



**Gestão de Projetos e
Engenharia de Produção**
08 a 10 de novembro de 2010

PRODUTIVIDADE: DESENVOLVIMENTO COMPUTACIONAL DE LÓGICA FUZZY ORIENTADO NA PRODUÇÃO ENXUTA, UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA ELETRO-ELETRÔNICA DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS - PIM

MARCELA SEIXAS FERREIRA ()

marcela.seixas@gmail.com

JANDECY CABRAL LEITE ()

jandecycabral@hotmail.com

JOAO CALDAS DO LAGO NETO ()

lagoneto.jcaldas@gmail.com

Resumo: ESTE ARTIGO APRESENTA O DESENVOLVIMENTO DE UMA MODELAGEM COMPUTACIONAL: FUZZY, PARA AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DE APARELHOS DE 32" DE LCD'S (LIQUID CRYSTAL DISPLAY) EM UMA FÁBRICA DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS, ONDE FORAM IDENTIFICADOS VÁRIOS PARÂMETROS BASEADOS PARA PRODUÇÃO ENXUTA. DENTRE OS QUAIS, CONFORME GRAU DE RELEVÂNCIA DOS ESPECIALISTAS DESTE ESTUDO, PODEMOS DESTACAR: DESPERDÍCIOS, CAPACIDADE PRODUTIVA E ESTUDO DE TEMPOS. RESSALTANDO AINDA QUE O SISTEMA PROPOSTO SEJA DE GRANDE IMPORTÂNCIA PARA PROFISSIONAIS E PESQUISADORES DA GESTÃO DA PRODUÇÃO, OS QUAIS DESEJAM RESULTADOS QUE REDUZAM CUSTOS E CONSEQUENTEMENTE AUMENTE OS LUCROS DA ORGANIZAÇÃO.

Palavras-chaves: PRODUÇÃO ENXUTA, LÓGICA FUZZY

PRODUCTIVITY: COMPUTATIONAL DEVELOPMENT OF FUZZY LOGIC ORIENTED IN LEAN PRODUCTION, A CASE STUDY IN AN ELECTRO-

ELECTRONICS COMPANY OF THE POLO INDUSTRIAL DE MANAUS - PIM

Abstract: *THIS ARTICLE PRESENTS THE DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL MODELING: FUZZY, TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF EQUIPMENT FOR 32 "LCD'S (LIQUID CRYSTAL DISPLAY) IN A FACTORY IN THE INDUSTRIAL POLE OF MANAUS, WHERE THEY WERE IDENTIFIED BASED ON VAARIOUS PARAMETERS FOR LEAN PRODUCTION. AMONG WHICH, ACCORDING TO THE DEGREE OF RELEVANCE OF THE EXPERT STUDY, WE CAN HIGHLIGHT: WASTE, PRODUCTION CAPACITY AND TIME STUDY. EMPHASIZING FURTHER THAT THE PROPOSED SYSTEM IS OF GREAT IMPORTANCE TO PRACTITIONERS AND RESEARCHERS IN THE MANAGEMENT OF PRODUCTION, WHICH RESULTS WE WISH TO REDUCE COSTS AND THEREBY INCREASE THE PROFITS OF THE ORGANIZATION.*

Keyword: *LEAN MANUFACTURING, FUZZY LOGIC*

1. Introdução

Ferro (2002) afirma que a sociedade vive em um momento de competitividade causada pela eficácia das operações empresariais, e uma das mais fortes ferramentas da indústria é o *Lean Manufacturing*, ou produção enxuta. A produção enxuta é capaz de ajudar a função produção a cumprir seu papel estratégico dentro da organização, fazendo com que ela consiga atender seus cinco objetivos básicos: fazer certo as coisas, fazer as coisas com rapidez, fazer as coisas em tempo certo, mudar o que faz e fazer o mais barato possível. Baseado nesse contexto, a produção enxuta proporcionar o aumento da produtividade, sem perdas dos lucros necessários para o crescimento contínuo das atividades da empresa, assegurando a posição competitiva da mesma em um mercado cada vez mais globalizado (SLACK et al, 2002).

É dentro deste cenário, que o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo computacional de Lógica *Fuzzy* para análise da produtividade de um processo industrial de fabricação de LCD (*Liquid Crystal Display* – Tela de Cristal Líquido), demonstrando variáveis que podem influenciar no alcance das metas estabelecidas pela organização e utilizando uma metodologia de investigação baseada no *lean manufacturing*.

Este artigo está organizado em quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, é apresentado alguns aspectos metodológicos que direcionam este estudo. Na seção 3, é apresentado o referencial teórico sobre os temas abordados: produção enxuta e lógica *fuzzy*. Na seção 4, descreve o estudo de caso, bem como, o processo analisado. O artigo é finalizado com as conclusões e recomendações, na seção 5.

2. Aspectos Metodológicos

Este estudo é caracterizado por uma pesquisa aplicada, exploratória e descritiva. É aplicada pois a empresa motivada em solucionar problemas reais de produtividade na linha de montagem de LCD's, aplicou métodos e técnicas da produção enxuta e desenvolveu um modelo em lógica *fuzzy* para direcionamento na tomada de decisão. É exploratória, pois o que se pretende com este trabalho conhecer mais sobre aplicação da lógica *fuzzy* e produção enxuta através de bibliografias e descritiva pois baseia-se em um estudo de caso.

Segundo Laville e Dionne (1999), na pesquisa aplicada o pesquisador é levado a uma intervenção na vida real, objetivando compreender as interações das diversas variáveis do objeto de estudo. Vergara (2000), afirma que a Pesquisa Exploratória constitui-se ao processo de levantamento bibliográfico (livros, sites, revistas, monografias e teses de mestrados), a fim de verificar se a quantidade das fontes coletadas corresponde à qualidade suficiente para a realização do estudo. Por ser um estudo de caso, é uma pesquisa descritiva, pelo fato do pesquisador ter investigado as ações e atitudes do objeto em análise, ou seja, observando, registrando, analisando e correlacionando os fatos sem procurar modificar. A pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno, constitui-se de observações, análises, classificação e interpretação dos fatos coletados, mas sem interferência do pesquisador (VERGARA, 2000).

3. Referencial Teorico

3.1 Lean Manufacturing – Produção Enxuta

O sistema de produção enxuta concentra-se na eliminação de desperdícios, definindo como tudo aquilo que não agrega valor ao ciclo produtivo de um determinado produto ou serviço. É um sistema de produção onde o valor é especificado e obtido através do alinhamento de atividades geradoras de valor. É uma forma de fazer mais com menos recursos, procurando fornecer aos clientes exatamente o que eles necessitam (WOMACK e JONES, 2003).

Segundo Hines e Taylor (2000), os princípios da produção enxuta possuem cinco princípios básicos:

a) Especificar atividades que agregam valor: atividades que na visão do cliente agregam valor ao produto ou serviço, e que realmente ele ficaria feliz em pagar.

O termo valor tem dentre várias, as seguintes definições: (1) qualidade pela qual determinada pessoa ou coisa é estimável em maior ou menor grau, ou seja, o valor representa o quanto o serviço ou o produto a ser produzido será estimado pelo consumidor; (2) importância de determinada coisa, estabelecida ou arbitrada de antemão. Isto pode ser obtido com o uso de ferramentas específicas para determinação da importância relativa das necessidades dos consumidores no desenvolvimento do produto e (3) maior ou menor apreço que um indivíduo tem a um determinado bem ou serviço e que pode ser de uso ou de troca. Representa a visão que se deve ter da real utilidade do produto para um determinado propósito (WOMACK e JONES, 2003).

b) Identificar a cadeia de valor para cada produto: são todos os passos necessários para produção de um produto através do fluxo total de valores para destacar as perdas sem adição de valor.

Para Womack e Jones (2003), este tipo de abordagem aplica-se aos três maiores campos de atividades de negócios: (1) solução de problemas: que vai da concepção ao lançamento do produto no mercado; (2) gerenciamento da informação: desde o recebimento do pedido, detalhamento da programação e entrega do pedido; e (3) transformação física: da matéria-prima ao produto acabado.

c) Fluxo de valor: significa fazer fluir as atividades que criam valor, sem interrupção, desvios, contrafluxos, esperas ou refugo. O objetivo do fluxo de valor consiste em redefinir as atividades de forma que elas possam contribuir de forma positiva para criação do valor e alcançar as reais necessidades do processo em todos os pontos do fluxo de valor, tornando assim de interesse de todos (WOMACK E JONE, 2003).

d) Produção Puxada: fazer o que os clientes (internos e externos) precisam no tempo certo, ou seja, só fazer o que for solicitado pelo cliente. Para Rother e Shook (1999) o objetivo de colocar um sistema puxado é ter uma maneira de dar a ordem exata da produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda do processo posterior. Puxar é um método para controlar a produção entre dois processos, e deve ser feita de acordo com o consumo real do cliente, e não de acordo com uma previsão de consumo.

e) Perfeição: o último princípio enxuto é alcançar a perfeição, isso significa constantes melhorias de processos e sucessivos aumento de eficiências. A perfeição é, então, o estado futuro do fluxo de valor. Depois da eliminação de todos os desperdícios, conforme a aplicação dos quatros princípios anteriores. Para Shingo (1996), desperdício é qualquer ação que agregue tempo, esforço, custo, mas não agregue valor ao produto final.

3.1.1 Desperdícios

Para uma redução efetiva dos custos de produção, os desperdícios devem ser analisados e ponderados porque estão interligados e facilmente encobertos pela complexidade das organizações (SHINGO, 1996). Na Toyota, a redução dos desperdícios passa por uma análise detalhada da cadeia produtiva, isto é, a seqüência de processos pelo qual passa a matéria-prima até sua transformação em produto acabado, com o objetivo de identificar a tarefa que não adicionam valor.

Conforme Ohno (1997, p. 25) “a base do sistema *Toyota* de produção é a absoluta eliminação do desperdício”. De acordo com Guinato (2000) este modelo demonstra o objetivo da *Toyota* que é fornecer produtos ou serviços de alta qualidade, com baixo custo e com o menor lead time. Tudo isso, enquanto assegura um ambiente de trabalho onde a segurança e a moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação essencial da gerência.

Segundo Womack e Jones (2003); Shingo (1996) e Hines e Taylor (2000) os desperdícios vem sendo classificados em sete perdas distintas, conforme descrito abaixo.

a) Perda por Superprodução: De todas as sete perdas, a perda por superprodução é a mais prejudicial. Pois a mesma tem a propriedade de esconder as outras perdas e é mais difícil de ser eliminada. Normalmente esta perda é gerada por restrições no processo produtivo, como por exemplo: elevado tempo de preparação de equipamentos/máquina/ferramentas, falha no controle da programação da produção em termos de quantidade e prazos de entrega, arranjo físico inadequado, etc (GUINATO, 2000).

Conforme Shingo (1996) a superprodução é dividida em dois tipos: superprodução por quantidade (produzir além do volume programado), gerando *WIP (work in process)*; e superprodução por antecipação, é a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, gerando perda de ocupação da mão-de-obra em produtos não necessários, falta de matéria-prima em produtos que estão sendo requisitados com urgência, além de elevar os estoques.

b) Perda por Transporte: o transporte representa gastos de tempo e de recursos financeiros, no qual não agregam valor ao produto. Considera-se transporte o deslocamento de materiais de fornecedores até a empresa, da empresa até o cliente ou entre os departamentos da empresa. Conforme Lixer (2005), o transporte é uma atividade que não agrega valor, e deve ser vista como uma perda que deve ser minimizada.

A eliminação dos transportes tem como objetivo o aumento da eficiência produtiva. E isso só é possível com as melhorias de layouts dos processos e seus arranjos físicos, diminuindo as distâncias a serem percorridas por materiais e pessoas (CORRÊA; GIANESI, 1996).

c) Perda pelo processamento em si: para Guinato (2000) são parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto e/ou serviço. Consiste na execução de atividades de processos desnecessárias para que o produto atinja as características desejadas pelo cliente. O processo de fabricação em si pode gerar perdas, como, por exemplo, retrabalhos.

Shingo (1996) afirma que são dois os caminhos para se eliminar a perda por processamento: (1) Melhoria do produto em si, através da engenharia e análise de valor do

produto; (2) Melhoria dos métodos de fabricação através da engenharia e/ou tecnologia de fabricação.

d) Perda por movimento: As perdas por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. Tipicamente, “a introdução de melhorias como resultado do estudo dos movimentos pode reduzir os tempos de operação em 10 a 20%” (GUINATO, 2000).

Segundo Corrêa; Gianesi (1996) a eliminação da perda por movimento reduz os tempos de operação, o uso intensivo do estudo de tempos e métodos contribui para padronização das tarefas, e conseqüentemente, para o aumento da qualidade e produtividade dos produtos fabricados.

e) Perda por espera: As perdas por esperas representam longos períodos de ociosidade das pessoas, máquinas e informações, resultando em fluxo mal definido, bem como *lead time* longo (HINES e TAYLOR, 2000).

Segundo Womack e Jones (2003) há dois tipos de perda por espera: (1) esperas de processo – quando o operador apenas serve para vigiar uma máquina automática ou fica esperando o próximo passo no processamento, pela ferramenta, pelo suprimento ou pela peças; (2) esperas de lotes – é a perda por espera de materiais em estoques intermediários, aguardando para ser processado ou entregue.

f) Perda por estoques: Corrêa e Corrêa (2006) comenta que os estoques, além de ocultarem outros tipos de desperdícios, significam desperdícios de espaço e investimento. A sua redução deve ser feita através da eliminação das causas geradoras da necessidade de se ter estoques. Para Slack et al (2002), os estoques escondem os problemas do sistema de produção, impedido que os mesmos sejam solucionados. A Figura 1 nos mostra essa idéia onde os muitos problemas da produção são como as pedras no leito de um rio, atrapalhando o fluxo e causando turbulência. A água representa o nível de estoque na produção, e o navio, a gerência. A redução do nível de estoque (água) permite que a gerência (navio) veja os problemas de produção (pedras) e procure reduzi-los.

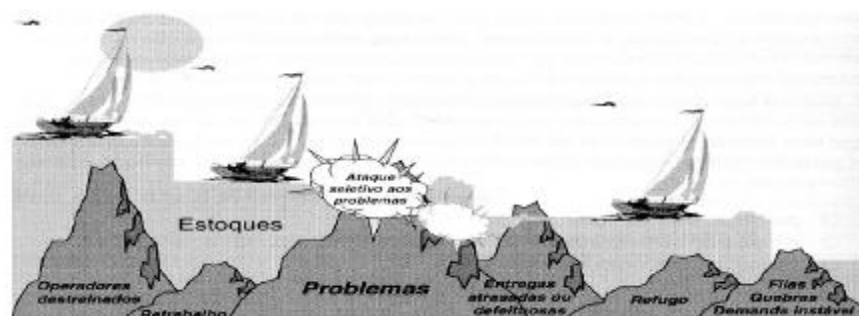


FIGURA 1: Redução dos estoques para expor os problemas do processo. Fonte: Corrêa; Gianesi; Caon (2001)

g) Perda por fabricação com defeito: A perda por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos de uso. Conforme Corrêa e Corrêa (2006), produzir produtos defeituos

significa desperdiçar materiais, disponibilidade de equipamentos, disponibilidade de mão-de-obra, movimentação de materiais defeituosos, etc.

3.2 Lógica Fuzzy

A lógica *fuzzy* é uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em uma linguagem natural e converter-las para um formato numérico. Esta permite simular o processo do raciocínio humano e tomar decisões baseados em dados incertos (ZADEH, 1968). A lógica *fuzzy* é uma abordagem sugerida para tratar sistemas complexos, envolvendo tanto variáveis quantitativas e qualitativas sujeitas a variações probabilísticas relevantes ou descritas por bases de dados incompletas e diferentes. Seu processo decisório baseia-se em variáveis lingüísticas que simulam e replicam elementos do pensamento humano como: baixo, médio, alto ou aproximadamente, em torno de, dentre outros (KACPRZYK, 1997). Os principais fatores que a tornam indicada a utilização da lógica *fuzzy* para o controle de um processo industrial são: inexistência de um sistema de controle de processo, por ser demasiado complexo ou custoso o desenvolvimento; processo controlado por especialistas humanos; especialistas conseguem verbalizar as regras de controle do processo.

3.2.1 Lógicas: Clássica e Fuzzy

Para um melhor entendimento da lógica *fuzzy* é entender a diferença entre a teoria dos conjuntos clássicos e a teoria dos conjuntos *fuzzy*. A chamada lógica clássica, é definida como binária baseada em “0” ou “1”, ou seja algo é sim ou não, falso ou verdadeiro. Nos modelos clássicos as variáveis possuem valores reais, as relações são definidas em termos de funções matemáticas e as saídas são valores numéricos exatos (KACPRZYK, 1997). A teoria dos conjuntos *fuzzy* é em grande parte uma extensão da teoria clássica. Com o desenvolvimento da lógica *fuzzy* tornou-se possível a aplicação do conceito de verdade parcial, podendo assumir outros valores além de “0” e “1” (REZNIK, 1997).

Center (1998) afirma que sistemas baseados em lógica *fuzzy* contém quatro componentes: um processador de entradas, uma coleção de regras *fuzzy* chamada base de regras, uma máquina inferência *fuzzy* e um processador de saída que fornecer um vetor de saída conforme indicado na Figura 2.

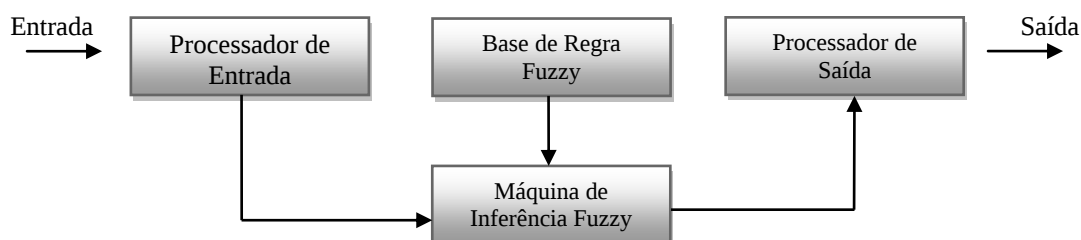


FIGURA 2: Esquema Geral do Sistema Fuzzy. Fonte: Center (1998)

3.2.2 Variáveis Lingüísticas

As variáveis lingüísticas representam o conhecimento do especialista em inferência *fuzzy*. Estes parâmetros são denominados de variáveis de entrada e saída do sistema *fuzzy*, os quais são representados em termos lingüísticos. Os sistemas baseados em lógica *fuzzy* são semelhantes a sistemas especialistas no que tange as relações lingüísticas, eles podem ser

aplicados a sistemas de apoio a decisão, tais como fluxo de caixa, seleção e recrutamento de pessoal, e avaliação de objetivos estratégicos (KACPRZYK, 1997). A seguir, podemos visualizar a descrição das variáveis lingüísticas deste sistema proposto, no qual foi orientado para Produção Enxuta na busca por melhores resultados de produtividade.

4. Apresentação do Estudo de Caso e Análise dos Resultados

O estudo foi realizado em uma fábrica do Pólo Industrial de Manaus, especificamente na linha de montagem de aparelhos de 32" de LCD's (*Liquid Crystal Display*). Este produto possui um tempo de ciclo de 120s, uma carga horária de 8,5h/dia e deve atender uma produção diária de 260 aparelhos. A motivação para este trabalho foi que a saída final de produtos desta linha de produção era de 230 aparelhos/dia, ficando com uma produtividade abaixo da meta proposta pela organização, além do não atendimento da demanda de mercado. A Figura 3, mostra o lay-out de montagem de LCD's: montagem manual do aparelhos (itens elétricos e mecânicos), depois temos uma área de aquecimento do aparelhos, chamada de aging, seguida por uma área de testes e inspeções e por fim a embalagem do produto. Este estudo iniciou-se em julho de 2009 e foi concluído em abril de 2010.

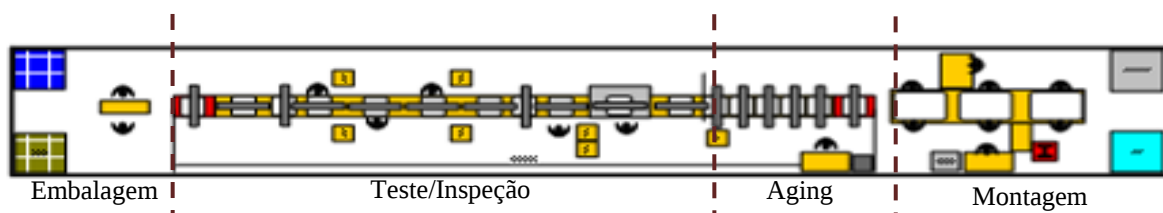


FIGURA 3: Lay-out do Processo de montagem de LCD. Fonte: desenvolvido pelos especialistas da empresa

Abaixo podemos visualizar o percentual da produtividade do objeto de estudo: LCD 40", no qual estava em 101%, não atendendo as expectativas organizacionais.

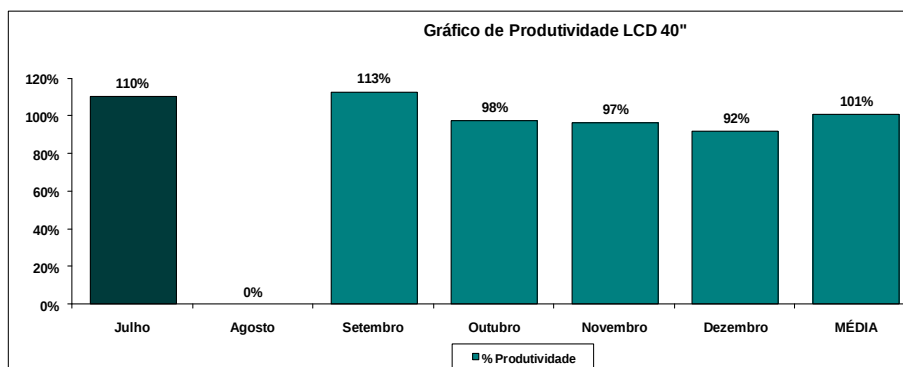


FIGURA 4: Gráfico de Produtividade. Fonte: desenvolvido pelos especialistas da empresa

Baseado nesse cenário industrial iniciou-se o estudo para redução dos desperdícios, utilizando as ferramentas e filosofias da Produção Enxuta e consequentemente a modelagem em Lógica Fuzzy para alcance de uma produção de 260 aparelhos/dia e que resulte em um aumento de produtividade. Foi realizada com os especialistas deste processo de montagem uma reunião de *brainstorming* – tempestade de idéias para obtenção das possíveis causas do não alcance da meta de produção. A estratificação dos dados coletado foi adicionado no Diagrama de Ishikawa (diagrama de causa e efeito) para posterior plano de Ação, conforme

Figura 5; também os parâmetros selecionados para análise foram incluídos nas variáveis linguísticas utilizadas na modelagem da lógica fuzzy, conforme Tabela 1.

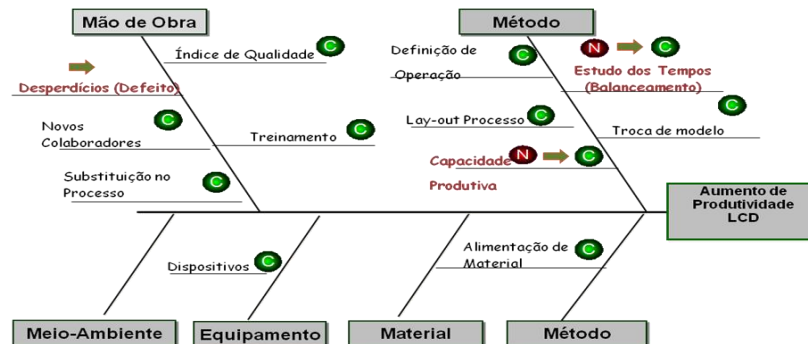


FIGURA 5: Diagrama de Causa e Efeito. Fonte: desenvolvido pelos especialistas da empresa

TABELA 1 - Funções de Pertinências para Aumento de Produtividade

	Variáveis Linguísticas	Intervalo Numérico	Conjuntos Fuzzy (valor)
Entrada	Estudo dos Tempos (ET)	[0 160]	(ociosidade produtiva, processo balanceado, gargalo produtivo)
	Desperdícios (D)	[0 10]	(nulo, baixo, médio, elevado)
	Capacidade Produtiva (CP)	[0 10]	(baixa, intermediária, elevado)
Saída	Aumento da Produtividade (AumentProdutiv)	[0 140]	(projeto reprovado, aprovação condicional, aprovado)

Fonte: desenvolvido pelos especialistas da empresa

Para análise conforme lógica fuzzy, foi utilizado o método de Mamdani, das cinco principais ferramentas de Interface Gráfica do Usuário (*Graphic User Interface - GUI*) conforme Figura 6, observado no ambiente da ferramenta do *Fuzzy Logic Toolbox* do *Matlab*.

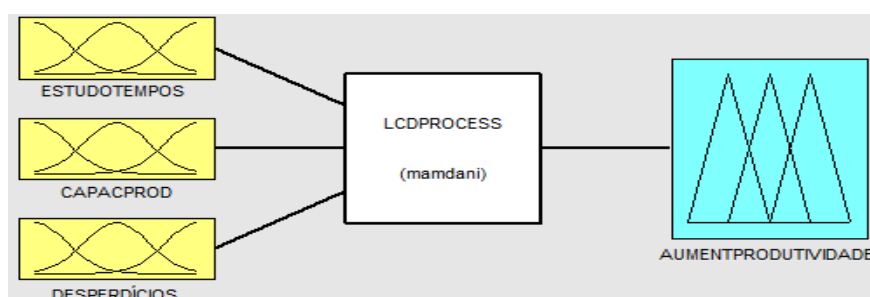


FIGURA 6: Variáveis Linguística de Entrada e Saída. Fonte: desenvolvido pelos especialistas da empresa

Com as variáveis linguísticas definidas, foi realizado estudo de tempos e movimentos - É uma ferramenta que ajuda no desenvolvimento do fluxo contínuo em um processo com múltiplos operadores e múltiplas etapas, com isso, se tem por objetivo a sincronização dos tempos de operações, nivelando-se as cargas de trabalho, bem como a redução dos tempos que não agregam valor para o processo (REZNIK, 1997). Primeiramente foi destacado os desperdícios, neste caso, gargalos e ociosidades para tratativas e futuro Plano de Ação no processo, Figura 7. Surge portanto a primeira modelagem em fuzzy A Figura 8 que demonstra

a fuzzificação da variável de entrada Estudo de Tempos, utilizando três trapezoidais chamadas de Ociosidade Produtiva (abaixo de 110s), Processo Balanceado (110s a 120s) e Gargalo Produtivo (acima de 120s).

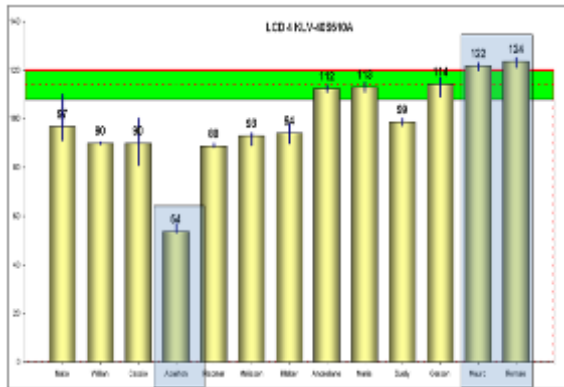


FIGURA 7: Estudo dos Tempos.

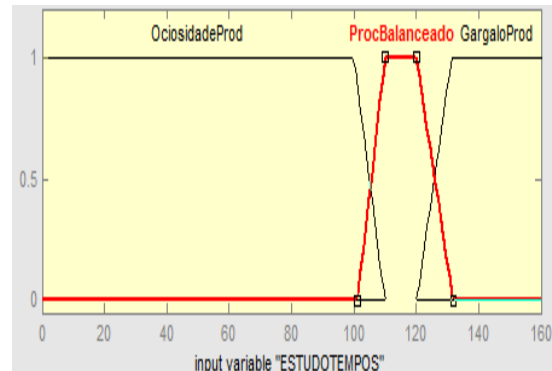


FIGURA 8: Fuzzyficação Estudo dos Tempos.

Seguindo o estudo foi avaliado a capacidade produtiva da linha e modelado em fuzzy, conforme figura 9 demonstrando a fuzzificação desta variável de entrada, sendo utilizados dois triângulos denominados de Baixa (menor que 4 pontos, ou seja, menor que 30 aparelhos/hora) e Máxima (acima de 6 pontos ou 30 aparelhos/hora) e um trapezoidal denominado Intermediária (4 a 6 pontos ou 30 aparelhos/hora = meta horária).

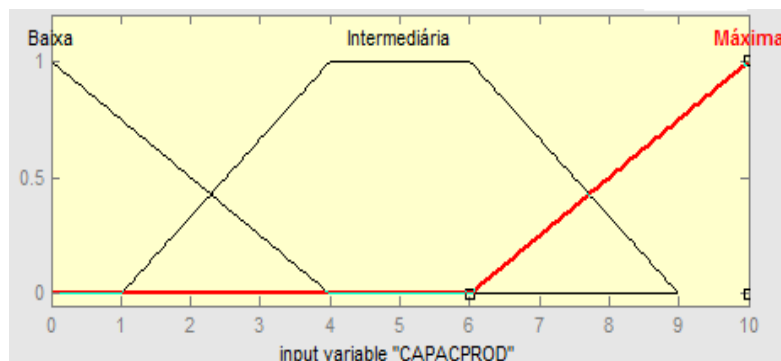


FIGURA 9: Fuzzyficação Capacidade Produtiva.

Para análise da terceira variável, desperdícios por defeitos, foram definidos os seguintes parâmetros conforme modelagem fuzzy: baixo quando ocorre de 1 a 4 defeitos, médio de 5 a 7 defeitos e elevado quando ocorre acima de 7 defeitos por dia, Figura 10.

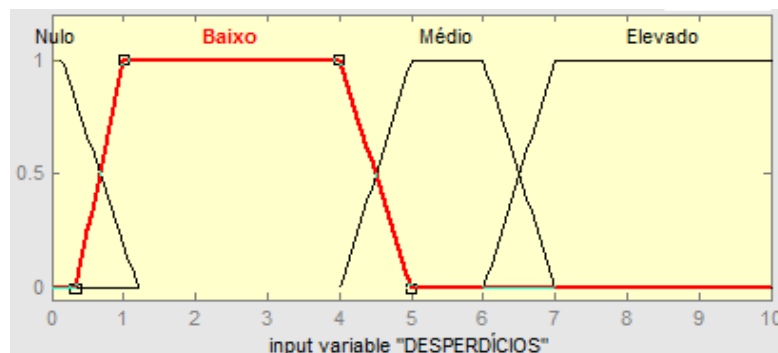


FIGURA 10: Fuzzyficação Desperdícios.

Após análises das variáveis foi elaborado um Plano de Ação (Figura 11), um rearranjo do *lay-out*, uma nova cronometragem da linha e por fim foi avaliado a carta de acompanhamento da evolução da produtividade.

PLANO DE AÇÃO			
Fator	Causa	Ação	Resp.
Capacidade Produtiva	Falta de conhecimento dos operadores com relação a capacidade produtiva da linha, principalmente em troca de modelo	Em parceria com a área de informática, instalar monitores automático de acompanhamento de produção	Marcela Ferreira / Área de Informática
Desperdícios (por defeito)	A linha apresenta uma escala entre 5 a 6 defeitos em média no processo produtivo diariamente.	Identificar as causas dos defeitos, informar colaboradores, orientar colaborador para efetuar montagem conforme guia de montagem, criar um fluxo de tratativas com setores envolvidos.	Marcela Ferreira / Técnicos / Sup. de Linha
Estudo dos Tempos (Balanceamento)	O Colaborador M-3 esperava o colaborador fechamento levar o aparelho até o Aging (aquecimento) e só no retorno é que o mesmo libera o pallet para próximo aparelho.	Deslocado o dispositivo de liberação do pallet do posto de fechamento p/ o posto do M-3.	Marcela Ferreira

FIGURA 11: Plano de Ação.

Na área de montagem o operador em destaque na Figura 12 fazia movimentos desnecessários para a operação, com isso, identificou-se que poderia haver melhoria na bancada deste operador otimizando espaço físico e com isso um melhor balanceamento de linha, no qual resultou com ganho de um operador.

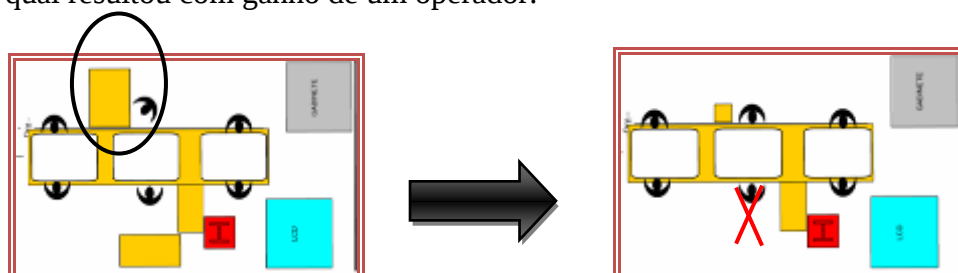


FIGURA 12: Melhoria no processo de montagem do LCD (antes e depois).

A cronometragem abaixo mostra que o estudo de tempo está balanceado, ou seja, o processo se encontra estável, Figura 13.

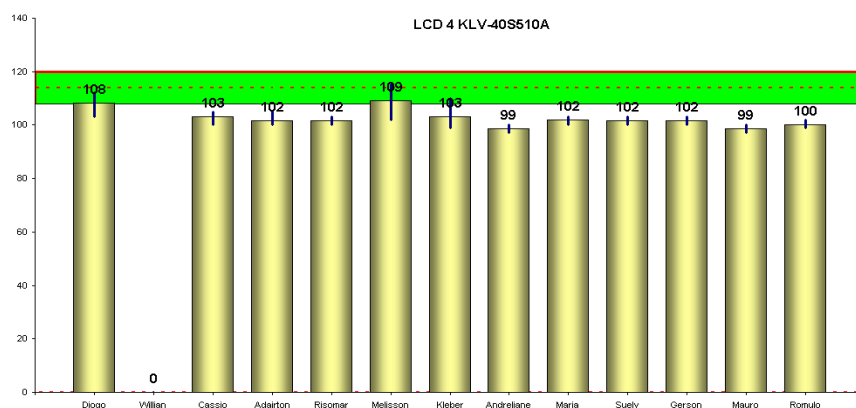


FIGURA 13: Estudo de Tempos após melhorias.

A Figura 15 demonstra a fuzzificação da variável de saída Produtividade, sendo utilizados três trapezoidais denominados: Projeto Reprovado – quando a produtividade atingi até 116%, Aprovação Condicional – quando a produtividade atingi 117% a 119% e Aprovado quando for superior a 120%. Esse indicador é monitorado através da quantidade de horas aplicadas por quantidade de horas necessária, conforme Figura 14, que mostra um alcance da meta em 120%.

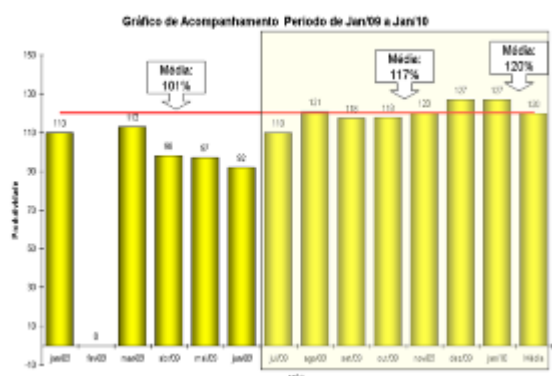


FIGURA 14 – Carta de Acompanhamento

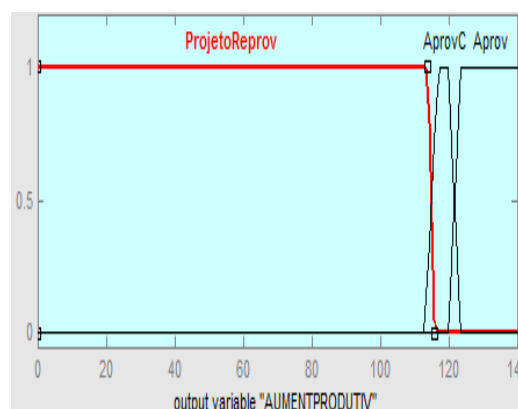


FIGURA 15 – Variável Aumento de Produtividade

A seguir a demonstração da principal base de regras das variáveis lingüísticas, aplicadas na solução *fuzzy* para aprovação de projetos concernente ao Aumento da Produtividade: Estudo Tempos (ET), Capacidade Produtiva (CP) e Desperdícios (D).

- 1. Se (ET é Ociosidade) e (CP é Baixa) e (D é Médio) então (AumentProdutiv é ProjetoReprovado)
- 2. Se (ET é Gargalo) e (CP é Baixa) e (D é Médio) então (AumentProdutiv é ProjetoReprovado)
- 3. Se (ET é Ociosidade) e (CP é Média) e (D é Médio) então (AumentProdutiv é AprovaçãoCond)
- 4. Se (ET é Ociosidade) e (CP é Média) e (D é Baixo) então (AumentProdutiv é AprovaçãoCond)
- 5. Se (ET é Balanceado) e (CP é Média) e (D é Baixo) então (AumentProdutiv é AprovaçãoCond)
- 6. Se (ET é Ociosidade) e (CP é Alta) e (D é Médio) então (AumentProdutiv é AprovaçãoCond)
- 7. Se (ET é Balanceado) e (CP é Alta) e (D é Nulo) então (AumentProdutiv é Aprovado)
- 8. Se (ET é Balanceado) e (CP é Média) e (D é Elevado) então (AumentProdutiv é ProjetoReprovado)
- 9. Se (ET é Balanceado) e (CP é Alta) e (D é Elevado) então (AumentProdutiv é ProjetoReprovado)
- 10. Se (ET é Balanceado) e (CP é Baixa) e (D é Baixo) então (AumentProdutiv é ProjetoReprovado)

A Figura 16 demonstra as informações consolidadas do Visualizador de Regras, o qual possibilita a interpretação do processo de inferência *fuzzy* de forma completa, de acordo com as funções propostas, que influenciam o resultado global de cada regra e o resultado do sistema neste estudo. A modelagem deste sistema foi desenvolvida com base em análises realizadas por especialistas do processo produtivo, onde se definiu as variáveis de entrada e saída com seus respectivos conjuntos *fuzzy* (valores lingüísticos). O qual obteve validação através da metodologia aplicada, com objetivo de validar o sistema proposto. A análise final testou os parâmetros onde alcançasse resultado satisfatório (entre 117 e 120), isto é, aprovação do Aumento da Produtividade com percentual mínimo de 17% (aprovação condicional) e 20% (projeto aprovado) - conforme estipulado na meta organizacional.



FIGURA 16: Visualizador de Regras de inferência

Desta forma, a Figura 16 demonstra que a implementação do modelo proposto permitiu simular o aumento da produtividade para o escore quantitativo igual a 131, logo, dentro do intervalo (120 – 140), identificando o projeto com resultado “Aprovado” e demonstrando um aumento em relação à produção anterior, no qual era 101.

5. Conclusões e Considerações Finais

O resultado foi satisfatório, pois houve um aumento de produtividade no estudo de caso. A aplicação da simulação computacional, através da lógica *fuzzy*, mostrou-se eficiente, pois proporcionou o desenvolvimento de um sistema de mensuração de aumento de produtividade orientado para o pensamento enxuto, no qual definiu uma base de regras que facilita na tomada de decisão e que agiliza a investigação das causas em possíveis oscilações de produtividade. Propõe-se para futuros trabalhos a aplicação da lógica *fuzzy* utilizando mais variáveis para projeções de produtividade no qual com objetivo de prognosticar resultados, proporcionando suporte a tomada de decisão e orientada para

AGRADECIMENTOS: Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia - ITEGAM pela oportunidade do convênio com a Universidade Federal do Pará - UFPA através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Industriais e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM pelo apoio financeiro ao PPGEE-UFPA².

Referências

CENTER, B.; VERMA, B. *Fuzzy Logic for Biologic and Agricultural Systems*. Artificial Intelligence Review, 1998.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração da Produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica. Ed. Atlas: São Paulo, 2006.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G.N. Just in time, MRP II e OPT- Um enfoque estratégico. Ed. Atlas: São Paulo, 1996

FUZZY LOGIC TOOLBOX USER'S GUIDE - *For Use with MATLAB*, version 7.8.0, 2009.

FERRO, J. Lean Thinking e Competitividade. Disponível em URL, <http://www.aesetorial.com.br/automotivo/artigos/2002/nov/19/254.htm>. Acesso em ?

GUINATO, P. *Produção e Competitividade: Aplicação e Inovações*. Tradução: Adiel Almeida e Fernando Souza. Recife: UFPE, 2000

HINES, P. e TAYLOR, D. *Guia para Implementação da Manufatura Enxuta – Lean Manufacturing*. Tradução: Edgar Toporcov. São Paulo: IMAM, 2000.

LAVILLE, C; DIONNE, J. A Construção do Saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: EdUFMG, 1999.

LIXER, J.K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005

KACPRZYK, J. *Multistage fuzzy control*. Chichester, UK: John Wiley Sons, 1997.

OHNO, Taiichi. *O Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.

REZNIK, L. *Fuzzy Controlers*. Oxford: Newnes, 1997.

ROTHER, M. e SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar e eliminar o desperdício*. São Paulo, Lean Institute Brasil, 1999.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Editora Bookman, 2ª edição, 1996.

SLACK, Nigel et al. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2002.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. São Paulo: Atlas, 2000.

ZADEH, L. A. *Probability measures and fuzzy events*. J. Math Appl, 1968.

WOMACK, James e JONES, Daniel. *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Nova Iorque, SimoneShuster, 2003.