

Resumo

O sistema de custo kaizen foi desenvolvido com o objetivo de busca contínua de reduções de custo em todas as partes de manufatura de uma indústria. Este sistema apresenta um número limitado de etapas, onde o conjunto dessas etapas forma a sistemática de custeio Kaizen como um todo. Esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma metodologia baseada na teoria dos autômatos que trata as etapas de um sistema kaizen utilizando como referência o modelo de implementação proposto por Monden (1999). Cada etapa do processo proposto por Monden será vista, ou tratada, como um estado de um autômato finito. A proposta de solução deste modelo é realizada com a ajuda de um software em formato web desenvolvido em Java (J2ee). Os resultados encontrados neste estudo indicam que a metodologia kaizen pode ter uma potencialidade maior em termos de velocidade e organização quando implementada sobre a lógica dos autômatos.

1. Introdução

A abordagem Kaizen surgiu no Japão nos anos 50, inicialmente implementada na Toyota e seu objetivo Segundo Imai (1994) é uma constante busca pela redução de gastos em todas as etapas de manufatura e também eliminar diferenças entre o custo-alvo e o custo-estimado.

O Custo-alvo e Kaizen trabalham em conjunto, segundo Cooper & Slagmulder (2003) o Target-cost é aplicado durante o projeto do produto e o custeio Kaizen durante o processo de fabricação do mesmo.

No mundo atual, a tecnologia da informação passou a ser imprescindível e invadiu diversas áreas (inclusive a área de custos) propondo soluções inteligentes, incluindo tomadas de decisões, armazenamento de informações, cálculos de rotas viáveis, sistemas de chip por rádio frequência (RFID), etc.

Para chegar ao estado atual, a revolução tecnológica passou por uma evolução acelerada. Entretanto, teorias criadas nos primórdios da computação ainda hoje são utilizadas. Uma dessas teorias é a teoria de autômatos.

A teoria dos autômatos surgiu no início da computação, nas décadas de 40 e 50, onde máquinas simples eram chamadas de autômatos finitos. Sua proposta inicial era

modelar a função do cérebro, porém ela se mostrou útil em outras funções, uma dessas funções é verificar sistemas com números finitos de estados.

O estudo dos autômatos é importante porque permite o desenvolvimento de modelos para circuitos digitais, busca de textos na web, implementação de um compilador, qualquer sistema com um número limitado de estados. Empresas como Google, Sun, Microsoft e General Eletric utilizam constantemente esta teoria computacional.

Menezes (2008) conceitua autômato como: “Sistema de estados finitos (portanto possui um número finito e predefinido de estados) o qual constitui um modelo computacional do tipo seqüencial”.

Este estudo apresenta modelo de autômato finito que permite a implementação de um sistema de custeio Kaizen.

2. Revisão de Literatura

Esta parte tem a proposta de selecionar os dois assuntos e explicá-los conceitualmente, além disso, fazer um paralelo a outros estudos.

2.1 Kaizen.

Quando se fala em Custo Kaizen, a idéia que se tem é que a abordagem kaizen foi criada diretamente para trabalhar com custos. No entanto, Kaizen é um conceito que pode ser aplicado de uma forma muito abrangente, para diversas situações, tanto desde a vida pessoal, até a meta de melhorar o desempenho no ramo comercial.

Segundo Masaaki Imai (1994, p.4):

“KAIZEN significa melhoramento. Mais que isso, significa **contínuo melhoramento** na vida pessoal, na vida domiciliar, na vida social e na vida no trabalho. Quando aplicado no local de trabalho, KAIZEN significa contínuo melhoramento envolvendo todos – tanto os gerentes quanto os operários.”

A abordagem Kaizen apresenta diversas alternativas que contribuem para a área de custos, a imagem abaixo mostra as mesmas:



Figura 1: O guarda chuva do Kaizen.

(Fonte: Imai, 1994 , p. 4).

Monden (1999, p.221) conceitua Custo Kaizen como:

“Kaizen significa manter os níveis correntes de custo e trabalhar sistematicamente para reduzir os custos aos valores desejados”.

O melhoramento contínuo trabalha paralelamente com as abordagens apresentadas na figura 1, mostrando muito eficaz na redução de custos diretos variáveis, aborda também o melhoramento contínuo para evitar as perdas.

Kaizen trabalha em conjunto com outras ferramentas, é útil para obtenção das metas estabelecidas pelo Target Cost. Agndal (2009) afirma que:

“Engenharia de valor (EV) e análise de Valor (AV, também “kaizen” ou “melhoramento contínuo”) são duas importantes técnicas mencionadas como importantes ferramentas para e realização do custo-alvo.”

A importância de se adotar a melhoria segundo Mesquita & Allipradini (2003) contínua é que devido ao ritmo acelerado de mudanças da atualidade, torna-se essencial ter pensamentos e ações voltadas para a melhoria contínua para acompanhar essas constantes mudanças.

Pesquisas de Farris, Aken, Doolen & Worley (2008) apontam que os eventos Kaizen estão cada vez mais comuns, eles apontados como mecanismo de melhoramento organizacional na área de transformação de trabalho e desenvolvimento dos colaboradores.

Uma implementação bem sucedida do Kaizen trás benefícios em escala. Os maiores casos de sucesso são no Japão, onde a cultura do país e tal sistemática são altamente compatíveis. Segundo Leite (2007) algumas empresas implementaram com sucesso tal abordagem, como a Toyota Motor, Tokai Rika, Aisin, Aichi, Dai Nippon Toryo, JVC, Tetra-Pak.

Um artigo da revista International business review(1998) afirma que a transferência do Kaizen-oriented suggestion systems (KOSS) para fora do Japão é discutida. Conclui-se que, embora, a cultura do Japão tenha sido favorável ao sucesso do Sistema Kaizen dentro do país, a cultura nacional é menos favorável para o sucesso do KOSS do que a cultura organizacional.

Custo Kaizen por produto

Monden (1999) afirma que o custo kaizen específico por produto visa reduzir o custo dos produtos a partir da situação na qual os mesmos se encontram. Existem produtos que não atingiram as metas do custo-alvo e produtos não lucrativos. Para cada um desses produtos é definida uma estratégia de redução de custos específica para que as metas do custo-alvo sejam alcançadas. Para isso são formadas comissões de custo kaizen específicas por modelo. Podem também ser formadas comissões de custo kaizen específicas por unidade, que planejam e implementam o custo kaizen para peças ou sub-montagens específicas.

Devido ao fato de que a maioria das empresas de manufatura produz vários produtos ao mesmo tempo é necessário que cada produto seja avaliado de forma diferente visando sua lucratividade. Também deve se considerar a possibilidade de mudanças nos modelos e até a criação de produtos novos.

Para os produtos existentes, as metas do sistema de custo kaizen são a identificação das causas da baixa lucratividade e a busca de soluções para estas causas. Desta forma produtos que dão prejuízo serão transformados em produtos lucrativos e os demais produtos se tornarão ainda mais lucrativos. Com isso a empresa como um todo se tornará lucrativa.

Análise de Variância Kaizen

A análise de variância Kaizen aborda o cálculo a variância do custo Kaizen inter-períodos para que se possa analisar qual foi a variação e compará-las com períodos anteriores para comparação de resultados.

Esta análise verifica a variação do desempenho de determinado departamento pela análise da taxa operacional, do orçamento, e também trata de variações nas especificações para alteração do projeto baseados nos dados do projeto atual.

Algumas etapas que seguem os procedimentos de análise de variação Kaizen são:

- **Cálculo da variação de custo Kaizen Mensal:** É um cálculo que utiliza dados atuais dos produtos manufaturados, dados do custo padrão e o valor real do produto (todos tendo em base o mês corrente). Com esses dados, é definido qual foi o resultado do mês corrente, e o mesmo é comparado com o valor de redução-alvo.
- **Relatório e avaliação dos resultados do custo Kaizen mensal e cumulativo:** Cada departamento faz as análises e avalia os resultados mensais da etapa 1 tendo como parâmetro a variação do custo Kaizen, mesmo que os resultados sejam positivos em relação ao mês corrente, eles não são necessariamente satisfatórios, somente o serão quando atingirem o custo-meta. Um exemplo dessa etapa, é a figura a seguir:

Custos		Mês Corrente (Outubro, 1994)			Cumulativo, Abr-Out 1994		
		Alvo	Resultado	Variação	Alvo	Resultado	Variação
Fábrica A	Mão-de-obra direta	40	35	▲ 5	160	165	+ 5
	Mão-de-obra indireta	0	▲ 5	▲ 5	0	▲ 35	▲ 35
	Materiais	15	25	+ 10	60	75	+ 15
	Energia	10	15	+ 5	40	50	+ 10
	Transporte	5	5	0	20	35	+ 35
	Total	70	75	+ 5	280	290	+ 10
Fábrica B	Mão-de-obra direta	20	25	+ 5	80	75	▲ 5
	Mão-de-obra indireta	0	5	+ 5	0	10	+ 10
	Materiais	10	5	▲ 5	40	25	▲ 15
	Energia	5	0	▲ 5	20	15	▲ 5
	Transporte	5	2	▲ 3	20	15	▲ 5
	Total	40	37	▲ 3	160	140	▲ 20

Figura 2: Quadro de variância do custo Kaizen.

(Fonte: Monden, 1999 , p.241).

2.2 Autômatos.

Os autômatos finitos determinísticos no contexto atual surgiram a partir dos estudos de linguagens formais na década de 50 cujo objetivo era desenvolver teorias relacionadas às linguagens naturais.

Para que se possa entender a lógica dos autômatos, é necessário um conhecimento básico sobre linguagens, e para entender linguagens é necessário conhecer sobre alfabeto e palavra.

- **Alfabeto:** é um conjunto limitado de símbolos ou caracteres, normalmente é formado por letra e/ou números.

Exemplo 1: {a,b,c,d,e,f}

- **Palavra ou Cadeia:** Uma cadeia nada mais é do que uma sequência justaposta de símbolos pertencentes a um alfabeto.

Exemplo 1: abaadc é uma palavra do alfabeto {a,b,c,d}

Conceituação.

Menezes (2008) conceitua autômato finito como um conjunto de estados finitos que constitui um modelo computacional com uma sequência lógica pré-definida, esta sequência é iniciada e processada a partir de entradas externas ao sistema em questão, ocorrendo uma transição de um estado para o outro de acordo com o algoritmo do sistema.

Um autômato finito determinístico é definido por Hopcroft, Ullman & Motwani (2002) como uma 5-upla ordenada:

- a) Um conjunto de estados possíveis, definido por Q .
- b) Um alfabeto ou conjunto finito de símbolos de entrada definido por Σ .
- c) δ é um estado de transição. Ele representa que um estado recebeu um valor e está havendo uma transição para outro estado.
- d) S é caracterizado por ser o estado inicial do conjunto.
- e) Um conjunto de estados finais é definido por F , que é um subconjunto de Q .

De acordo com o raciocínio acima, $A = (Q, \Sigma, \delta, S, F)$, onde A é o nome do autômato finito.

Tipos de Autômatos Finitos:

Menezes (2008) aponta que um Autômato finito pode ser do tipo:

- Determinístico: É o aquele que se encontra em somente um estado depois de ler uma sequência de entrada.
- Não-determinístico: É o tipo de autômato que pode estar em vários estados após a leitura de sequência de entrada.
- Com movimentos vazios: É um tipo de AFND (Autômato finito não-determinístico) onde pode haver uma transição de estados (representada por δ) sem que haja leitura de símbolos.

Utilidade dos autômatos.

Segundo Isidro, Júnior (2006):

“Autômatos finitos são elementos essenciais para o estudo da computação e constituem um modelo útil na elaboração de vários tipos de softwares”

As principais aplicações dos Autômatos Finitos são:

- Programa que controla o comportamento de circuitos digitais.

Exemplo 1.

Construção de um Autômato que apresenta dois estados (ligado e desligado), onde ocorre uma transição de estados cada vez que o interruptor é pressionado.

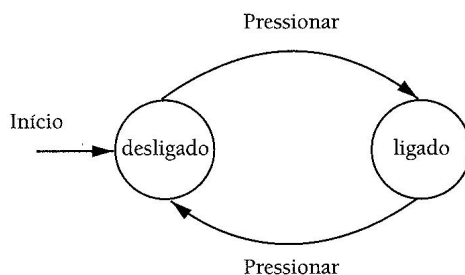


Figura 3: Autômato finito que modela um interruptor liga/desliga.

(Fonte: Hopcroft, Ullman & Motwani, 2002 , p.3).

- Analisador Léxico de um compilador. O analisador Léxico verifica os Tokens (palavras) de uma linguagem. Este analisador serve para verificar se os Tokens são permitidos dentro de tal linguagem.

Exemplo 1.

Implementar um autômato que reconhece o token “then” em uma linguagem de programação.

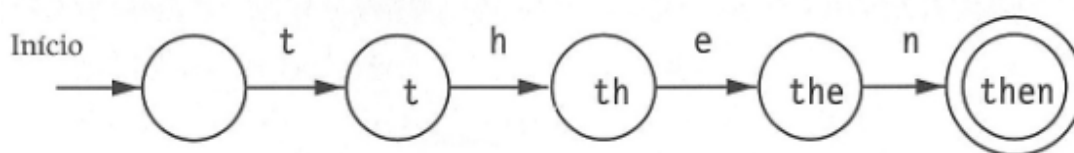


Figura 4: Autômato finito que modela um interruptor liga/desliga.

(Fonte: Hopcroft, Ullman & Motwani, 2002 , p.4).

- Sistema para examinar ocorrência de strings em determinados textos. Um bom exemplo é localizar ocorrências de textos em páginas da web.

Maciel (2006) ainda complementa que:

“Alguns trabalhos importantes tratam da utilização do reconhecimento aproximado de cadeias para a recuperação de texto e que podem ser consultados.”

Exemplo 1.

Programar um autômato que reconhece as substrings “NANO” e “IPOD” em uma um texto, considerando Σ como uma cadeia qualquer de caracteres.

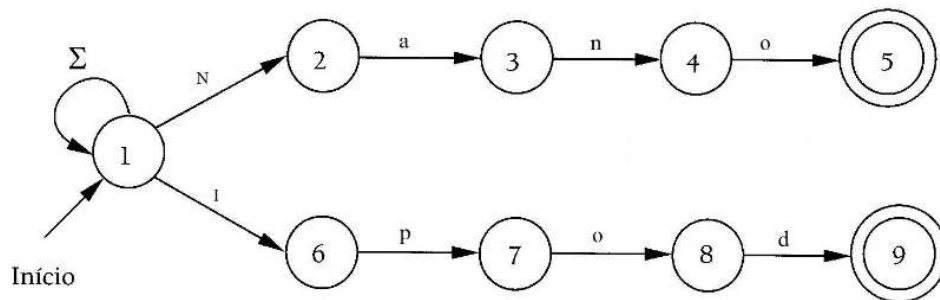


Figura 4: Autômato finito que busca substrings dentro de uma cadeia de texto.

(Fonte: autores).

- Todos os tipos de programas que tem um número limitado de diferentes estados, onde há troca de informação inter-estados.

Exemplo 1.

Criação de um autômato com alfabeto = {a,b} que possa gerar números pares e ímpares de “a” e “b”. Observe que Q_0 = pares de “a” e pares de “b”, Q_1 = pares de “a” e ímpares de “b”, Q_2 = ímpares de “a” e pares de “b”, e que Q_3 = ímpares de “a” e ímpares de “b”.

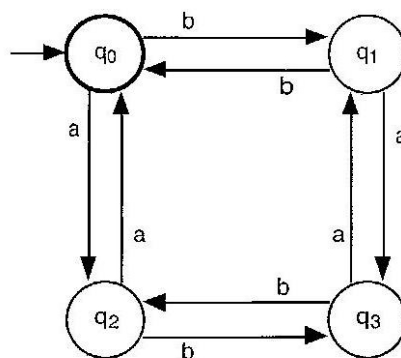


Figura 5: Autômato finito que gera uma combinação de números pares e ímpares sobre {a,b}

(Fonte: Menezes, 2008 , p.53).

3. Metodologia.

Este estudo tem um perfil de exploratório e integração de dois assuntos. Estes assuntos são derivados da computação e da área de custos, eles são Autômatos finitos e custo kaizen.

Os estudos de Hopcroft, Ullman & Motwani (2002) afirmam que os autômatos finitos podem ser aplicados em sistemas de todos os tipos que têm um número limitado de estados. Tal afirmação é motivo de inspiração para o desenvolvimento do modelo proposto, afinal uma sistemática de melhoramento contínuo é um conjunto de etapas ou processos limitados que tem como objetivo atingir uma constante evolução de resultados.

A lógica computacional dos Autômatos finitos é expressa de forma visual com o propósito de facilitar o entendimento e, conseqüentemente o trabalho de quem precisa implementar um determinado problema. Sendo assim, este trabalho visa utilizar essa lógica de autômatos para mostrar a metodologia de melhoramento contínuo de uma forma mais transparente, mais entendível, sem que haja mudança de rumo ou desvio do método.

Este trabalho utiliza o modelo proposto por Monden (1999, p. 222) como ponto de partida, no qual constitui um sistema de 8 etapas, elas são:

- **Etapas 1:** O departamento de planejamento e negócios examina e revisa o plano de negócios de médio prazo no início do ano comercial.
- **Etapas 2:** O Departamento de administração de custos examina e revisa o plano de lucro de médio prazo.
- **Etapas 3:** Determina-se a viabilidade do plano de produção apresentado.
- **Etapas 4:** Cria-se um esboço do plano de produção anual baseado no plano de produção final.
- **Etapas 5:** São calculadas as estimativas de custos de cada departamento, em concordância com o plano de produção anual.
- **Etapas 6:** Através de dados de uma declaração de lucro ou perda provisória baseada nas estimativas da etapa anterior é feita uma comparação com os dados

do lucro alvo no plano de lucro de médio prazo. As diferenças entre os valores ajudam a definir as metas do custo kaizen para o ano comercial.

- **Etapa 7:** Os alvos de redução de custo são estabelecidos para os itens de custo. Os alvos de custo kaizen e orçamentos de custo fixo são usados no esboço do orçamento anual.
- **Etapa 8:** São realizados estudos periódicos para verificar se as metas de redução de custo estão sendo atingidas.

Estas etapas indicam que o sistema deva possuir um layout de entrada de dados, os dados referentes a cada etapa foram baseados no plano de negócios sugerido pelo Sebrae.

O modelo proposto receberá os dados de cada etapa, e após progredir de forma lógica e seqüencial até o ultimo estado, processará esses dados, transformando-os em informação. Após esse processamento, o gestor de custos terá em mãos um conjunto de informações úteis para suas tomadas de decisões.

4. Proposta do modelo de sistema Kaizen baseado na teoria dos autômatos.

Levando em consideração temas como custo kaizen e autômatos finitos, é possível implementar um sistema de custeio de melhoramento contínuo sob a lógica de autômatos finitos.

4.1 Estabelecendo os componentes de importância.

Alguns elementos importantes do modelo proposto merecem destaque, eles são:

- Considerar que cada uma das 8 etapas descritas por Monden (1999) será interpretada com um estado de um autômato. Logo, conclui-se que o autômato começa no estado Q1 e finaliza no estado Q8, o mesmo é o único estado final.
- Entre estados, existe um elemento de transição denominado δ , o que significa dizer que houve uma mudança de um determinado estado para outro.
- Para que essa transição de estados ocorra, é necessária uma leitura de dados que indique qual estado o autômato deve assumir.

4.2 Motivos para a implementação.

O modelo proposto é uma forma não somente de provar que a sistemática apresentada por Monden (1999) pode ser vista como um conjunto de estados finitos, mas também é uma maneira de digitalizar o sistema de custeio Kaizen de uma forma organizada e clara, diminuindo o tempo do analista de custos com a organização dos passos e deixando o método menos sujeito a erros humanos.

Com o sistema implantado, é mais fácil, prático e confiável fazer dados comparativos entre períodos.

4.3 Diagrama do modelo proposto.

De acordo com as explicações anteriores, é montado um AFD com 8 estados relacionados com as etapas já citadas e descritas.

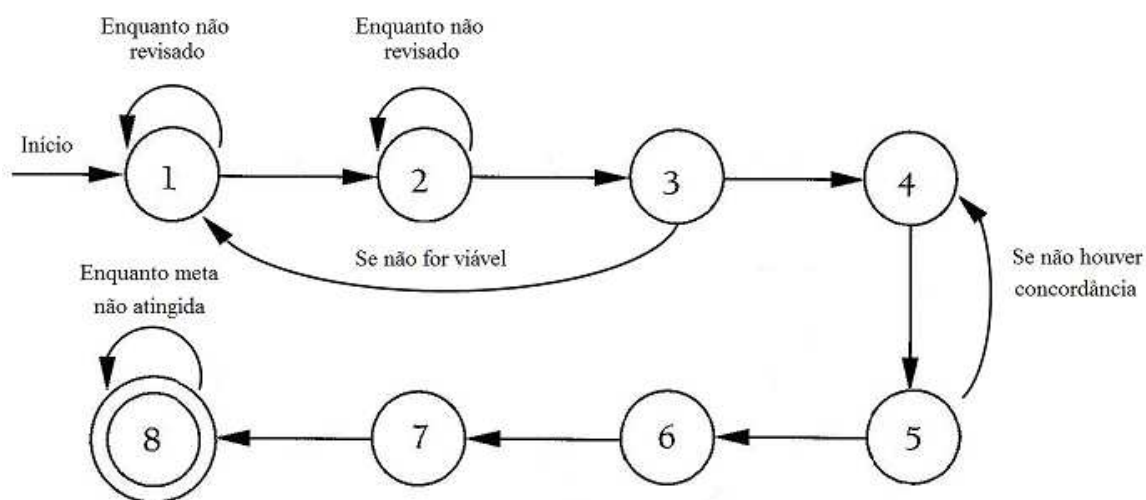


Figura 6: Autômato finito proposto.

(Fonte: autores).

Além de representar um autômato, a figura acima mostra a ordem sequencial de uma metodologia de melhoramento contínuo e sua lógica. Este diagrama é também um facilitador para interação entre duas áreas: A área de TI e gestão que são duas áreas que normalmente apresentam problemas de interação entre si.

4.4 Resultados atingidos com o modelo proposto.

Todo projeto, deve ter um resultado final. Após o término de um ciclo (isto ocorre quando o estado de número 8 é finalizado), os dados que entraram no sistema devem informar ao gestor de custos os focos de deficiência e onde o sistema apresentou um resultado satisfatório, com essas informações, o implementador do método kaizen tem indicadores para basear suas próximas decisões.

As informações geradas pelo sistema serão apresentadas como um quadro para análise de variância parecida com o quadro da figura 2.

A figura abaixo mostra um resultado da aplicação do método kaizen com a utilização do sistema “Kaizen performance software” que se baseia na teoria dos autômatos.



The screenshot shows a web browser window titled "Kaizen Performance software - Windows Internet Explorer". The main content area displays a table titled "Resultados:". The table compares costs for March 2009 and April 2009, with columns for Target (Alvo), Result (Resultado), and Variance (Variação). The costs listed are Direct Labor, Indirect Labor, Materials, Energy, and Transport, along with a Total. Variance values are color-coded: red for negative and green for positive.

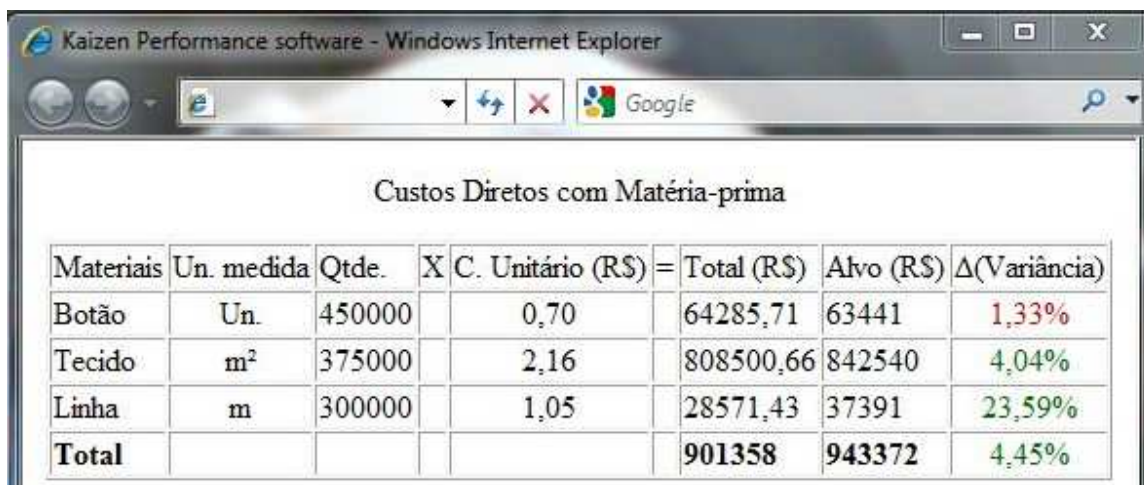
Custos	Março 2009			Abril 2009		
	Alvo	Resultado	Variação	Alvo	Resultado	Variação
Mão-de-obra direta	554560	566768	2,20%	552560	557439	0,88%
Mão-de-obra indireta	246987	250439	1,40%	245789	247452	0,68%
Materiais	943372	901358	4,45%	897350	897000	0,04%
Energia	4339	3978	8,32%	4305	4399	2,18%
Transporte	68000	68000	0%	67542	67442	0,15%
Total	1817258	1790543	1,47%	1767546	1773732	0,35%

Figura 7: Resultado do desempenho.

(Fonte: autores).

O quadro acima mostra o resultado de desempenho entre 2 períodos, com o propósito de dar uma direção nos focos que devem ser trabalhados.

Os custos podem ser destrinchados em custos diretos por materiais como mostrar a figura a seguir:



Custos Diretos com Matéria-prima

Materiais	Un. medida	Qtde.	X	C. Unitário (R\$)	=	Total (R\$)	Alvo (R\$)	Δ (Variância)
Botão	Un.	450000		0,70		64285,71	63441	1,33%
Tecido	m ²	375000		2,16		808500,66	842540	4,04%
Linha	m	300000		1,05		28571,43	37391	23,59%
Total						901358	943372	4,45%

Figura 8: Análise de variância do alvo dos materiais no mês de março.

(Fonte: autores).

Este quadro é uma forma mais detalhada de apresentar os custos diretos com materiais apresentados de forma mais resumida na figura 7.

5. Conclusão

A lógica dos autômatos vem se mostrando uma ferramenta importante para variados tipos de problemas por se tratar que um problema tem diferentes fases ou estados, e o conjunto dessas fases, é ordenado de forma sequencial.

Este trabalho teve como proposta a construção de um modelo de autômatos finitos determinísticos para engessar a metodica kaizen introduzida por Monden (1999) através do programa “Kaizen performance software” desenvolvido pelos autores desse estudo.

O sistema apresenta um alto grau de potencialidade porque ocorre a digitalização dessa sistemática, onde a função do implementador do método kaizen é basicamente entrar com os dados necessários no sistema, enxergar o foco da deficiência e cobrar os resultados dos colaboradores através das informações geradas.

O sistema apresenta um considerável grau de deficiência porque ele trabalha somente com dados intrínsecos, que ajudam no processo decisório, sendo assim, o software sozinho não gera decisões, elas serão feitas a partir da interpretação humana dos dados.

É importante mencionar que esse trabalho não tem como intuito criticar as soluções já existentes, mas, problematizar um exemplo de custo kaizen e indicar/propor uma solução baseada na teoria dos autômatos.

6. Bibliografia

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema de redução de custos, custo-alvo e custo-kaizen**. São Paulo: Bookman , 1999. 254p.

IMAI, Masaaki. **Kaizen, A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: Editora Imam, 1994. 236p.

MENEZES, Paulo. **Linguagens formais e autômatos**. Porto Alegre: Editora bookman, 2008. 215p.

HOPCROFT, John, ULLMAN, Jeffrey, MOTWANI, Rajeev. **Introdução a Teoria de autômatos, linguagens e computação**. São Paulo: Editora Campus, 2002. 560p.

MACIEL, A. **Aplicação de autômatos finitos nebulosos no reconhecimento aproximado de cadeias**. 2006. 62 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COOPER, Robin, SLAGMULDER, Regine. Redução de custos com Inteligência. **Revista HSM Management**. São Paulo, v.7, n.40, p.32-38, set./out. 2003

MESQUITA, Melissa, ALLIPRADINI, Dário. Competências essenciais para a melhoria contínua da produção. **Revista Gestão & Produção**. São Paulo, v.10, n.1, p.17-33, abr 2003

LEITE, Gildo. Administração da produção: A evolução com a ferramenta de melhoria contínua no Japão. **Revista Técnica IPEP**, São Paulo, SP, v. 7, n.1,p. 25-31, jan./jun. 2007

FARRIS, Jennifer, AKEN, Eileen, DOOLEN, Toni, WORLEY, June. Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. **Int. J. Production Economics**. n.117,p. 42-65, 2009

AGNDAL, Henrik, NILSSON, Ulf. Interorganizational cost management in the exchange process. **Management Accounting Research**, n.20,p.85-109, 2009