



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



ISABELLE CUANI

**GESTÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ATRAVÉS DO *LEAN*
MANUFACTURING: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA CERÂMICA**

LIMEIRA - SP

2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



ISABELLE CUANI

**GESTÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ATRAVÉS DO *LEAN*
MANUFACTURING: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA CERÂMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Gestão de Empresas à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio de Arruda Ignácio

LIMEIRA - SP
2015

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

C891g Cuani, Isabelle, 1993-
Gestão do processo produtivo através do *lean manufacturing* : um estudo de caso em uma indústria cerâmica / Isabelle Cuani. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Paulo Sérgio de Arruda Ignácio.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. *Lean manufacturing*. 2. Ferramentas. 3. Preços - Redução. 4. Cerâmica - Indústria. I. Ignácio, Paulo Sérgio de Arruda, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações adicionais, complementares:

Palavras-chave em inglês:

Lean manufacturing

Tools

Price – Reduction

Ceramics - Industry

Titulação: Bacharel em Gestão de Empresas

Banca examinadora: Alessandro Lucas da Silva

Data de entrega do trabalho definitivo: 27-11-2015

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais, Décio e Carolina, que me incentivaram e apoiaram nessa jornada. Obrigada por tudo!

CUANI, Isabelle. Gestão do Processo Produtivo através do *Lean Manufacturing*: Um Estudo de Caso em uma Indústria Cerâmica. 2015. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em [Gestão de Empresas].) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira. 2015.

RESUMO

A “Gestão do processo produtivo através do *Lean Manufacturing*: um estudo de caso em uma indústria cerâmica” tem o objetivo de estudar os conceitos do *Lean* na indústria cerâmica de pequeno porte, de tal forma a reduzir os desperdícios e custos operacionais. O motivo desta pesquisa é a busca pelo conhecimento e aperfeiçoamento da empresa estudada através do uso de ferramentas *Lean*. Para tal, foi utilizado pesquisa de natureza qualitativa e exploratória, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas, visitas in loco, descrição e análise dos dados coletados, e adequada à utilização do método de estudo de caso. Com base nesse estudo, podem-se propor melhorias nos processos de acordo com as ferramentas analisadas, visando à redução de perdas, que é o principal objetivo do sistema Lean.

Palavras-chave: *Lean*; Ferramentas; Redução; Desperdícios; Custos; Cerâmica.

CUANI, Isabelle. Management of the production process through Lean Manufacturing: A Case Study in a Ceramic Industry. 2015. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em [Gestão de Empresas].) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira. 2015.

ABSTRACT

The "Management of the production process through Lean Manufacturing: a case study in a ceramic industry " aims to study the concepts of Lean in small ceramic industry, so reducing waste and operating costs. The reason for this research is the search for knowledge and improving the company studied through the use of Lean tools. To do this, we used qualitative and exploratory research involving literature review, interviews, site visits, description and analysis of the collected data, and proper use of the case study method. Based on this study may be proposed process improvements in accordance with the tools analyzed, in order to reduce losses, which is the main objective of the Lean system.

Keywords: Lean; Tools; Reduction; Waste; Costs; Ceramics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	PIB: Variação acumulada em quatro trimestres (%), Brasil e Construção Civil.....	15
Figura 2	Evolução do crédito imobiliário.....	16
Figura 3	Principais Símbolos MFV.....	22
Figura 4	Pilares de sustentação do desenvolvimento da TPM.....	23
Figura 5	Exemplo simplificado da utilização do método Kanban.....	33
Figura 6	Aplicações que atendem o conceito SMED.....	35
Figura 7	Aplicações que não atendem o conceito SMED.....	35
Figura 8	Etapas do estudo de casos.....	39
Figura 9	Mapeamento de Fluxo de Valor Atual.....	45
Figura 10	Saída da telha para colocar na vagoneta.....	51
Figura 11	Forno Retangular.....	53
Figura 12	Forno Redondo.....	53
Figura 13	Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela complementar do MFV atual – fluxo automatizado.....	46
Tabela 2	Tabela complementar do MFV atual – fluxo manual.....	47
Tabela 3	Cálculo do takt-time da situação atual.....	55
Tabela 4	Tabela complementar do MFV futuro.....	59
Tabela 5	Cálculo do takt-time da situação futura.....	60
Tabela 6	Cálculo Payback voltado para manutenção do negócio.....	68
Tabela 7	Cálculo Payback voltado para crescimento/expansão do negócio.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Análise takt-time da situação atual.....	56
Gráfico 2	Análise takt-time da situação futura.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
DFA	Design for Assembly
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
JIT	Just in Time
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
PIB	Produto Interno Bruto
POUS	Point Of Usage Storage
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	OBJETIVO	17
1.2.	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.3.	JUSTIFICATIVA	18
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1.	GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS	19
2.2.	LEAN MANUFACTURING	19
2.3.	DESPERDÍCIOS E CUSTOS OPERACIONAIS	20
2.4.	FERRAMENTAS DO LEAN	21
2.4.1.	Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV ou VSM)	21
2.4.2.	TPM (Total Productive Maintenance)	23
2.4.3.	5's	27
2.4.4.	Takt-time	28
2.4.5.	Trabalho Padronizado	29
2.4.6.	Gestão Visual	30
2.4.7.	Qualidade na fonte	31
2.4.8.	P.O.U.S. (Point Of Usage Storage)	31
2.4.9.	Kanban	32
2.4.10.	Cell Design	33
2.4.11.	One Piece Flow	34
2.4.12.	SMED (Single Minute Exchange of Die)	34
2.4.13.	Heijunka	36
2.4.14.	DFA (Design for Assembly)	37
2.4.15.	Kaizen	38
3.	METODOLOGIA.	39

3.1.	DELINEAMENTO DA PESQUISA	39
3.2.	DESENHO DA PESQUISA	40
3.3.	PREPARAÇÃO E COLETA DOS DADOS	41
3.4.	ANÁLISE DOS CASOS E ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS	41
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1.	PERFIL DA EMPRESA	43
4.2.	PERFIL DOS PRODUTOS	43
4.3.	SITUAÇÃO ATUAL	44
4.4.	SITUAÇÃO FUTURA	57
4.4.1.	Melhorias no ambiente de trabalho	62
4.4.2.	Melhorias em controles do processo	63
4.4.3.	Mudança da tecnologia produtiva	64
4.4.4.	Substituição de matéria-prima e insumo	66
4.5.	ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO PROJETO	67
4.6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
5.	CONCLUSÃO	72
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

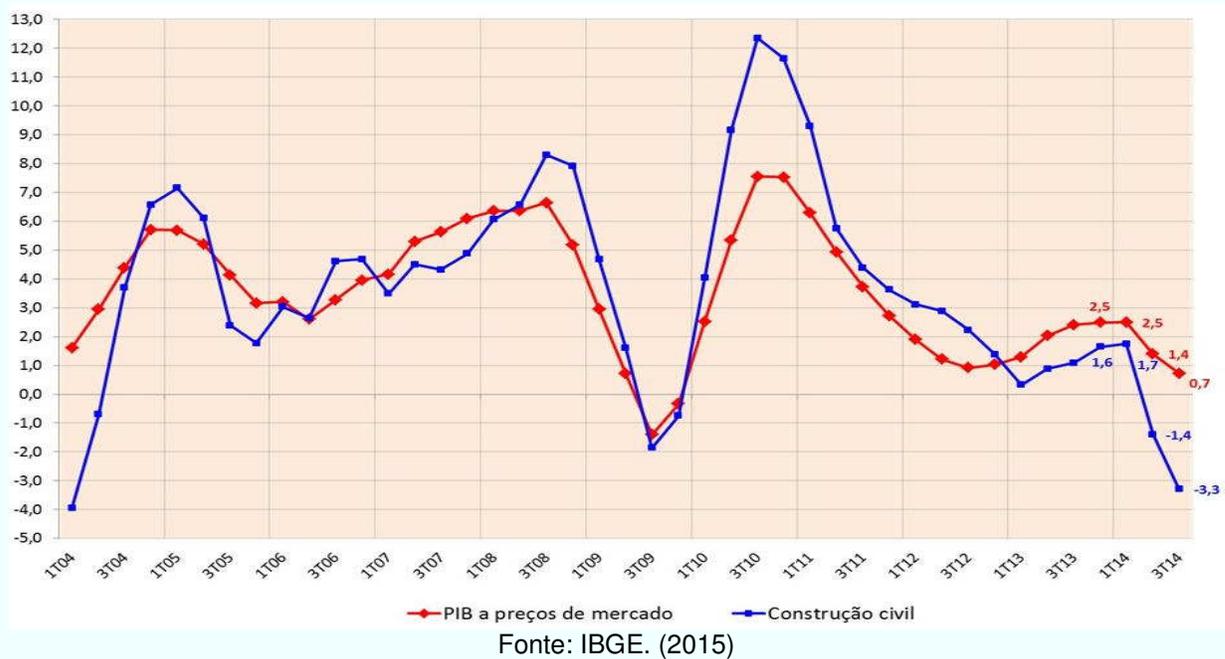
1. INTRODUÇÃO

De acordo com a ABCERAM (2015), o setor cerâmico é amplo podendo ser classificado em doze segmentos: abrasivos, biocerâmica, cerâmica de uso doméstico, cerâmica técnica, cerâmica vermelha, isolantes térmicos, louças sanitárias, materiais refratários, revestimentos cerâmicos, vidro, cimento e cal. A pesquisa será embasada na cerâmica vermelha que compreende os materiais empregados na construção civil como, argila expandida, tijolos, blocos, elementos vazados, lajes, telhas, tubos cerâmicos e alguns elementos de uso doméstico, com coloração predominantemente avermelhada. Sua matéria-prima base é a argila, um recurso não renovável finito e de extrativismo agressivo, ou seja, causa alta degradação no local onde é retirado, havendo leis e normas específicas que buscam amenizar o impacto ambiental.

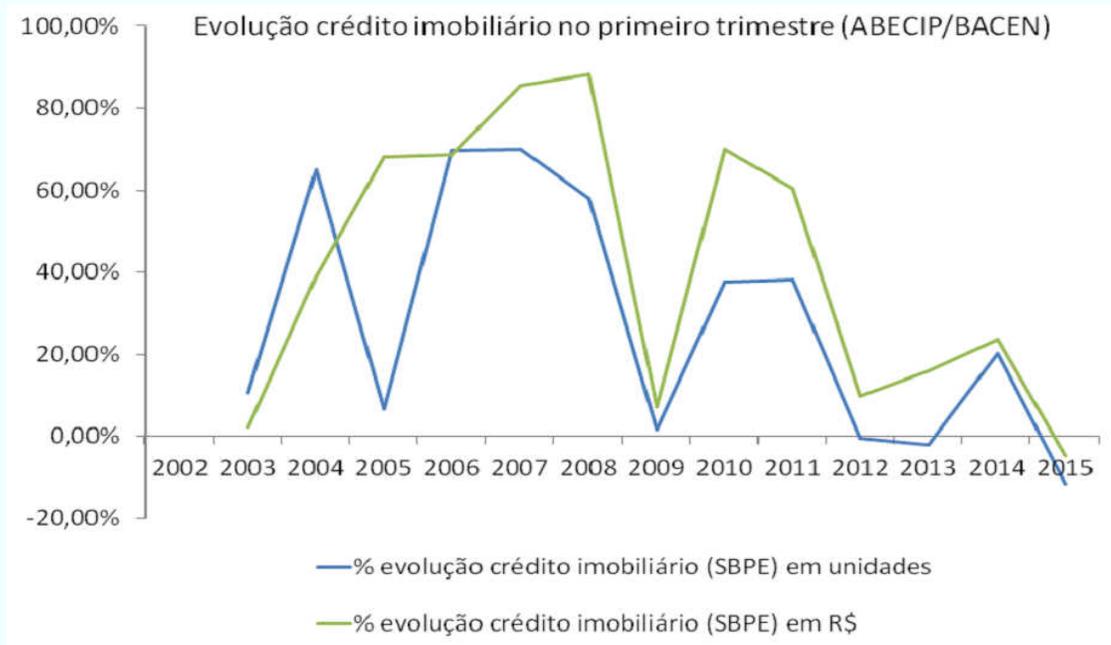
O setor cerâmico brasileiro, de um modo geral, apresenta uma deficiência grande em dados estatísticos e indicadores de desempenho, daí as dificuldades de se ter um panorama mais amplo e atualizado. Segundo a ANICER (2015), no Brasil há aproximadamente 6.903 cerâmicas e olarias, em sua maioria de micro, pequeno e médio portes, operando em vários níveis tecnológicos, sendo responsável pela geração de 293 mil empregos diretos e perto de 900 mil empregos indiretos, gerando um faturamento anual de R\$ 18 bilhões.

As indústrias cerâmicas brasileiras evoluíram rapidamente devido a abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, destacando-se as regiões Sul e Sudeste que em razão da maior densidade demográfica, maior atividade industrial e agropecuária, melhor infra-estrutura, melhor distribuição de renda, associado ainda as facilidades de matérias-primas, energia, centros de pesquisa, universidades e escolas técnicas, possui a maior concentração de indústrias de todos os segmentos cerâmicos. (ABCERAM, *website*).

Figura 1 - PIB: Variação acumulada em quatro trimestres (%), Brasil e Construção Civil



O setor da construção civil é um dos maiores produtores de emprego no Brasil com participação significativa no PIB nacional, onde a Indústria Cerâmica Vermelha representa 4,8% do setor. Conforme pode ser visto na figura 1, apresentou períodos de aquecimento (2005 a 2008 e de 2010 a 2011) alavancados principalmente pela maior oferta de crédito mobiliário (figura 2) e pelo programa habitacional do Governo Federal “Minha Casa, Minha Vida”, juntamente com o aumento da renda média brasileira. Eventos como a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016 trouxeram investimentos em infraestrutura e empreendimentos imobiliários, possibilitando um ambiente favorável para a indústria cerâmica que é diretamente impactada pela realização de obras. Em 2010, baseando-se no crescimento de 11,6% do PIB da construção civil, estimou-se a produção de cerâmica vermelha em 84,8 bilhões de peças/ano. Os blocos e tijolos representaram 70% (59,4 bilhões) do segmento e telhas 30% (25,4 bilhões).

Figura 2 - Evolução do crédito imobiliário

Fonte: IBGE. (2015)

Entretanto, ficam evidentes na figura 1 as frequentes oscilações de mercado. De 2008 a 2009 há o panorama da crise financeira mundial que afetou vários mercados. A partir do segundo semestre de 2011 houve desaceleração do setor da construção civil e consequentemente da indústria cerâmica vermelha, devido à crise política e econômica no Brasil. Atualmente, o quadro encontra-se agravado com o descontrole da inflação, aumento do preço da energia elétrica e combustível, elevação da carga tributária e consequentemente dos custos produtivos, tendo o projeto voltado justamente para controle da depreciação dos processos envolvidos no fluxo da empresa.

No panorama atual brasileiro, a questão a ser discutida é a sobrevivência das indústrias cerâmicas perante a crise. O custo está cada vez maior e a demanda e preço de mercados menores, o que visa investimentos em novas tecnologias para auxiliar na redução de custos produtivos, na melhoria da qualidade do produto, em diminuir desperdícios e que mantém a empresa ativa e competitiva no mercado. Nesse ponto é verificada uma problemática frequente: o ato de investir nem sempre é uma opção, seja devido à falta de recursos financeiros ou até mesmo de conhecimento, constituindo um

dos fatores atribuídos à falência de muitas cerâmicas, principalmente as de pequeno porte, que devido a sua estrutura inferior são mais afetadas pelas crises.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar a aplicação dos conceitos do *Lean Manufacturing* na indústria cerâmica de pequeno porte, de tal forma a reduzir os desperdícios e custos operacionais.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

“A organização e a limpeza são itens fundamentais para o sucesso de aspectos como a confiabilidade dos equipamentos, a redução de desperdícios, o controle da qualidade, a condição moral dos trabalhadores, entre outros.” (CORRÊA e CORRÊA, 2009, p.470).

A indústria base desta pesquisa possui carência no aspecto organizacional e ergonômico, na qual o excesso de desorganização, poeira nos equipamentos e no meio de trabalho, dificulta a identificação de desperdícios como a perda de ferramentas, além de tornar o ambiente hostil e afetar, conseqüentemente, na produtividade. A perda de material no decorrer dos processos pode chegar até a 5% de toda produção. As avarias são observadas principalmente em dois pontos: ao sair da estufa e do forno, podendo ocorrer de as telhas defeituosas estarem chochas, trincadas ou quebradas.

Entretanto, o custo produtivo alto é o maior problema, pois afeta diretamente na margem de lucros. Os maiores gastos são relacionados a despesas com energia elétrica em consequência ao processo produtivo da fabricação da telha ser parcialmente automatizado, com o fornecimento de lenha para queima dos fornos e aos constantes investimentos necessários em máquinas e novas tecnologias na tentativa de baratear o custo produtivo.

1.3. JUSTIFICATIVA

Fazer mais com menos é o mantra de qualquer técnica que se baseia no Pensamento Enxuto, envolvendo esforços para eliminar o desperdício de qualquer atividade que consome recursos sem adicionar valor. (WOMACK e JONES, 1997). Esse trabalho apresenta a possibilidade de utilização de uma concepção da indústria automotiva, o *Lean Manufacturing*, em uma indústria cerâmica de pequeno porte, possibilitando assim demonstrar a aplicabilidade e adaptação do conceito para utilização em outros setores, na qual os métodos e técnicas requeridos na implementação da cultura *Lean*, devem ser escolhidos de acordo com o ambiente no qual a empresa se encontra para se alcançar os objetivos almejados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Com base em Fernandes e Filho (2010) e Corrêa e Corrêa (2013), o ato de gerir é composto por quatro atividades principais: planejar (decisões de intenção), controlar (decisões para execução - o que, quanto, quando e como produzir), organizar (definir uma estrutura hierárquica de comando) e direcionar (comandar e motivar as pessoas da corporação). Ao se aplicar a gestão dos processos produtivos, alguns elementos (humanos, físicos e procedimentos gerenciais) são inter-relacionados e projetados para gerar produtos finais objetivando o lucro, sendo administrados de tal modo, a viabilizar a análise e aplicação de quais são as melhores decisões organizacionais para a empresa. Engloba toda organização, ao gerir tanto as máquinas quanto as pessoas envolvidas (direta e indiretamente) nos processos, possibilitando uma visão ampla da funcionalidade da empresa e de suas respectivas deficiências.

No decorrer da história há diversas filosofias criadas para a gestão da produção, que de acordo com as necessidades apresentadas no passar dos tempos foram adaptadas e deram origem a novas filosofias, como o *Just in Time* e *Lean Manufacturing*, que apesar das inúmeras semelhanças conceituais (foco em reduzir desperdícios e melhoria contínua), são filosofias diferentes; o *Just in Time* é focado na eficiência, enquanto o *Lean* é focado na utilização da eficiência para agregar valor para o cliente (THOMPSON, 2015).

2.2. LEAN MANUFACTURING

Apesar de usualmente a origem do *Lean Manufacturing* (também conhecido como pensamento enxuto) ser atribuída ao Taiichi Ohno, o termo “*lean*” surgiu originalmente no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” que trata de um abrangente estudo sobre a indústria automobilística mundial realizada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), no qual é explicado o sucesso da indústria japonesa e evidenciado as vantagens do Sistema Toyota de Produção, como a manufatura flexível,

redução de estoques, formação de empregados qualificados e multitarefas, linha de montagem procurando prevenir falhas e evitar reparos finais, busca pela qualidade, relacionamento de cooperação e de longo prazo com fornecedores, etc. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

2.3. DESPERDÍCIOS E CUSTOS OPERACIONAIS

A verificação dos desperdícios é uma questão fundamental do pensamento enxuto. Idealizados por Ohno (1988) e classificados tradicionalmente segundo Shingo (1996) e Womack e Jones (1997), os desperdícios do *Lean* são classificados em sete tipos:

- Super produção - Produzir além das necessidades da empresa e do mercado, gerando excesso de inventário.
- Tempo de espera - Períodos longos de inatividade de pessoas, informação ou bens. A espera é considerada um gargalo, um desperdício que aumenta o chamado lead time.
- Transporte - Atividade necessária ao processo, mas que não adiciona valor. O desperdício é encontrado nas lacunas entre um ponto de beneficiamento e outro resultando em transporte dispensável dentro do estabelecimento.
- Excesso de processamento - Realização de atividades prescindíveis ou incorretas que são notadas no momento da mensuração da produtividade.
- Inventário - Presença de estoques de produtos acabados ou semi-acabados maiores que o necessário. Significa desperdício de investimento e espaço.
- Movimento - Movimentação física desnecessária dos operadores (como ao precisar procurar por equipamentos e peças), devido à organização mal feita do posto de trabalho.
- Defeitos - Erros frequentes no processamento de informação, problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega, resultando em refugo ou retrabalho.

O custo é uma consequência atenuada com os desperdícios. Toda operação tem uma despesa, seja com instalações, matéria-prima, mão de obra, equipamentos e máquinas, automatização, investimentos, manutenção, entre outros, podendo o custo ser financeiro ou associado ao esforço, tempo e trabalho empregados na produção de algo. Logo, a redução dos desperdícios reflete diretamente nos custos operacionais.

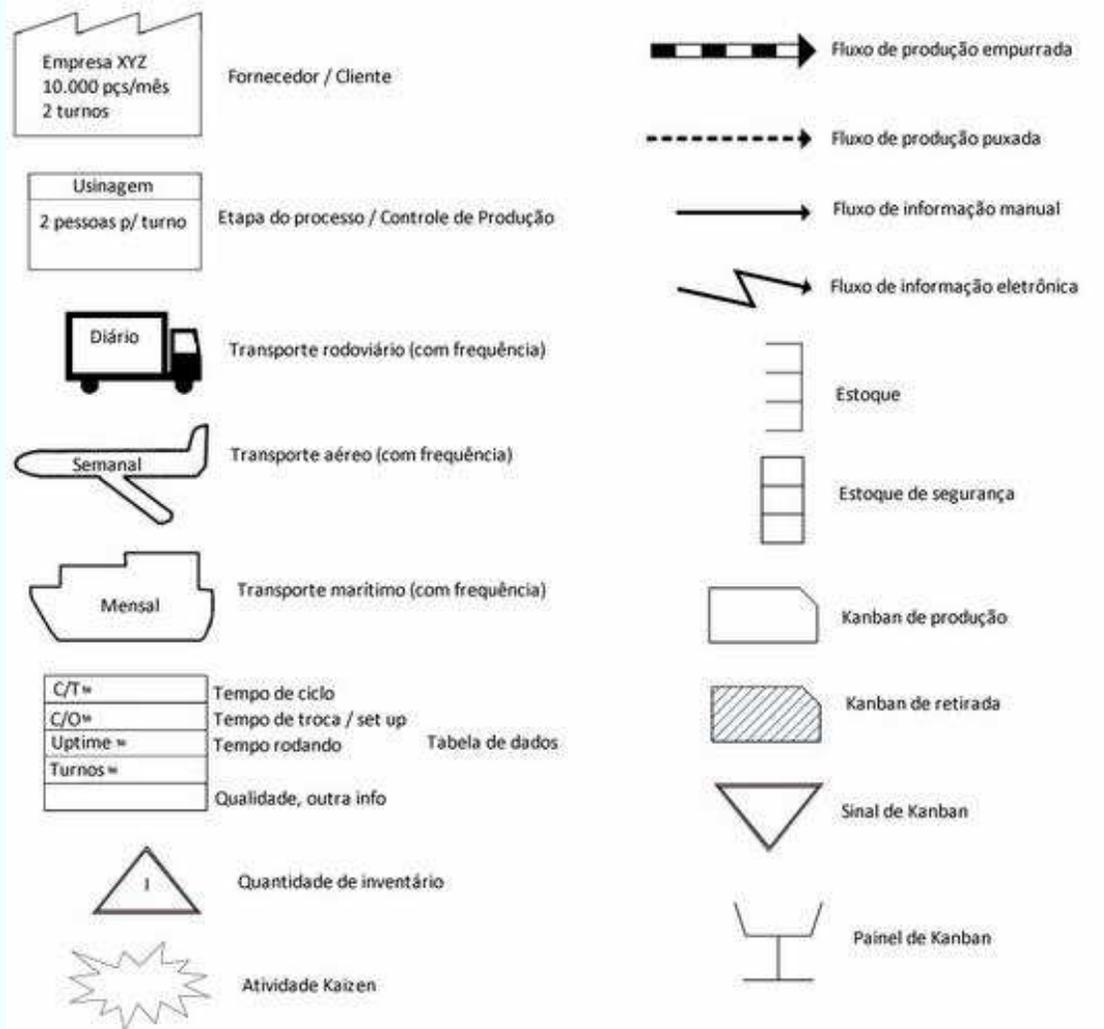
2.4. FERRAMENTAS DO *LEAN*

O sucesso do Lean é resultado da sua excelência operacional que é baseada em parte no uso de ferramentas e métodos de melhoria da qualidade. O conjunto destas técnicas e filosofias ajudaram a desenvolver *Lean Manufacturing* e servem de sustentação para todo o sistema. A seguir são detalhadas essas ferramentas e técnicas que auxiliam a identificar e eliminar os desperdícios.

2.4.1. Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV ou VSM)

Metodologia proposta por Rother e Shook (1998) que consiste em localizar e desenhar os fluxos de materiais, informações e processos ao longo de toda cadeia, do fornecedor ao cliente final. Esse método de modelagem utiliza um conjunto de regras e ícones considerando os fluxos operacionais da empresa (figura 3). É uma técnica que viabiliza a visão das interfaces do processo mapeado. Uma vez que o mapa atual do processo está formado, é possível eliminar desperdícios, através da avaliação de quais etapas agregam ou não valor ao produto.

Figura 3 – Principais Símbolos MFV.



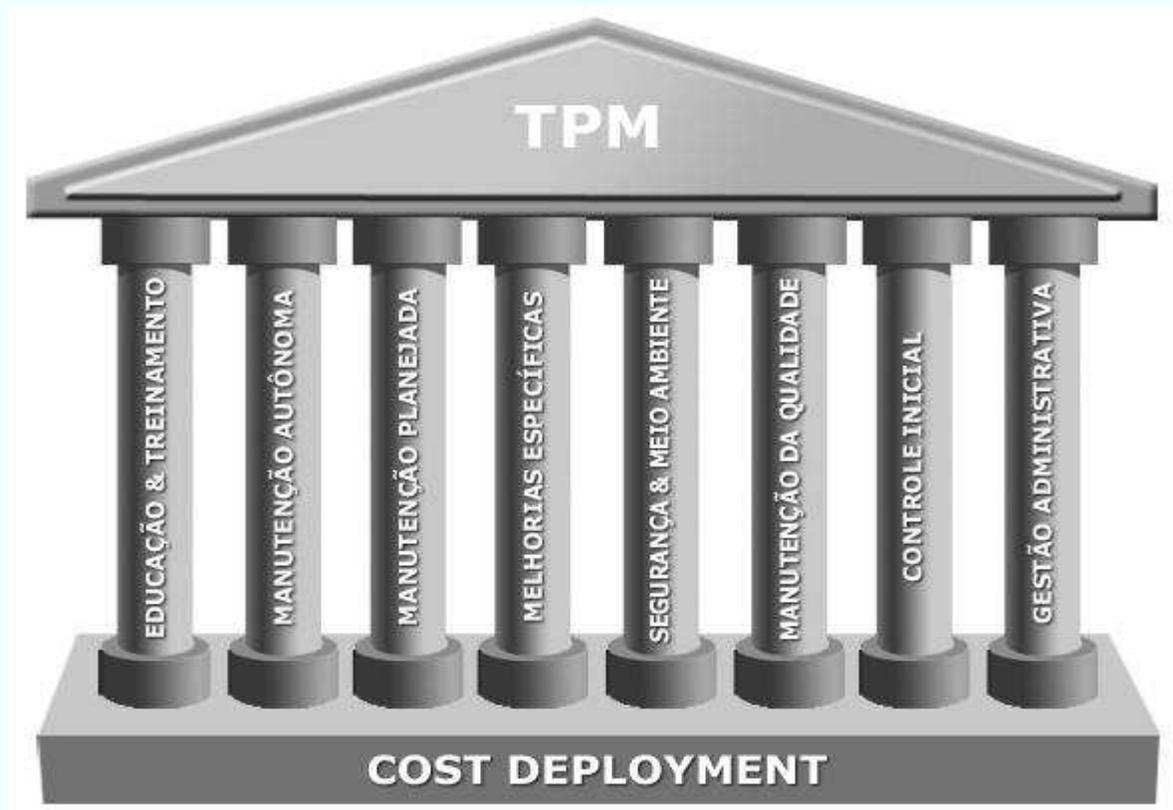
Fonte: Gestão Industrial (2015)

O mapeamento ajuda a enxergar o fluxo e a transparecer as decisões relacionadas a ele ao fornecer uma linguagem comum para tratar dos processos de manufaturas e a integrar conceitos e técnicas enxutas. Como o VSM cria um mapa do estado atual da empresa, e não um âmbito idealizado, ele serve de base para a aplicação de outras ferramentas do *Lean*, pois cria um panorama do hoje e outro de uma visão desejável do fluxo de valor, servindo de suporte para o desenvolvimento de planos de ação. (WOMACK e JONES, 1997).

2.4.2. TPM (*Total Productive Maintenance*)

Série de métodos criada por Nippondenso (membro do grupo Toyota). Implica em uma visão abrangente de todas as atividades relacionadas à manutenção equipamentos e máquinas e no impacto que cada uma tem. Busca “garantir que cada máquina em um processo de produção seja sempre capaz de realizar as tarefas necessárias para que a produção jamais seja interrompida.” (WOMACK e JONES, 1997, p. 366). O TPM estimula a produção contínua e os funcionários a realizarem a manutenção proativa, combinando a manutenção preventiva com conceitos de qualidade, que torna os sistemas produtivos mais eficientes e menos custosos. A figura 4 representa os pilares que sustentam o TPM, pilares os quais serão explicados abaixo. (OHNO,1988; WOMACK e JONES,1997).

Figura 4 – Pilares de sustentação do desenvolvimento daTPM



Fonte: Adaptado <<http://www.advanced-eng.com.br/sobretpm.htm>>

O *Cost Deployment* é o pilar técnico horizontal que orienta todos os outros pilares onde estão as maiores perdas e desperdícios e as convertem em unidade financeira, de modo que os projetos de redução de custos concentrem esforços onde é realmente importante, isto é, estabelece um programa de redução de custos de modo estruturado. (SIMPOI, 2013).

O pilar educação e treinamento têm objetivo de desenvolver novas habilidades e conhecimentos para o pessoal da manutenção e da produção. De acordo com a filosofia TPM, habilidade é capacidade de agir de forma correta e automática, com base em conhecimentos adquiridos sobre todos os fenômenos e utilizá-los durante um grande período. É fundamental a capacitação do operador, através de cursos e palestras, para que ele possa conduzir a manutenção sem receio de cometer erros. Quanto mais sofisticado o equipamento e maior seu grau de automação, atividades como segurança e racionalização na utilização de energia tornam-se mais oportunas. Não se deve esquecer de que a motivação é um fator importante no treinamento e na promoção dos indivíduos. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

A manutenção autônoma visa à melhoria da eficiência dos equipamentos, desenvolvendo a capacidade dos operadores para a execução de pequenos reparos e inspeções, com o objetivo de manter o processo de acordo com padrões estabelecidos, antecipando-se aos potenciais problemas. As medidas a serem tomadas para orientação da manutenção autônoma podem ser dadas através do auxílio do levantamento das reais causas das fontes de sujeira, analisando e indicando os elementos e materiais corretos a serem utilizados, auxiliando a operação no estudo de custos e benefícios das melhorias e na implantação de dispositivos que facilitem limpeza, lubrificação e inspeção e, sempre que for necessária, a manutenção deverá orientar os operadores. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

Já a manutenção planejada consiste em detectar e tratar as anormalidades dos equipamentos antes que eles produzam defeitos ou perdas. O objetivo principal é o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas de manutenção, através da conscientização das perdas decorrentes das falhas de equipamentos e das mudanças de mentalidade das divisões de produção e

manutenção, minimizando as falhas e defeitos com o mínimo custo. A consolidação da manutenção planejada é obtida com a realização das etapas de avaliação do equipamento e levantamento da situação atual, reparo das deteriorações e melhorias dos pontos deficientes, controle de informações e de dados, estruturação da manutenção preventiva (programada), estruturação de um sistema de manutenção preditiva e mensuração dos resultados da manutenção. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

O pilar de melhorias específicas inclui todas as atividades que maximizam a eficácia global dos equipamentos (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*), processos e plantas através de uma intencional eliminação de perdas e da melhoria de rendimentos. É colocado em prática sistematicamente (selecionar o tema, formar um time de projeto, registrar o tema, investigar, definir e por em prática a melhoria e avaliar os resultados), tendo suas atividades em etapas, documentando o progresso visualmente e conforme procedimentos. A alta gerência deve tomar cuidado para não focar somente na melhoria específica, a ponto de esquecer-se das atividades dos pequenos grupos de melhoria que trabalham em nível de chão de fábrica, pois isso traria um efeito negativo, prejudicando o TPM. (SUZUKI, 1994).

O pilar segurança, saúde e meio ambiente tem como principal objetivo índice de zero acidente, além de proporcionar um sistema que garanta a preservação da saúde e bem estar dos funcionários e do meio ambiente. O cuidado da saúde individual de cada pessoa deve ser exigido e possibilitado pela empresa, sendo realizados treinamentos para esclarecimentos do cuidado com a saúde. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

A manutenção da qualidade são operações que se destinam a definir o estado do equipamento, com base no conceito de manutenção em perfeitas condições para que possa ser garantida a qualidade dos produtos processados. As condições são verificadas e medidas regularmente, possibilitando constatar se as quantidades medidas se encontram dentro dos valores padrão para prevenir defeitos. As possíveis alterações serão observadas para prever as possibilidades de ocorrência de defeitos e assim adotar medidas de combate antecipadamente. Mão-de-obra, máquinas, material

e métodos são os chamados “4Ms” que incidem diretamente sobre a qualidade, sendo o objetivo básico a sua transformação em condições ideais, assegurando a continuidade e aprimoramento de um nível alto de qualidade através da manutenção efetiva dos equipamentos. A partir daí, o gerenciamento da Manutenção da Qualidade consiste no acompanhamento do trabalho e inspeção dos padrões que mantêm as condições ideais definidas. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

Controle inicial trata-se no estabelecimento e consolidação de toda sistemática de gerenciamento da fase inicial dos processos, buscando detectar e tratar as possíveis adversidades, que podem ser desde a identificação da necessidade de novos produtos e equipamentos, até o início da produção em regime, proporcionando um *startup* vertical. A integração com os demais pilares ocorre através da prevenção da manutenção, que incorpora ao projeto as melhorias desenvolvidas anteriormente, adaptando às necessidades do cliente e facilitando sua produção, através da adequação dos equipamentos às novas tecnologias de fabricação, aos processos onde estão inseridos e condições operacionais. Este pilar eleva o poder de resposta ao mercado, ao agilizar a concepção de novos produtos. Empresas que produzem bens de consumo, cujo ciclo de vida é curto são fortemente beneficiadas pelo desenvolvimento do Pilar Controle Inicial. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

O último pilar é sobre o TPM administrativo (gestão administrativa). Busca a eficiência de todas as atividades organizacionais, além do aprimoramento do trabalho administrativo, eliminando-se desperdício e perdas geradas pelo trabalho de escritório. O desenvolvimento dos processos administrativos é um fator muito importante para a continuidade da evolução dos resultados do setor produtivo, além de reduzir o tempo da informação pelo estabelecimento de processos administrativos enxutos, que além de reduzir o custo, dá mais agilidade à empresa no processo de tomada de decisão. Os resultados concretos devem ser alcançados como contribuição para o gerenciamento da empresa. (TAKAHASHI e OSADA, 1993; SUZUKI, 1994).

2.4.3. 5`S

Com base em Carvalho (2011) e em Womack e Jones (1997), o 5`S é uma ferramenta de origem japonesa que cria um sistema de padronização e organização do ambiente de trabalho, cujo objetivo é proporcionar um aperfeiçoamento de conduta, com a intenção de levar a melhoria do ambiente de trabalho e da qualidade de vida (tanto no trabalho quanto em casa), aumento de produtividade, qualidade total, satisfação do funcionário e redução dos custos e desperdícios. Consiste em cinco etapas:

- *Seiri* (senso de utilização) – significa utilizar materiais, ferramentas, equipamentos, etc. com equilíbrio e bom senso, devendo-se remover tudo que não é utilizado no local de trabalho. Os resultados obtidos com aplicação do senso de utilização são imediatamente observados com ganho de espaço, facilidade de limpeza e manutenção, melhor controle dos estoques, redução de custos e preparação do ambiente para aplicação dos demais conceitos do 5's;
- *Seiton* (senso de ordenação) – organizar cada coisa no local de trabalho de forma acessível em função da frequência de utilização. Para tal, devem-se fixar padrões e usar algumas ferramentas simples como painéis, etiquetas e estantes, atribuindo um lugar específico a cada objeto, resultando em economia de tempo, facilidade na localização das ferramentas e redução de pontos inseguros;
- *Seisou* (senso de limpeza) – este senso define a importância de eliminar todo tipo de sujeira e resíduos do ambiente, prezando o asseio das áreas de trabalho e equipamentos. Abrange também o relacionamento pessoal, em que se deve preservar um ambiente de trabalho transparente, honesto e o respeito. Resulta em um ambiente saudável e agradável, redução da possibilidade de acidentes, melhor conservação de ferramentas e equipamentos e melhoria no relacionamento interpessoal;
- *Seiketsu* (senso de padronização, saúde e segurança) – consiste em estipular padrões através de normas e instruções escritas buscando consolidar e manter os três primeiros S' (utilização, ordenação e limpeza). Abrange também o

conceito de saúde e segurança, cobrando a importância da verificação do ambiente de trabalho a fim de que sejam identificados problemas que possam vir afetar a saúde dos colaboradores, como problemas ergonômicos, de iluminação, ventilação, etc. Facilita a localização e identificação de objetos e ferramentas, e traz melhorias para os indivíduos do sistema e de áreas comuns e melhorias nas condições de segurança;

- *Shitsuke* (senso de autodisciplina) – a última etapa do programa 5's é definida pelo cumprimento e comprometimento pessoal para com as etapas anteriores, sendo composto pelos padrões éticos de morais de cada indivíduo. Consiste em manter e respeitar as normas através da disciplina, empenho, *empowerment* e treino. Seus resultados melhoram a qualidade, produtividade e segurança no trabalho, tornando tanto o ambiente como o trabalho mais agradável, implica na melhoria nas relações humanas e do cumprimento de procedimentos operacionais e administrativos.

A adesão dos cinco sentidos a cultura organizacional, faz os indivíduos compreenderem seu grau papel dentro da empresa, conscientizando-os da importância da disciplina. Cada colaborador faz parte da pirâmide de resultados alcançados. A ferramenta 5's estrutura a organização de modo a torná-la preparada para aplicação de ferramentas mais processuais. (WOMACK e JONES, 1997).

2.4.4. *Takt-time*

O *takt-time* é o indicador do tempo em que se deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo de vendas, para atender a demanda dos clientes. É calculado através da divisão do “tempo disponível de produção (diário)” pela “demanda do período”. Consiste no balanceamento da produção, onde é definido a velocidade que a linha de produção deve trabalhar e os tempos de ciclo das operações de produção. A ideia é alinhar a produção com a demanda, de modo a acompanhar precisamente a demanda real. (CORRÊA e CORRÊA, 2013). Um exemplo prático: “Se uma fábrica opera 480 minutos por dia e a demanda do cliente é de 240 unidades diárias, o tempo

takt é de 2 minutos. Do mesmo modo, se os clientes desejam dois novos produtos por mês, o tempo *takt* é de duas semanas." (LÉXICO *LEAN*, *Lean Institute*Brasil).

A utilização do tempo *takt* no programa de produção oferece uma visão enxuta, que produz conforme uma programação nivelada, focada no sistema JIT e TQC (*Total Quality Control*), sem perdas e interrupções no processo, fazendo-o fluir segundo a necessidade do cliente. Segundo Fernandes e Filho (2010), para produzir de acordo com o *takt-time*, todas as áreas da corporação devem conceder respostas rápidas para os problemas apontados, eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas, eliminar os tempos de troca em processos posteriores (troca rápida de ferramentas), o material deve estar à disposição na hora, em quantidades e local desejado, devendo apresentar qualidade assegurada. Desta forma, é possível produzir lotes menores e aumentar a flexibilidade na manufatura.

2.4.5. Trabalho Padronizado

Um dos objetivos do trabalho padronizado é a obtenção de alta produtividade através do trabalho dedicado. É a definição precisa das atividades de todos os operadores. A padronização é um dos pilares para o sucesso na implantação do *Lean*, servindo de base para futuras melhorias. Tem suas origens no Taylorismo e é observada sua aplicação e desenvolvimento no decorrer da história industrial em sistemas como Fordismo, Toyotismo e JIT. A uniformização dos processos facilita o aprendizado dos operários de novas tarefas, sendo possível a substituição entre eles. Utiliza-se o tempo *takt* para calcular a velocidade em que os produtos devem ser produzidos para atender a demanda do cliente, estoque padrão para manter o fluxo suave e ininterrupto e é necessária a seqüenciação do trabalho. Contribui com a melhoria dos processos e materiais, ao documentar e normalizar as tarefas no decorrer da cadeia de valor e ajuda a manter os níveis de qualidade, produtividade, segurança e ergonomia, auxiliando na redução de custos. (OHNO, 1988; SHINGO, 1996; WOMACK e JONES, 1997).

Há três tipos de documentos utilizados para que o trabalho padronizado possa ser criado. O quadro de capacidade do processo é um formulário contendo algumas características (como tempo gasto, tempo para troca de ferramenta, tipo de máquina, etc.) de cada processo que será realizado dentro de uma célula de trabalho. Tem a tabela de combinação do trabalho padronizado que apresenta a sequência que o trabalho está sendo feito e o tempo que cada operação está levando para ser realizada. O terceiro documento é o diagrama de trabalho padronizado que mostra de forma fiel a célula contendo a movimentação do operador, a localização do material a ser utilizado e o layout do processo com um todo. (LEANTI, Website).

2.4.6. Gestão Visual

Uma das ferramentas mais importantes de apoio ao trabalho da liderança *lean* é a Gestão Visual. Iniciou-se com o Toyotismo, na qual foi observada a necessidade de programar o controle visual para os problemas que estavam ocultos. A Gestão Visual é referida aos métodos e práticas que permitem realizar o “*genchi genbutsu*” (vá ver diretamente no local onde as coisas realmente acontecem com os seus próprios olhos). Por exemplo, em uma fábrica é possível saber se há atrasos e quais são os problemas, através do acompanhamento do quadro horário de produção (QAP), podendo ter um quadro geral que mostre os principais indicadores como qualidade, 5’S e custos, em local de fácil acesso a todos.

É uma ferramenta facilitadora da informação referente às operações e atividades no geral que busca melhorar a eficiência do processo, garantir a correta execução e distribuir a informação de forma mais efetiva ao ser possível inspecionar as anormalidades no próprio local, no momento em que acontecem. Além de tornar a situação transparente, ajuda a focalizar nos processos e não nas pessoas e a priorizar o que realmente é necessário. O trabalho padrão da liderança é engajarem-se em atividades repetitivas projetadas para identificar situações anormais (fora do padrão) e com isso reconhecer os “*gaps*”, desvios e estabelecer as ações corretivas. A gestão visual deve estar disponível em um formato visual claro e objetivo e ser fixado nos

locais onde for necessário, fornecendo informações que gere ações no ponto de comunicação. (OHNO, 1988; SHINGO, 1996; WOMACK e JONES, 1997).

2.4.7. Qualidade na fonte

Concepção segundo Shingo, que busca garantir a qualidade das peças durante todo o processo produtivo. A ideia é corrigir as falhas o quanto antes para evitar maiores desperdícios, ou seja, eliminar os erros ou retificá-los antes que se tornem defeitos, garantindo assim que os processos sejam continuamente melhorados. Os próprios operadores realizam o controle do processo inspecionando as peças e parando a produção sempre que for encontrado algum desvio ou tendência de falha. É recomendado à instalação de dispositivos *Poka-Yoke* (método de montagem a prova de erro) para otimização dos processos. (SHINGO, 1996 e CORRÊA e CORRÊA, 2013).

2.4.8. P.O.U.S.(*Point Of Usage Storage*)

O P.O.U.S. (ponto de uso de armazenamento) é o depósito da matéria-prima, ferramentas, produto ou informação no próprio ponto de serviço, na qual o material recebido é direcionado diretamente ao local onde será usado, não havendo necessidade de almoxarifados. Por exemplo, quando uma matéria-prima é movida para seu respectivo centro de trabalho, ela segue para um local designado que foi dimensionado para a quantidade adequada. Se o envio de material não se encaixa, significa que foi comprado e, ou entregue a quantidade errada, sendo um problema a ser resolvido com o fornecedor. Esse modelo de armazenagem ajuda a reduzir a necessidade de manuseio dos produtos e espaço necessário, resultando na redução de custos e tempo carece de planejamento para ser aplicado com eficiência. (SHINGO, 1996; WOMACK e JONES, 1997).

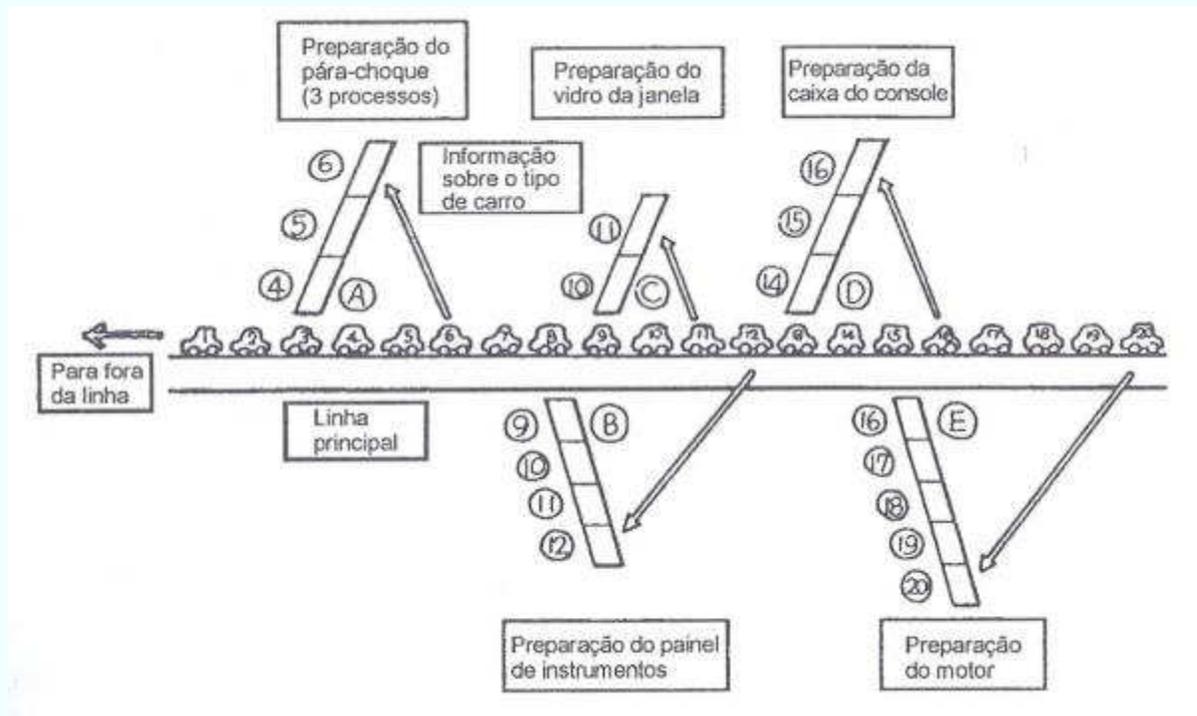
2.4.9. *Kanban*

Palavra japonesa que significa sinal ou quadro de sinais, “é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou retirada de materiais em um sistema puxado” (LÉXICO *LEAN*, *Lean Institute* Brasil, p. 41). Tem o objetivo de regular o fluxo de materiais, informações e atividades, através do uso cartões e quadros para controle e indicar o andamento dos fluxos de produção em empresas de fabricação em série.

O sistema *Kanban* tem algumas regras básicas sobre seu funcionamento, baseadas em autores como Monden e Vollmann, dentre outros, em que se há uma sequência nos processos a se seguir, na qual o “processo subsequente deve retirar do processo precedente somente os produtos necessários nas quantidades necessárias e no tempo devido”; “o processo precedente deve produzir seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente”; “produtos com defeitos não devem ser enviados para o processo subsequente”; “o número de *kanbans* deve ser mantido o menor possível e reduzido por meio de melhorias no processo”; “cada contenedor deve ser anexado em um *kanban* e somente deve conter quantidades padronizadas de peças e não peças a mais.” (FERNANDES e FILHO, 2010, p. 124).

A figura 5 ilustra um exemplo do funcionamento da ferramenta *Kanban* na produção de veículos. Quando o automóvel “número x” entra na linha de montagem, um operário prende nele uma ordem de produção (*Kanban*) indicando qual tipo de veículo ele é. Na medida em que o carro percorre a linha, outros *Kanbans* são gerados e enviados antecipadamente para os subprocessos E, D, C, B e A. Os componentes resultantes dos subprocessos são montados em sequência, de forma que se encaixem respectivamente no veículo que solicitou sua produção no momento certo (nem antes para não gerar estoque, nem depois para não interromper o fluxo da produção). Conclui-se que o *Kanban* tem por finalidade suportar o JIT (fazer apenas o necessário quando necessário).

Figura 5 - Exemplo simplificado da utilização do método Kanban.



Fonte: Ohno, T. (1997), O Sistema Toyota de Produção (p. 67). Porto Alegre: Bookman.

2.4.10. Cell Design

Método que procura melhorar a eficiência na produção de itens muitos variados, na qual a célula de trabalho é esboçada de modo a se obter melhor aproveitamento do espaço, da ergonomia e, dos fluxos de pessoas e materiais, agrupando os itens de acordo com um critério, o qual pode ser por alguma semelhança ou procedimento em comum. A célula é organizada de forma mais eficiente, minimizando os desperdícios e tendo em vista maior qualidade e um tempo ótimo de processo. Os equipamentos e postos de trabalho são distribuídos em uma área limitada para favorecer a produção de lotes menores e em fluxo contínuo. Todavia, reduz a produtividade quando a variabilidade do processo ou sequência de operações são elevadas. (SHINGO, 1996; WOMACK e JONES, 1997).

Por exemplo, cada célula é projetada com formatos de U, J ou L. Suas estações devem ser interligadas por esteiras rolantes ou manuais, eliminando a perda de espaço

para que os operadores consigam se mover rapidamente dentro de cada estação, sem obstáculos. As peças devem ser fornecidas a partir da parte traseira da célula por meio de peças do supermercado (*Kanban*), simplificando o reabastecimento.

2.4.11. *One Piece Flow*

Técnica do sistema Toyota de produção, baseada em reduzir a dimensão do lote, movimentando uma peça de cada vez entre as operações dentro de uma célula (fluxo contínuo “peça a peça”). É um conceito de linha de produção onde os itens são processados e movidos diretamente de um processo para outro, uma peça de cada vez. Cada etapa processa somente a peça que é necessária para o próximo passo pouco antes que o próximo passo precise dela e o tamanho do lote de transferência é uma única peça. Dentre suas vantagens está o uso mínimo de recursos, o que significa alta produtividade e baixo custo, *lead time* curto que permite responder rapidamente as exigências dos clientes, problemas como defeitos se tornam fáceis de identificar e corrigidos antes de prosseguir, encoraja a comunicação entre operações, que se tornam ligadas em uma relação “cliente-fornecedor”.

Entretanto, o fluxo unitário de peças gera insegurança por parte dos empresários, pois aumenta o gasto com o setup do equipamento e quebra barreiras impostas pelo sistema tradicional em que se valoriza a produção em massa. Lotes grandes de transferência escondem ineficiências e geralmente maximizam os defeitos de produção, devido justamente a massificação do processo, enquanto a produção peça a peça ajuda a reduzir o inventário e responde melhor às variações da demanda e solicitações dos clientes. (OHNO, 1988; SHINGO, 1996; WOMACK e JONES, 1997)

2.4.12. SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

O SMED (troca rápida em minutos de um dígito) é uma metodologia elaborada por Ohno e, mais tarde, consolidada por Shingo que consiste nos processos de reconfiguração das ferramentas, buscando reduzir seus tempos de setup, ou seja, objetiva a troca rápida das ferramentas. Os gastos de tempo com setup são chamados

de processo gargalo, pois acrescentam tempo desnecessário a todo o processo de fabricação. (OHNO, 1988; SHINGO, 1996) Nas figuras 6 e 7 é possível ver aplicações que atendem ou não o conceito de SMED.

Figura 6 – Aplicações que atendem o conceito SMED



Fonte: Jose Donizetti Moraes (2013).

Figura 7 – Aplicações que não atendem o conceito SMED



Fonte: Jose Donizetti Moraes (2013).

2.4.13. *Heijunka*

É um programa de nivelamento “por meio do sequenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo e eliminação das variações cotidianas nos pedidos totais, de modo a corresponder à demanda de longo prazo” (WOMACK e JONES, 1997, p.364), isto é consiste em fazer o nivelamento da produção de acordo com o pedido total do cliente, convertendo a instabilidade da demanda dos clientes em um processo de manufatura nivelado e previsível. O *Heijunka* facilita o uso da ferramenta *Kanban*, bem como, maiores controles de fluxo e qualidade. O objetivo é amortecer as variações de demanda, de modo a permitir um ambiente de manufatura o mais regular possível, com produção dos vários modelos, em quantidades que atendam aos pedidos, amenizando o efeito chicote (pequena variação na demanda do cliente que pode desencadear grandes variações nos fornecedores). (WOMACK e JONES, 1997).

Por exemplo, em uma situação se deseja construir os produtos A e B seguindo a sequência dos pedidos recebidos do cliente, como A, A, B, A, B, B, B, A. Se colocada esta sequência na linha de produção, haverá um sistema irregular, sendo necessária a utilização de hora extra para casos em que o pedido no início da semana seja muito maior que o pedido estimado. A solução é criar uma agenda nivelada de produção, na qual o programa deverá fazer cinco peças de A e cinco de B. Então uma programação nivelada poderá ser: ABABABABAB. Para controlar a produção, de modo que o nivelamento seja constantemente atingido há a caixa de *Heijunka*.

Uma típica caixa *Heijunka* possui linhas horizontais para cada membro de uma família de produtos e colunas verticais para intervalos de tempo idênticos de produção. Um controle *Kanban* é colocado nas ranhuras criadas, em proporção com o número de itens a serem produzidos de um tipo de produto, durante um dado intervalo de tempo, sendo o quadro é dividido em duas partes (superior e inferior). Enquanto a parte superior (Ordem de Produção) é responsável por gerir a programação da produção, a parte inferior (Situação de Estoque) faz o controle de estoques utilizando o *Kanban*. Para cada produto, são definidas faixas verdes, amarelas e vermelhas indicando visualmente o nível de estoque de cada um.

Quando por exemplo o cliente demandar o produto A, deve-se colocar um cartão na zona verde, da esquerda para direita, representando que este produto foi consumido. Esta ação deverá ser repetida até que passe pela faixa amarela e a faixa vermelha esteja próxima de ser atingida. A faixa vermelha por sua vez é estabelecida baseando-se no cálculo de tempo de *setup* da linha, o tempo de espera para o produto ficar pronto e um tempo de segurança. Ou seja, quando ela for atingida, ainda haverá tempo de produzir o produto sem que o estoque seja finalizado e o cliente possa ser atendido. Uma pessoa responsável deve atentar-se à situação de estoque para retirar o cartão da situação de estoque e colocá-lo na régua de ordem de produção no momento adequado. A regra é colocar primeiro na régua de ordem de produção os cartões de produtos que estejam na iminência de atingir a região vermelha. Estes deverão ser produzidos primeiro.

2.4.14. DFA (*Design for Assembly*)

Segundo Boothroyd e Dewhurst (1988), DFA é um procedimento que busca projetar um produto pensando além das características do produto em si, ou seja, na melhor forma e mais simples de produzi-lo, de modo a reduzir o gasto de material e o tempo de produção, sendo o produto projetado com o menor número possível de peças e as peças remanescentes devem ser projetadas de forma a serem facilmente remontadas.

O DFA é usado para estimar o tempo de montagem manual de um produto e o custo de produção do produto em uma máquina de montagem automática. O fator mais importante na redução dos custos é a minimização do número de peças separadas de um produto, utilizando-se para tal, três critérios simples que podem ser utilizados para determinar teoricamente se algumas das partes do produto podem ser eliminadas ou combinadas com outros elementos. Tais critérios, juntamente com a análise de vários fatores como tempo de montagem, orientação e inserção, devem ser usados para estimar o tempo total da montagem e para avaliar a qualidade do design do produto sob o ponto de vista de montagem. Para a montagem automática, tabelas de fatores podem

ser utilizadas para estimar o custo da alimentação automática e de orientação e inserção automática das peças numa máquina de montagem.

2.4.15. *Kaizen*

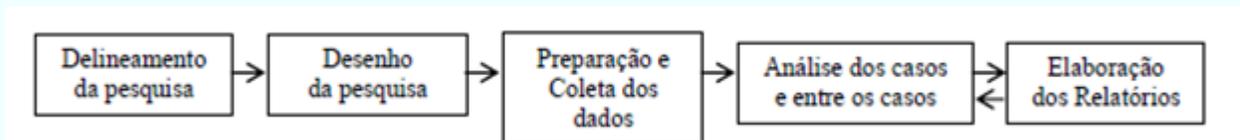
Palavra japonesa que significa “melhoria” ou “mudança para melhor”, é uma filosofia baseada em práticas que levam a melhoria contínua. Tem como prioridade a qualidade, entrega ao cliente, segurança, reduzir os desperdícios e custos, sem acarretar em gastos na sua aplicação, pois consiste numa mudança de atitude tanto dentro quanto fora do ambiente corporativo, em que é necessário o envolvimento de todos os colaboradores. Deve acontecer sempre de forma gradual e contínua, isto é “*step by step*”, uma etapa por vez. O *Kaizen* tem a intenção de englobar permanentemente a melhoria de todo fluxo de valor, ou seja, melhoria contínua na vida em geral, seja ela pessoal, familiar, social e no trabalho, gerando resultados concretos para organização, ao tornar seus processos mais ágeis, econômicos e adequados às necessidades dos clientes, sendo a doutrina base de suporte a implantação das demais ferramentas do *Lean*. (OHNO, 1988; SHINGO, 1996; WOMACK e JONES, 1997).

A implementação do *Lean Manufacturing* dificilmente será eficaz se as empresas estiverem focadas nas ferramentas isoladamente, sem entender que o *Lean* é um sistema que deve penetrar na cultura da organização como um todo. É necessário aculturar as pessoas e preparar o ambiente para receber esse sistema, envolvendo toda companhia, na qual é essencial a proatividade da alta direção que deve ser usada como modelo em relação à aceitação e adaptação a mudança, aspectos estes fundamentais para o sucesso dessa ferramenta.

3. METODOLOGIA

O método traça de modo ordenado o percurso da pesquisa, buscando detectar erros e mostrar a validade e confiabilidade das informações, a fim de se alcançar um objetivo. A figura 8 demonstra as etapas seguidas para o método de estudo de caso que foi usado e nos tópicos abaixo haverá o aprofundamento dessas etapas. A metodologia foi baseada em Marconi e Lakatos (2009) e em Branski; Franco; Junior (2010).

Figura 8: etapas do estudo de casos



Fonte: Branski; Franco; Junior (2010)

3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA

O objetivo da pesquisa é estudar a aplicação do uso do *Lean Manufacturing* na indústria cerâmica de pequeno porte, visando à redução de desperdícios e custos operacionais. Para isso, a pesquisa é de natureza qualitativa e exploratória, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas, visitas *in loco*, descrição e análise dos dados coletados, e adequada à utilização do método de estudo de caso, pois é um fenômeno específico e investigado em seu contexto real.

Com base nas deficiências e necessidades da empresa analisada, escolheram-se os conceitos a serem explorados no estudo. Através da revisão bibliográfica foi possível estabelecer os fundamentos da pesquisa, identificando os tópicos relevantes para obtenção do objetivo e indicando quais elementos deviam ser levantados na pesquisa de campo para investigar as proposições: verificar quais são os desperdícios presentes na empresa; analisar quais ferramentas do *Lean* utilizar para reduzir os

desperdícios; relatar como as ferramentas escolhidas influenciarão nos processos produtivos.

3.2. DESENHO DA PESQUISA

As proposições partiram do pressuposto que a empresa tem deficiências a serem melhoradas. Assim, de acordo com esses chamados “desperdícios”, necessidades e características da firma, foram necessárias escolher as ferramentas do *Lean* mais adequadas.

Proposição 1: Desperdício é “qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor” (WOMACK e JONES, 1997, p.3), devendo portanto, ser eliminados.

Proposição 2: O *Lean Manufacturing* possui métodos e ferramentas, cujo objetivo é a eliminação dos desperdícios. (WOMACK e JONES, 1997).

Proposição 3: A aplicação das ferramentas e métodos do *Lean* resultam na melhoria contínua, redução dos desperdícios e ajuda a tornar os sistemas produtivos mais eficientes. (WOMACK e JONES, 1997).

Determinada as proposições, o próximo passo foi à definição dos casos. Foram identificados desperdícios nos seguintes pontos: linha de produção; saída do material nos fornos e estufas e custo operacional extremamente alto. A verificação e ilustração dos fatos foram realizadas através de visitas *in loco* e entrevistas, as quais auxiliaram no entendimento dos processos usados pela cerâmica e na determinação das ferramentas escolhidas.

No protocolo foram acrescentados além do objetivo, questões e proposições, os instrumentos de pesquisa, procedimentos e regras que auxiliaram o pesquisador em campo. Sobre os instrumentos, para levantamento e análise dos dados primários, foram utilizadas entrevistas aberta e observação direta intensiva e participativa. E, para dados secundários, a leitura de conteúdos da internet, revistas sobre cerâmicas e livros. Nos

procedimentos foram examinadas a gestão e desenvolvimento das atividades na empresa antes, durante e depois da coleta de dados.

3.3. PREPARAÇÃO E COLETA DOS DADOS

Visando facilitar a coleta dos dados e diminuir a possibilidade de eventuais lacunas, usaram-se alguns tópicos para direcionar as perguntas durante a entrevista, de modo a coletar os dados necessários para as análises futuras, como: dados gerais da empresa; processos utilizados da matéria-prima ao produto final; dificuldades e áreas a serem melhoradas; custos e despesas. Os informantes das perguntas são da liderança da empresa, cujos quais detêm conhecimento total sobre o funcionamento da cerâmica averiguada. Todo o material coletado foi organizado em uma base de dados.

3.4. ANÁLISE DOS CASOS E ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS

E então, após construir a base de dados para a pesquisa, foi necessário analisar os casos e elaborar relatórios (estas etapas ocorrem simultaneamente). Segue abaixo a sequência da estrutura seguida:

- 1º. Elaborar o MFV e organizar os dados;
- 2º. Analisar os dados;
- 3º. Comparar os dados e verificar com as proposições;
- 4º. Delinear as conclusões;
- 5º. Retomar as proposições iniciais e conclusão;
- 6º. Revisão e elaboração do relatório final.

Primeiramente foi necessário mapear os fluxos da empresa através do MFV e com base nisso os dados foram organizados, de modo a facilitar a análise futura. Foram elaborados roteiros individuais para cada caso, relatando as informações coletadas e eles foram ser revisados pelos informantes, para verificar a conformidade e então fazer os ajustes necessários. Os dados de cada roteiro foram comparados e confrontados

com as proposições e baseado nisso, foram elaboradas as primeiras conclusões sobre as análises feitas. O próximo passo foi retomar as proposições iniciais para verificar e filtrar os casos que se co-relacionam com elas, para então finalizar as conclusões. Por fim, todo conteúdo foi revisado e realizado o relatório final.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PERFIL DA EMPRESA

A empresa desta pesquisa é uma cerâmica de pequeno porte, localizada no interior de São Paulo, em uma região reconhecida pela argila de boa qualidade, havendo, portanto muitas cerâmicas na área. Não é possível determinar sua parcela na participação do mercado cerâmico, já que em tal setor não há disponível muitos dados estatísticos e como é uma empresa pequena, sua participação não é significativa. A concorrência é dada principalmente através dos preços, em que empresas maiores conseguem trabalhar com preços mais competitivos, preços quais empresas de pequeno porte não conseguem praticar sem terem prejuízos, perdendo assim mercado para tais empresas. No caso da cerâmica estudada, ela tem seu mercado já estabelecido, possuindo alguns clientes fiéis que tentam manter uma demanda constante.

4.2. PERFIL DOS PRODUTOS

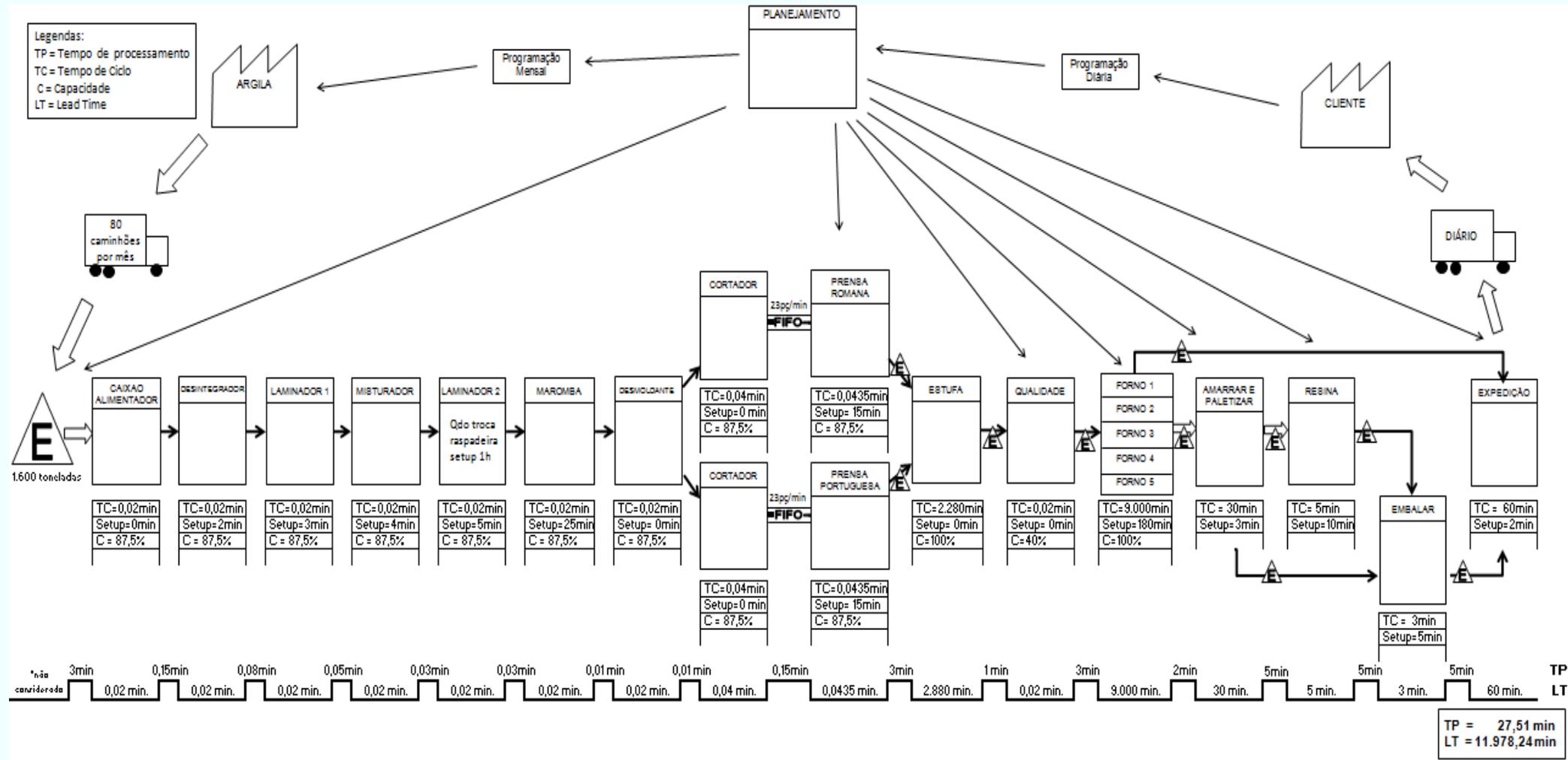
Com capacidade produtiva de 500 mil telhas por mês, a cerâmica apresenta um quadro de vinte e quatro funcionários na produção, que podem ser de três tipos: linha de produção (mensalista – trabalha-se 8,75 horas diárias de segunda a sexta-feira, com 1h15min. de intervalo), forneiros (empreita - entrada às 4horas de segunda a sexta) ou foguistas (trabalham em três turnos de segunda a segunda, na qual a cada três dias trabalhados, folga-se um dia). A parte administrativa e gerencial da empresa é realizada pelo proprietário e sua esposa. Seu portfólio é composto pelos seguintes produtos, telhas romanas e telhas portuguesas, que podem ser obtidas em sua coloração natural ou como resinadas.

4.3. SITUAÇÃO ATUAL

O Mapeamento do Fluxo de Valor destaca-se como uma ferramenta estratégica que auxilia na visualização macro do processo, na qual é possível observar quais etapas agregam e retiram valor do produto, para propor melhorias de processos e visualizar onde é necessária a redução de desperdícios e aumento de eficiência produtiva. No MFV, representado na figura 9, é demonstrado todo processo produtivo da cerâmica, desde ao fornecimento de matéria-prima ao cliente final, em que se consideram os tempos do produto no decorrer das operações e os ciclos de informação. Ou seja, é um resumo do funcionamento da empresa, oferecendo um mapa do estado atual, cuja qual auxiliará na detecção de desperdícios. Nessa seção, será estudado e detalhado cada seguimento do MFV, com o objetivo de auxiliar na elaboração do planejamento da situação futura.

A seguir, há a tabela 1 e tabela 2, explicando como se foi obtido e calculados os valores utilizados no mapeamento, como tempo de ciclo, *setups*, capacidade e descrição dos turnos. Tais tabelas servem para validar os dados demonstrados, dando suporte para análise e elaboração do MVF.

Figura 9 – Mapeamento de Fluxo de Valor Atual



Fonte: Elaboração Própria (2015)

Tabela 1 - Tabela complementar do MFV atual – fluxo automatizado

OPERAÇÃO/ MÁQUINA	TEMPO DE CICLO	SETUP (medição <i>In Loco</i>)	CAPACIDADE	TURNO (2ª feira – 6ª feira)
	TC= <u>tempo de produção</u> qtd. produzida tempo prod.		C= <u>tempo de produção</u> Tempo total turno	
Caixão Alimentador	525min/26.250telhas = 0,02 min.	Não há setup, pois a partir do momento que é ativado inicia o fluxo produtivo.	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Desintegrador	525min/26.250telhas = 0,02 min.	2 min.	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Laminador 1	525min/26.250telhas = 0,02 min.	3 min.	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Misturador	525min/26.250telhas = 0,02 min.	4 min..	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Laminador 2	525min/26.250telhas = 0,02 min.	5 min.	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Maromba	525min/26.250telhas = 0,02 min.	10 min. + 15 min. setup bomba a vácuo = 25min.	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Desmoldante	525min/26.250telhas = 0,02 min.	-	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Cortador	525min/13.125telhas = 0,04min.	-	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Prensa	525min/12.075telhas = 0,0435 min.	5 min.+ 10 min. setup bomba a vácuo = 15min.	8,75h/10h = 87,5%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo

Obs.: É necessário ativar 25 minutos antes a bomba a vácuo, para o funcionamento da maromba e prensa que utilizam o vácuo em seu sistema, tendo, portanto seu tempo de *setup* distribuído para tais equipamentos.

Fonte: Elaboração Própria (2015)

Tabela 2 - Tabela complementar do MFV atual – fluxo manual

OPERAÇÃO/ MÁQUINA	TEMPO DE CICLO (TC)	SETUP (medição <i>In Loco</i>)	CAPACIDADE	TURNO
			C= $\frac{\text{tempo de produção}}{\text{Tempo total turno}}$	(2ª feira – 6ª feira)
				Funcionamento 24h
Estufa	2.280min. – tempo necessário para secagem da telha.	-	24h/24h = 100%	Entrada de material: 7h às 11 - 12h15min às 17h Saída de material: das 4h até terminar a EMPREITA
Qualidade	0,02min. – realização da inspeção visual (medição <i>in loco</i>).	-	4h/10h = 40%	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Fornos	9.000min.- período médio completar o ciclo completo da queima e resfriamento do material.	Aprox. 180 min. para encher o forno com as telhas.	24h/24 = 100%	3 TURNOS 1º Entrada: 6h / Saída: 14h 2º Entrada: 14h / Saída: 22h 3º Entrada: 22h / Saída: 6h A cada 3 dias folga-se 1 dia
Amarrar e Paletizar	30min. - montagem dos paletes, onde as telhas são agrupadas a cada 10 unidades, amarradas e colocadas sobrepostas sobre os paletes (medição <i>in loco</i>).	3 min.	-	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Resina	5 min. - imersão da telha paletizada na resina e tempo de reação do produto (medição <i>in loco</i>).	10 min.	-	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Embalar	3 min. – embalar o palete montado com papel plástico (medição <i>in loco</i>).	5 min.	-	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo
Expedição	60min. - tempo médio de carregamento do caminhão com o produto final (medição <i>in loco</i>).	2 min.	-	1 TURNO Entrada: 7h / Saída: 17h 1h15 min. de intervalo

Fonte: Elaboração Própria (2015).

Para a fabricação da telha é necessário garantir primeiramente uma matéria-prima (argila) de qualidade. Para tal, são coletadas amostras do solo da jazida, com o objetivo de identificar as impurezas presentes e sua qualidade. A partir dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, um projeto de exploração racional é elaborado com o objetivo de viabilizar economicamente a extração, sem que interferências nocivas

ocorram na qualidade e quantidade da produção. Como a extração da argila é agressiva ao meio ambiente, há leis e normas ambientais que amparam sua extração, sendo necessários reservas florestais de acordo com a área explorada, além da legalização da jazida. A região da cerâmica pesquisada é conhecida pela argila de boa qualidade. A empresa possui uma jazida legal, localizada próximo a fábrica. Após a extração, a matéria-prima é transportada por caminhões (terceirizado) e levada até a cerâmica, onde é depositada a céu aberto, podendo ficar armazenada indefinidamente. A retirada média mensal de argila gira em torno de 1.600 toneladas por mês. Parte da matéria-prima é armazenada em um espaço coberto, para proteger das intempéries climáticas, que afetam na eficiência do processo produtivo, sendo posteriormente utilizada para abastecimento do caixão alimentador.

Os processos após o fornecimento e armazenagem da matéria-prima, consistem em sua preparação direta, na qual a argila segue por uma linha de produção, composta pelo caixão alimentador, desintegrador, laminador 1, misturador, laminador 2, maromba, desmoldante, cortadores e prensas. Exceto pelo abastecimento do caixão alimentador que é realizado pelo maquinista com uma pá carregadeira, o processo é automatizado e com o transporte entre postos realizado através de esteiras, com apenas um operador responsável (marombista) pelo desenvolvimento e inspeção de todo o percurso. As máquinas e esteiras ficam a 1,5 metros do chão, havendo esteiras passando abaixo delas para coletar a argila excedente, tornando-a processo para evitar maiores desperdícios.

O Caixão Alimentador permite regular a quantidade de mistura que alimentará os equipamentos seguintes, sua regulação é feita pela alteração da velocidade da esteira e pela abertura da guilhotina. Uma importante função do equipamento é tornar independente o maquinário utilizado no início do processo de preparação com os utilizados no final, funcionando como um pulmão evitando-se pequenas paradas. Ao sair do caixão alimentador, o material segue para o desintegrador que é utilizado como triturador da matéria-prima seca/semi-úmida e de materiais de elevada dureza, como pequenas pedras. São equipados com dois cilindros, um liso de grande diâmetro que

gira a baixa velocidade e o outro de diâmetro menor equipado com cutelos moveis que giram a grande velocidade.

Então, o material segue para o Laminador 1. Os laminadores determinam o grau final de moagem da argila, sendo composto de dois cilindros que giram a velocidades diferentes o que permite uma boa homogeneização da mistura, finalizando o processo de preparação da matéria-prima ao formar pequenas laminas com a argila. Na empresa, utilizam-se dois laminadores no decorrer do processo, para reduzir o desgaste das máquinas posteriores a ele.

Os misturadores são basicamente responsáveis pela mistura. Durante a permanência da argila no cocho é efetuada uma intensa mistura e homogeneização através de dois eixos horizontais com dupla carreira de pás helicoidais acionados por conjuntos de engrenagens com duas saídas. A argila se desloca gradativamente homogeneizada, até a sua saída, para o estágio seguinte de preparação, o Laminador 2, cujo qual exerce a mesma função do Laminador 1.

A maromba exerce também a função do misturador e é responsável pela extrusão da argila. A obtenção de produtos pelo processo de extrusão consiste em compactar o barro numa câmara de alta pressão equipada com sistema de desaeração (vácuo), contra um molde, a boquilha, que determina duas das três dimensões do produto, a largura e altura, dando origem aos bastões. A bomba de vácuo deve ser ativada todo dia aproximadamente 25 minutos antes do inicio da produção. Para se obter um bom resultado na extrusão é necessário garantir que o material a ser conformado, apresente as mínimas variações possíveis, tanto na composição (plasticidade), como na preparação (granulometria) e no seu teor de umidade, sendo tais fatores controlados por um painel de controle que mede o peso da argila presente na maromba, o vácuo e pressão. Os defeitos causados por se trabalhar com uma massa conformada com tensões serão visíveis somente quando as peças saem da estufa, do forno e às vezes até depois de vários anos após sua aplicação.

Os bastões assim obtidos recebem uma camada externa de um tipo de óleo que ajudará no desmolde da telha na prensa. Devido sua textura e composição, o

desmoldante é um material difícil e sujo de se trabalhar, obstruindo constantemente seus pingadores, sendo espalhado no bastão com o auxílio de rolos de pano. A terceira dimensão é determinada pelo cortador, que corta o bastão no comprimento de 40 cm.

Depois de cortados, os bastões seguem para as prensas. Para evitar possíveis paradas, cada cortador está configurado para cortar 25 bastões por minuto, enquanto cada prensa em funcionamento capta 23 bastões por minuto. O excedente é despejado pela esteira ao lado do depósito de argila coberto, na qual será posteriormente coletado pela pá carregadeira e inserido novamente processo ao ser depositado no caixão alimentador. Ao ser coletado pela prensa, o bastão é pressionado entre as superfícies de dois moldes (superior e inferior), cujas respectivas faces concordantes trazem o formato da telha a produzir. Durante a operação de prensagem, os moldes não entram em contato, mas permanecem a uma distância de 4 a 5 mm, para permitir a saída do excesso de argila, chamada “rebarba”. O bastão, durante esta operação, deforma-se até preencher todos os espaços vazios entre os dois moldes, dando assim origem á telha. É necessária uma atenção especial aos moldes, pois qualquer erro em suas medidas pode gerar uma não conformidade no produto. As prensas possuem um sistema á vácuo pra soltar a telha pronta numa esteira.

A empresa possui três prensas automatizadas, mas trabalha com apenas duas prensas ativa. A escolha das prensas em funcionamento é feita conforme a demanda, podendo funcionar, uma prensa de portuguesa e outra de romana, ou duas prensas de romanas. Por hora, cada prensa rende em média 1.300 telhas, contando com as possíveis paradas, que podem ser ocasionadas por algum problema no circuito.

Em cada prensa em funcionamento, há dois funcionários que revezam entre si, para retirar a telha da esteira e colocar na vagoneta (figura 10), que tem capacidade para 256 telhas. A vagoneta quando cheia, é empurrada através de trilhos até o fundo da estufa onde será posicionada através de uma máquina automática sequencialmente em cada fileira. Essa sequência é essencial para o funcionamento da estufa, pois é através dela que se faz o controle do tempo de permanência da telha nesse processo de secagem. A estufa possui 70m de comprimento e é semicontínua, pois a entrada de telhas acontece apenas no período das 7h às 17, com 1h15min de intervalo. As

vagonetas são introduzidas por uma extremidade e no decorrer do processo percorre toda galeria até a outra extremidade, onde será retirada, ficando na estufa por aproximadamente 48h. Tal operação tem a função de eliminação da água presente na telha, através da introdução de ar quente, que é reaproveitado dos fornos, com os devidos controles de volume, temperatura e umidade. A quantidade de água utilizada na conformação não é totalmente eliminada durante a secagem, podendo variar entre o intervalo de 2,0% a 2,5% de umidade.

Figura 10 - Saída da telha para colocar na vagoneta.



Fonte: Primária (2015)

Após serem retiradas da estufa, as telhas aguardam serem coletadas e transportadas através de carrinhos de mão até o forno. Nesse período, ocorre a inspeção visual do produto que é realizada por algum funcionário que esteja ocioso ou caso necessário, pelo próprio proprietário. Os forneiros são os funcionários responsáveis pela retirada do material da estufa, transporte e colocação da telha no forno e, retirada e colocação do produto acabado no pátio, havendo oito funcionários nessa função trabalhando no sistema de empreita, começando o turno às 4h que pode

ir até as 11h. Das 4h às 7h, contando com um período de intervalo, os forneiros realizam a retirada da telha pronta do forno e colocação no pátio e a partir das 7h até encher o forno, realizam o transporte do material seco da estufa para o forno.

Os cinco fornos da cerâmica são do tipo chama reversível com capacidade para aproximadamente 26 mil telhas cada um. Opera por regime de bateladas, constituído de uma câmara abóboda fechada que pode ser retangular ou redonda (figura 11 e 12), com o piso feito de tijolos perfurados de modo a permitir a passagem dos gases da combustão para os dutos de tiragem. Os gases quentes produzidos pela queima da lenha entram pela parte inferior do forno, onde são colocadas as peças, tomando conta de todo o centro e por fim são expelidos pela chaminé. Parte dos gases oriundos dos fornos é aproveitada nas estufas para secagem de peças, na qual os gases quentes são extraídos por meio de exaustores, adequadamente dimensionados, e introduzidos nos secadores, controlados por válvulas.

O regime de operação segue as seguintes etapas: carregamento, aquecimento lento (esquente), queima, resfriamento e descarga. O tempo de aquecimento, queima e resfriamento são variáveis, durando em torno de 150h, sendo que de 60h às 70h é o período para queima da telha, nas 12h seguintes o forno fica fechado se preparando para o resfriamento e o restante do tempo é destinado ao resfriamento gradativo da telha no forno. O tempo total de permanência do material depende da eficiência da secagem e quantidade de peças a serem queimadas, além da eficiência da matéria utilizada para queima (lenha), podendo chegar o forno a temperaturas em torno de 900°C. Apresenta em média, um consumo de 2m a 2,4m³ de lenha por milheiro de telha queimado. Como o tempo de ciclo do produto no forno é de praticamente uma semana, a empresa se programa de modo que, de segunda a sexta-feira, seja retirado um forno por dia.

A queima dos produtos de argila é a etapa mais importante e a mais cara entre os processos empregados na manufatura cerâmica. É um processo de tratamento térmico durante o qual, várias das propriedades das argilas se manifestam. Durante a evolução da queima, torna-se necessário manter no forno, temperatura, tabela de tempo e atmosfera ambiente, definidas e relacionadas, de modo que o produto seja

adequadamente queimado com maior rapidez e economia. A inspeção dessa operação é realizada por foguistas, ocorrendo 24h por dia todos os dias.

Figura 11 – Forno Retangular



Fonte: Primária (2015)

Figura 12- Forno Redondo



Fonte: Primária (2015)

Após o resfriamento do forno, a telha é retirada pelos forneiros e depositada no pátio, onde já poderá ser diretamente expedida pra o cliente através de caminhões. Há três modalidades de vendas, o material pode ser colocado enfileirado diretamente no caminhão ou caso seja solicitado pelo cliente, pode ser enviado montado nos paletes, na qual é amarrado em conjuntos de dez telhas e colocado sobreposto de modo a preenchê-lo (capacidade de 480 a 700 telhas, dependendo do tamanho do palete) para então ser embalado. Ou, a telha pode ser vendida como resinada, em que antes de ser embalado, o palete com as telhas é mergulhado num tambor de resina. A resina contribui para melhor desempenho na impermeabilização de telhas, aumentando a durabilidade ao ajudar evitar a telha a ficar com limbo e em conseqüência ficarem pretas, mantendo o produto limpo por mais tempo.

Após o conhecimento dos procedimentos internos da empresa, para completar a análise e verificação do MFV apresentado no início dessa seção, é necessário calcular o tempo *takt* para alinhar com os tempos de ciclo obtidos. Assim, poder-se-á encontrar o gargalo da produção, através da análise da relação tempo de ciclo e *takt-time*. Na tabela 3 há os dados necessários para o cálculo dessa relação.

Tabela 3 – Cálculo do *takt-time* da situação atual

Máquinas/processos	TC (min.)	Qtde. Maquinas	Tamanho do lote	TC / Capac./ Lote (min.)	Tempo disponível (min.)	Demanda do período (dia)	Takt (min.)
caixão alimentador	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
desintegrador	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
laminador 1	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
misturador	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
laminador 2	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
maromba	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
desmoldante	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
cortador	0,04	2	1	0,02	525	24.150	0,022
prensa	0,04	2	1	0,02	525	24.150	0,022
estufa	2.880,00	1	50.000	0,06	1440	24.150	0,060
inspeção qualidade	0,02	1	1	0,02	525	24.150	0,022
forno	9.000,00	5	26.000	0,35	1440	24.150	0,060
amarrar e paletizar	30,00	1	700	0,04	525	24.150	0,022
resinar	5,00	1	700	0,01	525	24.150	0,022
embalar	3,00	1	700	0,00	525	24.150	0,022
expedição	60,00	1	7.000	0,01	525	24.150	0,022
11.978,24							

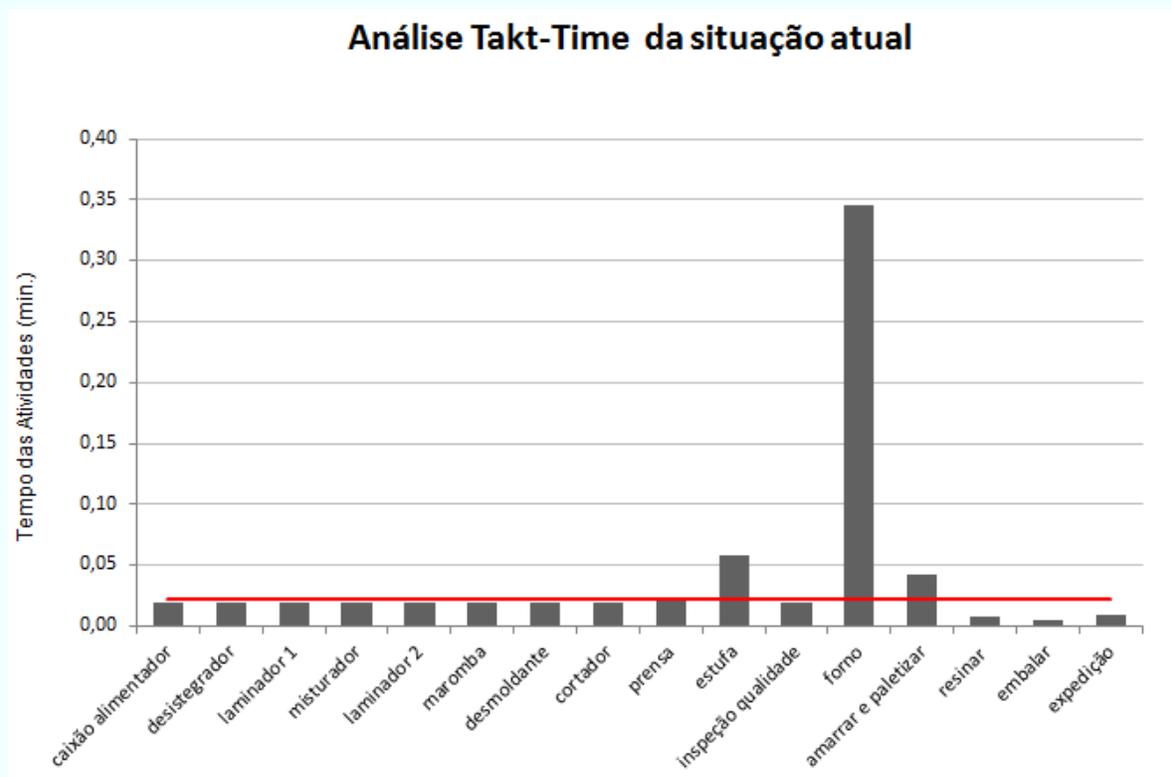
Fonte: Elaboração Própria (2015)

O *takt-time* é o ritmo ideal de produção alocado para a produção de uma peça ou produto em uma linha ou célula, exatamente como proposto por IWAYAMA (1997), mas com a diferença de que se reconhece nesta definição que o ritmo eventualmente necessário pode não ser suportado pelo sistema de produção. A empresa desta pesquisa trabalha com duas possibilidades de produção, uma de 8,75 horas diárias trabalhadas (já com intervalo descontado) e outra de 24 horas. Esse ritmo de produção é determinado de acordo com a capacidade de cada máquina, sendo que em alguns casos é necessária utilização de dois ou mais equipamentos para suprir a necessidade produtiva ou realizar os processos em lotes.

Na tabela acima, obteve-se dois tempos *takt*, um de 0,022 min. para produção de 525 min. por dia e outro de 0,06 min. para a produção contínua. Para melhor análise, foi considerado como *takt* global o valor de 0,022 min. que é representados no gráfico 1 pela linha vermelha. Os valores das barras foram calculados através do tempo de ciclo do MVF, sendo dividido pelo tamanho do lote produzido no período (para os processos

não unitários como estufa, forno, amarrar e paletizar, resinar, embalar e expedição) e considerado a quantidade de máquinas usadas, como é o caso dos cortadores e prensas. No caso dos fornos, apesar de haverem cinco fornos disponíveis, não se considera o número de fornos no cálculo, pois estes não funcionam simultaneamente. Com as informações obtidas na tabela é possível avaliar graficamente o resultado entre o *Takt Time* e o tempo de ciclo de cada equipamento.

Gráfico 1 - Análise *takt-time* da situação atual



Fonte: Elaboração Própria (2015)

Apesar de no MFV já ser evidente o gargalo da produção, segue análise *takt* para melhor verificar e validar os resultados. Ao considerar as quantidades de máquinas usadas e o tamanho do lote para determinados processos, conforme pode ser visto na tabela 3, é possível visualizar com uma maior equiparidade os dados e assim comparar com a linha de *takt-time* calculada, através do gráfico 1. Com o gráfico é confirmado o principal gargalo da produção, os fornos, pois sua respectiva barra é a que está mais distante da linha *takt*. A etapa amarrar e paletizar também aparecem

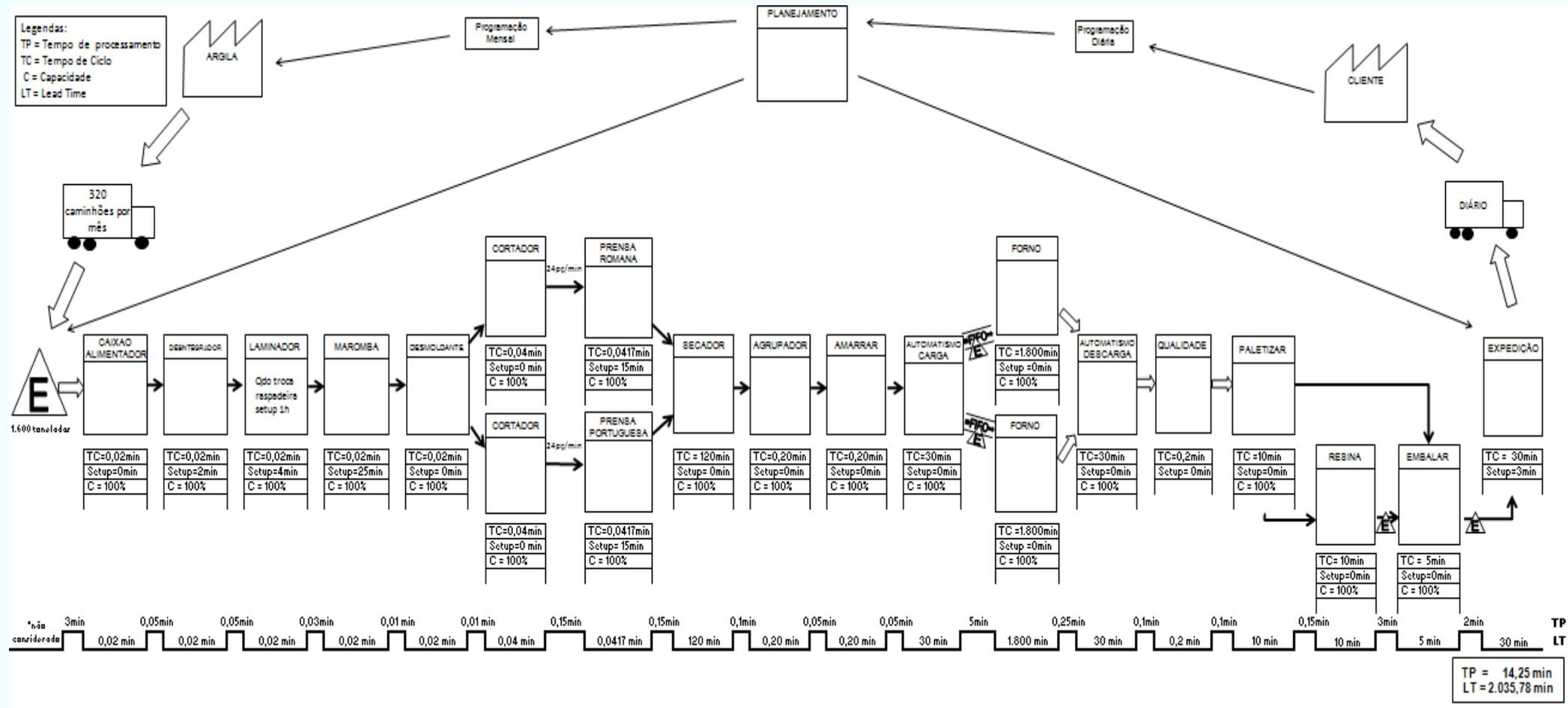
acima da linha *takt*, apresentado uma oportunidade para melhoria, assim como a barra referente à estufa, que é um ponto que deve ser repensado, por apresentar tempo de ciclo elevado.

A grande oportunidade neste projeto é a de trabalhar perante os desperdícios encontrados nas atividades, através da proposta de aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*, possibilitando a reavaliação de todo o processo produtivo, lembrando que o *Takt Time* só poderá mudar caso o cliente modifique as suas necessidades ou caso ocorra mudanças dos tempos disponíveis na área produtiva.

4.4. SITUAÇÃO FUTURA

Nesta seção será propostas melhorias com base no MFV e nas análises obtidas nas visitas a empresa, com o intuito de reduzir os desperdícios e custos operacionais. Para tal, segue o MFV do estado futuro, onde veremos uma redução significativa do *lead time* do produto no processo, que poderá ser obtida de acordo com o projeto de melhorias apresentado no decorrer deste capítulo.

Figura 13 – Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro



Fonte: Elaboração Própria (2015).

Tabela 4 -Tabela complementar do MFV futuro

OPERAÇÃO/ MÁQUINA	TEMPO DE CICLO TC=tempo de produção qtd. Produzida/tempo prod.	SETUP (medição <i>In Loco</i>)	CAPACIDADE C=tempo de produção Tempo total turno	TURNOS CONTÍNUOS
Caixão Alimentador	1.440min./72.000telhas = 0,02 min.	Setup zero.	LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA	3 TURNOS 1ºTURNO Entrada: 6h Saída: 14h 2º TURNO Entrada: 14h Saída: 22h 3º TURNO Entrada: 22h Saída: 6h A cada três dias folga- se um dia.
Desintegrador	1.440min./72.000telhas = 0,02 min.	2 min.		
Laminador	1.440min./72.000telhas = 0,02 min.	4 min.		
Maromba	1.440min./72.000telhas = 0,02 min.	10 min.		
Desmoldante	1.440min./72.000telhas = 0,02 min.	Setup zero.		
Cortador	1.440min./36.000telhas = 0,04 min.	Setup zero.		
Prensa	1.440min./34.560telhas = 0,0417 min.	5 min.		
Secador	Tempo estimado de 120 min. para secagem.	Setup zero.		
Agrupador	Tempo estimado 0,20 min.	Setup zero.		
Amarrar	Tempo estimado 0,20 min.	Setup zero.		
Automatismo Carga	Tempo estimado 30 min. para carga do vagão.	Setup zero.		
Forno	Tempo estimado de aprox. 1.800 min. para queima completa da telha.	Setup zero.		
Automatismo Descarga	Tempo estimado de 30 min. para descarga do vagão.	Setup zero.		
Qualidade	Inspeção visual por aprox. 0,2 min. (<i>in loco</i>)	Setup zero.		
Paletizar	Tempo estimado de 10 min. destinado a montagem automática do palete.	Setup zero.		
Resina	Tempo estimado de 10 min. para imersão e reação da resina.	Setup zero.		
Embalagem	Tempo estimado 5 min.	Setup zero.		
Expedição	Tempo estimado 30 min.carregamento do caminhão com paletes através de empilhadeiras.	3 min. para retirada da empilhadeira	1 TURNO Entrada: 7h /Saída: 17h	

Fonte: Elaboração Própria (2015).

Assim como foi feito para a situação atual, seguem na tabela 5 os dados para o cálculo e análise do nivelamento de produção para a situação futura. No projeto, é proposto o aumento produtivo através da produção contínua e investimento em equipamentos mais modernos para redução do tempo de ciclo. O gráfico 2, compara o novo *takt-time* com os tempos de ciclo propostos, sendo considerado o tamanho do lote e quantidade de máquinas utilizadas.

Tabela 5 - Cálculo do *takt-time* da situação futura

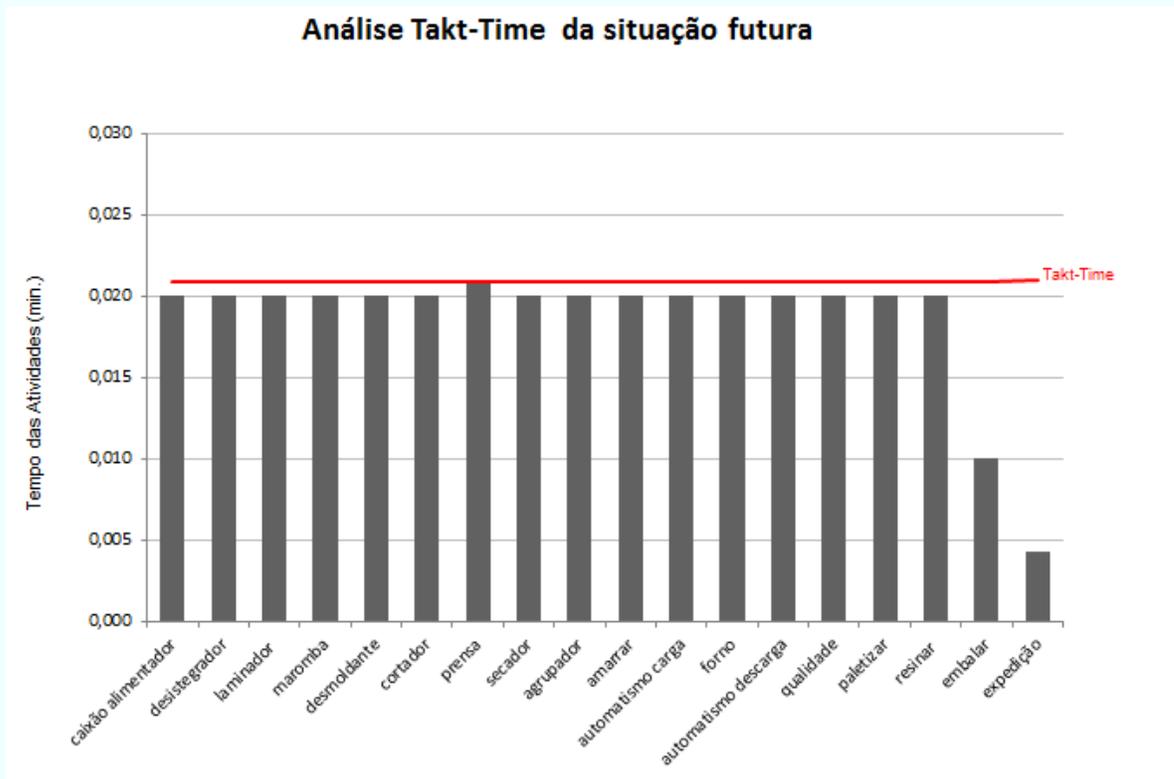
Máquinas/processos	TC (min.)	Qtde. Maquinas	Tamanho do lote	TC / Capac./ Lote (min.)	Tempo disponível (min.)	Demanda do período (dia)	Takt (min.)
caixão alimentador	0,02	1	1	0,020	1440	69.120	0,021
desintegrador	0,02	1	1	0,020	1440	69.120	0,021
laminador	0,02	1	1	0,020	1440	69.120	0,021
maromba	0,02	1	1	0,020	1440	69.120	0,021
desmoldante	0,02	1	1	0,020	1440	69.120	0,021
cortador	0,04	2	1	0,020	1440	69.120	0,021
prensa	0,04	2	1	0,021	1440	69.120	0,021
secador	120,00	1	6.000	0,020	1440	69.120	0,021
agrupador	0,20	1	10	0,020	1440	69.120	0,021
amarrar	0,20	1	10	0,020	1440	69.120	0,021
automatismo carga	30,00	1	1.500	0,020	1440	69.120	0,021
forno	1.800,00	2	45.000	0,020	1440	69.120	0,021
automatismo descarga	30,00	1	1.500	0,020	1440	69.120	0,021
qualidade	0,20	1	10	0,020	1440	69.120	0,021
paletizar	10,00	1	500	0,020	1440	69.120	0,021
resinar	10,00	1	500	0,020	1440	69.120	0,021
embalar	5,00	1	500	0,010	1440	69.120	0,021
expedição	30,00	1	7.000	0,004	525	69.120	0,008
	2.035,78						

Fonte: Elaboração Própria (2015)

Na situação futura, o período disponível para produção será de 24 horas diárias, já visando o fluxo interrompido e contínuo, exceto para expedição que ocorre apenas em horário comercial, com um tempo disponível de 8,75 horas diárias de segunda a sexta-feira. Para a produção contínua o tempo *takt* é de 0,021 min., pois a demanda diária estimada passa a ser de 69.120 e o *takt* específico da expedição será de 0,008 min. aproximadamente. Assim como na análise *takt* atual, será considerado o *takt* de 0,021 min. como o *takt* global. No caso dos fornos, agora é considerado no cálculo tanto

quantidade de fornos, como o tamanho do lote, pois devem funcionar simultaneamente. Em 1.800 minutos, cada forno no novo modelo proposto, terá capacidade de produzir 45.000 telhas, sendo programado para que a cada hora, saia um vagão de aproximadamente 1.500 telhas (por forno e 24 horas por dia), totalizando numa capacidade de retirada diária de 72.000 telhas. O secador tem capacidade de liberar 6.000 telhas em 120 minutos. Alguns processos, devido à automatização devem ser programados de forma mais lenta para atender o tempo *takt* e assim, não haver grandes períodos de ociosidade.

Gráfico 2 - Análise *takt-time* da situação futura



Fonte: Elaboração Própria (2015)

Como pode ser observado no gráfico 2, com os novos equipamentos e readaptação dos processos, toda produção passa a atender a linha *takt*, se encontrando mais nivelada e preparada para atender a nova capacidade produtiva. Tal alinhamento, só será possível com o projeto proposto nas seções a seguir.

4.4.1. Melhorias no ambiente de trabalho

A cerâmica apresenta vários problemas ergonômicos e estruturais, como sujeiras, má luminosidade e desorganização, sendo importante a aplicação de procedimentos de utilização da ferramenta 5'S. Como é uma empresa de pequeno porte, a própria gerência pode se programar para a implantar a ferramenta. Para tal, primeiro é necessário avaliar todo o material utilizado e mapear a área onde será executado o programa. Deve-se treinar toda equipe para que a mesma esteja bem entendida dos cinco sentidos e do objetivo.

É sugerido o seguinte cronograma: primeiro a introdução dos sentidos de utilização e organização (é proposto remover tudo que não é utilizado no local de trabalho, organizar máquinas e ferramentas de forma acessível), após 15 dias inicia-se a prática dos sentidos de limpeza e saúde (limpar as áreas e equipamentos, estipular normas e instruções para conservar a limpeza e ordem, avaliar qualidade de saúde e segurança dos colaboradores). O sentido autodisciplina deve ser estabelecido também em 15 dias após os sentidos anteriores, consiste em conscientizar os funcionários a manter e respeitar as normas através da disciplina, empenho, *empowerment* e treinamentos, obtendo uma melhor qualidade de vida no trabalho e aumento da produtividade.

Depois de implantados todos os sentidos, são necessários estruturar a organização para a realização de avaliações periódicas e para a definição e acompanhamento das soluções para os problemas encontrados nas avaliações. A avaliação não deve ter objetivo punitivo, mas sim educativo, buscando a melhoria contínua e preparando o ambiente e as pessoas para os próximos desafios da melhoria das práticas de trabalho. Depois de terminadas as avaliações, a pontuação deve ser lançada em uma planilha de acompanhamento, que permitirá um acompanhamento automatizado das melhorias que estão ocorrendo, das dificuldades encontradas, mostrando qual a pontuação total e qual certificado a ser entregue.

O layout deve ser desenvolvido com o intuito de reduzir movimentações desnecessárias e melhor alocar as máquinas. O produto durante todo processo deve

ser mantido em local delimitado, organizado, com piso uniforme e coberto, devendo haver recolhimento adequado dos resíduos utilizados (como desmoldante, resina, graxa, etc.), seja em depósitos fixos ou temporários, impermeabilizados e cobertos, para reduzir as perdas no processo, garantir proteção dos trabalhadores e evitar que este se transforme em um problema ambiental.

4.4.2. Melhorias em controles do processo

Para melhorar a qualidade da matéria-prima, esta deve ser depositada em montes de sazonalidade, isto é, organizar a argila disposta em camadas com o objetivo de homogeneizar e envelhecer o material, ficando estocadas em períodos de no mínimo seis meses. A proporção de cada matéria prima deve ser estabelecida mediante ensaios laboratoriais. O sazonalidade permite a formação de um produto de melhor qualidade, capaz de reduzir os custos com energia e água, porém seria necessário um investimento médio de 500 mil reais de matéria-prima parada estocada.

O acondicionamento adequado da argila e dos combustíveis para queima (lenha) com controle da umidade evita produtos com trincas e contribui para o aumento da eficiência energética. Os custos de preparação e conformação da argila em uma fábrica de telhas giram em torno de 5 a 10% dos custos totais da fabricação dos produtos. É certo que se estas operações não forem devidamente conduzidas, podem aumentar notavelmente os custos das fases mais caras do processo, como a secagem e a queima.

Apesar dos processos da firma ser em sua maioria padronizado, deve-se documentar e normalizar as tarefas no decorrer da cadeia de valor, obtendo-se um maior controle das operações e do fluxo de informação. Para tal, usam-se a folha de operações padrão (sequência padronizada de várias operações a serem executadas por cada operário), o quadro de capacidade do processo, tabela de combinação do trabalho padronizado e diagrama do trabalho padronizado, documentos os quais já foram explicados no capítulo revisão bibliográfica. O uso da gestão visual para apoiar a aplicação do *Lean*, é muito importante, pois ressalva a informação das operações e

atividades no geral, buscando melhorar a eficiência do processo, garantir a correta execução e distribuir a informação de forma mais efetiva. Tem que estar disponível em um formato visual claro e objetivo e fixado nos locais onde for necessário.

Outro ponto é buscar garantir a qualidade das peças durante todo o processo produtivo, na qual os próprios operadores realizam o controle ao inspecionar as peças e corrigir as falhas sempre que possível (qualidade na fonte). A prática do TPM estimulará a produção contínua e os funcionários a realizarem a manutenção proativa, combinando a manutenção preventiva com conceitos de qualidade, para tornar os sistemas produtivos mais eficientes e menos custosos. Tanto a TPM quanto a qualidade na fonte, devem ser implantados através de treinamentos e estar associados a outras ferramentas *Lean* como 5's e Kaizen que englobará todo o projeto de culturalização das pessoas na empresa e da empresa. No capítulo revisão bibliográfica é detalhado a utilização de tais ferramentas.

4.4.3. Mudança da tecnologia produtiva

É evidente o excesso de processamento no circuito industrial. A maromba além de extrusar a matéria-prima, também exerce a função do misturador. É desnecessária utilização de dois laminadores, o que acarreta em um maior consumo de energia elétrica e maior tempo de ciclo do produto, sendo proposta a retirada de um dos laminadores e do misturador. Será preciso um novo layout para reposicionar as máquinas e esteiras de modo mais ergonômico, além de trocar as esteiras que estão muito velhas, pois apresentam vários furos e desgaste. Para reduzir o desperdício de material no circuito industrial, a colocação de uma esteira para coleta das sobras dos bastões na prensa, reinserindo-os no processo através da maromba, aperfeiçoaria o processo. Outro ponto a melhorar é o ajuste dos moldes das prensas, procurando reduzir a criação de rebarba.

A troca da estufa pelo secador rápido de taliscas aumentará a velocidade do processo ao reduzir o tempo de ciclo de 48h para no máximo 2h (variará de acordo com a granulometria do material). Suas vantagens vão além, ao dispensar uso de

vagonetas, reduzir mão de obra, economia de combustível e melhor utilização do espaço físico. O secador rápido de taliscas é constituído de um túnel monocal dentro do qual as peças a serem secas são colocadas em único nível e transportadas em contracorrente em relação ao fluxo de ar, por meio de uma talisca composta de três correntes e perfis metálicos eletro soldados que formam um único plano, plano este com velocidade regulada eletronicamente. Aproveita-se o ar quente das fornalhas dos fornos que será insuflado pelo ventilador, oportunamente localizada na saída do secador, para melhor rendimento térmico do sistema. Como é contínuo, a todo o momento sai telhas secas do secador, disponibilizando uma média de 6.000 telhas em 120 minutos. A carga e descargado produto no equipamento devem ser realizadas automaticamente, reduzindo o tempo de transportes, necessidade de materiais e operários.

Terminando seu ciclo no interior do secador, a telha deve seguir automaticamente por esteiras de taliscas até um robô agrupador, cuja função será de colocá-las sobrepostas em grupos conforme for programado para então poderem ser amarradas, por outra máquina, com um arame resistente a altas temperaturas. Tais equipamentos devem ter sua velocidade programada conforme o tempo *takt* calculado, evitando períodos de ociosidade ou material parado. Posteriormente, a telha será encaminhada para o automatismo de carga (enformamento), que alocará os pacotes de telha sobre o vagão e quando completo, de acordo com a carga que for programada, enviará o vagão para entrada do forno. Para o projeto, foi estipulada uma capacidade de 1.500 telhas por vagão, com um tempo de montagem de aproximadamente 30 minutos.

Uma opção mais econômica ao forno abóboda é o forno túnel. Sua construção em forma de túnel tem ciclo de queima que vai de 26 a 40 horas, variando de acordo com a argila utilizada. Como é um forno contínuo (funcionamento 24 horas por dia), proporciona uma queima contínua e em constante temperatura, mantendo dessa forma a uniformidade na coloração e na resistência, utilizando menos combustível, pois consome só o necessário para manter a temperatura programada. Por ser dividido em partes: Zona de Pré-aquecimento, Zona de Queima e Zona de Resfriamento, evita

perdas de materiais quebrados ou requeimados, já que o material não sofre choques térmicos, e isso também resulta em uma maior economia. Os queimadores têm como objetivo efetuar a dosagem de combustível nas fornalhas de acordo com a necessidade de cada forno. Além de proporcionar a economia de combustível e evitar desperdícios de fornadas ele fornece calor para a secagem dos materiais sem consumir mais combustível, pois este calor é extraído da Zona de Resfriamento, realizando o aproveitamento do calor que seria desperdiçado. Para controlar a dosagem dos queimadores e uniformidade dos produtos, é necessário acompanhar a temperatura de cada Zona (Pré-aquecimento, Queima e Resfriamento) através de termopares, controladores e monitoramento, pois garante a qualidade dos produtos. A proposta é a construção de dois fornos túneis com capacidade produtiva de 45.000 telhas por ciclo (ciclo estimado de 1.800 minutos), sendo programado para cada forno liberar um vagão de telhas por hora.

Após queimada, a telha segue para o automatismo de descarga (desenformamento), cuja função é a de retirar o material já queimado do vagão. Consiste em uma garra tipo pinça que remove cada fileira do vagão em um único movimento, descarregando o material numa esteira de talisca que irá separar os pacotes e estes passarão pela inspeção visual de um operador. No próximo posto, um robô irá montar os *pallets*. À frente, haverá dois transportadores de *pallet*, dividindo a produção em duas linhas, direto para embalagem ou o material será encaminhado para resinagem. No processo de resinagem automatizado, o *pallet* segue até um elevador, que imergirá o produto na resina, permanecendo o tempo necessário para reação, para então subir e voltar na linha de produção. Após ser embalado, o produto final estará pronto para ser comprado.

4.4.4. Substituição de matéria-prima e insumo

Segundo a FEAM (2013), a incorporação de resíduos na massa cerâmica, como o pó de balão, traz benefícios como redução do custo e da quantidade de matéria-prima utilizada, redução do consumo de combustível, além de evitar que estes resíduos tenham destinação ambiental incorreta e ter potencial para sequestrar o carbono

presente nos resíduos. A proporção do resíduo na argila deve variar de 5 a 10%, para manter a qualidade do produto e trazer os benefícios do pó de balão. Entretanto, é necessário possuir licença ambiental válida emitida pelo órgão ambiental competente, entre outros documentos necessários para execução da sua atividade e recomenda-se realizar testes para verificar a validade da incorporação do pó de balão na matéria-prima.

Para entrelaçar todo o projeto, é proposto a implementação de um sistema de energia solar com capacidade para aproximadamente 40 mil kWh, e um sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) de cerca de 300 kWp de potência, que seria o suficiente para suprir o turno durante o dia, além da colocação de capacitadores para armazenagem da energia elétrica, evitando desse modo, a emissão de 130.000 quilogramas de dióxido de carbono (CO₂) por ano, que poderá ser vendido como títulos de carbono, aumentando a caráter sustentável da empresa.

4.5. ANÁLISE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO PROJETO

Payback é o tempo necessário para que se tenha o retorno sobre o investimento em um projeto. A partir do momento do *payback*, o projeto pode passar a ser vantajoso do ponto de vista financeiro, ou não (devido à taxa de defasagem para casos de inovação tecnológica). O tempo de *payback* é visto como um indicador de risco de projeto, por isso todo plano de projeto ou novo negócio deve ter como prioridade, minimizar seu *payback*. (Cavalcante e Zeppelini, 2015). Há dois cenários a serem analisados para o projeto, o primeiro voltado para manutenção do negócio e o segundo para crescimento. Nas tabelas abaixo é demonstrado taxa de *payback* para ambos os casos, permitindo a avaliação de qual projeto será mais vantajoso.

Tabela 6 – Cálculo *Payback* voltado para manutenção do negócio

CALCULO RECEITA BRUTA		Qtde vendas telhas	500.000
		Valor unitário	0,6
		Receita vendas (R\$)	300.000,00
CALCULO DESPESAS		Lenha	70.000,00
		Mão-de-obra	46.400,00
		Energia elétrica	28.000,00
		Impostos	13.000,00
		Frete Argila	26.400,00
		Outras despesas	60.000,00
		Total despesas (R\$)	243.800,00
LUCRO			56.200,00

Legenda:	
GM:	Gross Margin (margem bruta)
GM - After tax:	Valor sem taxas
TIR:	Taxa Interna de Retorno

Outras despesas: quebra de equipamentos, escritorio de contabilidade, cesta básica, suprimentos, etc.	
---	--

ESTIMATIVA DE VENDAS / MANUTENÇÃO DOS NEGÓCIOS														
Linha	ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5		ANO 6		TOTAL	
	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$
Lucro	12	56.200	12	56.200	12	56.200	12	56.200	12	56.200	12	56.200	72	4.046.400
Economia consumo lenha em 40%	12	28.000	12	28.000	12	28.000	12	28.000	12	28.000	12	28.000	72	2.016.000
Redução mão de obra de 24 op para 10 op	12	22.400	12	22.400	12	22.400	12	22.400	12	22.400	12	22.400	72	1.612.800
Total	36		36		36		36		36		36		216	
GM - Ano		1.279.200		1.279.200		1.279.200		1.279.200		1.279.200		1.279.200		552.614.400
GM - After Tax		844.272		844.272		844.272		844.272		844.272		844.272		364.725.504
Sim	Secador Rapido Taliscas semicontínuo				R\$	1.000.000	TIR						-3,3%	
Sim	Reforma local				R\$	200.000	Meses Payback						>=60	
Sim	Forno Tunel - produção 500 mil				R\$	2.000.000								
Sim	Automatismos geral				R\$	2.500.000								
	TOTAL INCENTIVO - R\$					5.700.000								

Fonte: Elaboração Própria (2015)

Os cenários propostos foram calculados com base na venda plena dos produtos, utilizando de valores estimados. Os valores das despesas do *Payback* voltado para crescimento foi dado através de uma estimativa, com base nas despesas atuais, considerando o aumento produtivo sem a inovação tecnológica, possibilitando assim uma análise mais equilibrada entre ambas as propostas. A partir das tabelas 6 e 7 fica evidente a vantagem do processo voltado para crescimento (ciclo contínuo de 24h diárias), obtendo-se um *payback* de 33 meses, enquanto que o projeto voltado para manutenção teve seu *payback* acima de 60 meses, o que torna o projeto inviável devido à alta velocidade defasagem tecnológica existente atualmente. O aumento da produção de 500 mil telhas para dois milhões, viabiliza os investimentos com redução dos custos produtivos. É observado na tabela 7, que o custo unitário da telha considerado para os cálculos é de cinco centavos a menos, representando uma redução do valor do milheiro em 50 reais. Nos cálculos não foram considerados o valor de vendas do material resinado, que agrega valor na venda do produto, sem acarretar em maiores custos.

Tabela 7 – Cálculo *Payback* voltado para crescimento/expansão do negócio

CALCULO RECEITA BRUTA		Qtde vendas telhas	2.000.000
		Valor unitário	0,55
		Receita vendas (R\$)	1.100.000,00
CALCULO DESPESAS		Lenha	312.000,00
		Mão-de-obra	158.000,00
		Energia elétrica	76.800,00
		Impostos	52.000,00
		Frete Argila	105.600,00
		Outras despesas	200.000,00
		Total despesas (R\$)	904.400,00
LUCRO			195.600,00

Legenda:
 GM: Gross Margin (margem bruta)
 GM - After tax: Valor sem taxas
 TIR: Taxa Interna de Retorno

Outras despesas: quebra de equipamentos, escritorio de contabilidade, cesta básica, suprimentos, etc.

OBS.: O lucro foi estimado com base de um sistema de produção padrão (sem as inovações tecnológicas).

ESTIMATIVA DE VENDAS / CRESCIMENTO														
Linha	ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5		ANO 6		TOTAL	
	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$ (mês)	Volume	GM-R\$
Lucro	12	195.600	12	195.600	12	195.600	12	195.600	12	195.600	12	195.600	72	14.083.200
Economia Consumo Lenha em 40% (R\$)	12	124.800	12	124.800	12	124.800	12	124.800	12	124.800	12	124.800	72	8.985.600
Redução da M.O. de 80 op. para 30 op.	12	80.000	12	80.000	12	80.000	12	80.000	12	80.000	12	80.000	72	5.760.000
Total	36		36		36		36		36		36		216	
GM - Ano		4.804.800		4.804.800		4.804.800		4.804.800		4.804.800		4.804.800		2.075.673.600
GM - After Tax		3.171.168		3.171.168		3.171.168		3.171.168		3.171.168		3.171.168		1.369.944.576
Sim	Secador Rapido Taliscas semicontínuo				R\$ 1.000.000								TIR	28,3%
Sim	Reforma local				R\$ 200.000									
Sim	Forno Tunel - produção 500 mil				R\$ 5.000.000								Meses Payback	33
Sim	Automatismos geral				R\$ 2.500.000									
	TOTAL INCENTIVO - R\$				8.700.000									

Fonte: Elaboração Própria (2015)

O fluxo produtivo contínuo demanda de maior planejamento das atividades da empresa. O planejamento por cenários é uma boa opção ao considerar as várias possibilidades de ocorrências dos fatos. É importante trabalhar com a possibilidade de possíveis paradas, já que o sistema proposto é todo automatizado. Como a empresa possui área territorial suficiente, uma alternativa é manter a estufa e forno abóboda de câmara germinadajá existente, e fazer dois fornos túneis com capacidade mensal de um milhão cada, adaptando o novo layout com as instalações de modo a suprir a necessidade emanter as melhorias dos processos.

A prática de manutenção preventiva deve ser planejada, de forma de que a parada programada não agrida a produtividade. Tal tipo de manutenção é chamado de *overhaul* (parada para manutenção), na qual é oportuna a adesão de férias coletivas, programando de 10 a 15 dias das férias disponíveis dos funcionários para ser retirado conjuntamente no período em que se deseja realizar a manutenção dos equipamentos

e máquinas. De acordo com a demanda de vendas, o período mais adequado são as datas festivas ao fim do ano que costumam ser mais ociosas.

Para o caso de instalação do sistema de energia solar, se considerar a economia de energia mensal para cálculo do *payback*, seu retorno seria dado num prazo de aproximadamente oito anos, já que o valor do investimento seria de aproximadamente 2,5 milhões e traria uma economia média de 28.000 reais por mês. No fluxo contínuo, a capacidade do sistema não seria suficiente para suprir plenamente a demanda, devendo-se auxiliar com o uso de energia elétrica da rede local. A instalação de um sistema solar de capacidade maior se tornaria inviável devido à necessidade de grandes áreas para instalação.

4.6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando a importância de reduzir o processo de aquecimento global, métodos de geração de energia de forma renovável tornam-se uma ótima alternativa, proporcionando uma série de benefícios, como fortalecimento e fidelidade da marca e do produto; maior facilidade de obtenção de crédito; melhoria das condições de trabalho; prevenção da poluição e conseqüentemente das autuações efetuadas pelos órgãos ambientais; diminuição, minimização ou eliminação de impactos ambientais; vendas de títulos de carbono; conscientização e sustentabilidade empresarial. Boas práticas ambientais não devem ser enxergadas como um custo e sim como um fator de resultado. A proposta de energia solar servirá para controlar a elevação dos custos de energia elétrica que a automatização do sistema trará, de acordo com a capacidade territorial da empresa, já que necessita de grandes áreas para colocação das placas fotovoltaicas. É um projeto complementar a ser pensado em longo prazo.

A ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor mostrou-se um método com resultados muito positivos na análise do fluxo produtivo e de informações dentro de uma organização, pois consegue abranger todos os processos que tem interface com o fluxo analisado, ajudando no diagnóstico de desperdícios. De acordo com análise do MFV, foi proposto o corte de etapas em que estava havendo excesso de processamento

(laminador 1 e misturador), o que ocasiona na redução do gasto de energia elétrica em 15%. A instalação dos novos equipamentos contribui para redução do *lead time* em 9.942,4618 minutos e de 13,26 minutos no tempo de processamento. O tempo *takt* auxiliou na identificação de desperdícios e na validação dos tempos propostos na situação futura.

O aumento da produção levará a se pensar em novas políticas de vendas, permitindo tornar o preço do produto mais competitivo no mercado. Transportando essa análise para o cenário econômico atual, o aumento da produção acarreta no custo produtivo menor, permitindo trabalhar-se com valores de vendas inferiores aos presentes no mercado, sem perder a qualidade e confiabilidade do negócio. Preço esse, que empresas com produções menores não conseguem oferecer, ocasionando em sua redução de vendas a tal ponto que levam muitas dessas empresas a falência, o que acarreta na monopolização do mercado pelas cerâmicas de grande porte.

A elaboração de uma cultura na organização é um processo longo e minucioso, ao necessitar atentar-se a pequenos detalhes até conseguir fazer parte da rotina da firma. Ao aplicar as ferramentas do *Lean* mais adequadas à situação da empresa (TPM, qualidade na fonte, gestão visual, 5's, padronização e *Kaizen*), será buscada principalmente a redução de desperdícios no geral e de custos operacionais e, aumento da produtividade, através da melhoria contínua. O ideal é organizar os processos de maneira que se possa atender simultaneamente às exigências ambientais, sociais e econômicas existentes. O *Kaizen* será a filosofia chave para o sucesso, pois trata-se de uma questão cultural. Para melhorar será necessário primeiramente mudar de atitude, buscando trazer a melhoria contínua na vida em geral, seja ela pessoal, familiar, social e no trabalho.

5. CONCLUSÃO

Com base nesse estudo, pode-se propor melhorias nos processos, bem como nos tempos de espera e de produção (*lead time* e tempo de processamento), como também na padronização das atividades, mas principalmente na redução de perdas, que é o principal objetivo do sistema *Lean*, validando assim a justificativa do projeto que afirmava a eficiência do Sistema Enxuto de Produção na redução de desperdícios e conseqüentemente dos custos operacionais. Deve-se aplicar estratégias de envolvimento das pessoas, pois é através da participação, colaboração de todos e atribuição de responsabilidades que se evita as melhorias pontuais sem foco e sem sustentação. A empresa do presente estudo mostrava-se desordenada, principalmente em um nível organizacional e de fluxo de informações, apresentando grandes desperdícios a nível operacional. Desta forma o uso das ferramentas do *Lean* foi fundamental, em principal o uso do MFV, para a estruturação de um plano de ação e medidas de melhorias, na qual foi possível propor soluções factíveis para os problemas encontrados.

São evidentes os benefícios do *Lean Manufacturing* para empresas manufatureiras, pois ao elaborar a cultura organizacional de modo sólido, focado na melhoria continua e redução de desperdícios, contribui com o aumento da produtividade e qualidade tanto dos produtos, como do ambiente de trabalho. Os investimentos em novas tecnologias ajudam na consolidação dos resultados, trazendo ganhos econômicos a médio e longo prazo. O projeto desta pesquisa, em resumo, buscou a redução dos custos produtivos em contrapartida do aumento produtivo. A inovação permitirá a empresa trabalhar com preços mais competitivos, ganhando mercado e conseqüentemente elevando as margens de lucros. A melhoria deve ser contínua, devendo sempre ser perseguida, mesmo quando os resultados forem satisfatórios. Desta forma é dado como cumprido o objetivo do estudo em ilustrar a gestão dos processos produtivos através do *Lean Manufacturing* em uma indústria cerâmica de pequeno porte, sendo demonstrada a aplicabilidade das ferramentas do *Lean* na resolução dos problemas presentes na empresa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM. (Associação Brasileira de Cerâmica). Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/>> Acesso em: 01/09/2015.

AMERICA DO SOL. Relatório de resultados do simulador solar. 2015. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/simulador/simulation.php?id=105439&session=efa1f1e6a1f7a93653485927f2184ee7>>. Acesso em: 18/08/2015.

ANICER. (Associação Nacional da Indústria Cerâmica). Disponível em: <http://www.anicer.com.br/>. Acesso em: 01/09/2015.

BENVENUTO. Disponível em: < <http://blog.benvenuto.com.br/crise-bolha-imobiliaria-entenda-de-vez-o-atual-cenario-do-mercado-imobiliario/>> Acesso em: 25/09/2015.

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P. **Product design for manufacture and assembly**. Nova Iorque: Text Book, 1988. p. 42-46.

BORGES, R. C.; OLIVEIRA, E. H. de. OLIVEIRA, A. S. de. Estudo da implantação do pilar controle da qualidade da metodologia world class manufacturing (wcm) em uma empresa do setor automotivo no sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS., 26., 2013. **Anais...** São Paulo; SIMPOI, 2013, p. 1-16. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2013/artigos/E2013_T00327_PCN43021.pdf>. Acesso em: 22/10/2015.

BRANSKI, R.M.; FRANCO, R.A.C.; JUNIOR, O.F.L. Metodologia de Estudo de casos Aplicada à Logística. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 24.,2010. **Anais...** Salvador: ANPET, 2010.p. 1-26. Disponível em: <http://www.lalt.fec.unicamp.br/scrifa/files/como_produzir/portugues/ANPET%20-

%20METODOLOGIA%20DE%20ESTUDO%20DE%20CASO%20-%20COM%20AUTORIA%20-%20VF%2023-10.pdf>. Acesso em: 22/09/2015.

CARVALHO, P.C.O. **Programa 5s e a qualidade total**. 5. ed. Campinas: Alinea, 2011.

CAVALCANTE, F.; ZEPPELINI, P. D. **Payback**: calculando o tempo necessário para recuperar o investimento. (Cavalcante e Associados). Up to date, n. 147. Disponível em: <http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate147.pdf>. Acesso em: 18/09/2015.

COMISSÃO da Biblioteca Prof. Dr. Daniel Joseph Hogan. Normas para elaboração dos trabalhos de conclusão de cursos. Limeira: [s.n], 2013. Disponível em <<http://www.fca.unicamp.br/biblioteca>> Acesso em: 03/05/2015.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações manufaturas e serviços**: uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G. **Planejamento e controle da produção**: dos fundamentos ao essencial. São Paulo: Atlas, 2010.

FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais), FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente). Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_ceramica.pdf> Belo Horizonte, 2013. Acesso em: 01 outubro 2015.

FIESP (Federação das Industriais do Estado de São Paulo). 2015. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/construcao-noticias/pib-da-construcao-civil-volta-a-decepcionar-no-3o-trimestre-de-2014/>> Acesso em: 25 setembro 2015.

IWAYAMA, H., **Basic concept of just-in-time system**. IBQP-PR, Curitiba: 1997.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Lexico Lean. 4. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011.

LEAN TI. Disponível em: <<http://www.leanti.com.br/lean-it.aspx>> Acesso em: 22 outubro2015

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1988.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See - Value Stream Mapping and Add Value and Eliminate Muda**. Miami: The Lean Enterprise Institute , 1998.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Productivity Press: Nova Iorque, 1994.

THOMPSON, S. Differences between JIT and lean manufacturing. Houston Chronicle. 2015. Disponível em: <<http://smallbusiness.chron.com/differences-between-jit-lean-manufacturing-75614.html>> Acesso em: 13/05/2015.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

LEAN manufacturing.In: GESTÃO INDUSTRIAL.COM [site]. Disponível em:
<<http://www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing>>
Acesso em: 14/10/2015.

TAKAHASHI, Y.;OSADA, T. **TPM/MPT**:manutenção produtiva total. São Paulo: Instituto IMAN, 1993.