

Análise das 7 perdas de Shingo em ambientes de aprendizagem

Luciane Taís Führ¹

Fabiano Basso²

Sandro Luís Arenhardt³

Tiele Bandeira de Freitas⁴

Alessandro Soares⁵

Vinícius Martins⁶

Resumo

Escolas técnicas possuem sistemas dinâmicos que proporcionam o contato máximo do aluno com a tecnologia. Atividades que não são ligadas a essa interação e tempo ocioso de alunos significam perdas nos processos de ensino-aprendizagem. O Sistema Toyota de Produção (STP), por sua vez, é uma filosofia de engenharia de produção que preconiza a minimização de perdas. O objetivo deste trabalho é avaliar e minimizar as perdas em um processo de ensino-aprendizado numa escola técnica, utilizando os conceitos das 7 perdas de Shingo, dentro do STP. Através da realização de diagnóstico para o levantamento e mensuração das perdas, ações foram propostas no sentido de minimizá-las. Quatro perdas foram identificadas. Com ações simples de alteração de *layout*, melhorias significativas foram obtidas nas perdas relativas à espera, movimentação e transporte.

Palavras-chave: Escola técnica. Redução de perdas. *Layout*.

Abstract

Technical schools have dynamic systems that provide the student's maximum contact with the technology. Activities which are not connected to this interaction and students' downtime mean losses in the teaching-learning process. The Toyota Production System (TPS), however, is a production engineering philosophy that prioritizes the losses minimization. The objective of this study is to assess and minimize losses in the teaching-learning process in a technical school, using the concepts of the 7-losses of Shingo within the TPS. By conducting a diagnosis for a survey and measurement of losses, actions were filed in order to minimize them. Four losses were identified. With simple changing actions in the layout, significant improvements were obtained in the losses related to the wait, movement and transportation.

Keywords: Technical school. Loss reduction. *Layout*.

¹ Mestre em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais pela Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, RS, Brasil, graduada em Engenharia Industrial Mecânica pela Universidade FEEVALE e professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sulriograndense (IFSul) - Câmpus Sapucaia do Sul, Sapucaia do Sul, RS. E-mail: luciane.fuhr@gmail.com

² Graduando em Tecnologia em Processos de Fabricação Mecânica pelo IFSul, Sapucaia do Sul, RS. E-mail: assfabiano@gmail.com

³ Graduando em Tecnologia em Processos de Fabricação Mecânica pelo IFSul, Sapucaia do Sul, RS. E-mail: sarenhardt@yahoo.com.br

⁴ Técnica em Segurança do Trabalho e professora de Línguas e Literatura no IFSul, Sapucaia do Sul, RS. E-mail: tielebf@gmail.com

⁵ Graduado e professor em Gestão da Produção pelo IFSul, Sapucaia do Sul, RS. E-mail: alsoares@sapucaia.ifsul.edu.br

⁶ Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS e professor no IFSul, Sapucaia do Sul, RS. E-mail: vmartins@sapucaia.ifsul.edu.br

1 Introdução

É possível estabelecer relações muito estreitas entre empresas e instituições de ensino. Ambas necessitam aprimorar-se continuamente, para se consolidar como organizações confiáveis a seu público-alvo (para as empresas, os consumidores e clientes; para as instituições de ensino, os alunos). Muitas vezes, as instituições de ensino valem-se de técnicas consagradas na indústria, adaptando-as para implementação em sua realidade. É o caso de algumas das técnicas e princípios de gestão, desenvolvidos por Singe Shingo (SHINGO, 1996) na Toyota Motors, que representam as bases do Sistema Toyota de Produção (STP). A escola técnica e profissionalizante, como elo entre o aluno e o mercado de trabalho em constante mutação, precisa ainda mais se aproximar desses conhecimentos, não apenas para ministrá-los como conteúdo programático de sua grade curricular, mas para adotá-los como filosofia para o aperfeiçoamento contínuo. Com o aumento drástico das demandas por profissionais qualificados no Brasil nos últimos anos (ZAIA, 2012), o ensino técnico é um fornecedor primário de recursos humanos especializados para as organizações. Assim, precisa desenvolver-se, para atender às demandas de recursos humanos com competências e habilidades além da técnica, permeando pelas capacidades de gestão, iniciativa e foco na melhoria contínua.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar o processo de ensino-aprendizado sob a ótica das Sete perdas de Shingo, identificando as atividades realizadas que representassem dificuldades no processo didático desenvolvido em aulas práticas de curso técnico profissionalizante, na forma de Estudo de Caso. Dentro dessa mesma perspectiva, como objetivo específico, tem-se a otimização, o arranjo físico de modo a reduzir as perdas encontradas, através de um plano de ação proposto, com

subsequente implantação. Este estudo está estruturado em quatro seções: na primeira, apresenta-se uma revisão da literatura, mostrando um apanhado das bases teóricas pesquisadas. A segunda seção é dedicada à metodologia utilizada, seguida pela seção, onde se apresenta os resultados e as discussões derivadas deles e, finalmente, na última seção, as conclusões relativas ao trabalho como um todo.

2 Referencial teórico

2.1 O papel do ensino técnico: uma breve introdução

Com a revolução industrial, as máquinas e os equipamentos industriais tornaram-se cada vez mais comuns nos ambientes produtivos. Pela agilidade de produção dessas máquinas, foi possível a produção em grande escala, atendendo melhor a massa populacional menos favorecida com produtos e serviços (MELTON, 2005). Contudo, essas máquinas precisam de trabalhadores treinados para operá-las, de maneira a obter efetiva produtividade. Nesse âmbito, as escolas técnicas oferecem uma grande oportunidade para o preparo dessa mão-de-obra específica, reproduzindo um ambiente industrial em suas instalações, para ministrar aulas que recriem locais produtivos e seus processos. Bastos (1997) e Ungaretti (2000) consideram que a educação tecnológica é o edifício de uma sociedade em mutação, envolvida nas bases teórico-práticas das novas tecnologias emergentes. Desde a década de 1930, as bases didáticas formatórias do ensino técnico profissional estão constituídas e, em prática, tendo passado por inúmeras reformas, desde então, sempre no intuito de convergir na formação integral do indivíduo de forma a trazer-lhe oportunidades para o desenvolvimento pessoal (CUNHA, 1998). Portanto, o ensino técnico torna-se um instrumento pelo qual ocorre o processo de socialização

do indivíduo, pois busca fornecer o entendimento entre a visão da empresa, as expectativas do sujeito e o papel da educação, viabilizando a entrada de jovens profissionais no mercado de trabalho (UNGARETTI, 2000).

Segundo Deluiz (2013), no entanto, novas tendências surgem no mercado de trabalho, tornando-o mais intelectualizado. É latente, então que, não apenas o ensino da técnica no uso de equipamentos ou na aplicação de rotinas de trabalho seja desenvolvido, mas sim, explore-se no programa de aprendizagem uma abordagem holística do trabalho. Assim, Deluiz (2013) ainda comenta que cabe à escola técnica desenvolver no indivíduo a “capacidade de reconhecer e definir problemas, equacionar soluções, pensar estrategicamente, introduzir modificações no processo de trabalho, atuar preventivamente” (DELUIZ, 2013). Dessa forma, a formação centrada no mundo do trabalho torna-se de fundamental importância, para garantir o desenvolvimento do país. O processo de ensino-aprendizado deve ser mais abrangente do que simplesmente transferir técnicas produtivas. Deve também mostrar os aspectos relevantes que permeiam a cultura organizacional, posto que, em breve, o aluno fará parte dessa realidade. Então, a instituição de ensino deve primar pelo aperfeiçoamento constante, mostrando dentro de suas práticas de conduta, pelo exemplo, uma filosofia que busca a melhoria contínua.

2.2 A visão de processo do Sistema Toyota de Produção

A indústria japonesa tem se destacado ao longo dos anos, após a Segunda Guerra Mundial, pelo uso e disseminação de técnicas de produção enxuta que a tornaram sucesso no cenário de concorrência intercapi-talista. Segundo Ritzman e Krajewski (2005), sistemas de produção enxuta, como o adotado pelo Japão, agrupam uma série de conceitos para criar processos eficientes. Esses

sistemas exigem aperfeiçoamento constante, para aumentar a eficiência e reduzir as perdas. A busca pela maximização de ganhos, através da eliminação das perdas, tornou-se um exemplo de flexibilidade, competitividade, produtividade, qualidade e lucratividade. O símbolo dessa filosofia, sem dúvida, é o sistema adotado pela Toyota Motors e que ficou mundialmente conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP). Para Shingo (1996), o STP é um sistema que visa eliminação total das perdas, sendo constituído de 80% eliminação de perdas e apenas 20% de outros instrumentos de gestão.

Todo o STP vale-se do “Princípio do não custo” (SHINGO, 1996), ou seja, muitas empresas utilizam a formação do preço de venda como sendo uma soma do seu custo com o que se presume que se deseje de lucro. No entanto, o “Princípio do não custo” admite que o preço de venda seja determinado pelo mercado, e o lucro, então, seja a subtração do custo interno de fabricação do montante representado pelo preço de venda. Para maximizar o lucro, então, deve-se minimizar o custo, o que pode ser obtido pela eliminação das perdas durante o processamento.

A filosofia *Kaizen* é a base para a eliminação das perdas propostas pelo STP. Ela visa à eliminação dos desperdícios com base no bom senso, com o uso de soluções baratas sugeridas pelos próprios colaboradores, para melhorar a prática do seu trabalho. Enfim, no conceito de *Kaizen*, há a melhoria contínua que “permite que as empresas aceitem inícios mais modestos e façam pequenas melhorias incrementais rumo à excelência” (GAITHER; FRAIZER, 2005). Assim, a otimização de resultados se dá através da minimização de custo (GHINATO, 1995). Perguer, Rodrigues e Lacerd (2011) demonstraram em seu estudo que o combate às perdas melhora consideravelmente o desempenho financeiro das organizações.

Operações que agregam valor transformam realmente a matéria-prima, modifican-

do sua forma ou a qualidade (SHINGO, 1996). Quanto maior o valor agregado, maior será a eficiência da operação. Em contrapartida, perda é qualquer atividade, atrelada a um processo ou não, que não contribui para a efetivação das operações e gera, portanto, desperdício. O Manual de Avaliação do Sistema de Gestão, que rege as avaliações do Programa Gaúcho de Qualidade e Produtividade (PGQP), define processo como o conjunto das atividades que se interrelacionam ou interagem para transformar insumos (entradas) em produtos (saídas) (PROGRAMA GAÚCHO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE, 2012).

Pode-se classificar as atividades que compõem um processo da seguinte maneira, conforme descrito por Shingo (1996):

- a) Processamento: uma mudança física (ou química, dependendo da natureza da operação) no material ou na sua qualidade;
- b) Inspeção: normalmente, uma comparação com um padrão estabelecido. Este padrão pode ser para uma simples análise visual, ou métrico, ou utilizando técnicas mais avançadas;
- c) Transporte: movimentação de matérias-primas e produtos, num simples deslocamento ou mudança de posição;
- d) Espera: período de tempo no qual não ocorre nenhuma das operações anteriores. As esperas podem ser caracterizadas como: a) Espera do processo: um lote inteiro de produtos permanece esperando, enquanto o lote que o precede está sofrendo alguma operação. É o que ocorre normalmente em processos do tipo batelada; b) Espera do lote: quando as operações são realizadas peça a peça, como no caso de grande parte das usinagens, enquanto uma peça é processada, as outras estão aguardando seu momento de sofrer a operação. De maneira análoga, a peça já processada aguarda o término da operação no restante do lote para prosseguir no fluxo.

Qualquer atividade de produção, independente da sua natureza, é uma combinação desses elementos. Assim, qualquer interação que se faça em um processo, ela será em algum desses elementos. As perdas, baseando-se nos conceitos dos tipos de operações, são classificadas em sete grupos: por super produção, por espera, por transporte, por itens fora de padrão, por geração de estoque, por realização de movimentação desnecessária e pelo próprio processamento.

A busca pela maximização de ganhos, através da eliminação das perdas, tornou-se um exemplo de competitividade, produtividade e lucratividade. Embora os conceitos do STP tenham se estabelecido com foco em ambientes de manufatura (MELTON, 2005), diversos outros tipos de processos podem também utilizá-los. Instituições como hospitais (DICKSON *et al.*, 2009; JONES, 2011), empresas das áreas de tecnologia da informação (BELL, 2012), de logística e transporte (TAKEUCHI, 2007; CÓ; BARBOSA; LIMA, 2007) e de processos contínuos, como cervejarias (BARRA; BASTOS; MARTINS, 2011), têm obtido sucesso ao aplicar os preceitos do STP em suas rotinas.

2.3 O uso das ferramentas da qualidade como instrumento para a identificação das perdas

Identificar as perdas requer um olhar atento sobre o processo. Encontrar caminhos para minimizá-las necessita, entretanto, da aplicação de técnicas de análise e solução de problemas. Uma metodologia consagrada é o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) que fornece uma sequência lógica de raciocínio, procedimentos e ações baseadas em fatos e dados (WERKEMA, 1995). Deve-se identificar o problema, coletar dados que possam embasar as etapas de atuação e analisá-los, visando encontrar a real causa; planejar as ações a serem executadas para minimizar ou solucionar o problema, implementá-las e fazer a verificação de sua eficácia,

após um período de observação pré-fixado (FERREIRA, 2005).

As ferramentas da qualidade são necessárias, para consolidar os estudos do MASP. As ferramentas constituem um grupo de instrumentos que varia, conforme a abordagem, o desenvolvimento do conhecimento e as necessidades envolvidas. As chamadas ferramentas básicas da qualidade consistem num grupo de 10 técnicas (CÉSAR, 2011): a estratificação, as folhas de verificação, os gráficos de Pareto, os diagramas de causa e efeito (*Ishikawa*), os histogramas, os diagramas de dispersão, os gráficos de controle, os fluxogramas, o *brainstorming* e os planos de ação. Uma das mais tradicionais ferramentas, o *brainstorming*, é uma técnica para geração de ideias de forma lúdica e livre na tentativa de solucionar um problema (LINS, 1993). A técnica pressupõe que todos os participantes envolvidos sejam encorajados a falar livremente a respeito de suas ideias sobre o problema em questão que, depois, devem ser examinadas para determinar sua viabilidade. Do montante, as ideias mais viáveis são, então, extrapoladas num Plano de Ação. O Plano de Ação é o planejamento de todas as ações necessárias, para atingir um resultado desejado, ou seja, para que as ideias viáveis elencadas no *brainstorming* se efetivem como realizações. Um Plano de Ação deve ter descrito os objetivos, a estratégia e o cronograma estipulado para a realização das ações, de maneira a garantir que as ações propostas sejam realizadas (CESAR, 2011). O *brainstorming* e o Plano de Ação são as ferramentas utilizadas neste estudo.

2.4 Layouts: o arranjo físico como fator relevante no desempenho organizacional

Ambientes escolares em instituições de ensino técnico e tecnológico têm ênfase em simular ambientes produtivos. Assim, surgem os laboratórios que simulam manufaturas. O *layout* ou o arranjo físico das instalações do processo é a maneira como se

organizam as máquinas, os equipamentos e as estações de trabalho. Planejar o *layout* é planejar o sistema produtivo e, no caso dos laboratórios escolares, também determinar a dinâmica pedagógica. Em todo o planejamento de *layout* há a preocupação de tornar mais fácil e suave o movimento do trabalho, independente de esse fluxo ser de pessoas ou materiais. O planejamento do *layout* deve ser encarado como uma extensão do planejamento das atividades fim de cada organização (GAITHER; FRAIZER, 2005).

Moreira (2004) comenta que o arranjo físico afeta a capacidade da instalação e a produtividade das operações. O *layout*, portanto, não é imutável, devendo ser adequado às necessidades do processo, conforme elas surjam. Os limitadores das mudanças de *layout* são justamente a flexibilidade permitida pelo espaço físico disponível e o custo das alterações. Esse custo, na verdade, deve sempre ser avaliado pelo benefício que a alteração potencialmente pode gerar. Os projetos de *layout* devem sempre priorizar a minimização do deslocamento e do espaço ocupado, ao mesmo tempo em que maximiza o espaço disponível, respeitando a segurança, o conforto e a higiene. Em princípio, as alterações de *layout* variam entre quatro configurações básicas: arranjos em linha, arranjos posicionais, arranjos funcionais e arranjos celulares (SLACK *et al.*, 2002).

Segundo Slack *et al.* (2002) e Moreira (2004), no *layout* em linha, o material se move, permanecendo fixos, os homens e as máquinas. São linhas de produção dedicadas, na sua maioria, na fabricação de produtos sem variações. Em função do espaço ou do projeto, esse *layout* pode tomar a forma de um L, O, S ou U. Diferentemente, ocorre com o *layout* posicional, também chamado de *layout* de posição fixa ou por projeto. Nesse caso, o produto em fabricação (como um navio ou um avião) está posicionado de maneira fixa, e o fluxo de materiais, equipamentos e pessoas flui para ele. No arranjo

funcional, as máquinas são agrupadas de acordo com o processo que executam; o material em processamento se move, através de seções especializadas, enquanto que as máquinas permanecem fixas. Por isso, são também chamados de *layouts* por processo ou *job shops* que é adotado, quando a demanda de produção é intermitente e há grande variedade de configuração dos produtos fabricados. Já no arranjo celular, as máquinas são agrupadas em células que funcionam de uma forma muito semelhante a uma “micro-linha” de produção. Cada célula é, então, projetada para fabricar uma família de produtos de cada vez, sendo que é possível que ela assuma mais ou menos equipamentos, conforme as sequências de produção requeridas para a família subsequente. Neste estudo, os tipos de *layout* de interesse são o *layout* funcional e o *layout* celular.

3 Metodologia

Do ponto de vista da natureza da pesquisa, foi utilizada a pesquisa aplicada, pois ela gera conhecimento para aplicação prática, com ênfase na solução de problemas (PRODANOV; FREITAS, 2009). Sob a ótica dos objetivos da pesquisa, foi utilizada a pesquisa exploratória, que permite a análise de exemplos, sendo flexível e possibilitando o estudo do tema, sob vários aspectos. Já como procedimento técnico de pesquisa, foi definido o Estudo de Caso como estratégia, tendo sido trabalhado o projeto tipo holístico de caso único (YIN, 2005). O Estudo de Caso possui algumas premissas básicas, que, conforme Prodanov e Freitas (2009), são determinantes para a própria caracterização do estudo e que o delimitam. Dentre elas, destacam-se o fato de se estudar um sistema limitado, com fronteiras definidas, mas nem sempre claras; o caráter do estudo é único, específico e complexo; e a investigação ocorre no ambiente real do estudo, não se preparando condições para tal, como no caso de experimentos. O Estudo

de Caso foi desenvolvido, conforme a descrição apresentada nos itens subsequentes.

3.1 Diagnóstico preliminar

O presente estudo foi realizado em uma escola técnica do Rio Grande do Sul. Na escola, além dos cursos técnicos, com duração de 5 semestres, são também ofertados cursos profissionalizantes, de curta duração. O curso Técnico em Mecânica tem oferta de ingresso semestral regular, atendendo a 34 alunos por turma. A metodologia da escola prima pelo ensino prático, desenvolvendo habilidades que serão necessárias no mercado de trabalho. As aulas práticas são ministradas já no primeiro semestre do curso, para familiarizar os alunos com a dinâmica de trabalho da indústria, foco do ensino. Como método de diagnóstico, foram realizadas entrevistas com os alunos das duas turmas de primeiro semestre de 2011/02, bem como abordagens informais com os professores ministrantes das disciplinas práticas. Observação e análise *in loco* foram realizados, durante os trabalhos das aulas práticas. A atividade prática, desenvolvida com as turmas de primeiro semestre, é a confecção por usinagem de um macaco mecânico, ilustrado na figura 1.

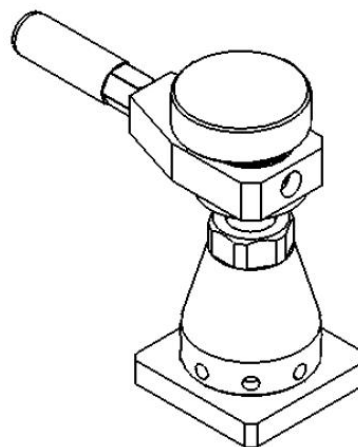


Figura 1: Macaco mecânico fabricado como atividade de prática no primeiro semestre do curso Técnico em Mecânica

Fonte: Os autores (2012).

O macaco mecânico (figura 1) deve ser fabricado peça a peça pelo aluno, individualmente. Essa montagem faz parte do seu processo de avaliação. Graças ao trabalho individual, a fabricação de cada componente do conjunto serve como base didática para o professor desenvolver no aluno as habilidades técnicas requeridas. O conjunto tem as peças listadas na tabela 1.

Tabela 1: Componentes do macaco mecânico

	Descrição	Quantidade (un)
1	arruela de encosto	1
2	base	1
3	cabo	1
4	catraca	1
5	chaveta	1
6	corpo principal	1
7	eixo roscado	1
8	excêntrico	1
9	mola	1
10	pino guia	1
11	pino roscado	1

Fonte: Os autores (2012).

3.2 Identificação das perdas

Para a identificação das perdas presentes nas atividades práticas do processo de ensino aprendizagem, utilizou-se a observação do *layout* e do desenvolvimento das atividades práticas. Portanto:

- a) Confrontou-se o número de alunos por turma com o número de máquinas disponíveis, em ambos os laboratórios;
- b) Verificou-se o tempo de espera dos alunos ociosos pela liberação de uma máquina, para a realização das atividades;
- c) Verificou-se o caminho percorrido nas atividades de transporte tanto de matéria-prima, quanto de pessoal e de materiais semiacabados.

3.3 Uso das ferramentas da qualidade: *Brainstorming* e Plano de Ação

Dentro da ideia concreta de melhorar os ambientes produtivos das oficinas e balizados pelas perdas identificadas, os professores se reuniam em grupo, em encontros determinados para realizar o *brainstorming*, entre os meses de outubro a dezembro de 2011, para gerar o maior número possível de soluções para as perdas identificadas. Como a ferramenta *brainstorming* permite listar qualquer ideia que venha a ser concebida no momento em que um grupo está em reunião, todas as sugestões, citadas pelos presentes, eram registradas. Essas sugestões foram, então, sendo analisadas e priorizadas, conforme sua viabilidade. Para a geração do Plano de Ação, foram determinadas ações de curto prazo e ações de cunho permanente, de maneira a executar as ideias priorizadas, após o *brainstorming*.

4 Resultados e discussão

Através das entrevistas com os alunos e das abordagens informais junto aos professores, foi constatado que as oficinas da escola não atendiam às suas necessidades didáticas de aprendizado nas aulas práticas no curso Técnico em Mecânica. Para buscar o atendimento das necessidades no desenvolvimento das habilidades dos alunos e, conseqüentemente, sua satisfação ao ingressar no mundo profissional, verificou-se a necessidade de melhorar os ambientes produtivos das oficinas do curso.

A escola disponibiliza dois laboratórios para os estudos práticos do primeiro semestre do curso, dimensionados por *layout* funcional, mostrado na figura 2:

- 1) Laboratório de Tornearia, com 18 tornos universais (figura 2a);
- 2) Laboratório de Fresagem, com 10 fresadoras universais e duas furadeiras (figura 2b).

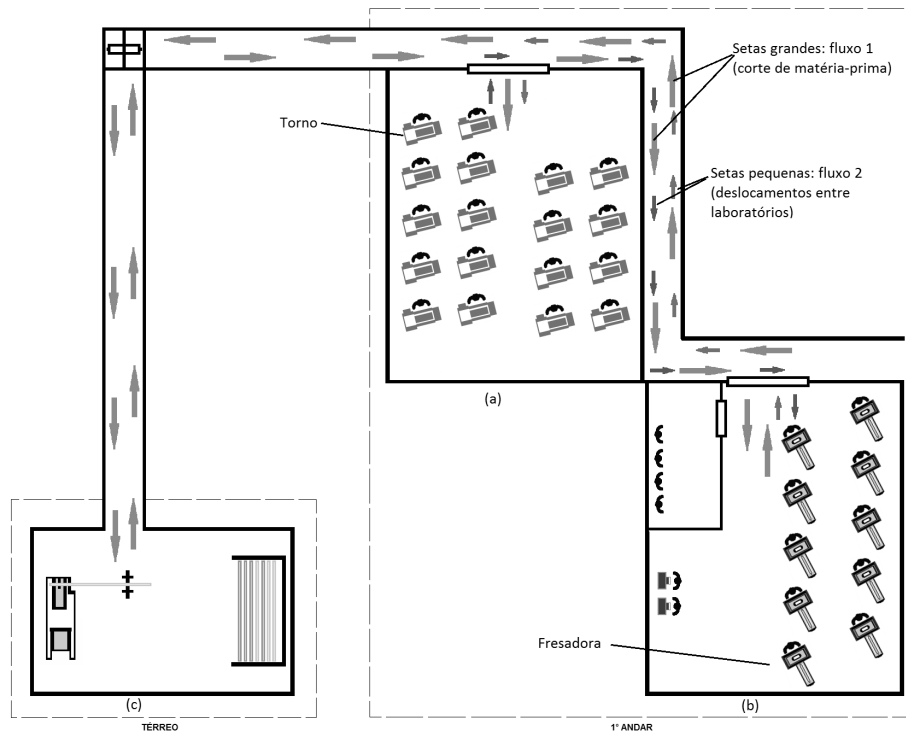


Figura 2: *Layout* atual dos laboratórios com disposição funcional: a) Laboratórios de Torneamento; b) Fresamento; c) Serra
Fonte: Os autores (2012).

Os trabalhos das aulas práticas eram desenvolvidos entre os laboratórios de Fresagem e Torneamento. As setas pequenas (fluxo 2) da figura 2 mostram o deslocamento necessário pelos alunos entre esses dois laboratórios, em percurso de ida e de volta. Já as setas grandes (fluxo 1) da figura 2 mostram o deslocamento requerido, quando atividades de corte de matéria-prima eram solicitadas aos alunos. O diagnóstico realizado mostrou que quatro tipos de perdas estavam presentes no processo de ensino-aprendizado das aulas práticas, que serão melhor discutidas nas subseções a seguir: perdas por espera, perdas por movimentação, perdas por transporte e perdas por estoque.

Como não havia máquinas suficientes para todos os alunos da turma, uma reclamação constante, identificada nas entrevistas, foi a ociosidade dos alunos, durante as

aulas práticas, principalmente, durante as etapas de torneamento e fresagem. Também atividades que não agregam valor ao processo de ensino-aprendizagem foram apontadas como reclamação, como o corte de matéria-prima. Essas atividades são subterfúgios utilizados pelos professores para ocupar o tempo dos alunos ociosos. Para desenvolver essas atividades, os alunos eram conduzidos ao setor de corte (figura 2c), no fluxo representado pelas setas grandes (fluxo 1), na figura 2.

Foi proposto um *brainstorming* entre os professores ligados às disciplinas práticas, com foco em ações, para minimizar o problema dos alunos ociosos, durante as aulas, e possibilitar a aplicação de atividades práticas mais complexas. Surgiram várias sugestões, como, por exemplo: adquirir novas máquinas, aumentar as oficinas, unir as oficinas

atuais e aumentar a carga horária das aulas práticas. No total, foram geradas 11 sugestões. Unificaram-se as sugestões em grupos distintos, conforme relação e analogia das mesmas. Considerando que grande parte das ideias condizia com altos investimentos e amplos períodos para a conclusão dos processos citados, esses de imediato foram sendo descartados e priorizados aqueles que pudessem atingir os objetivos em curto prazo. A ideia considerada viável e, portanto, adotada, consistiu na alteração do *layout* das oficinas e realocação de duas máquinas de setores distintos da escola, para dentro dos laboratórios. Para tanto, um Plano de Ação foi gerado, para a alteração dos *layouts*, apresentados na tabela 2.

Ações de curto prazo se deram para programar a parada das aulas práticas com duas semanas de antecedência ao recesso escolar. Neste espaço de tempo, os professores e técnicos de manutenção poderiam definir o novo *layout*, realocar dois tornos mecânicos que estavam em outros laboratórios, desligar todas as máquinas (energia elétrica), retirar componentes que pudessem se danificar no transporte, colocar proteções nas máquinas (para o transporte), para que assim, no recesso escolar, fossem realizadas as ações permanentes de demarcar o espaço físico com fitas e colocar as máquinas nos locais definidos. Em nenhum momento, a parada programada interferiu no andamento das aulas.

Tabela 2: Plano de ação gerado para alteração do layout

Ação imediata (antes do recesso escolar)	Previsão	Início	Conclusão
Definir novo <i>layout</i>	3 dias	12/12/2011	15/12/2011
Cortar energia elétrica das máquinas	2 dias	16/12/2011	20/12/2011
Retirar componentes das máquinas	10 dias	19/12/2011	30/12/2011
Colocar proteções nas máquinas	2 dias	02/01/2012	05/01/2012
Ação permanente (durante o recesso escolar)	Previsão	Início	Conclusão
Demarcar o espaço físico com fitas	2 dias	09/01/2012	11/01/2012
Remontar e instalar as máquinas em definitivo no novo <i>layout</i>	10 dias	11/01/2012	25/01/2012
Realocar dois tornos mecânicos	2 dias	25/01/2012	27/01/2012

Fonte: Os autores (2012).

O plano de ação concluído culminou no novo *layout*, organizado de forma celular e apresentado na figura 3. Novas observações foram feitas, agora, focando nas perdas já identificadas anteriormente.

Na figura 3, nota-se a redistribuição das máquinas nos dois laboratórios, sendo que ambos passaram a contar com tornos e com fresas. A turma pode ser, agora, dividida, de modo que 17 alunos trabalhem em cada la-

boratório, sempre em atividade. Assim, não há necessidade de mudar de laboratório, para trabalhar com um processo diferente. As setas escuras (fluxo 2, figura 3) mostram o deslocamento feito pelos alunos, para alcançar os diferentes tipos de máquina que, no *layout* modificado, é de 3 metros. As setas claras (fluxo 1, figura 3) destacam o fluxo percorrido pelos alunos para a utilização das furadeiras. Esse fluxo não foi alterado, pois

ocorre em apenas um componente do conjunto, numa única operação e representam uma distância de 21 metros.

As perdas encontradas, durante o diagnóstico, estão apontadas resumidamente na tabela 3 e discutidas com mais ênfase nos subtópicos a seguir. Nota-se uma grande melhoria em três delas, geradas basicamen-

te pela ação principal de alteração de *layout*. Resultado semelhante, foi alcançado em estudo realizado em um indústria metalúrgica de componentes para moda (FÜHR, 2010). Nele, o ajuste do *layout* na produção permitiu que em vários setores houvesse melhorias entre 36 a 70% nas perdas por movimentação e transporte.

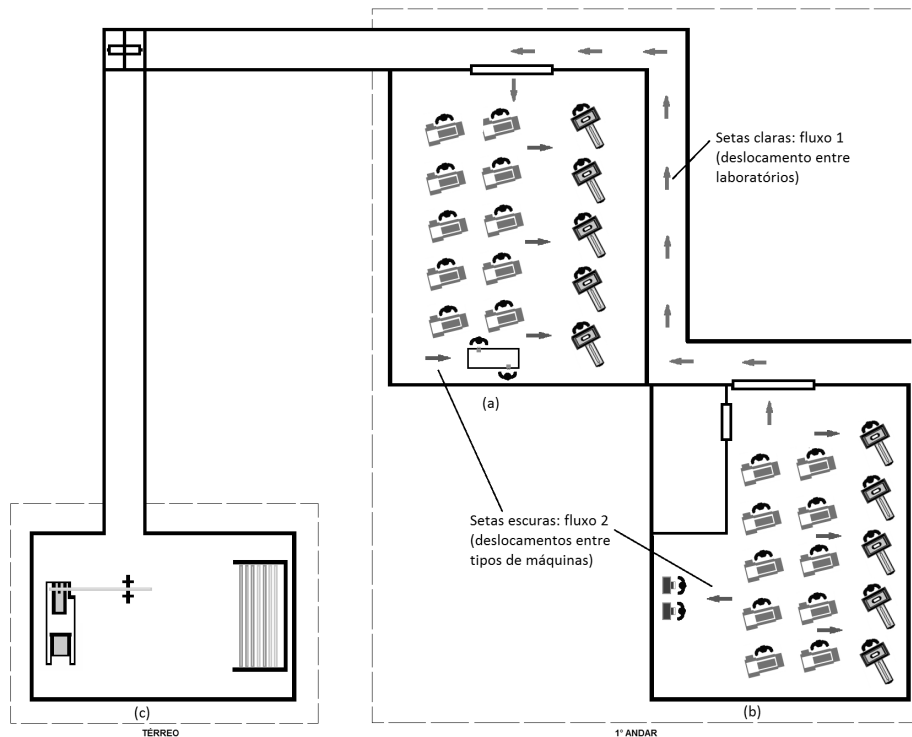


Figura 3: *Layout* alterado, com característica celular: a) Laboratório 1; b) Laboratório 2; c) Laboratório de Serra
Fonte: Os autores (2012).

Tabela 3: Resumo dos resultados em melhorias de processo (MP) por eliminação de perdas

Tipo de perda	Unidade	Descrição	Situação antes	Situação depois	Melhoria (%)
Espera	horas/ componente	alunos aguardando liberação de máquinas	16	0	100%
Movimentação	metros	percurso entre os laboratórios de Tornearia e Fresagem	210	30	85,71%
Transporte	metros	percurso da matéria-prima e alunos entre os laboratórios e o setor de serra	3200	0	100,00%
Estoque	kilogramas	estocagem da matéria-prima cortada em tarugos para uso em aula	300,0	300,0	0%

Fonte: Os autores (2012).

4.1 Perda por espera

A perda por espera consiste em determinados alunos estarem parados, aguardando a liberação das fresadoras ou furadeiras, para poderem realizar as suas atividades, conforme o fluxo didático. Os principais fatores que contribuem para essa perda consistem nos elevados tempos de preparação das máquinas, falta de sincronização das aulas e falhas não previstas no sistema didático. Como não havia maquinário disponível para todos os alunos, quatro alunos ficavam ociosos, esperando que uma máquina fosse desocupada por um colega, quando esse terminasse a operação. Medindo-se o tempo médio de operação, para o componente mais simples, chegou-se a um tempo médio de espera de 4h/aluno/componente, com tempo total de espera de 16h/componente. Essa perda foi totalmente eliminada pelo rearranjo de máquinas de outros setores para os laboratórios, conforme o Plano de Ação (tabela 2, figura 3), garantindo que cada aluno tivesse uma máquina para operar.

4.2 Perda por transporte

A perda por transporte diz respeito às atividades de movimentação da matéria-prima que era cortada pelos alunos para utilizar o seu tempo ocioso. Os materiais utilizados para as aulas, que seriam posteriormente usinados, ficavam em outro prédio, e os alunos tinham que cortar em uma serra fita e, depois, transportar para os devidos laboratórios. A perda pelo transporte dos materiais poderia também acarretar acidentes, principalmente pela massa expressiva que possuíam algumas barras e perfis.

Essas atividades de transporte não agregavam valor ao processo de aprendizagem dos alunos. No caso mais crítico, foi constatado que 26% (vinte e seis por cento) dos alunos não estavam presentes dentro dos laboratórios. Os alunos transportavam o material

por cerca de 400 metros no percurso de ida e volta até o setor da serra. Como eram 8 alunos de cada vez, o percurso total foi de 3200 metros.

Essa perda foi eliminada através da mudança de estratégia de preparação das aulas, proporcionada pela alteração de *layout*. Como as perdas de espera diminuíram drasticamente, não houve mais a necessidade de ocupação dos alunos nas atividades de corte. Assim, os próprios professores cortam previamente a matéria-prima, em seus horários de preparação de aula. O tempo dos alunos nos laboratórios é todo destinado a atividades ligadas ao aprendizado direto de tornearia e fresamento.

4.3 Perda por movimentação

Durante a realização dos processos de usinagem, não existe a possibilidade das etapas de processamento de cada peça do conjunto serem realizadas sempre de forma linear, iniciando por fresagem e terminando com torneamento. Muitas vezes, operações alternadas de fresa e torno são necessárias, o que faz com que o aluno necessite se deslocar entre os laboratórios. Esse deslocamento resulta em perdas por movimentação. A distância entre os laboratórios é de 21 metros, e o aluno precisava fazer o trajeto 10 vezes para concluir o conjunto, no *layout* funcional (figura 2). O deslocamento total, então, foi de 210 metros.

Com o novo *layout* dos laboratórios (figura 3), integrando os equipamentos de forma celular, a distância entre os tornos e as fresas é de 3 metros, o que diminui o deslocamento total do aluno para a confecção do conjunto para 30 metros. Isso representa uma melhoria de 85,7% nas perdas por movimentação. Resultados semelhantes foram apresentados em diversos estudos de alteração de *layout* em vários tipos de processos (TORTORELLA; FOGLIATO, 2008; FIEDLER *et al.*, 2009; MARTINS, 2003).

4.4 Perdas por estoque

A perda por estoque está relacionada com a matéria-prima estocada para a realização das aulas práticas, independe do conceito de *layout* utilizado. Como a compra de matéria-prima é feita por semestre, sendo efetuado um pedido mínimo de quantidade de material limitado pelo fabricante, sempre há material em estoque. As barras são sempre cortadas em tamanho padrão, o que facilita sua armazenagem. Contudo, dado o volume de compra e o desenho do processo de ensino-aprendizagem, não há como aplicar técnicas de redução de estoque (como o *Just-in-Time*). Dessa forma, para viabilizar as atividades práticas, sempre há um estoque de cerca de 300kg de matéria-prima (aço 1020). Assim, não foi possível minimizar essa perda.

5 Conclusões

Os resultados deste trabalho permitem concluir que a estratégia de eliminação de perdas propostas por Shingo é passível de aplicação também em ambientes didático-pedagógicos. Obteve-se a melhoria significativa das perdas por espera, movimentação e transporte, otimizando o processo de ensino-aprendizagem num ambiente escolar. Perdas por estoque foram identificadas, porém são perdas necessárias no contexto. A mudança de *layout* funcional para *layout* celular foi o principal fator, para a minimização das perdas, caracterizadas principalmente por atividades não ligadas à aprendizagem dos processos mecânicos de fresamento e torneamento. Considerando o Princípio do não custo (SHINGO, 1996), com o lucro, sendo o ganho de aprendizagem e, como custo, as atividades que não agregam valor ao processo didático, a minimização das perdas identificadas permitiu um ganho de aprendizagem aos alunos do primeiro semestre do curso Técnico em Mecânica.

Cabe salientar que a abordagem de Estudo de Caso é, por si só, um limitador do estudo, pois reflete a experiência única vivenciada em uma instituição. Para a extrapolação das conclusões obtidas, tornam-se necessários estudos futuros em outras instituições, além de uma análise mais profunda das abordagens práticas, já consolidadas, para a investigação das perdas de Shingo em empresas de ambiente fabril e outras instituições de cunho não industrial.

Referências

BARRA, R. B. M.; BASTOS, L. S. L.; MARTINS, V. W. B. Identificação de perdas através da mentalidade do Sistema Toyota de Produção: estudo de caso em uma cervejaria artesanal. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_141_892_18357.pdf>. Acesso em: 30 ago.2012.

BASTOS, J. A. S. L. de A. O Ensino Médio, a grande questão. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 78, n. 188-190, p. 305-345, jan./dez. 1997. Disponível em: <<http://www.rbep.inep.gov.br/index.php/RBEP/article/view/277/279>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

BELL, S. A abordagem Lean na integração da TI com o negócio, parte dois: obstáculos da transformação do fluxo de valor. **Portal Lean Institute Brasil**. 28 maio 2012. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/188/a-abordagem-lean-na-integracao-da-ti-com-o-negocio-parte-dois-obstaculos-da-transformacao-do-fluxo-de-valor.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

CÊSAR, F. I. G. **Ferramentas básicas da qualidade: instrumentos para gerenciamento de**

processo e melhoria contínua. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011. 115 p. CD-ROM.

CÓ, F. A.; BARBOSA, S. R.; LIMA, A. S. Solução de problema logístico. **Portal Lean Institute Brasil**. 31 out. 2007. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/66/solucao-de-problema-logistico.aspx>>. Acesso em: 26 ago. 2012.

CUNHA, L. A. Ensino Médio e Ensino Técnico: de volta ao passado?. **Educação e Filosofia**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 12, p. 65-89, jul./dez. 1998. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/EducacaoFilosofia/article/view/846/759>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

DELUIZ, N. A globalização econômica e os desafios à formação profissional. **SENAC**. 2013. Disponível em: <<http://www.senac.br/informativo/bts/222/boltec222b.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

DICKSON, E. W. *et al.* Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. **The Journal of Emergency Medicine**, Iowa, v. 37, n. 2, p. 177-182, aug. 2009.

FERREIRA, E. F. **Método de solução de problemas: "QC Story"**. Apostila de curso de especialização da Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2005.

FIEDLER, N. C. *et al.* Otimização do layout de marcenarias no sul do Espírito Santo baseado em parâmetros ergonômicos e de produtividade. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, fev. 2009.

FÜHR, L. T. **Mapeamento de processo em uma metalúrgica de componentes para moda**. 2010. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Mecânica). Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2010.

GAITHER, N.; FRAIZER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thompson, 2005.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *Just-In-Time*. **Gestão**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.

JONES, Daniel. Eliminando a lacuna de desempenho da área da saúde. **Portal Lean Institute Brasil**, 28 out. 2011. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/168/eliminando-a-lacuna-de-desempenho-da-area-da-saude.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

LINS, B. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 22, n. 2, maio/ago. 1993. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/view/1190/833>>. Acesso em: 07 Set. 2012.

MARTINS, V. C. *et al.* Otimização de layouts industriais com base em busca tabu. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 10, n. 1, abr. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n1/a06v10n1.pdf>>. Acesso em: 07 Set. 2012.

MELTON, T. The benefits of Lean Manufacturing : what Lean Thinking has to offer the Process Industries. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 86, p. 662-673, 2005. Disponível em: <<http://mimesolutions.com/PDFs/WEB%20Trish%20Melton%20Lean%20Manufacturing%20July%202005.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2012

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2004.

PERGUER, I.; RODRIGUES, L. H.; LACERD, L. P. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 18, n. 4, 2011. Disponível em: <<http://>

- www.scielo.br/pdf/gp/v18n4/a01v18n4.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2012.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2009.
- PROGRAMA GAÚCHO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE - PGQP (Rio Grande do Sul). **Manual de avaliação do sistema de gestão**. Porto Alegre, 2012.
- RITZMAN, L.; KRAJEWSKI, L. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista de Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- TAKEUCHI, N. Logística Lean. **Portal Lean Institute Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/126/logistica-lean.aspx>>. Acesso em: 26 ago. 2012.
- TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. **Produção**, São Paulo, v. 18, n. 3, dez. 2008.
- UNGARETTI, R. L. Ensino Técnico: uma incompletude capaz de reconciliar o inseparável: fazer e ser. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 1, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010712542212.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.
- WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema, 1995. v. 1.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZAIA, D. A importância do ensino técnico e da capacitação profissional. In: SÃO PAULO. **Secretaria do Emprego e Relações de Trabalho**, São Paulo, 02 maio 2012. Disponível em: <<http://www.emplo.gov.br/noticias/artigos/a-importancia-do-ensino-tecnico-e-da-capacitacao-profissional>>. Acesso em: 02 abr. 2012.