

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LARISSA FRITZEN

**DIRETRIZES PARA REPROJETO DE CÉLULAS DE MANUFATURAS ENXUTAS:
estudo em uma fábrica de autopeças**

Porto Alegre

2013

LARISSA FRITZEN

**DIRETRIZES PARA REPROJETO DE CÉLULAS DE MANUFATURAS ENXUTAS:
estudo em uma fábrica de autopeças**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Modalidade Profissional, na área de concentração em Sistema de produção.

Orientador: Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin

Porto Alegre

2013

LARISSA FRITZEN

**DIRETRIZES PARA REPROJETO DE CÉLULAS DE MANUFATURAS ENXUTAS:
estudo em uma fábrica de autopeças**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Banca examinadora:

Prof. Giuliano Marodin, Dr. (PPGEP – UFGRS)

Prof. Guilherme Tortorella, Dr. (PPGEP – UFGRS)

Prof. Edson Zílio, Dr. (PUCRS)

Dedico este trabalho em especial ao meu esposo pelo apoio neste processo de crescimento pessoal.

Aos meus pais, pessoas com quem sempre contei nos momentos de decisão e que nunca falharam em seus conselhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu esposo por ter colaborado nesta minha caminhada, e por ter estado sempre ao meu lado em todos os momentos, dando-me a força necessária para prosseguir.

Agradeço aos meus irmãos pela compreensão, pela participação, pela força nos momentos difíceis e pelo apoio, sempre incondicional, ao sucesso deste trabalho.

Quero agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Tarcisio Abreu Saurin pela grande dedicação aplicada, pela orientação sempre objetiva e clara, pela colaboração no aprimoramento deste trabalho, sem o qual, certamente, seria impossível atingir o nível desejado e necessário, para que este trabalho fosse, realmente, uma contribuição ao desenvolvimento.

Aos meus pais, que sempre tiveram como meta a educação, como a maior das heranças que se pode oferecer a um filho. Pois o conhecimento adquirido nos acompanha por toda a vida, como um bem do qual jamais é possível nos separarmos.

“Nada está feito enquanto resta alguma coisa para fazer.”

(Romain Rolland)

RESUMO

O cenário do mercado exige que as empresas desenvolvam produtos inovadores e feitos com processos eficazes. Uma das alternativas que as empresas automotivas tiveram para atingir tais objetivos é o uso de sistemas de produção enxuta (SPE). Neste contexto, este trabalho apresenta diretrizes para reprojeto de células de manufaturas enxutas. A aplicação do método é ilustrada por meio do caso de reprojeto de uma célula em uma fábrica de autopeças. A célula foi reprojeta em função da necessidade de adaptação à entrada de um novo produto demandado por um dos principais clientes. Como ponto de partida para o reprojeto, a célula existente foi analisada segundo o nível de uso da produção enxuta, por meio de uma ferramenta de avaliação das práticas de produção enxuta disponível na literatura. Essa aplicação permitiu aperfeiçoar a ferramenta de avaliação e identificar oportunidades de melhoria nas células. Depois disso, o reprojeto seguiu as seguintes etapas: projeto preliminar, projeto detalhado e planejamento da implementação das novas células de manufatura. Contudo, os resultados satisfatórios de um Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) dependem da comunicação entre as etapas e atividades relativas ao processo e a necessidade de integração interfuncional.

Palavras-chave: Células de manufatura. Produção enxuta. Indústria automotiva.

ABSTRACT

The scenario of the market requires that companies develop innovative products and with effective processes. One of the alternatives that the automotive companies had to achieve these goals is to use the lean production systems. In this context, this paper presents guidelines to redesign lean manufacturing cells, an auto parts factory. Cells were redesigned according one need to adapt to the entry of a new product demanded by a major customer. As a starting point for redesign, existing cells were analyzed according to the level of use of lean production, using an assessment tool of lean production practices available literature. This application allowed improving the assessment tool and identifies opportunities for improvement in the cells. After that, redesign involved the following steps: preliminary design, defining the detailed design and planning of the implementation of new manufacturing cells. However, a satisfactory result of a PDP depends on the communication between the steps and activities related to the process and the need cross-functional integration.

Keywords: Manufacturing cells. Lean production. Automotive industry.

LISTA DE ABREVIATURA

BTS	Built to schedule
CI	Melhoria Contínua
CM	Células de Manufatura
DTD	Dock to Dock
EQA	Autonomação de equipamentos
FMS	Sistema Flexível de Manufatura
FTT	First time through
LME	Indicadores enxutos para a medição de desempenho
LSS	Tamanho e forma do arranjo físico
MCT	Multifuncionalidade e prática de rodízio
MFV	Mapeamento de fluxo de valor
ODF	Organização em fluxo dominante
OEE	Overall Efficiency Equipment
ONE	Fluxo unitário
PDP	Processo de desenvolvimento de produtos
PE	Produção Enxuta
PULL	Produção Puxada
QST	Troca rápida de ferramentas
SE	Segurança e ergonomia
SPE	Sistema de produção enxuta
SPR	Nivelamento de Produção
STW	Padronização do trabalho
TG	Tecnologia de grupo
TRF	Troca rápida de ferramenta
TPM	Manutenção produtiva total
TWL	Trabalho em equipe e liderança
VIS	Visibilidade e troca de informações
VPC	Gestão visual do controle de produção
VQC	Gestão visual do controle de qualidade
WAU	Autonomia dos Operadores
WH	Organização do local de trabalho

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Atributos de práticas de produção enxuta no subsistema de recursos humanos.....	21
Quadro 2 – Atributos de práticas de produção enxuta no subsistema de planejamento e controle da produção.....	22
Quadro 3 – Atributos de práticas de produção enxuta no subsistema de tecnologia de processo.....	23
Figura 1 – Modelo de relacionamento das práticas de produção enxuta.....	25
Quadro 4 – Atributos de segurança no trabalho e ergonomia propostos como acréscimo ao método de Saurin.....	26
Figura 2 – <i>Layout</i> da célula de manufatura em estudo.....	30
Figura 3 – Quadro de controle da CM.....	31
Quadro 5 – Ferramentas que contribuem no monitoramento dos resultados dos indicadores.....	32
Figura 4 – Documentação é de fácil acesso aos operadores.....	33
Quadro 6 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema de recursos humanos da célula de manufatura em estudo.....	34
Quadro 7 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema planejamento e controle da produção da célula de manufatura em estudo.....	36
Quadro 8 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema tecnologia de processo da célula de manufatura em estudo.....	38
Quadro 9 – Tabela de pontuação das praticas de PE de acordo média aritmética dos atributos (a, b, c, d).....	40
Figura 5 – Resultado do modelo de relacionamento das práticas de produção enxuta.....	41
Quadro 10 – Definição de células de manufatura.....	63
Figura 6 – <i>Layout</i> antigo da célula de manufatura.....	69
Figura 7 – Capacidade da CM.....	70
Figura 8 – Acessório de montagem das vedações prevista no FMEA....	73
Quadro 11 – Cronograma do planejamento da implementação.....	75

Figura 9 – Layout projetado da célula de manufatura.....	79
Figura 10 – <i>Layout</i> provisório da célula de manufatura.....	80
Quadro 12 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema de recursos humanos da célula de manufatura antes e depois do desenvolvimento.....	81
Quadro 13 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema planejamento e controle da produção da célula de manufatura antes e depois do desenvolvimento.....	84
Quadro 14 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema tecnologia de processo da célula de manufatura antes e depois do desenvolvimento.....	86
Quadro 15 – Pontuação das praticas de PE de acordo média aritmética dos atributos (a, b, c, d).....	88
Figura 11 – Esteira reprojetaada, com visibilidade para a segunda célula.....	89
Figura 12 – Dispositivo e relógio para comunicação entre operador e time de apoio.....	90
Figura 13 – Fotos das peças antes e depois do processo de rebarbar manualmente.....	92
Figura 14 – <i>Layout</i> provisório solicitado pelo cliente.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de resultados dos indicadores da célula de manufatura.....	43
Tabela 2 – Tabela de resultados do mês dos indicadores de OEE e Produtividade da célula de manufatura.....	44
Tabela 3 – Cronograma do projeto de 2010 e 2011.....	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTO.....	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA.....	15
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	15
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	16
1.6	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	16
2	ARTIGO 1	17
3	ARTIGO 2	60
4	COMENTÁRIOS FINAIS	101
4.1	CONCLUSÕES.....	101
	REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

Na introdução é apresentado o contexto, problema de pesquisa, questões de pesquisa, objetivos da pesquisa, estrutura da dissertação e delineamento da pesquisa e delimitações do trabalho.

1.1 CONTEXTO

O aumento da competição no mercado automotivo gera uma pressão para que as empresas busquem mais eficiência nas operações e nos processos de gestão. Nesse contexto, as empresas do setor automotivo têm adotado o Sistema de Produção Enxuta (SPE), que pode ser definido como um sistema produtivo sócio-técnico, cujo objetivo principal é eliminar as perdas por meio de redução da variabilidade nos processos internos, no fornecimento de matérias-primas e nos clientes. (SHAH; WARD, 2003).

Diversos estudos têm identificado os princípios que embasam o SPE. Por exemplo, Womack e Jones (1998) propuseram cinco princípios dos SPE: (a) o valor deve ser especificado pelo cliente final, sendo a referência para melhorias em qualquer processo; (b) as melhorias devem ocorrer ao longo de toda a cadeia de valor; (c) as atividades que criam valor devem fluir em fluxo contínuo e estável; (d) a produção deve ser puxada, ou seja, produzir somente quando acionada pelo processo seguinte; (e) a busca pela perfeição decorre do contínuo combate às perdas.

Liker (2005) propõe 14 princípios, organizados em quatro categorias: filosofia, processo, funcionários e parceiros, solução de problemas. Os princípios do SPE são operacionalizados por uma série de práticas, tais como: mapeamento do fluxo de valor (MFV), *kanban*, 5S, manutenção produtiva total, dispositivos à prova de erro. Tais práticas possuem relações entre si e, por isso, tendem a ser mais eficazes quando aplicadas em conjunto.

A manufatura celular é uma forma de organização de trabalho que favorece o uso dos princípios e práticas do SPE. De acordo com Severiano Filho (1999) uma Célula de Manufatura (CM) envolve conjuntos de postos de trabalho que processam famílias definidas de produtos, através de operações diferentes e sequenciais. O

resultado dessa configuração é um fluxo de materiais linearizado em uma produção contínua e a flexibilidade da mão-de-obra, através de operários polivalentes.

As CM ajudam a atingir objetivos típicos da PE, devido à eliminação de atividades que não agregam valor (SHARMA et al., 2008) e a sua contribuição para redução do *lead time* de processamento. Para Russel et al. (1998), as CM combinam aspectos positivos dos *layouts* por produto (fluxo organizado e sequencial) com aspectos positivos dos *layouts* por processo (flexibilidade para fabricar modelos variados).

Um das ferramentas mais conhecidas para o projeto de CM é a Tecnologia de Grupo (TG). (LOPES, 1998). Segundo Kuo et al. (2001), a TG agrupa produtos em famílias, que por sua vez são caracterizadas por envolverem produtos similares. Além da TG, o projeto da CM costuma levar em conta diversos parâmetros, como os volumes de produção, variedades de produto, a rota dos produtos em processamento, tempo de processamento e tempo de *setup* (LUONG et al., 2002).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A literatura apresenta diversos métodos de projeto de CM. Por exemplo, Gonçalves e Oliveira (2010) propõem o desenvolvimento de CM utilizando as ferramentas de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e o conceito de mecanismo da função produção. Esses autores comentam que estas ferramentas são complementares, visto que o MFV serve para visualização das perdas no processo. Rother e Harris (2002) propõem um método para criar CM alinhadas com os princípios da PE, embora com ênfase em apenas alguns princípios, tais como a produção puxada e o fluxo contínuo. Deste modo, durante o estudo não se encontrou diretrizes para reprojeto de CM que levem em conta uma gama maior de práticas da PE simultaneamente, bem como considerem outras etapas técnicas típicas do projeto de CM, além da identificação de famílias por meio da TG. Corrêa (2009) reprojeto uma CM de montagem através da análise do espaço atual, aplicando as ferramentas de planejamento de arranjo fabril e os conceitos de tecnologia de grupo, não contemplando nenhuma análise de práticas de PE. Estudos que tratam de métodos para avaliar o uso de práticas da PE em CM também poderiam ser reinterpretados no contexto do projeto de CM. Por exemplo, Saurin et al. (2011), propuseram um método para avaliar o uso das práticas de PE em CM, o qual já foi

testado no setor automotivo. Contudo, aquele método ainda não foi avaliado em termos de sua contribuição para o projeto de CM. O método de avaliação de células foi desenvolvido e testado em dois trabalhos complementares, o artigo de Saurin et al. (2011) traz como novidade o modelo de relacionamento e uma discussão mais profunda acerca das fraquezas e pontos fortes do modelos, com base nos casos estudados por Marodin (2008).

Outra lacuna dos trabalhos anteriores diz respeito à falta de ênfase no reprojeto de CM, uma situação que apresenta particularidades em relação ao projeto de CM novas. Como exemplo dessas particularidades, pode ser citada a necessidade e oportunidade de aproveitamento total ou parcial de equipamentos e mão-de-obra existente. Em função das frequentes mudanças no projeto de produtos, o reprojeto de CM tende a ser frequente em mercados dinâmicos como o do setor automotivo. Outros mercados também possuem a necessidade de reprojeto frequentemente. Santos et al. (2010), reprojeto um processo de montagem de caixas fechadas de madeira sem analisar as práticas de produção enxutas, analisando uma sequência lógica dos fluxos, utilizando a cronoanálise e balanceamento dos tempos produtivos, dimensionando a mão-de-obra necessária e reorganizando o *layout* industrial. Por isso, o presente trabalho tem como objetivo principal propor uma diretriz para o reprojeto de células de manufatura enxutas. A aplicação da diretriz é ilustrada por meio de um estudo de caso de reprojeto de uma célula em uma fábrica do setor automotivo.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base no contexto apresentado nos itens anteriores, pode ser enunciada a principal questão da pesquisa: como reprojeto células de manufatura enxutas?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

Respondendo a pergunta principal da questão de pesquisa, o objetivo principal deste trabalho é propor uma diretriz para reprojeto células de manufatura enxuta. Este trabalho também possui o objetivo específico de identificar oportunidades de aperfeiçoamento no método de avaliação da PE em CM, proposto por Saurin et al. (2011).

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho de mestrado profissional está estruturado no formato de artigos científicos, a serem submetidos aos periódicos de engenharia de produção. Este trabalho inicia com a apresentação do contexto da pesquisa, problema, objetivos, método e delimitações da pesquisa, e dois artigos configurando os capítulos II e III.

O primeiro artigo avalia uma célula de manufatura em relação ao uso de práticas de PE. Com base nos resultados desse artigo, foram identificadas oportunidades de melhoria na CM, bem como no método usado para avaliação das mesmas.

O segundo artigo descreve o reprojeto da CM avaliada no artigo anterior, tendo ênfase na apresentação de uma diretriz de reprojeto usado.

1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Dentre as principais delimitações dessa pesquisa podem ser salientadas as seguintes: (i) o reprojeto de apenas uma CM em uma mesma empresa, de modo que o método usado não pode ser generalizado, (ii) a falta de avaliação quantitativa dos resultados do reprojeto, na medida em que não foi possível coletar essas informações dentro dos prazos para conclusão dessa dissertação, (iii) a pontuação aplicada para avaliar as práticas de produção enxuta são amplas, classificando as práticas parciais de uma forma generalizada e (iv) elementos como trabalho padronizado, mapeamento de fluxo de valores e capacidade de máquina não serão discutidos nesta dissertação por se tratar de um assunto conhecido em outros estudos; a dissertação avalia a célula em um formato organizacional e não operacional.

2. ARTIGO 1

AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA EM CÉLULAS DE MANUFATURA NO SETOR AUTOMOTIVO

AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA EM CÉLULAS DE MANUFATURA NO SETOR AUTOMOTIVO

Larissa de S. Pedrosa Fritzen – larissa_pedrosa@hotmail.com

Resumo

O conceito de produção enxuta é muito difundido e aplicado por empresas de vários setores, especialmente no setor automotivo. O uso de células de manufatura é uma das principais práticas adotadas no contexto dos sistemas de produção enxuta. Este artigo tem como objetivo identificar oportunidade de melhoria em um método de avaliação do uso de práticas enxutas em células de manufatura. Com base para identificar tais oportunidades, o método foi aplicado em uma célula de manufatura de uma empresa automotiva que necessita melhorar seu sistema produtivo para a entrada de novos produtos e suportar o aumento da sua demanda produtiva.

Palavras-chave: Células de manufatura. Produção enxuta. Medição de desempenho.

1 INTRODUÇÃO

O setor automotivo caracteriza-se por uma grande competitividade o que exige suprir a demanda com qualidade, eficiência e menor custo, em contextos de frequentes mudanças na estrutura das empresas. (CANGUE et al., 2004). Diante desse cenário, o setor automotivo pode se beneficiar do uso de Sistemas de Produção Enxuta (SPE), originalmente criado pela Toyota. O princípio básico dos SPE é produzir mais com menor utilização de recursos, como energia e mão de obra. (WOMACK et al., 1998).

O SPE tem como uma das suas práticas a organização em células de manufatura, que apresentam benefícios como flexibilidade de *mix*, baixo tempo de *set up*, melhor qualidade. (PARK; HAN, 2002). Além disso, outro ponto forte da

célula de manufatura é que ela requer postos de trabalho com cargas de trabalho balanceadas e baixo estoque em processo, o que acaba revelando rapidamente suas ineficiências. (WILKES, 2000). Os aspectos citados acima também são importantes de acordo com os princípios da PE.

Wilkes (2000) destaca que a implantação de células de manufatura exige um grande comprometimento de toda a companhia, o que pode exigir mudanças culturais. Fleury (1993) e Wilkes (2000) citam como exemplos dessas mudanças, como a delegação de autonomia e responsabilidade aos níveis operacionais, em termos de controle da qualidade, desenvolvimento de projetos de melhorias, e operação de múltiplas máquinas.

Este artigo tem como objetivo identificar oportunidade de melhorias em um método de avaliação das práticas de PE em CM, proposto por Saurin et al. (2011). Tal método foi escolhido por trazer uma visão abrangente das práticas de PE, contemplando àquelas ligadas aos recursos humanos, ao planejamento e controle da produção e as tecnologias de processo. Além disso, o método induz à análise dos relacionamentos entre as práticas, permitindo identificar como melhorias em uma prática impactam em outras. O método de Saurin et al. (2011), até o momento não foi encontrado na literatura em outra aplicação publicada por outros que não sejam os idealizadores do mesmo. Em termos práticos, o trabalho justifica-se, pois a empresa onde o método foi aplicado identificou a necessidade de melhorar o desempenho da célula avaliada, visto que um novo produto deve entrar em produção aumentando a sua demanda. Outro ponto importante é que esta célula, financeiramente, é muito importante para a empresa e, por isso, a entrada de um novo produto requer estudos externos, como o proposto neste artigo; evitando que o reprojeto tenha os mesmos problemas atuais.

2-REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CÉLULAS DE MANUFATURA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

A produção enxuta teve sua origem no setor automobilístico e, posteriormente, foi aplicada em outros setores. É um sistema em que a produção obedece à demanda solicitada. Em contraponto aos sistemas tradicionais de

produção, nos quais se produz com base em programas que não necessariamente refletem os deveres reais de cada operação. (SHARMA et al., 2008).

A produção enxuta abrange uma variedade de práticas que incluem, principalmente, sistema de qualidade, trabalho em equipe e células de manufatura em um sistema integrado (SHAH; WARD, 2003). Segundo Riani (2006), é necessária a aplicação das ferramentas para obter os resultados do sistema enxutos. A célula de manufatura é uma das ferramentas que contribuem com os objetivos da PE.

Células de manufatura são agrupamentos de postos de trabalho que possuem uma sequência de etapas de processo, tendo pouco ou nenhum estoque entre as etapas (CONTADOR, 1995) e fabricando produtos da mesma família. Com a implementação das células, verifica-se uma redução do tempo gasto em transferências entre os postos de trabalho, do tempo de preparação das máquinas, da quantidade de ferramentas utilizadas, do tamanho dos lotes e do tempo total de fabricação. (RIBEIRO; MEGUELATI, 2002). O sistema de produção organizado em células torna-se mais simples e eficiente, apresentando respostas rápidas e qualificadas para as inúmeras demandas de mercado. (CONCEIÇÃO, 2005).

Hyer e Brown (1999) salientam a importância das conexões de tempo, espaço e informação entre os postos de trabalho que compõem as células de manufatura. Os autores definem as conexões como: (a) o tempo de espera e transferência entre operações seqüenciadas deve ser minimizado; (b) o espaço entre as operações realizadas deve ser pequeno; (c) as pessoas responsáveis pela CM devem ter acesso às informações necessárias para o trabalho realizado na CM.

2.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS DE PE USADO NESTE ESTUDO

O método de Saurin et al. (2011) permite avaliar a utilização de práticas de PE em células de manufatura, mostrando pontos fortes e fracos e identificando oportunidade de melhorias com base na análise das interfaces entre práticas de produção enxuta.

O método citado também permite avaliar se os atributos de uma CM existem, quais sejam: tecnologia de grupo, atributo organizacional e conexões de tempo, espaço e informação.

As dezoito práticas de produção enxuta incluídas no método são classificadas em três categorias: Recursos Humanos, Planejamento e Controle da Produção e Tecnologia de Processo. Cada prática possui uma série de atributos, os quais são avaliados com base em fontes de evidências definidas pelo método. Os quadros 1, 2 e 3 apresentam todas as práticas e seus respectivos atributos.

Quadro 1 – Atributos de práticas de produção enxuta no subsistema de recursos humanos.

Práticas	Atributos
1. Trabalho em equipe e liderança (TWL)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O líder de equipe auxilia os operadores em atividades de melhoria e solução de problemas. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O líder de equipe substitui os operadores no caso de ausências. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os operadores são avaliados pelo desempenho do trabalho da equipe como um todo.
2. Melhoria Contínua (CI)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os operadores são treinados em métodos de solução de problemas, incluindo a ênfase em buscar as causas raízes. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há grupos de operadores que se dedicam a atividades de melhoria contínua, se reunindo periodicamente. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os grupos de melhoria contínua são coordenados por operadores ou líderes.
3. Multifuncionalidade e prática de rodízio. (MCT)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Todos os operadores são capacitados a realizar todas as operações da célula. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há um controle da capacitação dos operadores em realizar as operações da célula (ex: matriz de habilidades). <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O rodízio entre postos e operações é realizado de modo diário.
4. Autonomia dos Operadores. (WAU)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os operadores têm autonomia para identificação e controle de variações. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os operadores e o líder têm autonomia para parar a linha de produção em caso de anormalidades. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há dispositivos visuais para solicitar auxílio imediato do líder e ou de áreas de apoio (por exemplo: manutenção, <i>pré-setup</i> , engenharia ou qualidade).
5. Padronização do trabalho. (STW)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há um ou mais formulários de padronização das operações. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O (s) formulário(s) está visível aos operadores e ao líder. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O (s) formulário (s) descreve as informações de: <i>takt time</i> , tempo de ciclo, separação de tempo homem e tempo máquina, seqüência de produção, estoque padrão, desenho do arranjo físico e movimentação dos operadores. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O (s) formulário (s) é atualizado regularmente de acordo com as melhorias realizadas nas operações.

	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O (s) formulário (s) é utilizado para verifica se as operações estão ocorrendo de acordo com os padrões estipulados.
6. Organização do local de trabalho. (WHK)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A célula está organizada (tem apenas os objetos necessários), ordenada (localização clara de cada objeto) e limpa (sem poeira, óleo ou outro tipo de sujeira). <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há um programa 5S com auditorias regulares <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os resultados das auditorias estão publicados junto à célula.

Fonte: Saurin et al. (2011).

Quadro 2 – Atributos de práticas de produção enxuta no subsistema de planejamento e controle da produção.

Práticas	Atributos
7. Produção Puxada. (PULL)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há limites para os estoques em processo, componentes e produto acabado da célula. Tais limites são identificados por meio de dispositivos visuais segundo a lógica de linha <i>FIFO</i> ou <i>kanban</i> . <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O atributo anterior existe para todos os produtos, sejam eles comprados ou fabricados. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A alimentação de componentes da célula é realizada com regularidade e por funcionários dedicados a essa atividade (não pelos próprios operadores da célula).
8. Nivelamento de Produção. (SPR)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Todos os modelos de produtos demandados ao longo do mês são produzidos todos os dias. <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de matérias primas ocorre em constantes volumes entre os processos.
9. Troca rápida de ferramentas. (QST)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A célula não apresenta tempos de <i>setup</i> (por exemplo, na fabricação de apenas um modelo de produto). <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Caso haja <i>setup</i> , as respectivas atividades são padronizadas, havendo diferenciação entre atividades internas e externas.
10. Manutenção produtiva total. (TPM)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Os operadores realizam a manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples, pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) de forma padronizada em todos os equipamentos. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Existe um programa de manutenção planejada preventiva ou preditiva em todos os equipamentos.
11. Indicadores enxutos para a medição de desempenho. (LME)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A célula utiliza indicadores que refletem a adoção de princípios da produção enxuta, tais como: tempo de atravessamento (<i>lead time</i>), <i>FTT</i> ou índice que leve em consideração retrabalho e refugo, o estoque planejado versus real e a eficiência do processo (ex: <i>OEE</i> , no caso de possuir operações não manuais).
12. Gestão visual do	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há um quadro de controle de produção (manual ou automatizado) visível aos operadores da célula, indicando a programação de produção

controle de produção. (VPC)	<p>por períodos de horas ou turnos.</p> <p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>As seguintes informações de controle de produção estão no quadro: planejado; realizado; saldo pendente; motivos de não atendimento; ações corretivas</p>
-----------------------------	---

Fonte: Saurin et al. (2011).

Quadro 3 – Atributos de práticas de produção enxuta no subsistema de tecnologia de processo.

Práticas	Atributos
13. Gestão visual do controle de qualidade. (VQC)	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Há quadros de gestão visual do controle da qualidade (manuais ou automatizados) visíveis aos operadores da célula.</p> <p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Os quadros apresentam os índices de qualidade causa raízes para os defeitos encontrados e respectivos planos de ação.</p>
14. Automação de equipamentos. (EQA)	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina, de modo que as máquinas desenvolvam, ao menos parcialmente, operações que dispensam monitoramento ou ação do operador. Todos os equipamentos possuem dispositivos <i>poka-yokes</i> para detectar anormalidades (erros ou defeitos), os quais paralisam a produção e sinalizam sua ocorrência de forma sonora ou visual.</p>
15. Fluxo unitário. (ONE)	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>As peças são produzidas e transportadas de modo unitário entre operações, sendo que em cada operação se realiza apenas o que é exigido pela etapa posterior.</p>
16. Visibilidade e troca de informações. (VIS)	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Há visibilidade de todos os operadores em relação a todas as operações (operadores e equipamentos) e materiais (em fluxo ou em estoque) alocados na própria célula.</p> <p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Todos os operadores podem se comunicar verbalmente em tom de voz normal.</p>
17. Tamanho e forma do arranjo físico. (LSS)	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>As dimensões da célula e o arranjo físico permitem que todos os operadores (no mínimo dois) troquem materiais entre si, sendo exigido para isso um deslocamento de até um metro de distância.</p> <p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Caso tenha apenas um operador, o arranjo físico permite que a célula opere com mais de um operador e obedece ao atributo anterior.</p>
18. Organização em fluxo dominante. (ODF)	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/>Todos os produtos que são produzidos na célula passam pelos mesmos processos seguindo o mesmo fluxo de produção.</p>

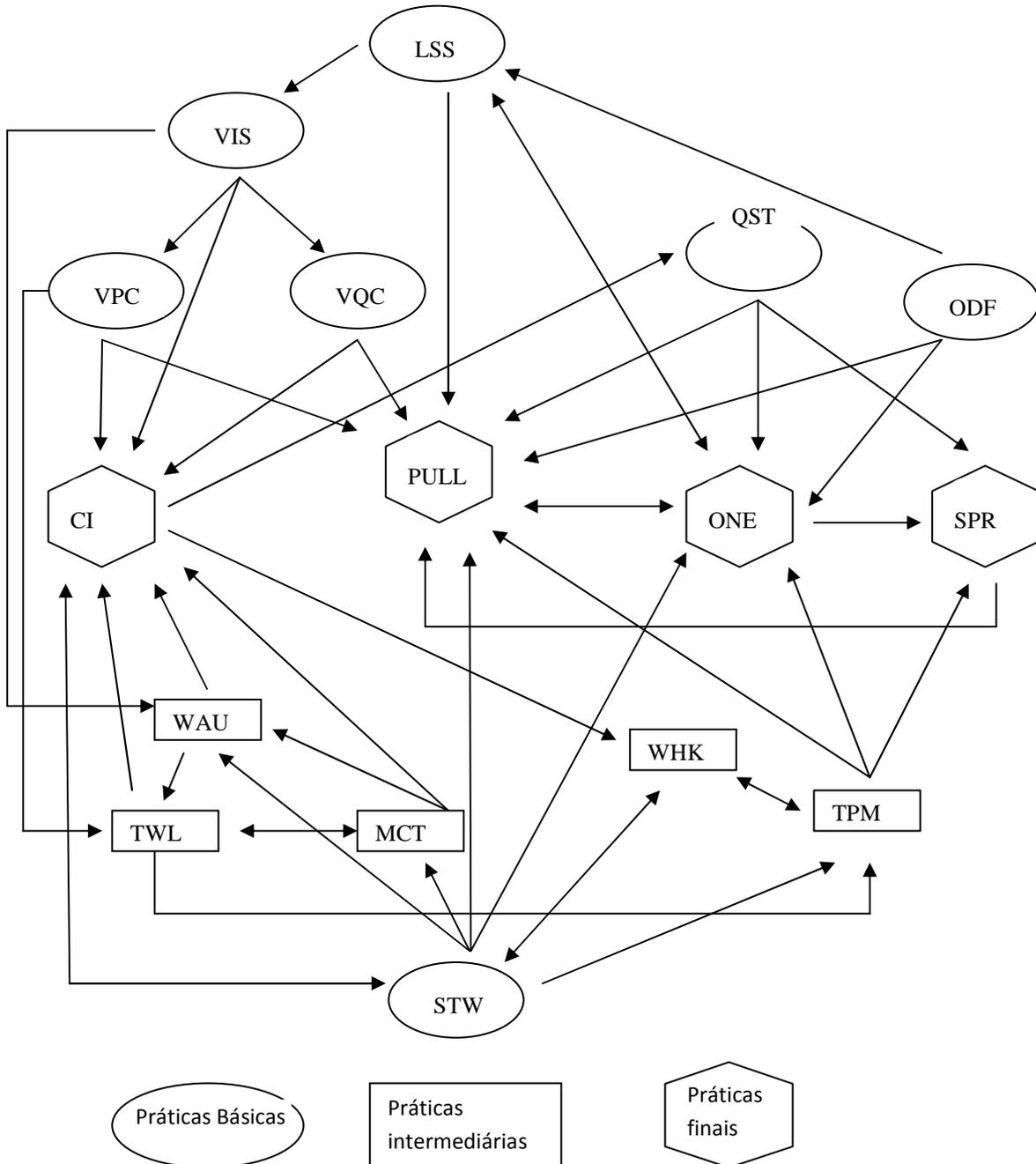
Fonte: Saurin et al. (2011).

Tendo em vista orientar a coleta de dados, Saurin et al. (2011) desenvolveram formulários com 30 questões, distribuídas em quatro seções:

- a) A primeira parte se refere à empresa, buscando informações sobre o porte, segmento que atua e seus produtos;
- b) A segunda aborda as características da célula, como o número de colaboradores, os equipamentos e produtos;
- c) A terceira trata das conexões entre espaço, tempo e informações;
- d) Já a quarta trata da construção da matriz de produto e processo, avaliando o uso de tecnologia de grupo.

A figura 1 apresenta o modelo de relacionamento entre as práticas de PE, não contendo somente as práticas automação de equipamentos (EQA) e indicadores enxutos para a medição de desempenho (LME), visto que essas práticas não apresentaram relações fortes de dependência com as demais. Com base na figura 1, pode-se observar que as práticas são classificadas como: básicas, intermediárias e finais. Os autores definem que (a) práticas básicas apoiam outras práticas pelo menos duas vezes mais do que dependem de outras práticas; (b) práticas intermediárias dependem tanto de outras práticas como outras práticas dependem delas; (c) práticas finais dependem das outras práticas pelo menos o dobro do que elas suportam outras práticas.

Figura 1 – Modelo de relacionamento das práticas de produção enxuta.



Fonte: Saurin et al. (2011).

3 MÉTODO DE PESQUISA

O planejamento deste estudo foi dividido da seguinte forma: a) revisão da bibliografia acerca de CM e SPE; b) escolha do método de avaliação do uso de PE

em CM e melhoria do mesmo; c) escolha da empresa e da célula para aplicar o método; d) organização da aplicação do método de avaliação da célula. Após o planejamento, ocorreu a etapa de aplicação do método de avaliação da célula, em que foi definido o planejamento da aplicação das avaliações da existência dos atributos de CM, do uso das práticas de PE e dos relacionamentos entre as práticas.

3.1 MELHORIAS PROPOSTAS NO MÉTODO DE SAURIN

Antes de aplicar o método de Saurin et al. (2011), foram identificadas oportunidades de aperfeiçoamento no mesmo. Assim, foram incorporados atributos associados à ergonomia e segurança no trabalho, no âmbito da categoria de práticas Recursos Humanos (Quadro 4). De fato, conforme Gary (2003) e Gonçalves Filho et al. (2011), a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais deve ser um dos objetivos relevantes de empresas que implementam a PE.

Recursos Humanos

Quadro 4 – Atributos de segurança no trabalho e ergonomia propostos como acréscimo ao método de Saurin.

Práticas	Atributos	Fontes
7. Segurança e ergonomia. (SE)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Auditorias realizadas pelo o time de apoio avaliando as questões de segurança e ergonomia em cada processo na linha de produção <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há quadros de controles visuais dos controles de segurança e ergonomia. Indicadores proativos, identificando os problemas antes que eles aconteçam e indicadores corretivos. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> O líder conduz as melhorias contínuas para ergonomia e segurança.	<ul style="list-style-type: none"> • Garcia (2004) e Gonçalves Filho et al. (2011) • Gary (2003) • Gonçalves Filho et al. (2011)

Fonte: Fritzen (2013).

Como outro aperfeiçoamento de método de Saurin et al. (2011), foram estabelecidas pontuações para os diferentes níveis de atendimento de cada atributo. Assim, o atributo que está plenamente conforme recebe a pontuação 2; o que está parcialmente conforme recebe a pontuação 1; o que não está conforme recebe a

pontuação 0 e as práticas que não são aplicáveis ao estudo não recebem pontuação. A pontuação de cada prática é calculada a partir da soma das pontuações de cada atributo, dividida pelo total de pontos possíveis em cada prática.

3.2 CRITÉRIOS DE ESCOLHA DA EMPRESA E DA CÉLULA DE MANUFATURA

Os critérios levados em consideração para a escolha da empresa estudada foram os seguintes: a) planta automotiva de grande porte, setor no qual teve início a produção enxuta; b) planta que opera segundo a filosofia da produção enxuta e que tenha um método de implementação desta filosofia.

Após a escolha da planta, foi escolhida uma célula. O principal critério de escolha foi o fato de que um novo produto seria introduzido na mesma, criando então, oportunidade para aplicação de uma diretriz de reprojeto de CM proposto como objetivo principal dessa dissertação.

3.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA CÉLULA

No início da avaliação, a CM foi observada pelo analista de processo durante uma semana, com o objetivo de verificar pontos que pudessem comprometer o estudo e avaliar a existência dos atributos da CM. Foi observado seu funcionamento através do trabalho padrão dos operadores e atividades do líder de produção, como o abastecimento das matérias primas. Com as movimentações, verificou-se o *layout* das máquinas e tempos de ciclos de cada operação. Outro ponto observado foi os quadros de controles de produção, identificando a metodologia adotada para transmitir as informações coletadas na CM.

Para o funcionamento da célula são necessários dois operadores e um líder de produção em cada turno. Desses, somente dois operadores e um líder foram entrevistados como parte da coleta de dados para aplicação do método, uma vez que eles possuem mais de cinco anos de trabalho na célula, possuindo maior conhecimento acerca de suas rotinas. O gerente da produção e o analista de qualidade também foram entrevistados para aplicação do método, tendo em vista que os dois possuem uma visão sistêmica do negócio, além de conhecimento no assunto SPE.

Antes da aplicação dos formulários de avaliação do uso das práticas de PE, verificou-se a importância da realização de uma reunião para explicar aos participantes o objetivo do estudo. Durante o encontro foram apresentadas as tabelas que definem os atributos de recursos humanos, planejamento e controle da produção e tecnologia do processo, além do questionário a ser aplicado (Apêndice A, B, C e D). Foram esclarecidas as diferenças entre o método adotado pela empresa para avaliar a célula e o método usado na pesquisa.

Após a reunião de esclarecimento do método, com duração de uma hora e meia, o questionário foi entregue às pessoas selecionadas. Ao invés do método de Saurin et al. (2011), em que as entrevistas foram feitas no local, os colaboradores levaram o questionário para suas casas, para que tivessem tempo hábil de responder as questões propostas. Essa medida foi tomada também porque a gerência tinha receio de que este trabalho prejudicasse o andamento da produção. Todos entregaram o questionário uma semana após a reunião de esclarecimento.

A engenharia de processo analisou os questionários de uso das práticas de PE dos participantes. Logo após o resultado, foram avaliados relacionamentos entre as práticas de PE. Estas análises tiveram uma duração de dois meses, em que foram apresentadas para o time participante em uma reunião de resultados. Com base nos resultados do estudo, foram discutidas as melhorias identificadas. Todos concordaram com os resultados apresentados, debatendo as questões de maior pontuação.

4-RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA E DA CÉLULA ESTUDADA

Fundada em 1904 a empresa multinacional é sediada na cidade de Maumee, Ohio, nos Estados Unidos. Atua em 26 países, nos quais emprega 25.000 colaboradores em todas as suas unidades. Há 63 anos no Brasil, a empresa mantém 13 unidades industriais e dois Centros de Serviços Compartilhados, em Gravataí, no Rio Grande do Sul, em Diadema, em Sorocaba, no interior de São Paulo.

A planta onde está presente a célula em estudo se localiza em Gravataí no estado do Rio Grande do Sul e possui cerca de 200 funcionários diretos, sendo 150

operadores na produção. Atendendo o mercado nacional e internacional, seus principais produtos são módulos de vedação que tem como matéria prima o metal, o plástico e a borracha. O faturamento desta planta representa 7,5% do faturamento da empresa no Brasil, chegando a R\$ 65 milhões em 2011.

Dentro desta planta, foi escolhida a célula mais evoluída em seu sistema de produção. Esta célula produz tampas de válvula em termoplástico, material polimérico que a torna mais leve e econômica para carros de passeio. Nessa célula, práticas de produção enxuta vêm sendo aplicadas há sete anos.

A célula possui dez operações, sendo conduzidas por dois colaboradores e um líder de produção, em cada turno. Conforme a figura 2, a primeira célula funciona com seis operações: injeção de plástico, rosca, montagem de inserto metálico, montagem de estampados e inserção de silicone. Já a segunda célula possui quatro operações: montagem de junta de vedação, parafusos, tampa de óleo e válvula e um teste final de vazamento. A célula opera em dois turnos, fabricando produtos que seguem diretamente para a expedição. A produção diária é de setecentas peças.

diária, a eficácia das práticas de PE também é avaliada por meio de indicadores de desempenho, cujos resultados são expostos em um quadro de controle.

Figura 3 – Quadro de controle da CM.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os indicadores usados são os seguintes: a entrega, a segurança, a qualidade, a produtividade e a eficiência. Apesar de todos indicadores serem controlados pela manufatura, cada um possui um responsável da área de apoio para monitorar o desempenho.

O indicador de entrega corresponde à área de programação e controle da produção e seu resultado é controlado visualmente através de cores: verde (entrega no prazo), amarelo (entrega no prazo via frete aéreo) e vermelho (não entregou para o cliente). O controle de segurança corresponde à área de segurança do trabalho, controlando os acidentes, incidentes, e a prevenção de acidentes. Tem como meta zero acidente por ano e também é controlado na CM através de cores: verde (não acidentes), amarelo (incidentes) e vermelho (acidentes). Os incidentes ou quase acidente, são todas as ocorrências que se verificam no dia a dia de trabalho, não atingindo as pessoas e não ocasionando danos à propriedade. O acidente é aquele que provoca lesão corporal ou perturbação funcional, que causa a redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho.

O controle de qualidade avalia a sucata e as reclamações de clientes da CM. São controladas em um quadro de controle as reclamações de clientes por dia, em que: verde não possui reclamação e vermelho possui reclamação. A sucata da CM é

discutida nas reuniões diárias de produção e tem como meta 0,166% por ano. Os indicadores de produtividade e OEE são controles da produção, em que a produtividade está ligada a eficiência dos processos, tratando da utilização dos recursos para gerar produtos e serviços. Seu cálculo é feito da seguinte forma: número de peça por hora, dividido pelo tempo disponível para a produção. O OEE é o resultado do produto entre os fatores: disponibilidade, *performance* e qualidade. Conforme o quadro 5, o time de apoio utiliza ferramentas que contribuem no monitoramento dos resultados dos indicadores.

Quadro 5 – Ferramentas que contribuem no monitoramento dos resultados dos indicadores.

Ferramentas	Indicadores				
	Entrega	OEE	Produtividade	Segurança	Qualidade
Downtime (paradas não programadas)	X	x	x		
Past due (indicador de atraso por dia em valor financeiro),	X				
BTS (built to schedule)	X	x	x		
Overtime (hora extra de produção)		x	x		
DTD (dock to dock)		x	x		
FTT (first time through).		x	x		
Assets utilization (utilização de máquina).		x	x		

Fonte: Fritzen (2013).

4.3 AVALIAÇÃO DA EXISTÊNCIA DOS ATRIBUTOS DE CM

Nesta etapa da pesquisa foi avaliado se a célula aderiria às características de célula de manufatura descritas na seção 2.2 deste artigo. Observou-se que as operações são diferentes e sequenciais, e que é dedicada a uma família de produtos. A CM possui um *layout* compacto, que diminui as caminhadas dos operadores e transferências de materiais. Esse *layout* também contribui para um curto tempo de espera entre uma operação e outra. A célula está separada por um túnel de resfriamento, por motivos de tecnologia de processo. O túnel também ajuda no balanceamento da célula, pois os tempos de ciclos das operações são diferentes.

Em relação às conexões de informação, há documentação em local de fácil acesso e visibilidade, mostrando os procedimentos operacionais padronizados e especificações técnicas dos produtos. Além disso, a célula também possui quadros com indicadores que mostram os resultados do dia a dia de qualidade, produção e segurança.

Figura 4 – Documentação é de fácil acesso aos operadores.



Fonte: Elaborado pela autora.

A CM possui metas de desempenho que são controladas pelo líder de produção, que também contam com um gerente de produção e supervisor de produção. O líder é o responsável por coordenar os operadores e também dar o suporte técnico imediato, como soluções para problemas de primeiro nível. Junto ao líder, na área de suporte técnico, há um analista de processo que é envolvido em todas as documentações, melhorias e desenvolvimentos. Também há um analista da qualidade que se envolve com as auditorias de qualidade e reclamações de cliente.

4.4 USO DAS PRÁTICAS DE PE NA CÉLULA AVALIADA

Os quadros 6, 7 e 8 apresentam na terceira coluna, os resultados acerca da existência dos atributos das práticas de PE na célula avaliada e na quarta coluna o resultado da pontuação de cada prática. O quadro 9 apresenta em uma tabela o resumo da pontuação que cada prática obteve, conforme a secção 3.2.

Recursos Humanos

Quadro 6 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema de recursos humanos da célula de manufatura em estudo.

Práticas	Atributos	Resultados dos atributos verificados na célula	Pontuação das práticas de PE
1. Trabalho em equipe e liderança (TWL)	<p>a) O líder de equipe auxilia os operadores em atividades de melhoria e solução de problemas.</p> <p>b) O líder de equipe substitui os operadores no caso de ausências.</p> <p>c) Os operadores são avaliados pelo desempenho do trabalho da equipe como um todo.</p>	a) O líder é o responsável pelas atividades de melhoria e solução de problemas	<p>a) 1 pt</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 2 pts</p>
2. Melhoria Contínua (CI)	<p>a) Os operadores são treinados em métodos de solução de problemas, incluindo a ênfase em buscar as causas raízes.</p> <p>b) Há grupos de operadores que se dedicam a atividades de melhoria contínua, se reunindo periodicamente.</p> <p>c) Os grupos de melhoria contínua são coordenados por operadores ou líderes.</p>	<p>a) Os operadores estão desatualizados nos métodos de solução de problemas.</p> <p>b) O líder é responsável por melhoria contínua na linha.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> Não possui grupos de melhoria contínua.</p>	<p>a) 1 pt</p> <p>b) 1 pt</p> <p>c) 0 pts</p>
3. Multifuncionalidade e prática de rodízio (MCT)	<p>a) Todos os operadores são capacitados a realizar todas as operações da célula.</p> <p>b) Há um controle da capacitação dos operadores em realizar as operações da célula (ex: matriz de habilidades).</p> <p>c) O rodízio entre postos e operações é realizado de modo diário.</p>	<p>a) Todos os operadores são treinados em todos os postos, mais falta experiência nas máquinas.</p> <p>c) A linha não possui rodízio entre postos</p>	<p>a) 1 pt</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 0 pts</p>
4. Autonomia dos Operadores (WAU)	a) Os operadores têm autonomia para identificação e controle de	b) <input type="checkbox"/> O líder é o único com autonomia para	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 1 pt</p>

	<p>variações.</p> <p>b) Os operadores e o líder têm autonomia para parar a linha de produção em caso de anormalidades.</p> <p>c) Há dispositivos visuais para solicitar auxílio imediato do líder e ou de áreas de apoio (por exemplo: manutenção, <i>pré-setup</i>, engenharia ou qualidade).</p>	<p>parar a linha de produção em caso de anormalidades.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> Há dispositivos visuais para solicitar auxílio imediato do líder e das áreas suporte</p>	<p>c) 0 pts</p>
<p>5. Padronização do trabalho (STW)</p>	<p><input type="checkbox"/> Há um ou mais formulários de padronização das operações.</p> <p>a) O (s) formulário (s) está visível aos operadores e ao líder.</p> <p>b) O (s) formulário (s) descreve as informações de: <i>takt time</i>, tempo de ciclo, separação de tempo homem e tempo máquina, sequência de produção, estoque padrão, desenho do arranjo físico e movimentação dos operadores.</p> <p>c) O (s) formulário (s) é atualizado regularmente de acordo com as melhorias realizadas nas operações.</p> <p>d) O (s) formulário (s) é utilizado para verifica se as operações estão ocorrendo de acordo com os padrões estipulados.</p>	<p>c) <input type="checkbox"/> Os formulários necessitam de melhorias na sua atualização</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 1 pt</p> <p>d) 2pts</p>
<p>6. Organização do local de trabalho (WHK)</p>	<p>a) A célula está organizada (tem apenas os objetos necessários), ordenada (localização clara de cada objeto) e limpa (sem poeira, óleo ou outro tipo de sujeira).</p> <p>b) Há um programa 5S com auditorias regulares</p> <p>c) Os resultados das auditorias estão publicados junto à célula.</p>	<p><input type="checkbox"/> Neste requisito a célula está com seus procedimentos conforme</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 2 pts</p>

7. Segurança e ergonomia. (SE)	<p>a) Auditorias realizadas pelo o time de apoio avaliando as questões de segurança e ergonomia em cada processo na linha de produção.</p> <p>b) Há quadros de controles visuais dos controles de segurança. Indicadores proativos, identificando os problemas antes que eles aconteça em indicadores corretivos</p> <p>c) O líder conduz as melhorias contínuas para ergonomia e segurança.</p>	<p>a) <input type="checkbox"/>s operadores indicaram que necessitam melhorias na área de ergonomia, pois sentem dores nos corpos.</p> <p>a) <input type="checkbox"/> célula possui auditorias de ergonomia, mas o trabalho ainda necessita de melhorias.</p>	<p>a) 1 pt b) 2 pts c) 2 pts</p>
--------------------------------	--	--	--

Fonte: Fritzen (2013).

Planejamento e controle da produção

Quadro 7 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema planejamento e controle da produção da célula de manufatura em estudo.

Práticas	Atributos	Resultados dos atributos verificados na célula	Pontuação das práticas de PE
8. Produção Puxada (PULL)	<p>a) Há limites para os estoques em processo, componentes e produto acabado da célula. Tais limites são identificados por meio de dispositivos visuais segundo a lógica de linha <i>FIFO</i> ou <i>kanban</i>.</p> <p>b) O atributo anterior existe para todos os produtos, sejam eles comprados ou fabricados.</p> <p>c) A alimentação de componentes da célula é realizada com regularidade e por funcionários dedicados a essa atividade (não pelos próprios operadores da célula).</p>	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme.</p>	<p>a) 2 pts b) 2 pts c) 2 pts</p>
9. Nivelamento de Produção	<p>a) Todos os modelos de produtos demandados ao longo do mês são produzidos todos os dias.</p>	<p><input type="checkbox"/><input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos</p>	<p>a) 2pts b) 2pts</p>

(SPR)	b) Consumo de matérias primas ocorre em constantes volumes entre os processos.	conforme	
10. Troca rápida de ferramentas (QST)	a) A célula não apresenta tempos de <i>setup</i> (por exemplo, na fabricação de apenas um modelo de produto). b) Caso haja <i>setup</i> , as respectivas atividades são padronizadas, havendo diferenciação entre atividades internas e externas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme	a) 2pts
11. Manutenção produtiva total (TPM)	a) Os operadores realizam a manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples, pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) de forma padronizada em todos os equipamentos. b) Existe um programa de manutenção planejada preventiva ou preditiva em todos os equipamentos.	a) <input type="checkbox"/> Alguns equipamentos da área de montagem não possuem manutenção preventiva.	a) 2pts b) 1pt
12. Indicadores enxutos para a medição de desempenho (LME)	a) A célula utiliza indicadores que refletem a adoção de princípios da produção enxuta, tais como: tempo de atravessamento (<i>lead time</i>), <i>FTT</i> ou índice que leve em consideração retrabalho e refugo, o estoque planejado versus real e a eficiência do processo (ex: <i>OEE</i> , no caso de possuir operações não manuais).	a) <input type="checkbox"/> Não possui indicadores de lead time e estoque planejado versus real	a) 1pt
13. Gestão visual do controle de produção (VPC)	a) Há um quadro de controle de produção (manual ou automatizado) visível aos operadores da célula, indicando a programação de produção por períodos de horas ou turnos. b) As seguintes informações de controle de produção estão no quadro: planejado; realizado; saldo pendente; motivos de não atendimento; ações corretivas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme.	a) 2pts b) 2pts

Fonte: Fritzen (2013).

Tecnologia de processo

Quadro 8 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema tecnologia de processo da célula de manufatura em estudo.

Práticas	Atributos	Resultados dos atributos verificados na célula	Pontuação das práticas de PE
14. Gestão visual do controle de qualidade (VQC)	<p>a) Há quadros de gestão visual do controle da qualidade (manuais ou automatizados) visíveis aos operadores da célula.</p> <p>b) Os quadros apresentam os índices de qualidade causa raízes para os defeitos encontrados e respectivos planos de ação.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme.	<p>a) 2pts</p> <p>b) 2pts</p>
15. Automação de equipamentos (EQA)	a) Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina, de modo que as máquinas desenvolvam, ao menos parcialmente, operações que dispensam monitoramento ou ação do operador. Todos os equipamentos possuem dispositivos <i>poka-yokes</i> para detectar anormalidades (erros ou defeitos), os quais paralisam a produção e sinalizam sua ocorrência de forma sonora ou visual.	a) <input type="checkbox"/> Nem todos os processos possuem poka-yokes.	a) 1pt
16. Fluxo unitário (ONE)	a) As peças são produzidas e transportadas de modo unitário entre operações, sendo que em cada operação se realiza apenas o que é exigido pela etapa posterior.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme.	a) 2pts
17. Visibilidade e troca de informações. (VIS)	<p>a) Há visibilidade de todos os operadores em relação a todas as operações (operadores e equipamentos) e materiais (em fluxo ou em estoque) alocados na própria célula.</p> <p>b) Todos os operadores podem se comunicar verbalmente em tom de voz normal.</p>	<p>a) Os operadores não possuem uma boa visibilidade da célula</p> <p>b) Os operadores não se comunicam em tom de voz normal</p>	<p>a) 1pt</p> <p>b) 0pts</p>

18. Tamanho e forma do arranjo físico. (LSS)	<p>a) As dimensões da célula e o arranjo físico permitem que todos os operadores (no mínimo dois) troquem materiais entre si, sendo exigido para isso um deslocamento de até um metro de distância.</p> <p>b) Caso tenha apenas um operador, o arranjo físico permite que a célula opere com mais de um operador e obedece ao atributo anterior.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme.	<p>a) 2pts</p> <p>b) 2pts</p>
19. Organização em fluxo dominante (ODF)	<p>a) Todos os produtos que são produzidos na célula passam pelos mesmos processos seguindo o mesmo fluxo de produção.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Neste requisito a célula esta com seus procedimentos conforme.	<p>a) 2pts</p>

Fonte: Fritzen (2013).

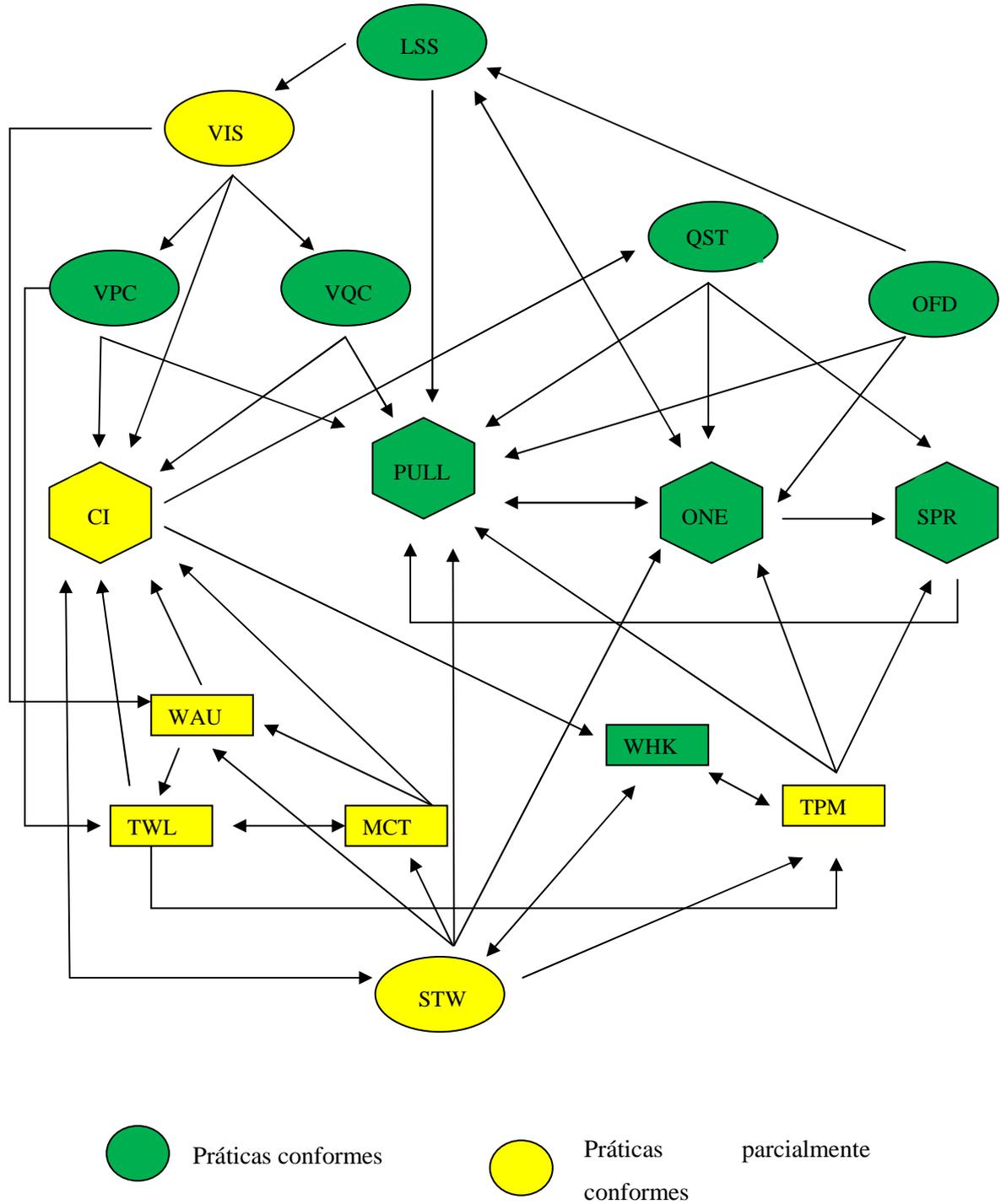
Quadro 9 – Tabela de pontuação das praticas de PE de acordo média aritmética dos atributos (a, b, c, d).

Pontuação dos atributos					
	A	B	C	D	Total
17.Visibilidade e troca de informação (VIS)	1	0	-	-	0,5
2.Melhoria contínua (CI)	1	1	0	-	0,66
3.Multifuncionalidade e prática de rodízio (MCT)	1	2	0	-	1,0
4.Autonomia dos operadores (WAU)	2	1	0	-	1,0
12.Indicadores enxutos para a medição de desempenho (LME)	1	-	-	-	1,0
15.Autonomia de equipamentos (EQA)	1	-	-	-	1,0
11.Manutenção produtiva total (TPM)	2	1	-	-	1,5
1.Trabalho em equipe liderança (TWL)	1	2	2	-	1,6
7.Segurança e ergonomia (SE)	1	2	2	-	1,6
5.Padronização do trabalho (STW)	2	2	1	2	1,7
6.Organização do local de trabalho (WHK)	2	2	2	-	2,0
8.Produção puxada (PULL)	2	2	2	-	2,0
9.Nivelamento de produção (SPR)	2	2	-	-	2,0
10.Troca rápida de ferramentas (QST)	2	-	-	-	2,0
13.Gestão visual do controle de produção (VPC)	2	2	-	-	2,0
14.Gestão visual do controle de qualidade (VQC)	2	2	-	-	2,0
16.Fluxo unitário (ONE)	2	-	-	-	2,0
18.Tamanho e forma do arranjo físico (LSS)	2	2	-	-	2,0
19.Organização em fluxo dominante (ODF)	2	-	-	-	2,0

Fonte: Fritzen (2012).

Conforme podemos verificar no quadro 9 a célula apresentou nove práticas de produção enxuta que são utilizadas completamente (WHK, ONE, QST, VQC, VPC, PULL, SPR, ODF, LSS) representando 47% do total. Dez práticas que são usadas parcialmente (VIS, CI, MCT, WAU, TWL, STW, LME, EQA, SE, TPM).

Figura 5 – Resultado do modelo de relacionamento das práticas de produção enxuta.



Fonte: Saurin et al. (2011).

Conforme a figura 5 as práticas VIS, CI, MCT, WAU, TWL, STW e TPM foram consideradas como parciais, por alguns pontos não estarem de acordo com o estudo.

Em relação à prática VIS, dois atributos foram considerados parciais. O primeiro porque os operadores não possuem uma boa visibilidade da CM e o segundo porque os operadores não se comunicam verbalmente em tom de voz normal. O primeiro atributo pode impactar diretamente nos resultados das práticas VPC e VQC que são consideradas práticas conforme; pois mesmos que os quadros de controles de produção e qualidade tenham uma gestão visual e sejam visíveis aos operadores, os quadros só podem ser vistos na entrada da célula. O segundo atributo se interliga com as práticas WAU, TWL, STW, MCT e CI, em que a MCT depende diretamente das outras para um bom resultado.

A prática MCT não possui rodízio entre postos devido a problemas de qualidade. Segundo a gerência da empresa, isto acontece por que os operadores que estão fixos nos postos de trabalho conhecem muito bem as operações, e por isso têm receio de que a implementação aumente o índice não qualidade. O primeiro ponto que deveria ser tratado é a documentação desatualizada da prática STW, pois as informações corretas fazem com que os operadores não tenham dúvidas nos postos de trabalho.

Outro ponto para solucionar os problemas de qualidade, é que os problemas deveriam ser tratados através de um grupo de melhoria contínua, que é um atributo da prática CI, e que não deveria ter somente um responsável, conforme o resultado da prática TWL. Outra solução para os problemas de qualidade poderia ser a implementação do atributo de solicitação imediata para auxílio da prática WAU, em que a mesma ajudaria na comunicação interna da CM, visto que na prática VIS foi detectado que os operadores não se comunicam verbalmente em tom de voz normal devido ao ruído de ar comprimido das inúmeras máquinas de injeção de borracha.

As práticas VIS, TWL, STW, CI, MCT, WAU citadas acima necessitam umas das outras para solucionar as questões que não estão de acordo. Como visto, a prática MCT só será conforme se os problemas de qualidade forem solucionados através das práticas VIS, TWL, STW, CI e WAU.

Outra prática que não está conforme é a TPM, por não possuir manutenção preventiva em todos os equipamentos. A TPM também pode causar problemas de qualidade que prejudicam a prática MCT. Além desta, outra prática como WHK, que

é considerada conforme, pode ter resultados não desejados visto que a falta de manutenção dos equipamentos pode gerar vazamentos de óleo, prejudicando limpeza da célula.

4.5 RESULTADOS DOS INDICADORES DA CÉLULA DE MANUFATURA

Os resultados dos indicadores de qualidade: entrega, segurança, produtividade e eficiência foram analisados durante seis meses antes da entrada do novo produto da CM, tendo como objetivo comparar os resultados. A tabela 1 mostra o resultado da média dos seis meses analisados.

Tabela 1 – Tabela de resultados dos indicadores da célula de manufatura.

Indicadores	Resultados	Metas
Entrega	100%	100%
Segurança	0%	0%
Qualidade	1.8%	2%
Produtividade	90%	91%
Eficiência	93%	89%

Fonte: Fritzen (2013).

Os resultados dos indicadores de entrega e segurança mostraram-se satisfatórios para a empresa, atingindo as metas de 100% de entrega e de nenhum acidente na área de segurança. Comparado com os resultados do estudo da tabela 1, os atributos de planejamento e controle da produção e de segurança estão com a pontuação máxima nos seus requisitos, confirmando os resultados dos indicadores apresentados pela empresa.

Em relação ao indicador da qualidade, verificou-se que o seu índice estava dentro do especificado pela a empresa, que tem como meta 2% de sucata. Mesmo tendo bons resultados, este índice vem aumentando nos últimos anos. Esse aumento da sucata era oriundo de uma falta de manutenção preventiva em alguns equipamentos de montagem. De fato, na avaliação do uso da PE, apenas parte dos atributos da prática TPM era atendida, em função da falta de manutenção preventiva.

Tabela 2 – Tabela de resultados do mês dos indicadores de OEE e Produtividade da célula de manufatura.

Monthly Performance Summary																																	
KPI / Information	Shift	Day																														MTD	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31
OEE (%)	MM 401	1	98%	93%		80%	96%	94%	86%	91%			87%	93%	88%	83%	93%			89%	90%	95%	93%	87%			91%	95%	98%	95%	46%	91%	89%
		2																															
		3	79%	99%		86%	91%	95%	98%	95%			91%	98%	86%	99%	97%			91%	85%	98%	97%	93%			84%	76%	83%	94%	95%	92%	91%
		Avg	90%	96%		85%	95%	96%	95%	94%			92%	104%	90%	93%	96%			90%	90%	96%	96%	92%			88%	90%	93%	95%	79%	93%	93%
Productivity (%)	MM 401	1	98%	93%		80%	96%	94%	86%	91%			87%	93%	88%	83%	93%			89%	90%	95%	93%	87%			91%	95%	98%	95%	46%	91%	89%
		2																															
		3	79%	99%		86%	91%	95%	98%	95%			91%	98%	86%	99%	97%			91%	85%	98%	97%	93%			84%	76%	83%	94%	95%	92%	91%
		Avg	88%	96%		83%	94%	95%	92%	93%			89%	96%	87%	91%	95%			90%	88%	96%	95%	90%			88%	86%	91%	94%	71%	91%	90%

Fonte: Fritzen (2013).

O resultado do indicador de eficiência encontra-se em 93 %, e o indicador de produtividade em 90%. Conforme a tabela 2 analisou-se que, mesmo com as metas de 89% e 91%, estes dois indicadores apresentaram várias paradas devido a problemas de processo e máquinas, chegando a 40 horas mensais.

Mesmo a empresa utilizando práticas de produção enxuta há anos, os resultados mostraram a importância do estudo de Saurin et al. (2011) para a CM. Com o estudo, identificou-se que todas as horas paradas ocorreram por não atendimento imediato da CM, sendo necessárias paradas maiores posteriores para atender a qualidade de produto. Um dos resultados do estudo mostrou que esta ineficiência do não atendimento da linha, prejudica o seu andamento sendo necessários dispositivos visuais, como o *andon*. A falta da ferramenta *andon* era de conhecimento da empresa e foi detectada nas auditorias, mas não se sabia o impacto causado pela ausência da mesma, pois os resultados mensais foram sempre acima da meta.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou uma avaliação do uso de práticas de produção enxuta de uma célula de manufatura, a qual seria reprojeta em função da introdução de um novo produto. A CM em análise era a mais importante para empresa financeiramente e, por isso, uma avaliação externa se fazia necessária para evitar que o reprojeto tenha as mesmas falhas da CM atual.

Os participantes da aplicação deste método foram os operadores, chefes de produção, analistas de processo e de qualidade, que viram as principais diferenças entre os métodos de Saurin et al. (2011) e o método da empresa.

Ao analisar o método de Saurin et al. (2011) e o da empresa, chegou-se a conclusão de que era necessário incluir os itens: segurança do trabalho e ergonomia. Outra modificação incluída no trabalho foi uma tabela de pontuação das práticas de PE, gerando graus de importância dos atributos para o reprojeto da CM.

Após a aplicação, percebeu-se que algumas práticas da PE não eram usadas: Trabalho em equipe e liderança (TWL), Padronização do trabalho (STW), Melhoria contínua (CI), multifuncionalidade e práticas de rodízio (MCT), autonomia dos operadores (WAU) e visibilidade e troca de informações (VIS), Segurança e ergonomia (SE) e Automação de equipamentos (EQA). Estas práticas devem ser o foco das melhorias durante o processo de reprojeto.

Na análise geral do trabalho, podemos considerar que 47% das práticas de produção enxuta avaliadas no trabalho de Saurin et al. (2011), estão atingindo a pontuação máxima, deixando algumas melhorias a serem executadas para que esta célula seja considerada enxuta.

REFERÊNCIAS

CANGÜE, F.; GODEFROID, L.; SILVA, E. Análise atual do setor automobilístico nacional. **Revista Científica Symposium**. v. 2, n. 1, 2004.

CONCEIÇÃO, S. Otimização do fluxo de materiais através da manufatura celular. **Prod.**, São Paulo, v. 15, n. 2, may/aug. 2005.

CONTADOR, J. **Células de manufatura**. São Paulo: Departamento de engenharia de produção UNESP, 1995.

FLEURY, A. Cultura da qualidade e mudança organizacional. **Revista de administração**, v. 33, n. 2, p. 26-34, 1993.

GARCIA, C. Planejamento da auditoria de saúde e segurança no trabalho – OHSAS 18001. In: SIMPEP, 11., 2004, Bauru. **Anais...** Bauru: [s.n.], 2004

GARY, L. Developing and implementing and ergonomic audit for manufacturing. **MSQA Program**, n. 28, jul. 2003.

GONÇALVES FILHO, A.; ANDRADE, J.; MARINHO, M. Culture e safety management: the proposal of a model. **Gestão de Produção**, São Carlos, v. 18, n. 1, p. 205-220, 2011.

HYER, N.; BROWN, K. A. The discipline of real cells. **Journal of operations Management**, v. 17, p. 557-574, 1999.

PARK, K. S.; HAN, S. W. **Performance obstacles in cellular manufacturing implementation - empirical investigation**. Human factors and ergonomics in manufacturing. [S.l.]: [s.n.], 2002.

RIANI, A. **Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. Engenharia de produção. Juiz de Fora: UFJF, 2006.

RIBEIRO, J.; MEGUELATI, S. Organização de um sistema de produção em células de fabricação. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 9, n. 1, 2002.

SAURIN, T.; MARODIN, G.; RIBEIRO, J. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. **International journal of production research**, v. 49, n.11, p. 3211-3230, 2011.

SHARMA, B. P.; PATTANAİK, L. N. **Implementing lean manufacturing with cellular lay out: a case study**. India: Department of Production Engineering, Birla Institute of Technology, 2008.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and a performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, 2003.

WILKES N.. Strength in agility. **Professional engineering**, v. 13, p. 34-35, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO “I”: CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DA CÉLULA

FORMULÁRIO “I” – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESAE DA CÉLULA:

1. Caracterização da empresa:

- 1.1 Qual o faturamento anual aproximado da empresa?
- 1.2 Qual é o total de funcionários na empresa?
- 1.3 Qual é o número de operadores na fábrica?
- 1.4 Quais são os principais produtos da empresa?
- 1.5 Quais são os principais clientes da empresa?
- 1.6 Quais são os principais mercados em que a empresa atua?
- 1.7 Qual o setor produtivo em que a empresa se enquadra?
- 1.8 A empresa possui um esforço ou um incentivo de utilização da Produção Enxuta? Se a resposta for sim, como está organizado?
- 1.9 Qual foi o ano de início das atividades voltadas à Produção Enxuta?
- 1.10 Como a empresa buscou se capacitar em Produção Enxuta?
- 1.11 Na sua opinião, em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 o maior grau, e 0 o menor), Qual o grau de utilização da Produção Enxuta na empresa?

2. Caracterização da célula

- 2.1 Quais os números máximo e mínimo de operadores com que a célula opera?
- 2.2 Qual o número de operadores que a célula terá no momento da aplicação da sistemática?
- 2.3 Quais são os tipos de equipamentos presentes na célula?
- 2.4 Quantos processos (iguais ou diferentes) a célula apresenta?
- 2.5 Quais os produtos produzidos pela célula?
- 2.6 A célula recebe componentes de processos internos da fábrica?
- 2.7 A célula produz para clientes internos da fábrica?
- 2.8 Qual foi o método ou o procedimento utilizado para criar ou escolher os produtos que passariam pela célula?
- 2.9 Há quanto tempo esta célula está em funcionamento?
- 2.10 Qual foi a última alteração no arranjo físico?
- 2.11 A célula é considerada uma unidade administrativa própria, sendo gerenciada de maneira única, com seus próprios recursos, metas, medidas e responsabilidade de desempenho?
- 2.12 Em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 o maior grau, e 0 o menor), qual o grau de utilização de práticas da Produção Enxuta em que você considera a célula?

4. Índícios dos atributos das conexões de tempo, espaço e informação Questões	SIM	NÃO
4.1 No arranjo físico, os equipamentos e os operadores estão próximos? Obs: _____		
4.2 Há facilidade de transferência de materiais? Obs: _____ Descrever o motivo que levou à resposta _____		
4.3 Há facilidade de troca de informações e de comunicação entre operadores? Obs: _____ * Descrever o motivo que levou à resposta _____		
4.4 Há facilidade de resolução rápida de problemas entre operadores? Obs: _____ * Descrever o motivo que levou à resposta _____		
4.5 O tempo de transferência e espera entre as operações da célula poder ser considerado como baixo, em relação à distância e ao tempo percorrido? Obs: _____		
4.6 As informações de indicadores, metas, pedidos, procedimentos e disponibilidade de componentes e produtos estão completas, disponíveis e precisas a todos? Obs: _____		
4.7 A localização de todos os recursos (humanos, equipamentos e estoques) permite que a maior parte dos operadores tenha visibilidade da maior parte desses recursos? Obs: _____		
4.8 A célula possui uma forma compacta (ex.: U, L, V, circular...)? Obs: _____		
4.9 Os recursos técnicos (equipamentos) e humanos (operadores) são dedicados exclusivamente à célula? Obs: _____		

APÊNDICE B – FORMULÁRIO “A”: OBSERVAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA CÉLULA

FORMULÁRIO “A” – OBSERVAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA

CÉLULA:

Avaliador: _____ Entrevistado: _____

Empresa: _____ Célula: _____ Data: _____

Questões	SIM	NÃO
<p>4.1 Existem dispositivos visuais (<i>andons</i>) que os operadores ou líderes estejam autorizados a utilizar para solicitar auxílio imediato de áreas de apoio (Ex: engenharia, manutenção, qualidade,...)?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>5.1 Existem documentos que padronizem as operações?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais das informações abaixo o formulário contém:</p> <p>() seqüência das atividades de produção</p> <p>() separação de tempo homem e tempo máquina</p> <p>() tempo de ciclo</p> <p>() <i>takt time</i></p> <p>() estoque padrão</p> <p>() diagrama de trabalho (<i>layout</i> e movimentação de operadores)</p> <p>() os documentos estão à vista dos operadores e do líder em suas operações habituais (não considerar como “à vista” quando os documentos estiverem apenas no computador ou fora do local de trabalho)</p>		
<p>6.1 A célula apresenta um programa 5 S estruturado com as premissas de um local organizado, ordenado, limpo?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique se o programa possui:</p> <p>() gestão visual focada em local organizado, ordenado e limpo</p> <p>() controle (auditorias) freqüente do programa 5S.</p> <p>() controle e resultado de auditorias estão evidenciados no local de trabalho</p>		
<p>7.1 O chão de fábrica recebe ordens de produção enviadas pelo PCP?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique quais os processos que recebem as ordens de produção:</p> <p>() o processo fornecedor (interno e externo) da célula</p> <p>() a célula</p>		

<p>() o processo cliente da célula</p> <p>Qual a periodicidade do envio e o horizonte de planejamento contidos nestas ordens de produção: _____</p>		
<p>7.2 Há limites (visuais ou físicos) para o estoque de componentes (comprados e produzidos internamente)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() apresenta as características de uma linha FIFO (puxada sequenciada) – quantidade máximo de estoque</p> <p>() apresenta as características de um <i>kanban</i> (puxada de reposição) – quantidade mínima e ponto de reposição</p> <p>Qual porcentagem do volume de componentes é gerenciada desta maneira: _____</p>		
<p>7.3 Há limites (visuais ou físicos) para o estoque de produtos acabados?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() apresenta as características de uma linha FIFO (puxada sequenciada) – quantidade máximo de estoque</p> <p>() apresenta as características de um <i>kanban</i> (puxada de reposição) – quantidade mínima e ponto de reposição.</p> <p>Qual porcentagem do volume de componentes é gerenciada desta maneira: _____</p>		
<p>7.4 Desenhar o mapa do estado atual, de acordo com a simbologia contida no Anexo A</p> <p>(espaço reservado no final do formulário).</p>		
<p>7.5 A alimentação (ou reposição) de componentes da célula é feita por funcionários dedicado se não pelos próprios operadores da célula?</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Em que frequência (periodicidade) é realizada esta alimentação de componentes: _____</p>		
<p>12.1 Existe um quadro de controle de produção visível à célula?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Quais das informações abaixo, o quadro de controle de produção contém:</p> <p>() planejado,</p> <p>() realizado,</p> <p>() saldo pendente</p> <p>() motivos do não atendimento</p> <p>O período de tempo utilizado como unidade de medida de controle (ex: um dia, uma hora etc): _____</p>		

<p>12.2 O controle de produção é feito diariamente pelo líder ou supervisor? Obs: _____ Em caso de resposta “não”, indique: Como é feito o controle de produção? _____</p>		
<p>13.1 Existe um quadro manual ou automatizado que apresenta o resultado do controle de qualidade dos produtos produzidos? Obs: _____ Em caso de resposta “sim”, indique se o quadro apresenta: () inspeção em 100% dos produtos produzidos () causas de principais problemas (ex: Pareto, Ishikawa ou histogramas) () planos de ações para os problemas () quadro está visível à célula A inspeção em 100% é realizada através de dispositivos poka-yokes (ou equipamentos) manuais ou automatizados? _____</p>		
<p>14.1 Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina, de modo que as máquinas desenvolvam, ao menos parcialmente, operações que dispensam monitoramento ou ação do operador? Obs: _____</p>		
<p>14.2 Existem dispositivos incorporados nos equipamentos que detectam anormalidades (Ex.:peças defeituosas, quebra de máquina, etc.)? Obs: _____ Em caso de resposta “sim”, indique: Estes dispositivos estão incorporados no processamento dos equipamentos? _____ Em quantos equipamentos existem estes dispositivos que param a produção e sinalizam quando ocorrem defeitos de produção? _____ Em quantos equipamentos existem estes dispositivos que param a produção e sinalizam prevenindo a ocorrência de defeitos de produção? _____</p>		
<p>15.1 Alguma operação está sendo realizada em fluxo unitário de produtos Obs: _____ Em caso de resposta “sim”, indique quantos: _____</p>		
<p>15.2 Algum transporte (dentre operações internas na célula) é feito em fluxo unitário de produtos. Obs: _____ Em caso de resposta “sim”, indique quantos: _____</p>		
<p>15.3 Todas as operações realizam apenas o que exigido pela etapa posterior? Obs: _____</p>		

<p>17.1 Desenhar o <i>layout</i> da célula (espaço reservado no final do formulário). Fixar um ponto de acordo com a posição de cada operador na célula. Para o deslocamento de operadores entre postos, indicar o posto do operador no local médio entre os postos nos quais ele se desloca. Relacionar a distância entre os postos no desenho do <i>layout</i>.</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>17.2 Todos os operadores possuem visibilidade em relação a todas as operações (operadores e equipamentos) e estoques (componentes, produtos em processo e produtos acabados)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “não”, responda: Quantos operadores possuem uma maior visibilidade em relação às operações e os estoques da célula? _____</p>		
<p>17.4 Existe a possibilidade de troca de informações (sonoras) em tom de voz normal entre todos os operadores?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “não”, indique: Quantos operadores têm uma possibilidade de troca de informações (sonoras) em tom de voz normal? _____</p>		
<p>17.5 Caso tenha apenas um operador, o arranjo físico permite que a célula opere com mais de um operador?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>18.1 Preencher a tabela de possibilidade de troca de materiais contida no final do formulário.</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>18.2 Todos os operadores estão localizados a uma distância de até 2 metros de todos os demais operadores?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique: () existe alguma barreira física que impeça a troca de materiais entre todos os operadores</p>		

APÊNDICE C – FORMULÁRIO “B”: ENTREVISTA COM OPERADOR

FORMULÁRIO “B” – ENTREVISTA COM OPERADOR

Avaliador: _____ Entrevistado: _____

Empresa: _____ Célula: _____ Data: _____

Questões	SIM	NÃO
1.1 O líder ou encarregado substitui ou auxilia em atividades de produção quando necessário? Obs: _____		
1.2 O líder ou encarregado auxilia nas atividades de solução de problemas? Obs: _____		
1.3 A avaliação do trabalho (ex: produtividade, PPR, número de problemas resolvidos,...) é feita de forma individual por operador? Obs: _____		
1.4 A avaliação do trabalho é feita de acordo com o trabalho do time da célula de forma uniforme? Obs: _____		
2.1 Você já foi envolvido em ações de resolução de problemas de produção, qualidade ou manutenção e implantação de melhorias? Obs: _____		
2.2 Você foi treinado para a resolução de problemas e sugestão de melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Em que prática ou ferramenta foi baseado este treinamento? _____		
2.3 Existem grupos que contem com a presença de operadores e se reúnam para levantar e implantar melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Qual a periodicidade em que os grupos se reúnem: _____ Os grupos são coordenados pelos operadores ou líderes: _____		
3.1 Você é treinado para realizar todas as operações da célula? Obs: _____ * Em caso de resposta “ não ”, indique para quantas operações você recebeu treinamento: _____		
3.2 Vocês realizam troca de posto na célula? Obs: _____		

<p>* Em caso de resposta “sim”, indique a periodicidade das trocas:</p> <p>_____</p>		
<p>4.1 Você é cobrado pela responsabilidade de identificar e controlar variações em relação à qualidade dos produtos?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>4.2 Você ou o seu líder está autorizado a parar a produção quando detectarem algum problema?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais os problemas que os operadores estão autorizados a parar a produção: _____</p>		
<p>5.1 Existem documentos que padronizem as operações?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() estes documentos são atualizados regularmente de acordo com melhorias realizadas nas operações.</p>		
<p>10.1 Você é responsável pela manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) nos equipamentos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() essas tarefas estão padronizadas em suas atividades</p> <p>Em quantos equipamentos são feitas essas atividades? _____</p>		

APÊNDICE D – FORMULÁRIO “C”: ENTREVISTA COM LÍDER OU SUPERVISOR

FORMULÁRIO “C” – ENTREVISTA COM LÍDER / SUPERVISOR:

Avaliador: _____ Entrevistado: _____

Empresa: _____ Célula: _____ Data: _____

Questões	SIM	NÃO
1.1 O líder ou supervisor substitui ou auxilia em atividades de produção quando necessário? Obs: _____		
1.2 O líder ou supervisor auxilia nas atividades de solução de problemas? Obs: _____		
1.3 A avaliação do trabalho (ex: produtividade, PPR, número de problemas resolvidos, ...) é feita de forma individual por operador? Obs: _____		
1.4 A avaliação do trabalho é feita de acordo com o trabalho da equipe da célula de forma uniforme? Obs: _____		
2.1 Os operadores são envolvidos em ações de solução de problemas de produção, qualidade ou manutenção e implantação de melhorias? Obs: _____		
2.2 Os operadores foram treinados com ferramentas para solução de problemas e sugestão de melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Quantos operadores desta célula são treinados: _____ Em que prática ou ferramenta foi baseado este treinamento: _____		
2.3 Existem grupos que contem com a presença de operadores e se reúnam para levantar e implantar melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Qual a periodicidade em que os grupos se reúnem: _____ Estes grupos são coordenados pelos operadores ou líderes? _____		
3.1 Existem operadores treinados para ocupar todos os postos da célula? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique o número de operadores treinados para ocupar todos os postos: _____		
3.2 Existem operadores treinados para ocupar a maioria dos postos da célula?		

<p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique o número de operadores treinados para ocupar a maioria dos postos: _____</p>		
<p>3.3 Existe um controle da capacitação dos operadores em realizar as operações da célula (ex. uma matriz de habilidades)?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>3.4 Existe troca de posto na célula?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique a periodicidade das trocas: _____</p>		
<p>4.1 Os operadores são cobrados pela responsabilidade de identificar e controlar variações em relação à qualidade dos produtos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais as variações que acontecem e com que frequência: _____</p>		
<p>4.2 Os operadores ou líderes estão autorizados a parar a produção quando detectarem algum problema?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais os problemas que os operadores estão autorizados a parar a produção: _____</p>		
<p>5.1 Existem documentos que padronizam as operações?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique se estes documentos:</p> <p>() são atualizados regularmente de acordo com melhorias realizadas nas operações.</p> <p>() são utilizados para verificar se as operações estão sendo ocorrendo de acordo com os padrões estipulados.</p>		
<p>7.1 O processo fornecedor (podendo ser interno ou externo) a célula, recebe uma ordem de produção do PCP ou Compras?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>7.2 A célula recebe uma ordem de produção do PCP?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>7.3 O processo cliente recebe uma ordem de produção do PCP?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>8.1 Quantos modelos, em média, são produzidos na célula em um período de um mês?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>8.2 A produção de cada modelo é distribuída ao longo do mês para que todos os modelos necessários no mês sejam produzidos a cada dia?</p>		

<p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “não”, indique:</p> <p>Em quanto tempo, em média, são produzidos todos os modelos necessários em um mês: _____</p> <p>Por que os modelos são agrupados: _____</p>		
<p>9.1 O tempo de <i>setup</i> entre produtos é menor que 1 minuto ou não é necessário realizar <i>setup</i> (no caso de haver apenas um produto)?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>9.2 Está mapeada a seqüência de atividades de troca de ferramentas (<i>setup</i> e ajustes)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() o mapeamento possui diferenciação entre internas e externas (incluindo ajustes)</p>		
<p>10.1 Os operadores são responsáveis pela manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) nos equipamentos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Em quantos equipamentos são realizadas estas atividades:</p> <p>_____</p> <p>Essas atividades estão padronizadas em suas rotinas de trabalho?</p> <p>_____</p>		
<p>0.2 Existe um programa de manutenção planejada (preventiva ou preditiva) nos equipamentos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique em quantos</p>		
<p>11.1 Vocês utilizam indicadores para medir o tempo de atravessamento (<i>lead-time</i>)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula:</p> <p>_____</p>		
<p>11.2 Vocês utilizam indicadores para medir o estoque planejado versus o real?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula:</p> <p>_____</p>		
<p>11.3 Vocês utilizam indicadores para medir a eficiência do processo (<i>OEE</i> - da célula como um todo)?</p>		

<p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula: _____</p>		
<p>11.4 Vocês utilizam indicadores para medir a qualidade na fonte (<i>FTT</i> da célula ou outro indicador para medir o re-trabalho e refugo)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula: _____</p>		
<p>14.1 Existem dispositivos incorporados no processamento dos equipamentos que detectam anormalidades (Ex: peças defeituosas, quebra de máquina, etc.)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique: () são realizadas reuniões periódicas para a sugestão de novos dispositivos</p>		
<p>18.1 Na matriz de produto e processo, todos os modelos de produtos passam pelos mesmos processos, seguindo o mesmo fluxo de produção?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “não”, indique apenas quantos produtos passam pelos mesmos processos: _____</p>		

3. ARTIGO 2

REPROJETO DE CÉLULA DE MANUFATURA ENXUTA: ESTUDO EM UMA FÁBRICA DE AUTOPEÇAS

REPROJETO DE CÉLULA DE MANUFATURA ENXUTAS: ESTUDO EM UMA FÁBRICA DE AUTOPEÇAS

Larissa de S. Pedrosa Fritzen – larissa_pedrosa@hotmail.com

RESUMO

Para aumentar a competitividade, o setor automotivo necessita cada vez mais de produtos inovadores. Essa necessidade tem implicações no projeto dos processos, que devem se adaptar aos novos produtos. Este artigo apresenta o processo de reprojeto de uma célula de manufatura, que precisa ser adaptada a modificações no projeto dos produtos fabricados nas mesmas. Tal célula foi explicitamente reprojetaadas segundo a perspectiva da produção enxuta. Tal reprojeto envolveu as seguintes etapas: (i) Análise do funcionamento da CM (ii) projeto preliminar da nova célula de manufatura; (iii) avaliação da célula de manufatura atual, visando identificar oportunidades de aprendizagem para implantação na nova célula; (iv) projeto detalhado da nova célula; (V) planejamento da implementação da nova célula e (vi) Análise das prática de PE na CM após a implementação . Os resultados indicaram que o processo de reprojeto da célula deveria ser melhor integrado ao processo de desenvolvimento de produtos, sob pena de resultados abaixo dos desejados.

Palavras-chave: Célula de manufatura. Produção enxuta. Indústria automotiva.

1 INTRODUÇÃO

Os mercados estão cada vez mais dinâmicos e turbulentos o requerendo dos sistemas de manufatura respostas rápidas e flexibilidade para atender as mudanças demandadas por partes dos clientes. (LIM; ZHANG, 2003). Deste modo, os sistemas de manufatura, e as células de manufatura (CM) em particular, estão em contínua evolução, seja por necessidade de aperfeiçoamento dos processos, como resultados da introdução de novos produtos, mudanças naqueles já existentes, alterações na demanda e aquisições de novos equipamentos. Em função disso, a flexibilidade para adaptações a mudanças é uma característica necessária das CM, devendo envolver desde os equipamentos de automação industrial até a mão de obra. (BLACK, 1998). Segundo Hyer e Brown (1999) a flexibilidade de uma CM é

resultado de uma sincronia das conexões de tempo, espaço e informação, entre todos os elementos da CM.

Por exemplo, a proximidade de máquinas e pessoas aumenta as conexões de espaço, tempo e informação, visto que diminui os espaços de caminhada dos operadores, além da redução do tempo operacional. (HYER; WEMMERLOV, 2002). O uso da tecnologia de Grupo (TG) é outra característica de uma CM flexível, pois peças similares são identificadas e agrupadas. Com este agrupamento de atividades similares evita-se perda de tempo, como por exemplo, redução do tempo de *setup* entre operações, facilitando a programação de vários itens, (HYER; WEMMERLOV, 1984).

A flexibilidade de uma CM também decorre do seu *layout*, que CM deve minimizar o percurso, simplificar fluxo e promover flexibilidade para poder aumentar e diminuir os números de pessoas ou até mesmo a troca de trabalho entre elas, em relação a sua demanda. (MOURA, 1990).

Contudo, poucos são os estudos que descrevem o processo de adaptação de CM às novas demandas impostas sobre as mesmas. Neste artigo, é descrito o processo de reprojeto de uma CM de uma fábrica de autopeças. O artigo explora as dificuldades neste processo, bem como a contribuição do uso de práticas de produção enxuta (PE) para que a CM se adapte às novas demandas. O nível de uso de práticas de PE na mesma CM analisada neste estudo já havia sido investigado no estudo de Fritzen (2013), o qual apontou que algumas práticas de PE eram aplicadas parcialmente, como a Trabalho em equipe e liderança (TWL), Padronização do trabalho (STW), Melhoria contínua (CI), multifuncionalidade e práticas de rodízio (MCT), autonomia dos operadores (WAU) e visibilidade e troca de informações (VIS), Segurança e ergonomia (SE) e Automação de equipamentos (EQA). Esta análise foi fundamental para a célula em estudo, pois além de ter a necessidade de reprojeto para um novo produto, é considerada a célula mais rentável da empresa, e por isso falhas deveriam ser minimizadas ao máximo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÕES DE CÉLULAS DE MANUFATURA

Segundo Sheridan (1990) as células de manufatura são pequenas organizações de agrupamento de máquinas que possuem uma sequência de etapas de processo, não tendo estoque entre as etapas. (CONTADOR, 1995), sendo eficientes e flexíveis, (RUSSEL et al., 1998). Em uma célula de manufatura as peças são agrupadas em famílias dependendo das características, como similaridade da geometria das mesmas ou dos processos de fabricação. (WEMMERLOV; JOHNSON, 1997).

Geralmente a CM possui um *layout* com a seguinte característica: agrupamento das máquinas normalmente na forma de U, produção em lotes, produção de um mix de produtos, disposição das máquinas de forma a permitir que um operador controle mais de uma máquina, fluxo de materiais mais organizado e melhor nível de qualidade, (SLACK et al., 1997) e (KUSIAK; DORF, 1994). Na tabela abaixo se encontra um resumo de algumas definições de células de manufatura.

Quadro 10 – Definição de células de manufatura.

Definições de Células de Manufatura	Fontes
Células de manufatura é agrupamento de equipamentos dedicados, projetados e organizados para produzir de famílias de peças.	MOON e GEN, (1999). SEVERIANO (1999).
O Sistema de manufatura que utiliza células é projetado para combinar a eficiência de uma linha de alta produção e a flexibilidade de um job shop.	MUKHOPADHYAY et al., (1991).
Células de manufatura é o rearranjo do <i>layout</i> do setor de manufatura em ilhas de produção, sendo designado um conjunto de produtos que sofrem operações específicas e utilizam um ou mais operários.	SILVA E RENTES (2002).
Células de manufatura é um paradigma de organização industrial, resultante da tentativa de se linearizar o fluxo de materiais, em um sistema de produção intermitente sem prejudicar a flexibilidade inerente a organização funcional.	SEVERIANO (1999).

Fonte: Fritzen (2013).

2.2 PROJETO DE CÉLULAS DE MANUFATURA

Em um desenvolvimento de célula de manufatura, segundo Tahara et al., (1997) a maior dificuldade dos projetos é determinar células que possuem processos similares e que minimizam a movimentação intercelular. King et al., (1994) consideram que para o desenvolvimento de CM, grande parte das peças devem ter similaridade na geometria, materiais utilizados ou atributos de processo. (DOWLATSHAHI; NAGARAJ, 1997).

A Tecnologia de grupo (TG) é considerada uma ferramenta utilizada para formar células de manufatura, (LOPES, 1998). As técnicas de desenvolvimento de CM derivam do conceito da TG, em que consiste que peças com tamanho e formas semelhantes são agrupadas em famílias. (BLACK, 1998).

Para a formação de famílias de peças, podem ser adotados os seguintes métodos: Inspeção visual, análise de fluxo de produção e classificação e codificação, (LORINI, 1993):

- a) Inspeção visual: consiste em agrupar famílias de peças e grupo de máquina pela análise visual, um método menos sofisticado que requer pouco investimento, tornando-o mais barato. Sua desvantagem é que depende totalmente dos operadores, das suas experiências para classificar e o tempo gasto com a manipulação física.
- b) Análise de fluxo de produção: utiliza a informação disponível nos roteiros de produção para agrupar peças com fluxos similares na mesma família. Esta técnica pode ser resumida em três fases: na primeira fase estuda-se o fluxo de materiais e peças entre os departamentos da empresa e depois o fluxo em cada departamento; na segunda fase agrupam-se as rotas similares, formando as famílias de peças; na terceira fase estuda-se o fluxo dentro da célula formada para processar uma determinada família de peças.
- c) Sistema de classificação e codificação: este método é o mais comum, utilizando sistema de código de projeto ou códigos de manufatura, em que cada peça é examinada e usada para gerar um código alfa numérico pelo qual os tipos de peças são identificados, normalmente variando entre seis e trinta dígitos. (GROOVER, 1995). Tem como

vantagem, o estabelecimento claro de regras a ser seguido para classificar uma peça, retirando do processo de classificação o critério subjetivo do analista. (LORINI, 1993).

Após a formação de famílias de peças, é necessária a definição do tipo de CM. Segundo Silveira (1994) há vários tipos de CM, tais como:

- a) Células de uma máquina, que opera com uma ou mais famílias de peças com apenas uma máquina;
- b) Células de máquinas agrupadas e transporte manual que opera com mais de uma máquina, mas manuseio de matérias por operadores;
- c) Células de máquinas agrupadas e transporte semi-integrado, que opera com mais de uma máquina e possui um sistema de transporte mecanizado;
- d) Sistema flexível de manufatura (FMS), que opera com um sistema totalmente automatizado. (MOREIRA, 2008).

Conforme Luong et al. (2002) alguns fatores devem ser considerados para a implementação da CM, como: volume de produção, variedade de produtos, rota dos produtos durante o processamento, tempo de processamento, tempo de *setup*, e as restrições existentes em cada organização. Além dos fatores citados acima, também deve ser escolhido o formato da CM, que conforme Black (1998) uma das mais utilizadas é a de formato em U, pois o roteiro de fabricação das peças é semelhante e a sua movimentação tende a ser muito flexível. (SILVEIRA, 1999).

Há várias formas de implementações de CM, no estudo de Hyer et al. (1999) definiram etapas para a implementação de CM, tais como: (1) estabelecer uma denominação geral das atividades estratégicas das células em estudo; (2) realizar a análise do sistema da CM existente; (3) tomar decisões estruturais de alta administração e decisões operacionais, as interfaces das células com toda a organização; (4) determinar peças, equipamento, e os operadores as células; (5) conduzir o projeto detalhado da célula endereçado as questões estruturais e operacionais; (6) implementar o novo projeto; (7) aplicar a melhoria contínua nos projetos. Outro método de implementação de CM é proposto por Silveira (1999), composto por três etapas: preparação, definição e instalação. A preparação envolve

a formação do time que irá implementar, a definição dos objetivos da CM escolha da área piloto e implementação das técnicas utilizadas para realizar o suporte a CM. A definição trata da escolha do método de formação da célula, levantamento de dados, formação e projeto das células.

A instalação esta dividida em preparação, redefinição de máquinas e pessoas e gerenciamento de células e retorno dos resultados do projeto.

3-MÉTODO DE PESQUISA

No início do processo de planejamento do reprojeto da CM foi necessário revisar as seguintes questões: (a) revisão da bibliografia acerca de projetos de CM e (b) a escolha da empresa e da célula.

O planejamento seguiu ao longo de seis etapas: (a) Análise do funcionamento da CM; (b) projeto preliminar; (c) avaliação do uso de práticas de PE nas CM atuais; (d) projeto detalhado da nova CM; (e) planejamento da implementação; (f) análise das práticas de PE. A duração do reprojeto foi de vinte e seis meses conforme a figura 2, que apresenta o cronograma associado a essas seis etapas. Embora a etapa (c) idealmente devesse ter ocorrido antes da etapa (b), isso não foi possível neste trabalho, visto que o projeto preliminar já havia sido concluído quando a pesquisa iniciou, mesmo assim não foi observado nenhum impacto no reprojeto

Tabela 3 – Cronograma do projeto de 2010 e 2011.

	2010			2011												2013														
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	
Análise do funcionamento da CM	■																													
Projeto preliminar	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
Avaliação do uso de práticas de PE nas CM atuais												■	■	■	■	■	■													
Definição do projeto detalhado																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Planejamento da implementação																												■	■	
Implementação e análise de PE																												■	■	

Fonte: Fritzen (2013).

3.1 CRITÉRIO DE ESCOLHA DA EMPRESA E DA CÉLULA DE MANUFATURA

Na CM analisada neste estudo são produzidas tampas de válvulas em material termoplástico para motores de automóveis de passeio. A CM faz parte de uma fábrica de autopeças de grande porte, localizada na região sul do Brasil. Essa empresa foi escolhida para realização do estudo, pois: (a) ela é um fornecedora de primeiro nível para as principais montadoras de automóveis do Brasil, o que implica na necessidade de atender de uma série de exigências acerca da organização do processo produtivo, impostas pelas montadoras; (b) a empresa, desde 2000, vem desenvolvendo iniciativas de uso da PE; (c) houve facilidade de acesso aos dados necessários, pois a pesquisadora trabalha na empresa como engenheira de processos.

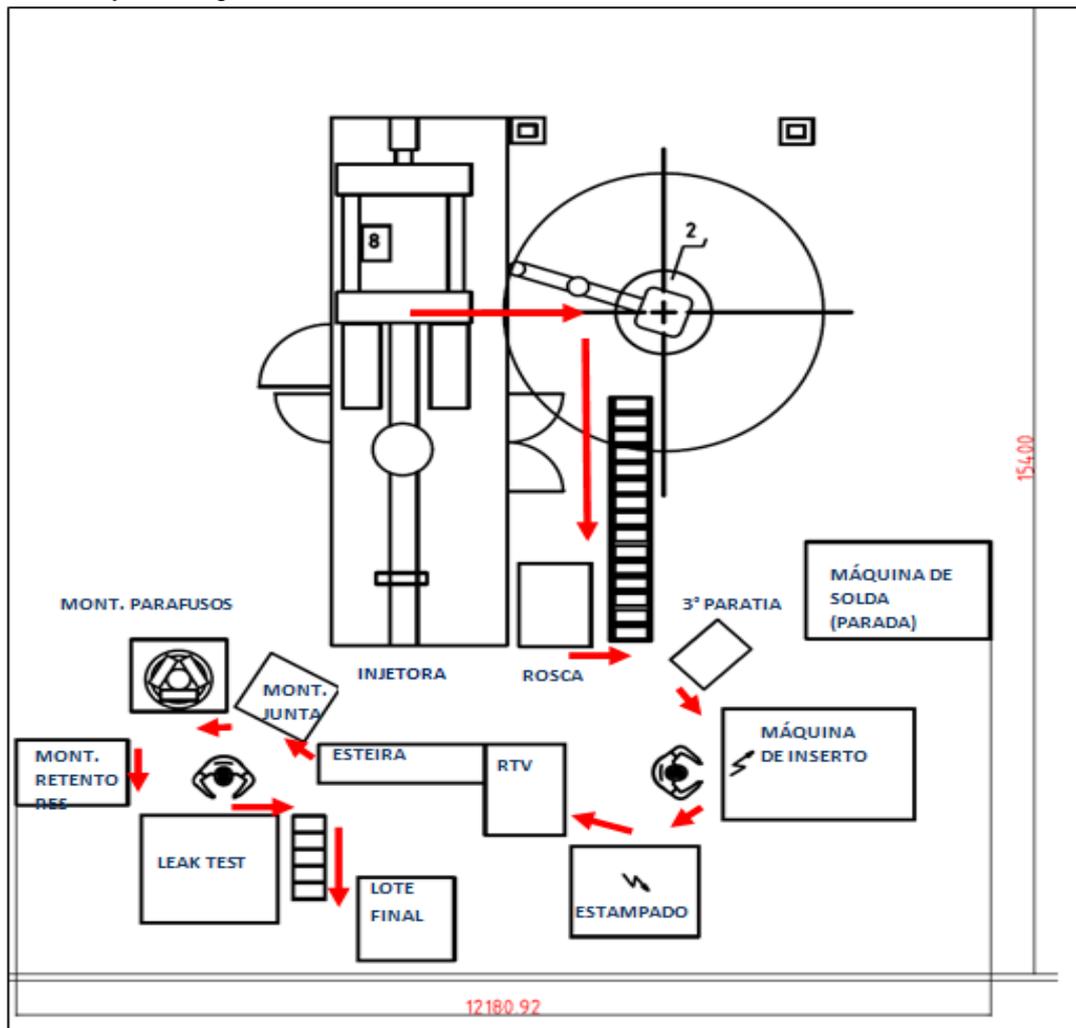
Na planta investigada possuem em média 15 novos produtos por ano, e com isso são necessários os reprojeto de CM enxutas. Existem cerca de 20 CM, sendo que a CM analisada foi escolhida, pois ela, no período desta pesquisa, passou por um processo de reprojeto. Tal processo foi motivado, principalmente, pelas mudanças no projeto dos produtos fabricados na CM, o que implicou em mudanças nos processos. Além disso, a CM em questão é a financeiramente importante para a empresa e por ter grau de complexidade técnica maior em relação às outras CM existentes é necessário um estudo no seu reprojeto. De fato, a CM escolhida possui processos de transformação química de injeção de plástico, fabricação de roscas quadrada, solda de vibração em termoplásticos, torque em peças plásticas e o processo de estanqueidade.

3.2 ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DA CM ANTES DO REPROJETO

A CM em estudo existia há cerca de doze anos na empresa, de modo que os seus operadores, analistas e supervisor já entendiam o processo como um todo. A CM originalmente possuía dez operações diferentes, com dois operadores e um líder de produção em cada turno. Conforme a figura 6, a primeira parte de CM possuía seis operações: injeção de plástico, rosca, montagem de inserto metálico, montagem de estampados e inserção de silicone. Já a segunda parte da CM possuía quatro operações: montagem de junta de vedação, parafusos, tampa de óleo e válvula e um teste final de vazamento. A CM possuía um analista de

processo, analista de qualidade e supervisor de produção para dar suporte necessário às demandas diárias. Os analistas são responsáveis técnicos, o supervisor é responsável pela gestão das pessoas e entrega de produção, o analista de qualidade é responsável pela qualidade do produto e o técnico de manufatura que também exercem as funções de líder de produção, é responsável por fazer a gestão da linha, *setup* de ferramenta, melhorias nos acessórios de montagem e garantir a qualidade do produto, dando suporte aos operadores.

Figura 6 – Layout antigo da célula de manufatura.



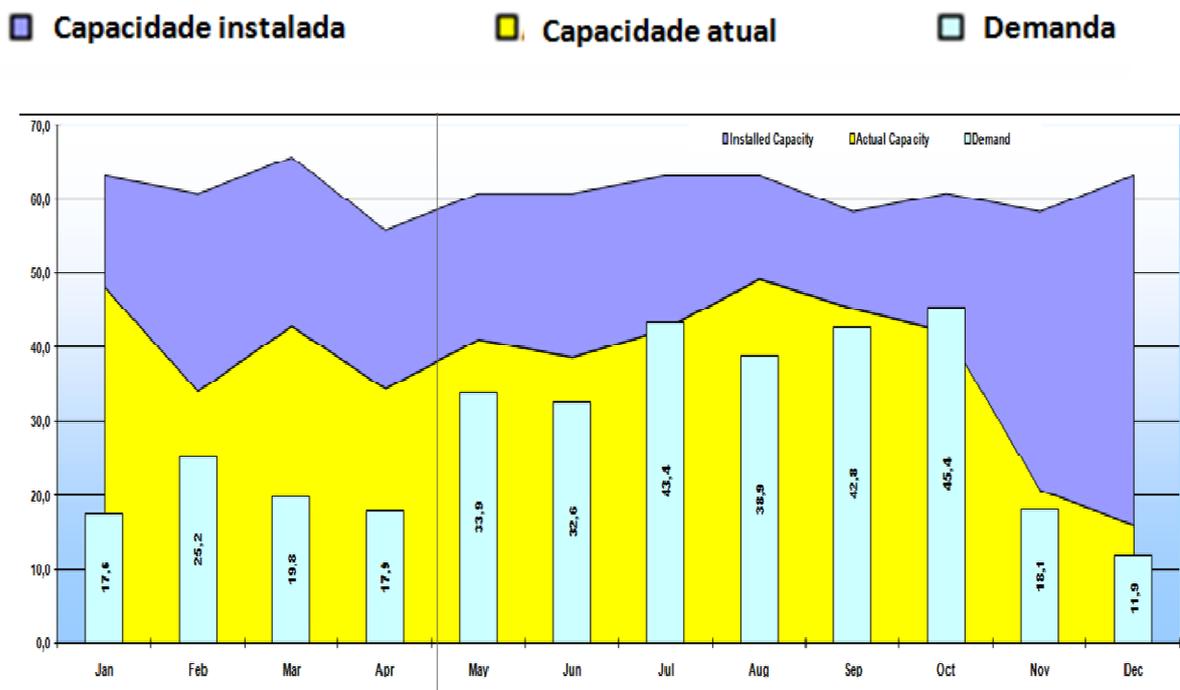
Fonte: Fritzen (2013).

Nota: As setas significam o fluxo de materiais.

3.3 PROJETO PRELIMINAR DA NOVA CM

O projeto preliminar da CM foi realizado somente com representantes da Engenharia de Processo e Engenharia de Produto, tendo uma duração de 13 meses. O projeto preliminar iniciou pela análise da capacidade de produção atual e da capacidade da produção futura, com base nas projeções de vendas do produto. Esta análise avaliou a necessidade de compra de maquinários e acessórios de montagem, como berços e placas suportes. No caso da CM em questão, as estimativas de capacidade futura da CM levaram em conta um horizonte de três anos, pois após esse período um produto novo será introduzido na mesma. No gráfico abaixo, verifica-se o estudo comparativo entre capacidade instalada, capacidade atual da CM e a demanda. A capacidade instalada é a capacidade máxima de produção da CM e a capacidade atual indica o nível de produção em relação à capacidade instalada, não considerando paradas não programadas. A demanda no gráfico abaixo é o volume total que seria comprado pelo cliente durante um ano, oscilando entre os meses devido a previsão de vendas.

Figura 7 – Capacidade da CM.



Fonte: Fritzen (2013).

Após a análise de capacidade, foi definido o desenho final do produto para iniciar as compras de máquinas e acessórios de montagem necessários para as

operações produtivas. Esse desenho permitiu uma análise mais detalhada dos custos de operação das novas CM e a identificação de fornecedores de máquinas e acessórios. Esta etapa foi uma das mais demoradas, pois a definição do escopo de compras de máquinas e acessórios levou um mês para ser definido e os prazos dos fornecedores para a entrega dos dispositivos eram de no mínimo três meses.

Em uma pré-definição, foram identificadas e descritas as operações de manufatura do produto, bem como o fluxo de materiais entre as operações. Com os maquinários e o fluxo de materiais pré-definidos, foi feito um projeto preliminar do *layout* da CM, estimando os tempos de ciclo em cada operação e o número de pessoas necessárias para produzir os volumes estimados. Os tempos de ciclo foram estimados a partir de operações de manufaturas atuais similares às que serão implantadas. Caso a operação não existisse na empresa, era feita uma consulta com fornecedores de máquinas ou outras empresas parceiras.

Na última etapa do projeto preliminar foi verificada a necessidade de correções nas atividades anteriormente citadas, com base nas possíveis mudanças no projeto do produto solicitadas pelo cliente. Como a empresa já possui uma relação de mais de dez anos com o cliente, já é de conhecimento as possíveis mudanças. Tais mudanças são prováveis uma vez que o cliente recebe um protótipo de produto para avaliação, antes do início da produção em larga escala.

3.4 AVALIAÇÃO DO USO DE PRÁTICAS DE PE NAS CM ATUAIS

A CM a ser reprojetaada foi avaliada em termos do nível de uso de práticas da PE, conforme descrito no trabalho de Fritzen (2013). Tal avaliação permitiu a identificação de oportunidades de melhoria na nova CM, a qual deveria usar, tanto quanto possível, princípios e práticas da PE, visto que essa era a filosofia de produção da empresa. Dentre as oportunidades de melhoria, podem ser citadas:

- a) Melhoria contínua (CI): os operadores não estavam capacitados em métodos de solução de problemas. O líder da CM era o único responsável por ações de melhoria contínua e os operadores não participavam de nenhum grupo de melhoria contínua.
- b) Multi-funcionalidade e práticas de rodízio (MCT): embora todos os operadores fossem treinados para trabalhar em todos os postos, a falta

de rodízio levava ao esquecimento e falta de experiência no uso de algumas máquinas. O rodízio não era feito pelo temor dos gerentes de que isso prejudicasse a qualidade do produto, o que também indica que a gerência não acreditava na eficácia do treinamento dado aos operadores. A matriz de capacitação existente não contemplava treinamento específico das operações, e sim treinamentos básicos que não atendiam a necessidade dos requisitos de qualidade. O treinamento específico deve incluir a discussão de todas as reclamações de clientes, das oscilações de cada processo e problemas de qualidade no produto.

- c) Manutenção produtiva total (TPM): Alguns equipamentos da área de montagem não possuíam manutenção preventiva.
- d) Autonomia dos operadores (WAU): o líder da CM era o único com autonomia para parar a produção em caso de anormalidades e não havia dispositivos visuais para solicitar auxílio imediato do líder e das áreas de suporte, tais como troca de ferramentas e abastecimento de materiais.
- e) Padronização do trabalho (STW): Os formulários necessitavam de melhorias, pois não possui atualizações constantes.
- f) Visibilidade e troca de informações (VIS): o *layout* da CM e o grande porte das máquinas levavam os operadores a não terem uma boa visibilidade das operações. Os operadores também tinham dificuldades de comunicação em tom de voz normal, tanto pela distância entre eles quanto pelo nível de ruído.
- g) Trabalho em equipe e liderança (TWL): O líder de produção era o único responsável pelas atividades de melhoria e soluções de problemas.

Além da avaliação do uso de práticas de PE, também foi realizada uma Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA) da CM existente. Como as operações atuais eram muito parecidas com a da nova CM, foram avaliados os problemas atuais de produção, o que permitiu a identificação de oportunidades para o uso de dispositivos à prova de falhas (poka-yokes) nas novas CM, visando à melhoria da qualidade. Um exemplo de poka-yokes resultante do FMEA foi a confecção de um

acessório de montagem das vedações na segunda célula. Este acessório pré-posiciona as vedações sem deixar que caíssem antes da montagem na tampa, evitando o corte das mesmas ou uma montagem incorreta.

Figura 8 – Acessório de montagem das vedações prevista no FMEA.



Fonte: Elaborado pela autora.

O uso de poka-yokes também teve como objetivo facilitar e aumentar a frequência do rodízio entre os funcionários, visto que deste modo seriam minimizadas as possibilidades de erro em decorrência de inexperiência nas operações.

3.5 PROJETO DETALHADO

Com base nos resultados das etapas anteriores, as novas máquinas e acessórios de montagem foram adquiridos, permitindo testes práticos de sua eficiência e eficácia. Nestes testes, foram avaliadas todas as operações, verificando em cada uma delas o desempenho da matéria prima do produto, se os parâmetros de processo atendem as tolerâncias de desenho especificadas, verificando os tempos de ciclo de produção e monitorando o peso das peças em relação ao estimado no projeto preliminar. Os testes foram repetidos em três dias, antes da troca de posições das máquinas que seriam utilizadas e da troca de máquinas antigas por máquinas novas.

Em particular, houve interesse em avaliar se os resultados dos diferentes testes foram similares, o que facilitaria a identificação de tempos de ciclo padrão e do trabalho padrão de cada operador. Uma vez que o trabalho padrão (Apêndice B)

definiu as posições de braços e caminhadas realizadas na célula, também foi possível avaliar a necessidade de melhorias relativas à ergonomia. Esta análise foi realizada pelo analista de processo e enviada ao especialista da área de ergonomia. A Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA) teve continuidade após os resultados dos testes, sendo identificada, por meio desta ferramenta, a necessidade de controle de altura de solda na operação de soldagem. Este controle foi realizado através dos controles de parâmetros de máquina e pela captação dos mesmos por um controle no sistema de rastreabilidade.

Com base nos resultados do estudo da avaliação da célula atual e nos resultados dos testes, foi definida a configuração final do *layout*. Nesta etapa, as máquinas foram aproximadas para melhorar a troca de informações entre os operadores. Outro ponto também definido a partir dos resultados dos estudos da célula atual foi à instalação de uma conexão de informação entre operadores, líder de produção e analista de processo.

3.6 IMPLEMENTAÇÃO DA CM

A implementação da nova CM foi dividida em três etapas: (a) troca das máquinas pelo setor de manutenção; (b) troca das ferramentas e dispositivos pelo setor de engenharia de processo. (c) validação das operações pelo setor de engenharia de processo e qualidade, visando liberar as novas CM para a produção em regime normal; (d) análise das práticas de PE nas CM.

Os tempos para a realização dessas três etapas foram, respectivamente, dez dias para a troca das máquinas, vinte dias para a troca dos dispositivos e ferramentas, vinte dias para as validações das operações e um dia para análise de PE nas CM (quadro 11).

Quadro 11 – Cronograma do planejamento da implementação.

	Janeiro 2013			Fevereiro 2013		
	1 á 10	10 á 20	20 á 30	1 á 10	10 á 20	20 á 28
Troca do <i>layout</i>						
Troca das ferramentas						
Validação das operações						
Análise de PE nas CM						

Fonte: Fritzen (2013).

Na execução de cada etapa citada acima, houve envolvimento de diferentes times. Na troca das máquinas foram envolvidos os analistas de manutenção e os analistas de processo. Na segunda etapa, foram envolvidos a engenharia de processo, líderes de produção, analistas de manutenção e os ferramenteiros. A terceira etapa envolveu os líderes de produção, os operadores, engenharia de processo, qualidade e ferramentaria. Na quarta etapa envolveu a engenheira de processo (suporte à produção) e a engenheira de processo (desenvolvimento de novos processos).

3.6.1 Mudança de *layout*

Antecedendo a troca das máquinas, foi realizada uma reunião em que os representantes da engenharia de processo explicaram para todos os analistas de manutenção, as novas posições dos equipamentos. Nessa reunião, também foi definida a sequência de montagem das máquinas, bem como quais máquinas necessitavam uma atenção maior na sua reinstalação, além da definição das máquinas que seriam retiradas da CM. Após esta reunião, ficou definido que a engenharia de processo deveria fazer a marcação no piso para facilitar o trabalho de posicionamento das máquinas.

Por suas complexidades de instalações e tamanhos, foi acordado que as máquinas de soldagem e inserção de insertos metálicos deveriam ser as primeiras a serem movimentadas na formação do novo *layout*. A decisão de movimentar inicialmente as máquinas mais complexas foi tomada pelo time, pois caso ocorresse algo imprevisto haveria tempo hábil para corrigir. Em um segundo momento deveriam ser movimentadas as máquinas de rosca, montagem de junta, montagem

de parafusos, montagem de tampa de óleo e retentores e a máquina de teste de estanqueidade. As máquinas que não seriam mais utilizadas deveriam ser enviadas a outro prédio, onde ficariam armazenadas. Estas máquinas devem ficar armazenadas até que sejam utilizadas em outros projetos.

3.6.2 Troca das ferramentas e acessórios de montagem

A engenharia de processo definiu no seu planejamento que o molde de injeção de plástico seria a primeira ferramenta a ser trocada, pois o tempo de *setup* é longo. Após o molde, a mesa de montagem dos parafusos foi retirada para o envio a ferramentaria, tendo em vista alterar as posições de montagem. O dispositivo de rosca também foi enviado a ferramentaria, para que fosse acrescentado o dispositivo de quebra de galho de injeção. A quebra do galho de injeção era feita em outra etapa do processo, e para diminuir o tempo de ciclo foi definido que esta etapa deveria ser realizada junto com a etapa de rosca. Outros dispositivos trocados foram os berços de soldagem e montagem dos retentores.

Após a troca das ferramentas e dispositivos prontos, a engenharia de processo fez a parametrização da célula conforme os testes realizados. Com os parâmetros ajustados, a engenharia avaliou se a qualidade do produto estava atendendo o especificado.

Nesta etapa estava programado que a manutenção e o ferramenteiro fariam os ajustes de segurança de trabalho, colocando sensores e dispositivos metálicos que impedem os operadores de colocarem partes do corpo em zonas perigosas das máquinas. Os serralheiros fizeram as adaptações de mesas e esteiras de abastecimento para uma velocidade no fluxo de produção.

3.6.3 Validações das operações

A validação das operações tem como objetivo verificar se as operações da CM são capazes de produzir de forma repetitiva e com qualidade, de acordo com os parâmetros estabelecidos nos teste. A validação (Apêndice A) das operações foi programada em duas etapas: (a) planejamento e (b) execução.

No planejamento, participam representantes das áreas de qualidade e processo. Nesta etapa foi criado um documento de validação, que deve identificar:

- a) Todos os processos produtivos da célula de manufatura;
- b) Parâmetros de utilizados para validação;
- c) Duração da validação em cada etapa;
- d) Recursos necessários;
- e) Método para coleta;
- f) Análise de dados.

O documento de validação orienta as pessoas envolvidas no momento da execução da validação e garante que todas as etapas planejadas foram realizadas.

Após a fase de planejamento, a próxima etapa foi a execução do plano de validação. No primeiro momento, foi verificado se todas as instalações dos maquinários e acessórios de montagem que verificam a existência de falhas estavam instalados corretamente. Na verificação dos maquinários foram avaliados principalmente os seguintes aspectos: (a) a segurança do equipamento, (b) calibração dos dispositivos e (c) se todos os parâmetros estão de acordo, como por exemplo: as velocidades, temperaturas e pressões de injeção de termoplásticos.

Depois das verificações dos maquinários, foi à vez da verificação das oscilações dos parâmetros de processo. Para realizar os testes, foram simuladas as falhas que poderiam acontecer em um dia normal de produção, tais como uma queda de pressão de ar na rede da fábrica. Esta etapa teve como objetivo assegurar que, mesmo com as oscilações, o produto atenda as exigências definidas. Cada processo produtivo teve uma duração entre quatro horas a oito horas, dependendo da complexidade do processo e número de falhas existente nos mesmo.

Em cada processo produtivo, o produto foi medido para avaliar a facilidade de montagem estava de acordo com a especificação e em pontos críticos do produto, foi realizada uma capacidade de processo. Os pontos críticos foram definidos pela engenharia de produto, pois são essenciais para a montabilidade do cliente. Estas medições garantem que o processo está conforme o planejado.

A última atividade da validação é a avaliação da produção em condições normais, verificando a qualidade de todos os produtos após passar por todas as etapas. O planejamento prevê a verificação de quase duzentos produtos, os quais devem atender as exigências determinadas.

Para o fechamento da fase de validação foi realizado o relatório de conclusão que descreve as atividades realizadas. Além das atividades, foram incluídos neste documento todos os pontos observados e corrigidos durante esta fase.

3.7 ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE PE NAS CM

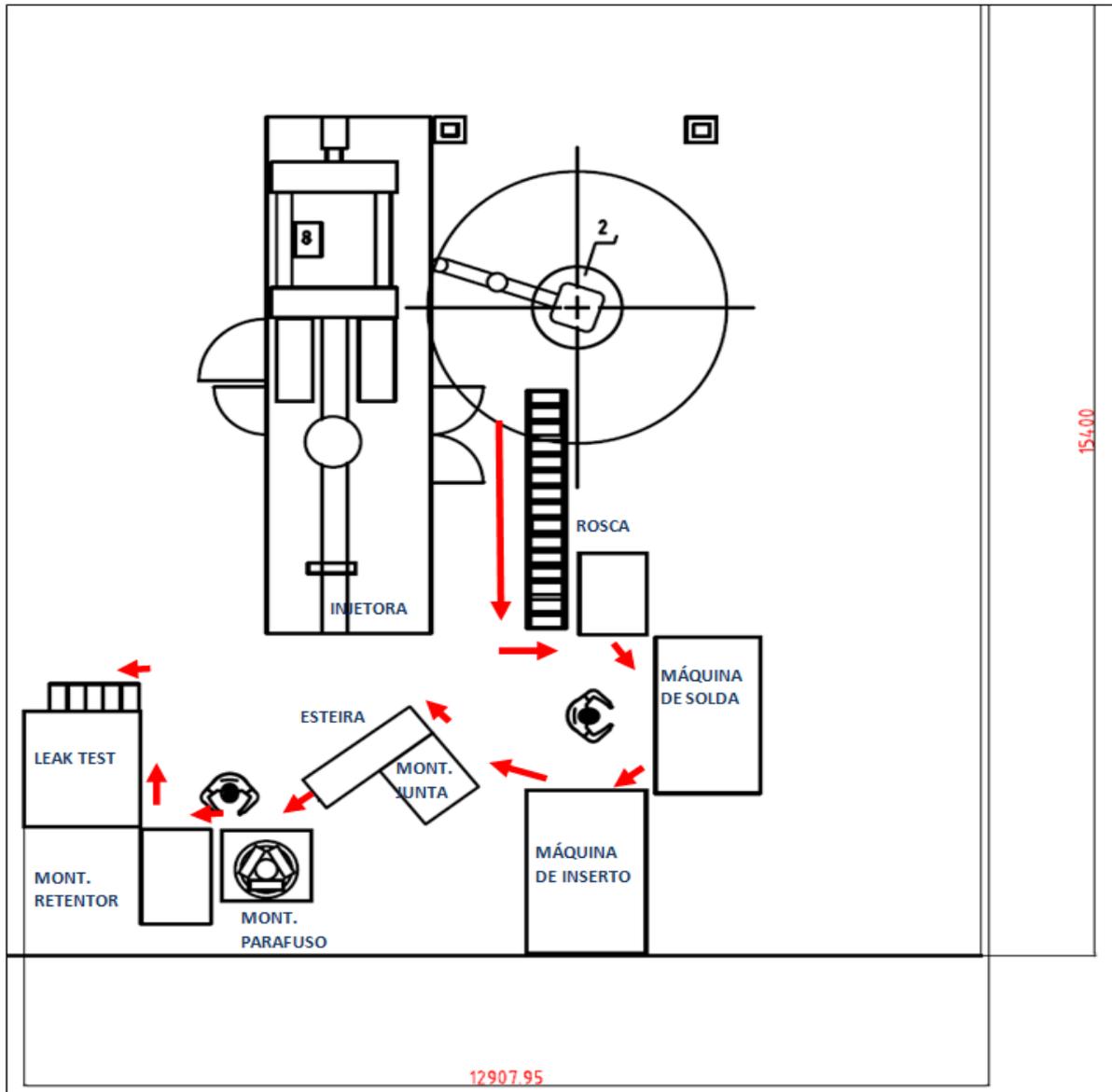
Após a implementação da CM estar concluída, foi realizada uma reunião na engenharia de processo, em que esteve presente a engenheira de processo (suporte a produção) e a engenheira de processo (desenvolvimento de novos processos). Esta reunião tinha como objetivo avaliar os resultados das práticas de PE nas CM utilizando o método de Saurin et al. (2011), de modo comparativo ao antigo estudo realizado por Fritzen (2013).

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FLUXO DE PROCESSO DAS NOVAS CM

A figura 9 apresenta o *layout* projetado da nova CM após a implementação, levando em conta o novo posicionamento determinado pela engenharia de processo para um melhor desempenho produtivo.

Figura 9 – Layout projetado da célula de manufatura.



Fonte: Fritzen (2013).

Nota: As setas significam o fluxo de materiais.

No entanto, a Figura 8 apresenta o *layout* atual da nova CM, sendo este provisório por solicitação do cliente. Nesta modificação o cliente solicitou um processo de rebarba manual não previsto do projeto. A causa desta mudança está na secção 4.3.

montagem do estampado pequeno, montagem do estampado grande, e a inserção de silicone. Como as CM não recebem e nem enviam materiais de outras CM, o produto acabado é enviado diretamente para a expedição da fábrica.

4.2 USO DAS PRÁTICAS DE PE NA NOVA CM

Os quadros 12, 13 e 14 apresentam resultados da avaliação do uso de todos os atributos das práticas de PE aplicados na CM antes e depois do desenvolvimento. O quadro 15 apresenta o resultado da pontuação das práticas de PE na CM após o desenvolvimento.

Recursos Humanos

Quadro 12 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema de recursos humanos da célula de manufatura antes e depois do desenvolvimento.

Práticas	Célula de manufatura antes do desenvolvimento	Célula de manufatura depois do desenvolvimento	Pontuação das práticas de PE
1. Trabalho em equipe e liderança (TWL)	a) O líder é responsável pelas atividades de melhoria e soluções de problema. b) O líder de equipe substitui os operadores no caso de ausências. c) Os operadores são avaliados pelo desempenho do trabalho da equipe como um todo.	a) Idem à situação original. b) Idem à situação original. c) Idem à situação original.	a) 1 pt b) 2 pts c) 2 pts
2. Melhoria Contínua (CI)	a) Os operadores estão desatualizados nos métodos de solução de problemas. b) O líder é responsável por melhoria contínua na linha, junto ao time de apoio. c) <input type="checkbox"/> Não possui grupos de melhoria contínua.	a) Os operadores tiveram um novo treinamento em métodos de solução de problemas. b) Os operadores possuem atividades de melhoria contínua. c) O líder e supervisor de produção coordenam o grupo de melhoria	a) 2 pts b) 2 pts c) 2 pts

		contínua.	
3. Multifuncionalidade e prática de rodízio (MCT)	<p>a) Todos os operadores são treinados em todos os postos, mais falta experiência nas máquinas.</p> <p>b) Há um controle da capacitação dos operadores em realizar as operações da célula (ex: matriz de habilidades).</p> <p>c) A linha não possui rodízio entre postos.</p>	<p>a) Todos os operadores são capacitados a realizar todas as operações da célula e estão aptos a operar as máquinas.</p> <p>b) O controle da capacitação dos operadores passou por uma melhoria, focando em treinamentos mais específicos de cada operação.</p> <p>c) O rodízio entre postos e operações é realizado de modo diário.</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 2 pts</p>
4. Autonomia dos Operadores (WAU)	<p>a) Os operadores têm autonomia para identificação e controle de variações.</p> <p>b) O líder é o único com autonomia para parar a linha de produção em caso de anormalidades.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> há dispositivos visuais para solicitar auxílio imediato do líder e das áreas suporte.</p>	<p>a) Idem à situação original.</p> <p>b) Idem à situação original.</p> <p>c) Os operadores possuem um acessório que aciona o relógio do líder ou do time de apoio.</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 1 pt</p> <p>c) 2 pts</p>
5. Padronização do trabalho (STW)	<p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há um ou mais formulários de padronização das operações.</p> <p>a) O (s) formulário(s) está visível aos operadores e ao líder.</p> <p>b) O (s) formulário (s) descreve as informações de: <i>takt time</i>, tempo de ciclo, separação de tempo homem e tempo máquina, sequência de produção, estoque padrão, desenho do arranjo físico e movimentação dos operadores.</p> <p>c) <input type="checkbox"/> Os formulários necessitam de</p>	<p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Há um ou mais formulários de padronização das operações.</p> <p>a) Idem à situação original.</p> <p>b) Idem à situação original.</p> <p>c) O (s) formulário (s) estão atualizados de acordo com as melhorias realizadas nas</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 2 pts</p> <p>d) 2pts</p>

	<p>melhorias na sua atualização</p> <p>d) O (s) formulário (s) é utilizado para verifica se as operações estão ocorrendo de acordo com os padrões estipulados.</p>	<p>operações.</p> <p>d) Idem à situação original.</p>	
6. Organização do local de trabalho (WHK)	<p>a) A célula está organizada (tem apenas os objetos necessários), ordenada (localização clara de cada objeto) e limpa (sem poeira, óleo ou outro tipo de sujeira).</p> <p>b) Há um programa 5S com auditorias regulares.</p> <p>c) Os resultados das auditorias estão publicados junto à célula.</p>	<p>a) A célula está organizada (tem apenas os objetos necessários), ordenada (localização clara de cada objeto) e não limpa (apresentando sobras de material plástico, ou rebarba).</p> <p>b) Com a mudança de processo, o programa de 5S não esta funcionando.</p> <p>c) Idem à situação original.</p>	<p>a) 1 pt</p> <p>b) 0 pts</p> <p>c) 2 pts</p>
7. Segurança e ergonomia. (SE)	<p>a) Auditorias realizadas pelo o time de apoio avaliando as questões de segurança e ergonomia em cada processo na linha de produção. Os operadores indicam dores no corpo nas auditorias realizadas</p> <p>b) Há quadros de controles visuais dos controles de segurança. Indicadores proativos, identificando os problemas antes que eles aconteçam e indicadores corretivos</p> <p>c) O líder conduz as melhorias contínuas para ergonomia e segurança.</p>	<p>a) O <i>layout</i> foi projetado para melhorar as dores nas pernas dos operadores, mais com a mudança inesperada do <i>layout</i> os operadores indicaram que ainda continuam com dores nas pernas.</p> <p>b) Idem à situação original.</p> <p>c) Idem à situação original.</p>	<p>a) 0 pts</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 2 pts</p>

Fonte: Fritzen (2013).

Planejamento e controle da produção

Quadro 13 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema planejamento e controle da produção da célula de manufatura antes e depois do desenvolvimento.

Práticas	Célula de manufatura antes do desenvolvimento	Célula de manufatura depois do desenvolvimento	Pontuação das práticas de PE
8. Produção Puxada (PULL)	<p><input type="checkbox"/> a) Há limites para os estoques em processo, componentes e produto acabado da célula. Tais limites são identificados por meio de dispositivos visuais segundo a lógica de linha <i>FIFO</i> ou <i>kanban</i>.</p> <p>b) O atributo anterior existe para todos os produtos, sejam eles comprados ou fabricados.</p> <p>c) A alimentação de componentes da célula é realizada com regularidade e por funcionários dedicados a essa atividade (não pelos próprios operadores da célula).</p>	<p>a) Idem à situação original.</p> <p>b) Idem à situação original.</p> <p>c) Idem à situação original.</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p> <p>c) 2 pts</p>
9. Nivelamento de Produção (SPR)	<p>a) Todos os modelos de produtos demandados ao longo do mês são produzidos todos os dias.</p> <p>b) Consumo de matérias primas ocorre em constantes volumes entre os processos.</p>	<p>a) Idem à situação original.</p> <p>b) Idem à situação original.</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p>
10. Troca rápida de ferramentas (QST)	<p>a) A célula não apresenta tempos de <i>setup</i> (por exemplo, na fabricação de apenas um modelo de produto).</p> <p>b) Caso haja <i>setup</i>, as respectivas atividades são padronizadas, havendo diferenciação entre atividades internas e externas.</p>	<p>a) Idem à situação original</p>	<p>a) 2 pts</p>
11. Manutenção produtiva total (TPM)	<p>a) Os operadores realizam a manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes</p>	<p>a) Idem à situação original.</p> <p>b) Idem à situação original.</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 1 pts</p>

	<p>simples, pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) de forma padronizada em todos os equipamentos.</p> <p>b) <input type="checkbox"/> Alguns equipamentos da área de montagem não possuem manutenção preventiva.</p>		
12. Indicadores enxutos para a medição de desempenho (LME)	<p>a) A célula utiliza indicadores que refletem a adoção de princípios da produção enxuta, tais como: <i>FTT</i> ou índice que leve em consideração retrabalho e refugo e a eficiência do processo (ex: <i>OEE</i>, no caso de possuir operações não manuais). Não possui indicadores de lead time e estoque planejado versus real.</p>	a) Idem à situação original.	a) 1 pts
13. Gestão visual do controle de produção (VPC)	<p>a) Há um quadro de controle de produção (manual ou automatizado) visível aos operadores da célula, indicando a programação de produção por períodos de horas ou turnos.</p> <p>b) As seguintes informações de controle de produção estão no quadro: planejado; realizado; saldo pendente; motivos de não atendimento; ações corretivas.</p>	<p>a) Idem à situação original.</p> <p>b) Idem à situação original.</p>	<p>a) 2 pts</p> <p>b) 2 pts</p>

Fonte: Fritzen (2013).

Tecnologia de processo

Quadro 14 – Análise dos atributos de produção enxuta no subsistema tecnologia de processo da célula de manufatura antes e depois do desenvolvimento.

Práticas	Célula de manufatura antes do desenvolvimento	Célula de manufatura depois do desenvolvimento	Pontuação das práticas de PE
14. Gestão visual do controle de qualidade (VQC)	a) Há quadros de gestão visual do controle da qualidade (manuais ou automatizados) visíveis aos operadores da célula. b) Os quadros apresentam os índices de qualidade causa raízes para os defeitos encontrados e respectivos planos de ação	a) Idem à situação original. b) Idem à situação original.	a) 2 pts b) 2 pts
15. Automação de equipamentos (EQA)	a) Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina, de modo que as máquinas desenvolvam, ao menos parcialmente, operações que dispensam monitoramento ou ação do operador. A maioria dos equipamentos possuem dispositivos <i>poka-yokes</i> para detectar anormalidades (erros ou defeitos), os quais paralisam a produção e sinalizam sua ocorrência de forma sonora ou visual.	a) <input type="checkbox"/> Idem à situação original.	a) 1 pts
16. Fluxo unitário (ONE)	a) As peças são produzidas e transportadas de modo unitário entre operações, sendo que em cada operação se realiza apenas o que é exigido pela etapa posterior.	a) <input type="checkbox"/> Idem à situação original.	a) 2 pts
17. Visibilidade e troca de	a) Não há uma boa visibilidade de todos os operadores em relação a todas as operações	a) Há uma boa visibilidade de todos os operadores em relação a	a) 2 pts b) 2 pts

informações. (VIS)	(operadores e equipamentos) e materiais (em fluxo ou em estoque) alocados na própria célula. b) Os operadores não se comunicam em tom de voz normal.	todas as operações (operadores e equipamentos) e materiais (em fluxo ou em estoque) alocados na própria célula. b) Todos os operadores podem se comunicar verbalmente em tom de voz normal.	
18. Tamanho e forma do arranjo físico. (LSS)	a) As dimensões da célula e o arranjo físico permitem que todos os operadores (no mínimo dois) troquem materiais entre si, sendo exigido para isso um deslocamento de até um metro de distância. b) Caso tenha apenas um operador, o arranjo físico permite que a célula opere com mais de um operador e obedece ao atributo anterior.	a) <input type="checkbox"/> Idem à situação original. b) <input type="checkbox"/> Idem à situação original.	a) 2 pts b) 2 pts
19. Organização em fluxo dominante (ODF)	a) Todos os produtos que são produzidos na célula passam pelos mesmos processos seguindo o mesmo fluxo de produção.	a) Idem à situação original.	a) 2 pts

Fonte: Fritzen (2013).

Quadro 15 –Pontuação das praticas de PE de acordo média aritmética dos atributos (a, b, c, d).

Pontuação dos atributos					
	A	B	C	D	Total
6.Organização do local de trabalho (WHK)	1	0	2	-	1,0
12.Indicadores enxutos para a medição de desempenho (LME)	1	-	-	-	1,0
15.Autonomiação de equipamentos (EQA)	1	-	-	-	1,0
7.Segurança e ergonomia (SE)	0	2	2	-	1,3
11.Manutenção produtiva total (TPM)	2	1	-	-	1,5
1.Trabalho em equipe liderança (TWL)	1	2	2	-	1,66
4.Autonomia dos operadores (WAU)	2	1	2	-	1,66
2.Melhoria contínua (CI)	2	2	2	-	2,0
3.Multifuncionalidade e prática de rodízio (MCT)	2	2	2	-	2,0
5.Padronização do trabalho (STW)	2	2	2	2	2,0
8.Produção puxada (PULL)	2	2	2	-	2,0
9.Nivelamento de produção (SPR)	2	2	-	-	2,0
10.Troca rápida de ferramentas (QST)	2	-	-	-	2,0
13.Gestão visual do controle de produção (VPC)	2	2	-	-	2,0
14.Gestão visual do controle de qualidade (VQC)	2	2	-	-	2,0
16.Fluxo unitário (ONE)	2	-	-	-	2,0
17.Visibilidade e troca de informação (VIS)	2	2	-	-	2,0
18.Tamanho e forma do arranjo físico (LSS)	2	2	-	-	2,0
19.Organização em fluxo dominante (ODF)	2	-	-	-	2,0

Fonte: Fritzen (2013).

A célula apresentou doze práticas de produção enxuta que utilizam o uso integral (CI, MCT, STW, PULL, SPR, QST, VPC, VQC, ONE, VIS, LSS e ODF) e sete práticas com o uso parcial (WHK, LME, EQA, SE, TPM, TWL e WAU) representando 37% das práticas.

As práticas VIS, STW, WAU, CI e MCT tiveram uma melhora em relação à célula antes do reprojeto. As práticas TWL, LME, EQA, SE e TPM continuaram práticas com o uso parcial em relação à antiga célula devido a autora não possuía poder para implantar as práticas, dependendo a matriz na empresa. Para melhorar a prática VIS, o formato do *layout* foi alterado para que os operadores não ficassem

separados, pudessem se comunicar em tom de voz normal e tivessem boa visibilidade de todas as operações. Nesta avaliação, verificou-se que a esteira que ficava entre a célula dificultava a visibilidade e a comunicação e por isso foi reprojetaada retirando a sua parte superior e diminuindo o seu tamanho.

Figura 11 – Esteira reprojetaada, com visibilidade para a segunda célula.



Fonte: Fritzen (2013).

A prática STW foi criada, contendo informações atualizadas sobre o trabalho padrão em todas as operações. Em relação à prática WAU, foi criada uma sistemática para solicitar auxílio imediato do líder de produção e time de apoio, facilitando a cadeia de ajuda. Segundo Campos et al. (2010) a cadeia de ajuda pode ser considerada uma rotina de interação entre níveis da organização que o objetivo é resolver e conter rapidamente o problema quando ele surge.

Na sistemática de auxílio imediato, cada célula possuía um dispositivo na última operação que quando acionado, os relógios que se encontram no pulso do líder de produção e a engenharia de processo vibram até serem atendidos. Não foram estipulados tempos máximos nos quais o líder de produção e a engenharia de processo deveria atender o chamado. Contudo, o time de apoio tem o comprometimento para que o atendimento seja o mais rápido possível, visto que o dispositivo só é acionado quando o operador necessita de algo imediato.

Figura 12 – Dispositivo e relógio para comunicação entre operador e time de apoio.



Fonte: Fritzen (2013).

Em relação a prática CI, os operadores fizeram um treinamento em métodos de solução de problemas e possuem atividades de melhoria continua. O líder e supervisor de produção coordenam o grupo melhoria continua para as CM. A melhoria na prática MCT foi referente ao treinamento focado nas operações da CM, fazendo com que os operadores tivessem domínio de todas as operações e deixando os gerentes mais tranquilos em relação ao rodízio dos funcionários.

As práticas WHK e SE tiveram um resultado inferior ao trabalho de Fritzen (2013), verificando que em relação ao 5S da CM, as mesmas apresentam sobras de material plástico. Já em relação à ergonomia, os operadores continuam reclamando de dores das pernas, já comentado no estudo de Fritzen (2013). No desenvolvimento do processo foi previsto 2800 metros de caminhada por turno por operador, mas com a etapa de rebarba manual que será apresentada na secção 4.3 cada operador passou a caminhar 5400 metros. A empresa aplicou nas CM o estudo de ergonomia para avaliar se esse acréscimo de caminhada traria algum problema para os operadores. O estudo inicia com a observação dos movimentos na linha de produção, após foi feito uma filmagem de três ciclos, e após foi colocado em um programa da empresa que avaliar a ergonomia. Em um conceito geral, este

programa verifica todos os movimentos em relação ao peso que o operador carrega. O resultado informou que as caminhadas não representam um risco para os operadores, mesmo assim a engenharia de processo busca diminuir estas caminhadas, não somente para melhorar as dores nas pernas, mas também para ajudar no tempo de ciclo das peças.

4.3 DIFICULDADES ASSOCIADAS AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) necessita do envolvimento entre os diversos departamentos de uma empresa, requerendo profundos conhecimentos das diversas áreas da Engenharia, noções gerenciais, visão sistêmica, visão integrada do negócio e relacionamento interpessoal. (MUNDIN et al., 2002).

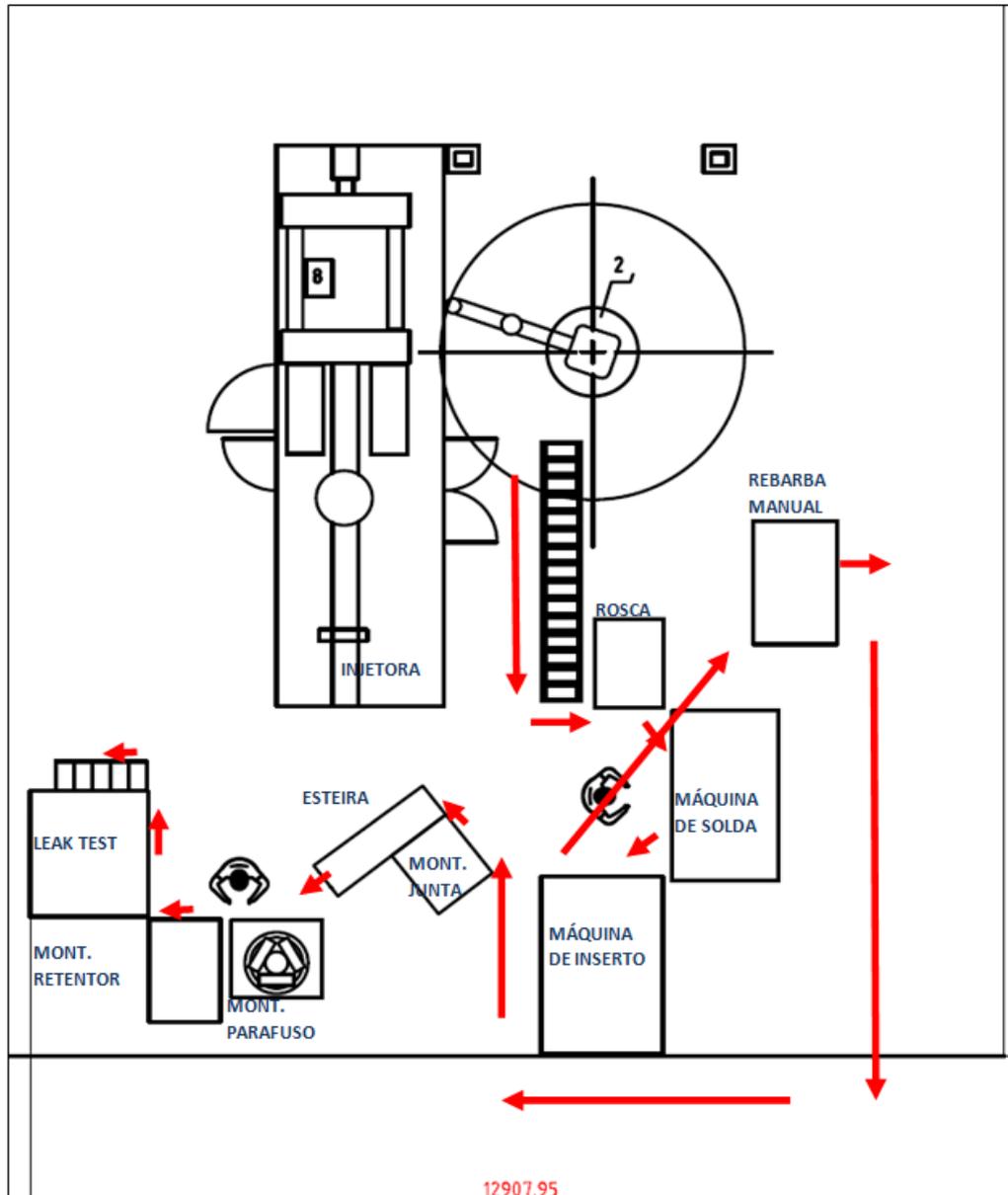
A empresa desenvolve seus produtos através do sistema de engenharia simultânea, que por definição é o projeto simultâneo e integrado de produtos e processos, incluindo manufatura e as áreas de suporte. Segundo Kerzner (2002), a engenharia simultânea impõe a concretização das várias etapas e processos de gestão de forma paralela, e não em sequência.

No geral, o PDP da empresa em estudo consiste em: criação dos conceitos, planejamento do produto, projeto do produto, projeto dos processos e manufatura. Segundo Rozenfeld et al. (2006), todas as etapas do PDP devem ter um processo de avaliação e controle para confrontar os resultados.

Mesmo aplicando boas práticas de PDP, o projeto em estudo apresentou dificuldades durante a etapa final do projeto do produto. Nesta fase, o projeto foi aprovado sem a avaliação do produto protótipo por parte do cliente, e com isso impactou diretamente no restante do projeto. Tal avaliação não ocorreu, pois o cliente assumiu que o novo produto era muito semelhante ao produto anterior, assim como optou por não testar na linha de produção devido aos altos custos.

Sem esta avaliação, o cliente não visualizou as rebarbas de plástico geradas pelo processo de solda. As rebarbas de plástico só foram de conhecimento do time no final do projeto dos processos, após inúmeros testes. Os antigos engenheiros que possuíam conhecimento neste processo, não estavam mais presentes na empresa e por isso o time desconhecia o fato de que a rebarba fazia parte do

Figura 14 – Layout provisório solicitado pelo cliente.



Fonte: Fritzen (2013).

Nota: As setas significam o fluxo de materiais.

Outra solicitação do cliente é que esta operação deveria ser realizada antes da montagem da junta de borracha, que corresponde a terceira operação, para evitar problemas de qualidade no produto. Estas solicitações ocasionaram resultados negativos nas práticas de produção enxuta WHK e SE, pois a caminhada dos operadores, que antes eram de 2880 m por turno, aumentou para 5400 m por turno.

Em relação à prática de organização do local de trabalho, foi possível verificar que com essa nova operação a linha apresentou mais sujeira, pois nesta operação podem cair rebarbas no piso. Como a rebarba manual é uma operação provisória, a empresa decidiu não investir em nenhum equipamento para a limpeza da célula.

Para finalizar a célula de manufatura com um sistema de produção enxuto, em conformidade com seu desenvolvimento original, é necessária uma melhoria na região de solda do produto. Para esta melhoria, deve ser feita novamente uma validação de produto pelo cliente.

5 CONCLUSÕES

Conforme Fritzen (2013), cerca de 58% das práticas de produção enxuta não vinham sendo bem aplicadas na célula de manufatura estudada. Esta análise era necessária para a introdução de um novo produto em um sistema enxuto. O reprojeto da CM enxuta é o principal objetivo deste estudo, que apresentou o método utilizado pela empresa, além de suas etapas, que são: projeto preliminar da nova CM, avaliação da CM atual, definição do projeto detalhado e implementação da CM. Os participantes destas etapas foram os operadores, chefes de produção, analistas de processo e de qualidade, que ajudaram em todas as análises deste projeto.

Após o planejamento, a implementação durou cerca de dois meses, período em que ocorreu a troca de *layout* da linha, troca de ferramentais e a validação das operações. Houve verificação em todas as etapas da implementação da CM, para que não ocorressem falhas.

Mesmo que todas as etapas de desenvolvimento e implementação da CM tenha sido bem realizada, não foi possível atingir 100% dos objetivos planejados. Verificou-se que as práticas WHK e Se não alcançaram o resultado final esperado, pois os operadores passaram a caminhar 5400 metros, enquanto o projeto previa que eles caminhariam 2800 metros. Além disso, os objetivos do 5S não foram plenamente atingidos, pois uma etapa não prevista foi solicitada pelo cliente, alterando o planejamento inicial, o que ocasionou sujeira nas CM.

O projeto do produto é importante para que as práticas de produção enxuta sejam bem aplicadas, tendo em vista que durante o projeto, a equipe não deu a devida importância a uma etapa fundamental, gerando uma demanda adicional no

fim do projeto. Esta alteração no fluxo do produto ocasionou o não cumprimento na integralidade das práticas WHK e Se.

Na análise geral do trabalho, podemos considerar que cerca de 42% das práticas de produção enxuta avaliadas neste trabalho não vêm sendo bem aplicadas na célula recém reprojetaada, deixando melhorias a serem executadas após a mudança do produto.

REFERÊNCIAS

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

CONTADOR, J. **Células de manufatura**. São Paulo: Departamento de engenharia de produção UNESP, 1995.

DOWLATSHAHI, S.; NAGARAJ, M. Application of group technology for design data management. *Computers & Industrial Engineering*. **Elsevier Science**, 1997.

FRITZEN, L. **Avaliação de praticas de produção enxuta em células de manufatura no setor automotivo**. Porto Alegre: [s.n.], 2012.

GROOVER, M. P. **Fundamentals of modern manufacturing**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

HYER, N. L.; BROWN, K. A.; ZIMMERMANN, S. A sociotechnical systems approach to cell design: Case study and analysis. **Journal of Operation Management**, 1999.

HYER, N. L.; BROWN, K. A. The discipline of real cells. **Journal of operations Management**, 1999.

HYER, N. L.; WEMMERLÖV, U. Group technology and productivity. **Harvard Business Review**, 1984.

HYER, N. L.; WEMMERLÖV, U. **Reorganizing the factory**: competing through cellular manufacturing. New York: Productivity Press, 2002.

KING, R. E.; JOINES J. A.; CULBRETH, T. **Manufacturing cell design: an integer programming model employing genetic algorithms**. USA: Department of industrial engineering, 1994.

KERZNER, Harold. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

KUSIAK, A.; DORF, R. C. **Handbook of design, manufacturing and automation**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

LIM, M.; ZHANG, Z. A multi-agent based manufacturing control strategy for responsive manufacturing. **Journal of Materials Processing Technology**, 2003.

LOPES, M. C. **Modelo para focalização da produção com células de manufatura**. 1998. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

LORINI, F. J. **Tecnologia de grupo e organização da manufatura**. Florianópolis: UFSC, 1993.

LUONG, L. et al. A decision support system for cellular manufacturing system design. Computers & industrial engineering, **Elsevier Science**. v. 42, 2002.

MOREIRA, D. **A administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cenage Learning, 2008.

MOON, C.; GEN, M. A genetic algorithm-based approach for design of independent manufacturing cell. International. **Journal production economics**, n. 60-61, p. 421-426, 1999.

MOURA, Reinaldo A. **Lições das missões ao Japão**. São Paulo: IMAN, 1990.

MUKHOPADHYAY, S. K.; MAITI, B.; GARG, S. Heuristic solution to the scheduling problems in flexible manufacturing system. **International journal of production Research**, v. 29, n. 10, p. 2003-2024, 1991.

MUNDIN, Ana P. F. et al. **Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional**. Gestão e Produção. São Carlos: [s.n.], 2002.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUSSEL, R, S,; Taylor III, B. W. **Operations management, focusing on quality and competitiveness**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

SAURIN, T.; MARODIN, G.; RIBEIRO, J. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. **International journal of production research**, v. 49, n.11, p. 3211- 3230, 2011.

SEVERIANO FILHO, C. **Produtividade & manufatura avançada**. João Pessoa: Edições PPGE, 1999.

SHERIDAN, J. World-class manufacturing. **Industry week**, v. 239, n. 13, p. 36-46, 1990.

SILVA, A. L.; RENTES, A. F. **Tornando o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas de produção**: um estudo de caso. [S.l.]: ENEGEP, 2002.

SILVEIRA, G. J. C. A methodology of implementation of cellular manufacturing. **International journal of production research**, 1999.

SILVEIRA, G. J. C. **Uma metodologia de implantação da manufatura celular**. 1994. Dissertação (Mestrado)–PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1994.

SLACK, Nigel; et al. **Administração da produção**. São Paulo: [s.n.], 1997.

TAHARA, C. S; CARVALHO, M. M.; GONÇALVES, E. V. Revendo a bibliografia recente sobre a formação de células de manufatura. In: ENEGEP, 17., 1997, Gramado. **Anais...** Gramado: [s.n.], 1997.

WEMMERLOV, U.; JOHNSON, D. J. Cellular manufacturing at 46 user plants: implementation, experiences and performance improvements. **International journal of production research**, 1997.

APÊNDICE A – DOCUMENTO DE VALIDAÇÃO DO REPROJETO DA CM

**ENGENHARIA DE MÉTODOS
E PROCESSOS**

RELATÓRIO DE VALIDAÇÃO Nº.

Linha de Termoplástico

1. DADOS

PEÇA:

Nº DA MÁQUINA:

PROCESSO:

MATÉRIA PRIMA : COMPONENTES:

TEMPO UTILIZADO :

ANALISTAS RESPONSÁVEIS NA VALIDAÇÃO:

FERRAMENTA/ DISPOSITIVO: NOVA PILOTO
 RECONDICIONADA DEFINITIVA

Nº CAVIDADES:

2. OBJETIVO

3. PARÂMETROS PRINCIPAIS UTILIZADOS*

NÚMERO DO PROG.	<input type="text"/>	OUTROS PARÂMETROS:
TEMPERATURA :	<input type="text"/>	
TEMPO DE INJEÇÃO:	<input type="text"/>	
TEMPO DE CICLO TOTAL:	<input type="text"/>	
PRESSÃO DE TRABALHO:	<input type="text"/>	
TEMPER. DA ROSCA:	<input type="text"/>	
VEL. DE INJEÇÃO:	<input type="text"/>	
PESO BRUTO:	<input type="text"/>	
PESO LÍQUIDO:	<input type="text"/>	
VOLUME DE MASSA:	<input type="text"/>	

ENGENHARIA DE MÉTODOS E PROCESSOS

RELATÓRIO VALIDAÇÃO

4. SISTEMA DE SEGURANÇA: APROVADO REPROVADO

5. CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS: APROVADO REPROVADO

6. COMPORTAMENTO/ VARIÇÕES DO PROCESSO

7. RESULTADOS DAS ANÁLISES:

8. CONCLUSÃO

9. RESULTADO DA VALIAÇÃO

APROVADO REPROVADO

APÊNDICE B – TRABALHO PADRONIZADO DA CM

Trabalho Padronizado de Manufatura					Doc. Nº :	01 / 02	
					Revisão :	003	
Célula :		Termoplásticos			Inventário Padrão em processo:		8
Família de Produtos:		Tampa de válvulas					
Nº da Peça:							
Operação:		Operação: Injetar, rosca, solda, insertos metálicos e montagem junta					
Sequência	Descrição das Etapas de Trabalho	Tempos (s)			Pontos Chaves		
		Auto mático	Man ual	Cam inha da			
	Ciclo da injetora	77					
	Robô coleta a peça, realiza a quebra do galho e a coloca na esteira						
1	Retirar com as duas mãos a peça do dispositivo de rosca, rebarbar a rosca e posicionar com a mão direita a peça na mesa da máquina de solda		3		A cada ciclo limpar as rebarbas da mesa		
2	Pegar peça da esteira com a mão esquerda		1		Somente quando estiver com mais de 4 peças na esteira		
3	Inspecionar a tampa		2		Conforme o catálogo de defeito		
4	Colocar a peça no dispositivo de rosca e pressionar os botões de acionamento da máquina (bimanual)		3		Pokayoke do nípel obstruído e contador de ciclos		
	Caminhada			2			
5	Retirar a peça da máquina de solda e colocar na bancada com a mão direita		1				
6	Retirar a peça da bancada com a mão esquerda e colocar no berço da solda		1				
7	Pegar com a mão esquerda o defletor menor e com a mão direita o defletor maior posicionado nos berços superiores		5		Verificar o posicionamento dos defletores		
8	Pressionar os botões de acionamento (bimanual)		3				
	Caminhada			2			
9	Retirar com a mão direita a peça da máquina de inserto e colocar com a mão esquerda a peça a ser processada		1				
10	Pressionar com a mão esquerda o botão de acionamento		1				
	Caminhada			2			
11	Colocar a peça no dispositivo de montagem da junta		2				
12	Apertar o bi-manual duas vezes		1				
13	Retirar a peça e colocar na esteira		3		Verificar posicionamento		
14	Posicionar a junta no berço		22				
Totais		77	49	10			
Item	Ferramental	Cav.	Matéria Prima (Composto)		Ferragem	Produção hora	
1	01.760.008	1	M11402-047		NA	45 pcs	

4 COMENTÁRIOS FINAIS

4.1 CONCLUSÕES

A proposição de um método para o reprojeto de células de manufatura foi o principal objetivo deste estudo. Tal método foi aplicado no reprojeto de uma célula em que foi necessária a introdução de um novo produto, em uma empresa do setor automotivo. Anteriormente ao início do projeto, foi avaliado o nível de uso de práticas de PE nas duas CM, por meio do método de Saurin et al. (2011).

A aplicação do método foi baseada em múltiplas fontes de evidências, incluindo entrevistas com: operadores, chefes de produção, analistas de processo e de qualidade.

Com base nessa avaliação, verificou-se a necessidade da inclusão de requisito de segurança e ergonomia dentre aqueles que originalmente constavam no método de Saurin et al. (2011). Foi necessária também uma tabela de pontuação das práticas de PE, para gerar prioridades no reprojeto da CM. A conclusão do estudo foi que 42% das praticas não eram aplicadas, dentre elas a melhoria contínua, multifuncionalidade e práticas de rodízio, autonomia dos operadores e visibilidade e troca de informações.

Com base nestes resultados, o reprojeto da CM teve início, tendo as seguintes etapas:(a) Análise do funcionamento da CM; (b) projeto preliminar; (c) avaliação do uso de práticas de PE nas CM atuais; (d) projeto detalhado da nova CM; (e) planejamento da implementação; (f) análise das práticas de PE. A etapa de implementação da CM foi a mais esperada por todos em que ocorreu a troca de *layout* da linha, troca de ferramentais e a validação das operações.

Após a implementação foi feito uma análise pela a engenharia de processo utilizando o método de Saurin et al. (2011) na CM e foi verificado que mesmo com todas as etapas bem definidas, não foram obtidos os objetivos planejados, pois as práticas de organização do local de trabalho (WHK) e segurança e ergonomia(SE) obtiveram um bom desempenho.De fato, a limpeza da CM não estava de acordo com o esperado, devido à alteração de fluxo da peça solicitado pelo cliente na fase de aprovação final. Além disso, os operadores passaram a caminhar 5400 metros, enquanto o projeto previa que eles caminhariam 2800 metros.

Deste modo, um aprendizado importante decorrente deste trabalho foi o de que o projeto do produto deve ser integrado ao projeto do processo para que as práticas de produção enxuta tenham bons resultados. No caso da CM, a equipe não deu a devida importância a uma etapa fundamental no final do projeto do produto. Durante esta fase, o cliente aprovou o produto sem avaliar o produto protótipo e com isso não visualizou as rebarbas de plástico geradas pelo processo de solda. Como a equipe só teve conhecimento técnico no final do projeto, o produto foi até a fase final de implementação, e com isso o cliente liberou o produto provisoriamente. Para esta liberação foi exigida uma nova etapa no processo chamada de rebarba manual, que fez com que práticas de organização do local de trabalho (WHK) e segurança e ergonomia (SE) não obtivessem um bom desempenho.

Para as práticas organização do local de trabalho (WHK) e segurança e ergonomia (SE) terem um bom desempenho conforme o projetado será necessárias melhorias de produto para que o processo de solda pare de gerar rebarba plástica, melhorando o 5S da CM. Além disto, as CM poderão voltar ao seu *layout* projetado inicialmente, pois a etapa de rebarba manual deve ser retirada, diminuindo a caminhada dos operadores.

Como sugestões para estudos futuros, decorrentes deste trabalho, podem ser destacadas: (a) incluir a etapa de desenvolvimento de produto ao método de reprojeto de CM usado nesse estudo; (b) avaliar a eficácia do reprojeto da CM, coletando indicadores de desempenho da mesma ao longo tempo; (c) Desenvolver uma pontuação que consiga identificar melhor a importância de cada prática; (d) aplicar o método de reprojeto em CM de indústrias de outros setores, para verificar necessidades de adaptação do mesmo.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, T. et al. **Utilização da cadeia de ajuda no processo de desenvolvimento de produtos**. Santa Catarina: Enegep, 2010.

CORRÊA, J. **Reprojeto de layout de unidade de produtos especiais em uma empresa de eletrodoméstico**. 2009. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2009.

GONÇALVES, T.; OLIVEIRA, R., 2010. Projeto de célula de manufatura. In: XXX Encontro nacional de engenharia de produção, 30., 2010. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], 2010.

KUO, R. J.; CHI, S. C.; TENG, P. W. Generalized part family formation through fuzzy self-organizing feature map neural network. *Computers & industrial engineering*, **Elsevier Science**, v. 40, 2001.

LIKER K. J. **O modelo Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LOPES, M. C. **Modelo para focalização da produção com células de manufatura**. 1998. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

LUONG, L. et al. A decision support system for cellular manufacturing system design. *Computers & industrial engineering*. **Elsevier Science**, v. 42, 2002.

MARODIN, G. **Diretrizes para avaliação da utilização de práticas de produção enxuta em células de manufatura**. Porto Alegre: UFGRS, 2008.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

RUSSEL, R. S.; TAYLOR III, B. W. **Operations management, focusing on quality and competitiveness**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

SANTOS, L.; GOHR, C.; SCHARAN, M. Analysis redesign and improvement of the assembly process of wooden containers used for packaging of electric motors. **Revista de Gestão industrial**, Paraná, v. 6, n. 4, 2010.

SAURIN, T.; MARODIN, G.; RIBEIRO, J. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. **International journal of production research**, v. 49, n.11, p. 3211- 3230, 2011.

SHARMA, B. P.; PATTANAIK, L. N. **Implementing lean manufacturing with cellular lay out: a case study**. India: Department of Production Engineering, Birla Institute of Technology, 2008.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and a performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, 2003.

SEVERIANO FILHO, C. **Produtividade & manufatura avançada**. João Pessoa: Edições PPGEF, 1999.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.