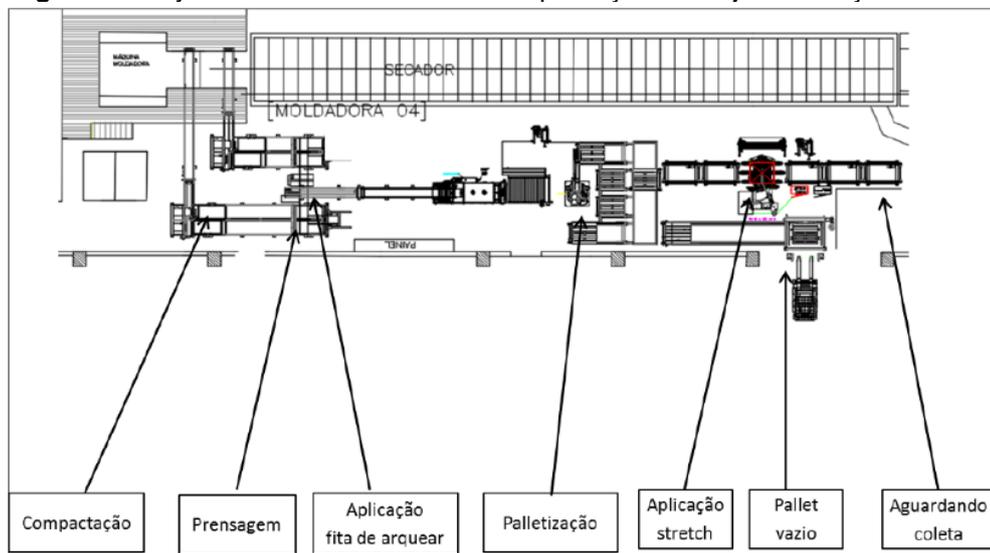
nos palhetes. A Figura 1 apresenta o layout da linha de bandejas de maçãs com atividades manuais e a Figura 2 apresenta o projeto de modificação da mesma linha com automatização dos transportes e das operações

Figura 1 – Layout da linha manual de produção bandejas de maçã



Fonte: CANTON (2015, p. 37)

Figura 2 – Layout da linha automatizada de produção bandejas de maçã



Fonte: CANTON (2015, p. 53)

4.4 Caracterização da nova linha de embalagem de maçãs – processo automatizado

Todas as movimentações que eram feitas manualmente pelo ajudante, foram substituídas por dispositivos eletromecânicos, automatizados, guiados por sensores e comandados por CLP através de programas desenvolvidos particularmente para essas operações. A seguir são descritas cada uma das etapas de produção das bandejas de maçãs e como essas passaram a ser executadas pelos dispositivos de automatização.

- Contagem e compactação – O produto que chega através de uma esteira transportadora, um sensor de posição informa a presença das bandejas e esse envia um sinal para o sistema empurrar a bandeja até a mesa coletora. Quando a última bandeja do pacote é posicionada, o sistema faz a compactação. A mesa desce e as bandejas são arrastadas automaticamente até a estação de prensagem. Após essa movimentação a mesa coletora sobe, novamente, para receber as bandejas do próximo pacote.
- Prensagem – O pacote que chega até a estação de prensagem sendo posicionado entre as placas de prensagem que com o acionamento de um parafuso sem fim através de um servo-motor realiza a prensagem do pacote. Esse processo tem o objetivo de reduzir o espaço ocupado pelas 170 bandejas do pacote e melhorar o posicionado dos pacotes no palete.
- Amarração – Após a prensagem, um braço mecânico retira o pacote da prensa e o leva até a estação de aplicação da fita arqueadora. Neste ponto é aplicado, nas duas extremidades do pacote, uma fita de nylon que tem a finalidade de manter as embalagens unidas. Uma esteira transportadora leva o pacote das bandejas já com as fitas de arquear até o local onde esse produto será coletado pelo robô.
- Paletização – Ao chegar no destino, o sensor de posição é acionado e envia um sinal liberando o robô para coletar o material e posicioná-lo no palete corretamente. Cada palete é montado com 24 pacotes de bandejas e distribuídos em quatro camadas com seis pacotes cada uma.
- Aplicação do filme *stretch* – Após posicionar o último pacote no palete, o sistema libera a carga unitizada para a aplicação do filme *stretch*, além de uma

cobertura plástica sobre a última camada de pacotes. Os objetivos dessa operação são: manter os 24 pacotes estáveis sobre o palete e evitar que os pacotes caiam durante o transporte; criar uma barreira contra a incidência da luz sobre as embalagens para evitar que percam a sua tonalidade; e evitar o acúmulo de poeiras ou a entrada de corpos estranhos nos pacotes, uma vez que serão utilizados para o armazenamento de alimentos.

- Identificação – Após a aplicação do filme *stretch*, o palete é identificado com uma etiqueta que contém as seguintes informações: tipo do produto; data e hora da produção; e o lote de fabricação. Essas informações são necessárias para o rastreamento do lote produzido.
- Despacho – Os palhetes são posicionados no ponto de coleta para que sejam levados para o armazém de estocagem, onde aguardarão o momento de serem expedidos. O operador de empilhadeira utiliza um *scanner* portátil para leitura do código de barra impresso na etiqueta de identificação e então registrada a entrada do material no estoque.
- Abastecimento do alimentador de pallet – Quando um palete é preenchido com os 24 pacotes de bandejas, um novo palete é conduzido até a área que ficou vaga, através do sistema de alimentação de palete vazio. O alimentador de palete, possui um suporte onde os paletes vazios são posicionados pelo operador de empilhadeira. O abastecimento só pode ser feito quando o último palete sair do alimentador e só podem ser posicionados 10 pallets por vez.

Com a implantação da linha automatizada foi possível aumentar a quantidade de bandejas em cada pacote, passando de 170 unidades para 180 unidades. O acréscimo de dez bandejas em cada pacote gerou um ganho na capacidade de carregamento, o que reduziu o custo com frete. Essa modificação aumentou 6% na capacidade de carregamento, em cada viagem.

4.5 Novo contexto e as novas situações de constrangimentos

A partir da entrega do novo sistema e com todos os testes concluídos, a linha de produção de bandejas de maçã entrou em regime normal de operação e junto com o início da produção surgiram alguns problemas.

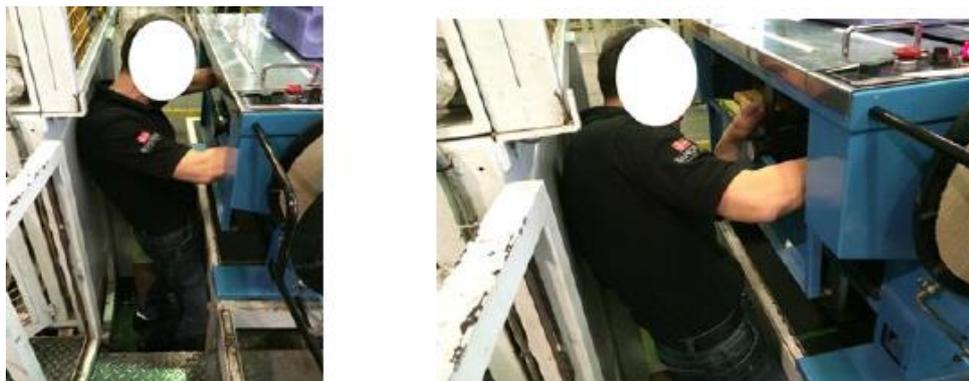
Foi realizado treinamento para operação da nova linha e durante o mesmo notou-se que alguns funcionários não entendiam de atividades computacionais. Foi preciso, então, realizar também um treinamento básico de informática. Houve resistência do grupo em acessar os comandos do CLP, e somente após muita insistência e treinamentos, os funcionários perderam o receio e começaram a acessar os comandos CLP.

Mostrou-se como problema a limitação de acesso a programações básicas dos equipamentos que poderiam ser acionadas somente pelos técnicos eletricitas fazendo com que esta decisão alterasse de forma significativa a rotina desses funcionários. Na linha antiga, praticamente 90% dos problemas que ocorriam nos equipamentos eram sanados pelo técnico mecânico e alguns problemas pelo próprio pessoal da linha, já que os problemas eram de baixa complexidade. Com a linha automatizada e controlada por CLP a proporção inverteu. Dessa forma 90% dos problemas que ocorrem na linha automatizada precisam do apoio do especializado, devido à necessidade de acesso aos parâmetros do programa. Com somente um especialista por turno, alguns problemas demoram a serem solucionados, principalmente quando o técnico está atendendo outro chamado.

Outros problemas foram elencados como a retirada de bandejas danificadas, identificadas após a aplicação da fita de arquear. No processo anterior, bastava romper as fitas e retirar a bandeja defeituosa. Para a linha automática, quando o pacote é retirado da sequência normal do processo, o sistema exclui esse pacote do programa fazendo com que o robô o ignore o, e o descarte. Dessa forma, se o ajudante perceber algum defeito no pacote, após a aplicação da fita de arquear, ele deve refugar o material.

Outro ponto, também crítico, é o a área do aplicador da fita de arquear. Dois momentos obrigam o ajudante a intervir na operação desse equipamento: para instalar um novo rolo e quando há alguma irregularidade na alimentação da fita. A área disponível para executar essa tarefa é pequena, o que dificulta os movimentos do ajudante de produção para realizar as tarefas necessárias Figura 3.

Figura 3 - Acesso ao aplicador de fita de arquear



Fonte: CANTON (2015) 2015, p. 68)

O Quadro 4 abaixo resume as situações observadas durante as análises realizadas com a linha em regime normal de produção.

Quadro 4 – Análise das situações de trabalho após implantação do projeto de automação

Operações	Solução Adotada	Constrangimentos
Contagem e compactação	O sistema conta os produtos que passam pela esteira, empilha e separa os pacotes concluídos através do acionamento de um batedor comandado por um servo-motor.	Há a necessidade eventual de intervenção manual para a correção da posição de alguma bandeja que tenha virado durante o transporte
Transporte bandejas - prensagem	O pacote é transportado até a mesa de prensagem por um arrastador comandado por um servo motor e correia dentada.	Necessário acessar tanto a área de prensagem como a área inferior da mesa de compactação para retirar alguma bandeja que tenha ficado mal posicionada vindo a travar o transportador.
Prensagem	Com o pacote posicionado na mesa de prensagem, um parafuso sem fim é acionado através de sensores, fazendo movimentar as placas de prensagem.	São raras as ocorrências, mas pode ser preciso retirar o pacote dessa área caso haja alguma falha na prensagem do pacote.
Aplicação fita de arquear	O braço mecânico posiciona o pacote na máquina aplicadora de fita de arquear. A aplicação e a solda da fita são feitas automaticamente, nas duas extremidades do pacote.	A substituição do carretel de fita de arquear é feita manualmente. Quando o sistema de aplicação da fita falha há a necessidade de acessar o dispositivo mecânico da aplicadora de fita de arquear
Aplicação filme stretch	Ao chegar no ponto de aplicação do filme <i>stretch</i> um sensor comanda o sistema para iniciar o processo.	A substituição do rolo de filme <i>stretch</i> é feita manualmente, com risco de lesões nos ombros e na coluna.
Alimentação palete vazio	O alimentador de pallet é abastecido pelo operador de empilhadeira. Quando um palete é concluído e deixa a área, um novo palete é liberado pelo alimentador e uma esteira transportadora leva esse novo pallet para a área correspondente	O operador de empilhadeira faz várias manobras. O alimentador só pode ser abastecido quando estiver sem palete. São colocados 10 paletes, em cada intervenção. Há necessidade de intervenção do ajudante para desobstruir o alimentador.

Fonte: Adaptado de Canton (2015)

Essas análises geraram um amplo diagnóstico que permitiu relacionar as situações de constrangimentos encontrados durante a execução das atividades, na nova condição de trabalho, com as recomendações e orientações que fundamentam a importância do uso dos conceitos da Ergonomia em projetos de concepção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do projeto de concepção de espaço de trabalho que visava à melhoria das condições de trabalho de uma linha de produção de embalagens de polpa moldada para maçã com a automatização da linha eliminou os problemas ergonômicos que a antiga linha com trabalhos manuais possuía, porém gerou outros constrangimentos que acabaram dificultando sobremaneira o desenvolvimento da atividade.

A melhoria buscou eliminar a causa fundamental do problema que era o trabalho manual e como consequência eliminar as pessoas da linha de produção. O projeto que foi implementado utilizou o mesmo modelo de trabalho sem que se fizesse uma avaliação da atividade futura das novas tarefas que os trabalhadores teriam que desempenhar.

A partir destas constatações discutiu-se, à luz da Ergonomia, ferramentas que pudessem fornecer subsídios que aplicados no processo de desenvolvimento do projeto pudessem antecipar os problemas mais críticos antes da implantação do sistema projetado. Além disso, foi discutido que a abordagem tradicional de projetos de engenharia, com uma visão mais tecnicista, dificulta a participação dos diferentes atores e suas respectivas especialidades.

A aplicação dos conceitos da Ergonomia com foco na atividade pode promover um debate positivo entre os diversos atores envolvidos no processo de desenvolvimento de projeto. Essa discussão contribui para que a abordagem ascendente ou *bottom up* seja aplicada nos projetos de engenharia. Mesmo que o projeto tenha como objetivo a alteração total da linha, os trabalhadores podem e devem contribuir na construção do novo modelo de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARBIX, GLAUCO; MIRANDA, ZIL. Políticas de inovação em nova chave. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 49-73, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190004>
- BRAATZ, D. **Suportes de simulação como objetos intermediários para incorporação da perspectiva da atividade na concepção de situações produtivas**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- BRASIL, M. T. E. Manual de aplicação da Norma Regulamentadora 17. 2002.
- CANTON, J. A. **Discussão pós implantação das possíveis contribuições da ergonomia no projeto de automatização de linhas de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2015.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços uma abordagem estratégica**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- DANIELLOU, F. **A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho**. In: FALZON, P. (Ed.). *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 303 – 315.
- FERNANDES, F. C. F.; GODINHO, F. M. Definições e conceitos fundamentais. In: ___. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2010, cap. 1, p. 1-16.
- FONSECA, B. B.; AGUILERA, M. V. C.; VIDAL, M. C. R. Conceptual design pattern for ergonomic workplaces. **Work**, v. 41, n. Supplement 1, p. 797-803, 2012. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0243-797>
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora: Atlas SA, 2008.
- GUÉRIN, F. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- KALKIS, H.; ROJA, Z. Strategic Model for Ergonomics Implementation in Operations Management. **Journal of Ergonomics**, Canadá, v. 6, 2016. <https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000173>
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2009.
- LIMA, F.; DUARTE, F. Integrando a ergonomia ao projeto de engenharia: Especificações ergonômicas e configurações de uso. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 4, 2014. <https://doi.org/10.1590/0104-530X733-13>
- MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C.: A multidimensional Classification of Production Systems for the Design and Selection of Production Planning and Control Systems. **Production Planning & Control**, v.11, n.5, 2000. <https://doi.org/10.1080/09537280050051988>
- MALESKI, S.; ROVAI, R. L. Desenvolvimento de projeto de novos produtos com base na triz: estudo de caso na industria automobilística. **Revista IPTEC**, v. 3, n. 2, p. 197-210, 2015 Disponível em: <http://www6.uninove.br/ojs/journaliji/index.php/iptec/article/view/46> Acesso em 26 Jul.2018. <https://doi.org/10.5585/iptec.v3i2.46>

NEVES, M. Y. R et al. Ação-formação: uma leitura das contribuições da Ergonomia da Atividade. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 30, n. 2, p. 112-120, 2018.
<https://doi.org/10.22409/1984-0292/v30i2/5872>

RODRIGUES, D. da S. **Integração entre ergonomia e projeto**: o trabalho do operador de descoqueamento em uma refinaria de petróleo. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Carlos, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. Bookman editora, 2015.



Artigo recebido em:30/10/2018 e aceito para publicação em: 01/12/2019
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3425>