UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÂO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

VITOR CAIO DE ALMEIDA

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE INDICAÇÃO DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTO UTILIZANDO A LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EM UMA LINHA DE PROCESSO INDUSTRIAL

SANTOS/SP
2016

VITOR CAIO DE ALMEIDA

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE INDICAÇÃO DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTO UTILIZANDO A LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EM UMA LINHA DE PROCESSO INDUSTRIAL

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

SANTOS/SP

2016

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Almeida, Vitor Caio.
Aplicação do Índice de Indicação de Eficiência Global de Equipamento OEE utilizando a Lógica Paraconsistente Anotada em uma linha de processo industrial./ Vitor Caio de Almeida. 2016
N°. de paginas 70

Orientador: Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2016.

1.Eficiência Global de Equipamento OEE 2.Índice OEE/LPA2 3.Lógica Paraconsistente Anotada 4.Indicadores chave de desempenho KPI.

I.Da Silva Filho, João Inácio, orient. II.Titulo: Aplicação do Índice de Indicação de Eficiência Global de Equipamento OEE Utilizando a Lógica Paraconsistente Anotada em uma linha de processo industrial

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – Unisanta

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que me iluminam e abençoam, à minha esposa e aos meus filhos que me incentivam e apoiam de diversas maneiras durante esta importante etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao meu orientador Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho com o ensino da Lógica Paraconsistente que permitiu a condução deste trabalho, por suas orientações, recomendações e rápido retorno em todas as dúvidas, assim como a cordialidade com que sempre me recebeu.

A Universidade Santa Cecília, UNISANTA, representada pelo Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco Coordenador Geral da Pós-Graduação - Stricto Sensu, a todo o corpo docente e ao atendimento sempre pontual das secretárias Sandra e Imaculada.

Ao amigo Professor Mestre Amauri Dias de Carvalho, grande incentivador para o ingresso na carreira acadêmica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP– campus Cubatão.

Ao amigo Professor Mestre Marcelo Saraiva Coelho, grande incentivador da minha permanência na carreira acadêmica no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de São Paulo – SENAI- campus de Santos.

Ao amigo Professor Doutor Carlos Henrique Barroqueiro, grande incentivador para o ingresso no curso de mestrado.

Ao saudoso amigo Professor Doutor Antonio Luiz dos Santos Filho, grande incentivador da arte do pensamento.

Aos colegas mestrandos da UNISANTA, pelos momentos de convívio fraterno e de cooperação na busca dos objetivos acadêmicos.

RESUMO

Atualmente, com as incertezas econômicas mundiais as companhias buscam uma maior eficiência nos seus negócios, para que possam sobreviver em um mercado cada vez mais globalizado. Para melhorar a eficiência na produção, os gestores utilizam alguns indicadores chave de desempenho, denominados de *Key performance indicator (KPI).* O indicador ou índice utilizado com maior frequência é *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que significa Eficiência Global de Equipamento. Para definir este índice são considerados; tempo de parada programada, tempo de parada em emergência e tempo de reprocesso por problema de qualidade do produto. Após a definição dos tempos de parada determinam-se os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. O índice OEE é o resultado da multiplicação dos fatores: disponibilidade, desempenho e qualidade. Como qualquer multiplicação, o produto será sempre menor que o menor fator. O resultado de uma simples multiplicação destes fatores, às vezes, não mostra a realidade do processo e pode levar o gestor à tomada de decisão equivocada. Existe uma proposta de um índice de *performance*, que é determinada pela Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v). Este índice é chamado de OEE/LPA2v e na sua obtenção se utiliza os conceitos da LPA2v aplicados nos mesmos fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade que foram utilizados para determinar o índice de OEE. A proposta desta dissertação é determinar estes dois índices, OEE e OEE/LPA2v, em um processo siderúrgico denominado de Decapagem contínua. Para este estudo foram utilizados os dados mensais de produção e paradas da linha de Decapagem contínua desde o seu inicio de operação em dezembro de 2013 até outubro de 2016. Nesta dissertação, apresenta os resultados de *performance* da Decapagem Contínua, utilizando o índice OEE e o índice OEE/LPA2v. Dentre os resultados obtidos, foi constatado que o índice OEE/LPA2v deve um menor desvio padrão e apresentou valores mais parecidos com a realidade operacional.

Palavras Chave: Eficiência global de equipamento OEE. Índice OEE/LPA2v. Lógica paraconsistente anotada. Indicadores chave de desempenho KPI.

ABSTRACT

With today's global economic uncertainties, companies are looking for greater efficiency in their business, so they can survive in an increasingly globalized market. To improve production efficiency, managers use some key performance indicators (KPIs). The most frequently used indicator or index is Global Equipment Efficiency defined by the acronym Overall Equipment Effectiveness (OEE). To define this index are considered: Programmed shutdown time, emergency shutdown time, and reprocessing time due to product quality problems. After defining the stopping times we determine the availability, performance and quality indexes. The OEE index is the multiplication of factors: Availability, Performance and Quality. As any multiplication, the result will always be less than the smallest factor. The result of a simple multiplication of these factors sometimes does not show the reality of the process and can lead the manager to make the wrong decision. There is a proposal for a new performance index that is determined by the Paraconsistent Annotated Logic with annotation of two values (PAL2v). This index is called OEE/PAL2v and getting used the concepts of LPA2v applied in the same factors of availability, performance and quality which were used to determine the index OEE. The purpose of this dissertation is to determine these two indices, OEE and OEE/PAL2v, in a steel process called Continuous Pickling. For this study, will be used the monthly production data of the Continuous Pickling line from its beginning of operation. At the end of this dissertation, will be shown the results of the Continuous Pickling performance using the OEE index and the OEE/PAL2v index. Among the results obtained, it was found that the OEE / LPA2v index had a lower standard deviation and presented values more similar to the operational reality.

.

Keywords: OEE Overall Equipment Effectiveness. OEE/PAL2v. Paraconsistent Annotated Logic. KPI Key performance indicator

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Resumo do conceito para determinação de OEE 28

Figura 2- Reticulado finito de Hasse com anotações da LPA2v.....35

Figura 3- Representação da análise Paraconsistente LPA2v. 36

Figura 4- Quadrado unitário no plano cartesiano (QUPC). 37

Figura 5- Reticulado pretendido $\mathcal{L}$. 38

Figura 6- Aumento de escala do QUPC de $\sqrt{\mathbf{2}}$. 38

Figura 7-Rotação de 45º em relação à origem. 39

Figura 8-Translação de valores entre QUPC e reticulado da LPA2v. 39

Figura 9-Determinação do grau de certeza de valor resultante real (GCR) no reticulado da LPA2v quando GC<0. 42

Figura 10- Sistema típico para análise paraconsistente com duas entradas. 43

Figura 11-Símbolo do ParaExtrctr Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da contradição. 43

Figura 12-Símbolo do NAP - Nó de análise paraconsistente. 46

Figura 13-Figura ilustrativa das etapas de processo de decapagem contínua.....47

Figura 14-Curva de OEE no startup. 51

Figura 15-Fases de implantação de novas linhas de processo. 52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Curva de tendência dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade.....58
Gráfico 2- Curvas de tendência da OEE e OEE/LPA2v 60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Possibilidades, resultado ou desempenho. 22

Quadro 2-Classificação das Decisões.....23

Quadro 3-Parâmetros e definições OEE. 25

Quadro 4-Raciocínio fundamentado segundo a lógica clássica. 32

Quadro 5-Outros valores do reticulado. 34

Quadro 6-Algoritmo ParaExtrctr 45

Quadro 7-Principais etapas da decapagem continuam. 48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Cálculo do índice OEE 26

Equação 2- Cálculo do Índice de Disponibilidade (ID) 26

Equação 3- Cálculo do Índice de Performance (IP) 27

Equação 4- Cálculo do Índice de Qualidade (IQ) 27

Equação 5- Cálculo para determinar a Disponível (TpD): 28

Equação 6- Cálculo para determinar as paradas Planejadas (TpP): 28

Equação 7- Cálculo para determinar o tempo Bruto de Paradas (TpB): 29

Equação 8- Cálculo para determinação do tempo Real (TpR): 29

Equação 9- Cálculo para determinação do tempo útil 29

Equação 10- Cálculo para determinar as perdas de qualidade 29

Equação 11- Cálculo para determinar a eficiencia 30

Equação 12- Cálculo para determinar as paradas não programadas 30

Equação 13- Cálculo para determinação das Paradas Planejadas (PdPP): 30

Equação 14- Cálculo para obter a transformação representada na figura 14. 40

Equação 15- Cálculo para determinar o grau de certeza Gc 41

Equação 16- Cálculo para determinar o grau de incerteza Gct 41

Equação 17- Cálculo para determinar o grau de certeza real Gcr para Gc > 0 41

Equação 18- Cálculo para determinar o grau de certeza real Gcr para Gc < 0 41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aC	–	Antes de Cristo
GQT	–	Gestão da Qualidade Total
HFT	–	Hora Final Trabalhada
HIT	–	Hora Inicial
ID	–	Índice de Disponibilidade
IP	–	Índice de Performance ou Desempenho
IQ	–	Índice de Qualidade
IV	–	Quatro em Algarismo Romano
JIPM	–	Japan Institute of Plant Maintenance
LP	–	Lógica Paraconsistente
LPA	–	Lógica Paraconsistente Anotada
LPA2v	–	Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de Dois Valores
MpH	–	Meta por Hora
NAP	–	Nó de Análise Paraconsistente
NIST	–	National Institute of Standards and Technology
OEE	–	Overall Equipment Effectiveness - Eficiência Geral (ou Global) do Equipamento ou Máquina
OEE/LPA2v	–	Overall Equipment Effectiveness / Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores
ParaExtrctr	–	Algoritmo Extrator de efeitos da Contradição
PCP	–	Planejamento e Controle Da Produção
Pd	–	Perdas
PdE	–	Perdas de Eficiência
PdPnP	–	Perdas por Paradas não Planejadas
PdPP	–	Perdas por Paradas Planejadas
PdQ	–	Qualidade
PnP	–	Paradas não Planejadas
PP	–	Paradas Planejadas
PQ	–	Perdas por Qualidade
PR	–	Produção Realizada

QUPC	–	Quadrado Unitário no Plano Cartesiano
R	–	Refugo
TD	–	Tempo Disponível
Tp	–	Tempo de Produção
TPl	–	Tempo Planejado
TP	–	Tempos de Paradas
TPB	–	Tempo de Produção Bruto
TpB	–	Tempo Bruto
TpD	–	Tempo Disponível
TPM	–	Total Productive Maintenance - Manutenção Produtiva Total
TPP	–	Tempo de Produção Planejado
TpP	–	Tempo Planejado
TPR	–	Tempo em Produção Real
TpR	–	Tempo Real
TPU	–	Tempo de Produção Útil
TpU	–	Tempo Útil
TRP	–	Tempos Real de Produção
TU	–	Tempos Utilizados

LISTA DE SÍMBOLOS

G_C – Grau de Certeza

G_{CR} – Grau de Certeza real

G_{CT} – Grau de Contradição

V – Verdadeiro

F – Falso

p – Proposição p

q – Proposição q

r – Proposição r

μ – Grau de Crença ou Grau de Evidencia Favorável

λ – Grau de Descrença ou Grau de Evidencia Desfavorável

μ_1 – Grau de Evidência 1

μ_2 – Grau de Evidência 2

μ_A – Grau de Evidência A

μ_B – Grau de Evidência B

μ_C – Grau de Evidência C

μ_n – Grau de Evidência n

μ_{ER} – Grau de Evidência Resultante Real

$P_{(\mu, \lambda)}$ – Sinal Lógico Paraconsistente

τ – Reticulado Finito

~ – Operador de Negação

T – Inconsistente

$\perp$ – Paracompleto ou Indeterminado

$\vee$ – Conectivo ou

$\neg$ – Negação

$\wedge$ – Conectivo e

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17
1.1 OBJETIVO GERAL 18
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA 19
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 21
2.1 GESTÃO DA QUALIDADE 21
2.2 FATORES E ETAPAS DECISÓRIAS NA GESTÃO 22
2.3 ÍNDICE DE EFICIÊNCIA GLOBAL OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) 23
2.3.1 Definições e desenvolvimentos do conceito 23
2.3.2 Obtenção do OEE – Variáveis empregadas 26
2.3.3 Variáveis de tempo da produção 28
2.3.4 Variáveis para determinação das perdas 29
2.4 LÓGICA CLÁSSICA E LÓGICA NÃO CLÁSSICA 30
2.5 LÓGICA PARACONSISTENTE 33
2.6 LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM ANOTAÇÃO DE DOIS VALORES 34
2.6.1 Relações algébricas entre QUPC e o reticulado da LPA2v. 36
2.6.2 A extração dos efeitos das contradições 42
2.8 O GRAU DE EVIDÊNCIA REPRESENTADO PELO ÍNDICE OEE/LPA2V 49
3. MATERIAL E MÉTODOS 50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 58
5. CONCLUSÕES 62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63
APÊNDICE 1 – Tabela com o memorial de cálculo da OEE/LPA2v 70
APÊNDICE 2 – Tabela com o memorial de cálculo de OEE 71

1. INTRODUÇÃO

Os temas qualidade e produtividade existem desde os primórdios da civilização moderna. Barros e Bonafini (2014) mencionam que nas sociedades agrícolas primitivas a colheita que levaria o pão à mesa dos aldeões dependia, pelo menos em parte, da qualidade dos grãos semeados. Nesta época a fabricação e comercialização eram artesanais e familiares, não havia um controle efetivo da qualidade e da produtividade, pois estes itens não eram as principais preocupações dos artesões.

Barros e Bonafini (2014) relatam que a revolução industrial mudou a visão de qualidade e da produtividade, principalmente com a disseminação da produção em serie. Por volta de 1920 o engenheiro, físico e estatístico Walter Andrew Shewhart criou a técnica estatística de controle de qualidade, por esta criação Shewhart é conhecido até hoje como o pai do controle estatístico de qualidade. A partir da década de 1930 nos Estados Unidos a qualidade foi esquematizada e aprimorada, proporcionando assim um considerável aumento na capacidade de produção.

Segundo Faria (2016), na segunda guerra mundial era fundamental que todos os produtos bélicos fabricados possuíssem as mesmas características e não poderiam apresentar defeitos, para isso eram inspecionadas peças por peças e rejeitadas as defeituosas. Já após a segunda guerra mundial os japoneses adotaram uma nova metodologia que ao invés de encontrar e eliminar as peças defeituosas buscava evitar que os defeitos ocorressem na fabricação. Com isto adotaram uma estratégia diferente em determinar os preços dos seus produtos antes da fabricação, para isto os seus projetistas deveriam eliminar todos os itens que não agregassem valor ao produto, tais como; desperdício, tempo ocioso, troca de ferramentas, sujeiras e contaminações, lotes de produção, estoques em trânsito, defeitos, falhas e inspeções. Os principais mentores da revolução japonesa da qualidade foram a *Union of Japanese Scientists and Engineers* (JUSE) e os estatísticos; W. E. Deming, Shewhart, Kaoru Ishikawa e Joseph M. Juran.

Segundo Junior e Bonelli (2006), na década de 1960 iniciou-se a utilização do termo gestão da qualidade, que é um conjunto de ações dirigidas a fim de se obter características do produto ou serviço com capacidade de satisfazer plenamente as necessidades e expectativas do cliente/consumidor, atingindo o que se conhece como qualidade.

Marcio Pochmann (2009), afirma que atualmente vivemos numa economia globalizada, onde as empresas buscam uma maior eficiência dos seus equipamentos, uma maior qualificação da sua mão de obra e um menor custo de fabricação. Com estes objetivos, as empresas investem cada dia mais em novas tecnologias e em treinamento da sua mão de obra.

Tavares (2015) esclarece que em razão do atual mercado globalizado altamente competitivo, onde os clientes ou consumidores são cada vez mais exigentes, é fundamental que as empresas se atualizem tecnologicamente bem como em desenvolvimentos de novos procedimentos através de métodos quantitativos, capazes de aperfeiçoar e manter seus meios produtivos. Sendo assim é evidenciado que a qualidade deixou de ser um aspecto somente do produto e passou a ser um problema da corporação, impulsionando desta forma a utilização de novas filosofias de gestão.

Em qualquer gestão moderna é fundamental quantificar os resultados, estes valores facilitam a vida do gestor.

1.1 Objetivo Geral

Esta dissertação tem como objetivo comparar os valores de *performance* de uma linha de processo siderúrgico denominado Decapagem, aplicando dois métodos. O primeiro método é o *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* que é determinado através da multiplicação dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade do equipamento. O segundo método é adotado os mesmos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade do equipamento do OEE e aplicado a lógica paraconsistente anotada de dois valores (OEE/LPA2v) para obter o resultado final. O segundo método foi apresentado na dissertação de mestrado por Fonseca (2015).

Os valores analisados estão mostrados em um gráfico de tendência, no período de dezembro de 2013 até outubro de 2016. Esta dissertação não tem o objetivo desta dissertação definir qual é a melhor metodologia, pois cada processo de fabricação possui suas particularidades que devem ser consideradas, mas sim mostrar uma nova ferramenta que, quando utilizada adequadamente, poderá ajudar os gestores a alcançar a plenitude de rendimento dos seus equipamentos com maior qualidade, segurança e consequentemente menor custo.

1.2 Justificativa e Relevância do Tema

Belluzzo (2009) justifica que para reduzir os seus custos as empresas buscam trabalhar na plenitude dos seus equipamentos. Para isso as empresas utilizam metodologias para obter informações confiáveis e rápidas para que os gestores possam agir mais assertivamente. A maior eficiência dos equipamentos virou um tema fundamental para que as empresas possam desempenhar suas atividades por um maior período de tempo. Elas vêm investindo cada vez mais em novas metodologias para melhorar e garantir a qualidade dos seus produtos.

Segundo Barros (1999), novas metodologias têm surgido para o controle de processos, e uma delas esta a *Total Productive Maintenance* (TPM), que utiliza o índice de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) para medir a eficiência dos seus equipamentos. Esta metodologia visa também à qualidade total, que é uma filosofia de gestão baseada na satisfação dos clientes internos e externos envolvidos na empresa. O índice de OEE é uma ferramenta poderosa que teve ser usada adequadamente, pois como qualquer ferramenta o não uso adequado pode causar problemas.

A proposta desta dissertação é utilizar como base o OEE e os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade para determinar o OEE/LPA2v. Este método, que foi proposto por Fonseca (2015), apresenta valores com menor variância e menor desvio padrão. Para achar o índice de OEE/LPA2v de eficiência de processo é utilizado o grau de certeza e grau de contradição, sendo assim utilizou-se a Lógica Paraconsistente Anotada.

Nesta dissertação foi medido o índice de eficiência de uma linha de processo siderúrgico denominado decapagem, desde a sua partida de operação em dezembro de 2013 até outubro de 2016. Os valores de OEE e OEE/LPA2v e apresentado em gráfico de tendência, estes valores foram analisados e comparados.

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação foi organizada em capítulos para melhor entendimento.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução do estudo, mostrando de uma forma resumida, a história da evolução da qualidade, o objetivo e a relevância deste estudo.

O segundo capítulo apresenta a teoria básica dos seguintes assuntos;

a) Gestão da Qualidade e, suas ferramentas para determinação do Índice de Eficiência Geral ou Global de Equipamentos OEE;

b) Lógica clássica, Lógica Paraconsistente e Lógica Paraconsistente Anotada de dois valores LPA2v.

c) Apresentação de uma linha de Decapagem em um processo siderúrgico e a implantação das metodologias de OEE e OEE/LPA2v

O terceiro capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para obtenção dos índices OEE e ‘OEE/LPA2v’ na linha de Decapagem.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões das duas metodologias aplicadas, OEE e OEE/LPA2v.

O quinto capítulo apresenta as conclusões do estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica da dissertação foi composta pelos seguintes temas; gestão da qualidade, fatores e etapas decisórias na gestão, o índice de eficiência global, conceitos da lógica clássica e não clássica.

Dentro da família da lógica não clássica, foi abortado a lógica paraconsistente e a lógica paraconsistente Anotada com Anotação de Dois valores para obtenção do Índice OEE/LPA2v.

2.1 Gestão da Qualidade

Fonseca (2016) conceitua que de gestão da qualidade moderna como conhecemos hoje, iniciou na década de 1950, que tendo como objetivo central a filosofia da qualidade total, visando assim à satisfação dos clientes e se possível superando as suas expectativas.

Segundo Longo (1996), a gestão da qualidade total (GQT) é uma ótima opção para a orientação dos gestores. A gestão da qualidade considera os seguintes itens básicos; foco no cliente; trabalho em equipe permeando toda a corporação, decisões baseadas em fatos e dados, a busca constante da solução de problemas e da diminuição de erros.

Chiavenato (2014) menciona que a partir do século XX, os consumidores tornaram-se cada vez mais exigentes, cobrando uma maior qualidade dos produtos e serviços. A qualidade total passou a ser uma filosofia que as empresas tinham que seguir como regra. Junto com a filosofia de qualidade, as empresas adotaram a filosofia de maior eficiência dos seus equipamentos. A comparação do resultado ou do desempenho em relação ao padrão resulta em três possibilidades, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1- Possibilidades, resultado ou desempenho.

Possibilidades	Resultado ou desempenho
Conformidade ou aceitação	Está de acordo com o padrão. Portanto é aceito.
Aceitação	Apresenta leve desvio quanto ao padrão, mas dentro da tolerância permitida. Portanto é aceito, embora a conformidade não seja a ideal.
Rejeição	Apresenta desvio, afastamento ou discrepância para mais ou para menos em relação ao padrão, além da tolerância permitida. Portanto é rejeitado e sujeito à ação corretiva.

Fonte: (CHIVENATO, 2014)

2.2 Fatores e etapas decisórias na gestão

Segundo Campos (2010), na busca da qualidade total e melhores eficiências os gestores necessitam de informações consistentes do chão de fabrica. É importante para o sucesso das organizações quantificarem os seus desempenhos. Os indicadores de desempenho de gestão possibilitam ter uma maior clareza do comportamento da produção. Existem vários fatores que os gestores devem considerar antes da tomada de decisão, como a complexidade, incerteza inerente ao processo, múltiplos objetivos e diferentes possibilidades de cada caso, já que as decisões são tomadas de acordo com a compreensão e comportamento dos tomadores de decisão frente a diferentes situações e perspectivas.

Gontijo e Maia (2004) menciona que o gestor deve tratar as normalidades encontradas levando-se em conta suas características e, através destas percepções, se utilizarem de técnicas cognitivas, relativas ao conhecimento, de fácil comunicação, para construir uma forma de apoio ao processo de decisão que, ao mesmo tempo em que resolve as dificuldades do processo humano de decisão, traz novas percepções de julgamento e tomada de decisão.

Maximiano (2000) explica que as etapas do processo decisório são definidas em identificação dos problemas ou oportunidades, diagnóstico, geração de alternativas, escolha da melhor alternativa e finalmente a sua implantação. As

anormalidades variam de acordo com a natureza, a urgência, o impacto sobre a organização e outros fatores. No Quadro 2 mostra a classificação das decisões.

Quadro 2-Classificação das Decisões.

Decisões	Classificação
Programadas	Aplicam-se a problemas repetitivos
Não-Programadas	Aplicam-se a problemas que não são familiares
Estratégicas	Escolhem objetivos para a organização
Administrativas	Colocam decisões estratégicas em prática
Operacionais	Definem meios e recursos
Individuais	São tomadas unilateralmente
Coletivas	São tomadas em grupo
Satisfatórias	Qualquer alternativa serve
Maximizadas	Procuram o melhor resultado possível
Otimizadas	Equilibram vantagens e desvantagens de diversas alternativas

Fonte: (MAXIMIANO, 2000).

2.3 Índice de Eficiência Global OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Nesta etapa são abordados; os conceitos, as definições e o desenvolvimento para obtenção do índice de Eficiência Global. Também são apresentadas as variáveis utilizadas no cálculo, como o tempo de produção e perdas de produção.

2.3.1 Definições e desenvolvimentos do conceito

Segundo Cardoso (2013), o índice *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que pode ser traduzido para eficiência geral de equipamento, passou a ser utilizado pelas empresas em vários países com objetivo de manufatura enxuta. O OEE foi criado no Japão por *Seiichi Nakajima* para avaliar o desempenho e eficiência de um equipamento após a segunda guerra mundial, nesta época o *Japan Institute of Plant*

Maintenance (JIPM) oficializou como calcular o OEE, a intenção do JIPM foi ter um índice que pudesse servir para todas as indústrias japonesas e que permitisse servir de referência para avaliar se uma máquina esta funcionando corretamente ou se a queda do índice indica que talvez seja necessário fazer algum tipo de manutenção para que a máquina volte a ter a eficiência original. O OEE foi originalmente implantado no sistema de gestão da manutenção desenvolvido pela Toyota e que é conhecido como *Total Productive Maintenance* (TPM).

Possamai (2002) esclarece que TPM significa a busca da falha zero, quebra zero das máquinas e geração de defeito zero nos produtos. Com o valor do índice de OEE e, a partir do tempo de disponibilidade, desempenho e qualidade de um processo, o gestor terá possibilidade de saber quanto tempo o equipamento ficou em produção, o tempo de produção dos itens programados e quantos atenderam as especificações. Este índice também indica ao gestor a quantidade e onde estão as perdas de processo, facilitando assim o trabalho. Com estes dados facilitará ao gestor a determinação das ações pontuais para atingir os objetivos de produção.

Definido por Busso (2012), o índice OEE se apresenta como um indicador de eficiência global por considerar uma visão abrangente das perdas que comprometem o desempenho do equipamento que se pretende avaliar. Em posse destes dados, os gestores podem analisar e avaliar a efetividade de um processo, como as oportunidades para sua melhoria. Se, por exemplo, a análise for de um conjunto de equipamentos, o gestor poderá determinar qual equipamento proporciona um maior retorno, ou aqueles que, mesmo apresentando menor retorno, pode alcançar um baixo custo e mais rapidamente.

Raposo (2011) explica que para determinar do valor do índice OEE são necessários os parâmetros de disponibilidade, desempenho e qualidade. O índice OEE é calculado através da multiplicação destes três parâmetros.

Bariani e Del’arco Júnior (2006) definem os parâmetros de disponibilidade, desempenho e qualidade, conforme o Quadro 3.

Quadro 3-Parâmetros e definições OEE.

Parâmetros OEE	Definição
Disponibilidade	É a quantidade de tempo em que um equipamento esteve disponível para trabalhar comparado com a quantidade de tempo em que foi programado para trabalhar.
Desempenho ou *Performance*	É o quanto o equipamento trabalha próximo do tempo de ciclo ideal para produzir uma peça.
Qualidade	É o número total de peças boas produzidas, comparado com o número total de peças produzidas.

Fonte: (BARIANI e DEL'ARCO JÚNIOR, 2006).

Cardoso (2013) esclarece que o índice OEE indica, além da eficiência das máquinas ou das linhas de produção, também a otimização para o projeto de uma planta de uma fábrica inteira. Dentro da filosofia da TPM foi criado o conceito de empresas *World Class*. Este termo, que pode ser traduzido para classe mundial, é o conceito obtido pelas empresas quando mantém um índice OEE igual ou superior a 85%. O JIPM criou então o conceito de *World Class* OEE, que são plantas produtivas e eficientes que possuem o índice OEE igual ou acima a 85%, e concluiu que as maiorias das empresas japonesas da época tinham um OEE em torno de 60%. Com a afirmação, Cardoso (2013) destaca que não é suficiente que as empresas mantenham os índices iguais ou acima de 85% para que seja considerada uma empresa *World Class*, é necessário que o seus valores de disponibilidade sejam no mínimo de 90%, desempenho sejam no mínimo de 95% e a qualidade sejam no mínimo 99% de aceitação. Somente assim a empresa irá obter esta classificação. Na pratica a multiplicação dos valores de 90% de disponibilidade, 95% de desempenho e 99% de qualidade, obtém-se na realidade o valor de 84,65%, porem este valor é arredondado para 85% no intuito de facilitar o controle do índice.

2.3.2 Obtenção do OEE – Variáveis empregadas

Utilizando os conceitos descritos em Raposo (2011), Pereira, Robles e Cutrim (2013), Santos Silva e Resende (2013) apresentam-se a seguir o modo para calcular o índice OEE, bem como os índices de disponibilidade (ID), desempenho (IP) e qualidade (IQ) que o compõem.

O cálculo do índice OEE é realizado de acordo com a equação 1, onde o resultado é indicado em porcentagem.

Equação 1- Cálculo do índice OEE

$$\mathbf{OEE = ID * IP * IQ} \quad (1)$$

Onde:

ID = Índice de Disponibilidade.

IP = Índice de *Performance* ou Desempenho.

IQ = Índice de Qualidade.

O Índice de Disponibilidade (ID) é considerado a partir da somatória das horas planejada, sobre a somatória das horas paradas não planejadas. Exemplo de paradas não programadas; quebra de equipamento, *setup*, necessidades de ajustes, troca de produto, entre outras. O seu calculo é feito pela Equação 2 a seguir:

Equação 2- Cálculo do Índice de Disponibilidade (ID)

$$\mathbf{ID} = \frac{\mathbf{TPB}}{\mathbf{TPP}} \quad (2)$$

Sabendo - que:

ID – Índice de Disponibilidade

TPP – Tempo de Produção Planejado

TPB – Tempo de Produção Bruto

O Índice de *Performance* ou desempenho (IP) é considerado a partir do tempo de produção bruta (TPB) sobre a somatória das perdas de velocidade, aumento do tempo de ciclo das operações, os atrasos, entre outras. O seu calculo é feito pela Equação 3 a seguir:

Equação 3- Cálculo do Índice de Performance (IP)

$$\mathbf{ID} = \frac{\mathbf{TPR}}{\mathbf{TPB}} \quad (3)$$

Onde:

IP – Índice de Performance ou Desempenho

TPR – Tempo em Produção Real

TPB – Tempo de Produção Bruto

O Índice de Qualidade (IQ) é calculado a partir do tempo da produção real (TPR) sobre a somatória das horas de processo de refugos que tiveram origem em falhas durante a produção. O seu calculo é feito pela equação 4 a seguir:

Equação 4- Calculo do Índice de Qualidade (IQ)

$$\mathbf{ID} = \frac{\mathbf{TPU}}{\mathbf{TPR}} \quad (4)$$

Representado por:

IQ – Índice de Qualidade

TPU – Tempo de Produção Útil

TPR – Tempo de Produção Real

A Figura 1 mostra o resumo do cálculo do OEE.

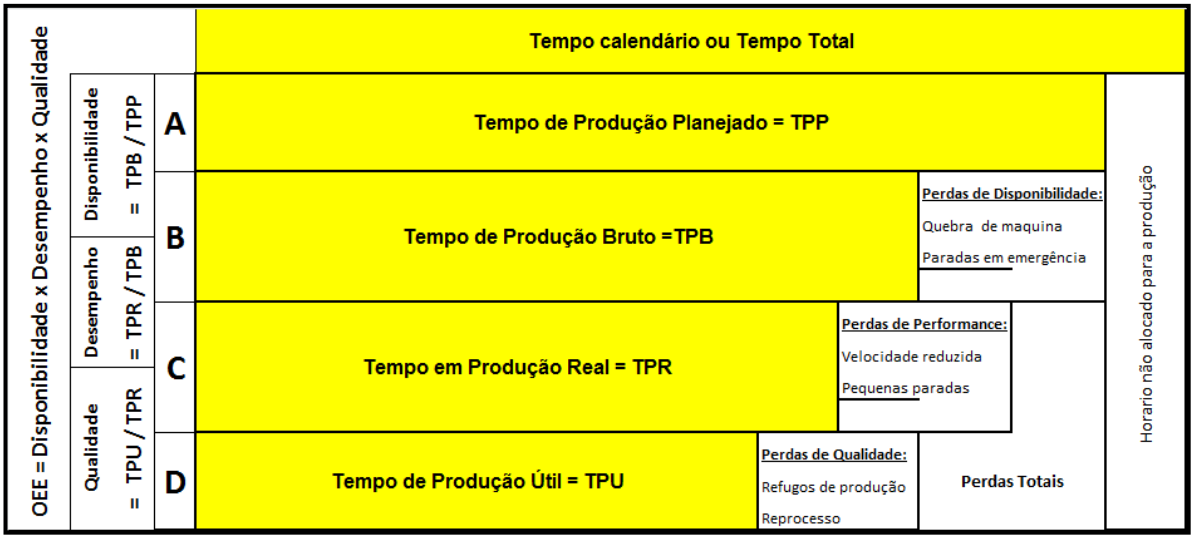


Figura 1-Resumo do conceito para determinação de OEE
Fonte: www.oee.com.br (2016)

2.3.3 Variáveis de tempo da produção

Segundo Pereira, Robles e Cutrim (2013), Santos Silva e Resende (2013), Raposo (2011), o tempo de produção disponível (TpD), tempo de produção planejado (TpP), tempo de produção bruto (TpB), tempo de produção real (TpR) e o tempo de produção útil (TpU) são calculados das seguintes formas:

Tempo de Produção Disponível (TpD) é a soma dos tempos de utilização (TU) que são calculados a partir da subtração da hora final trabalhada (HFT) pela hora inicial trabalhadas (HIT), conforme equação 5.

Equação 5- Cálculo para determinar o Tempo de Produção Disponível (TpD):

$$\mathbf{TU = HFT - HIT} \quad (5)$$

Tempo da Produção Planejada (TpP) é a subtração do tempo de disponibilidade (TD) das perdas por paradas planejadas (PP) apresentada na equação 6.

Equação 6- Cálculo para determinar o Tempo das Paradas Planejadas (TpP):

$$\mathbf{TpP = TD - PP} \quad (6)$$

Tempo de Produção Bruta (TpB) é calculado subtraindo o tempo planejado (TPI) das perdas por paradas não planejadas (PnP) apresentado na equação 7.

Equação 7- Cálculo para determinar o tempo Bruto de Paradas (TpB):

$$\mathbf{TpB = TPI - PnP} \quad (7)$$

Tempo de Produção Real (TpR) é a soma dos tempos real de produção (TRP) que é calculado com a soma da produção realizada (PR) mais refugo (R) que é multiplicado pela meta por hora (MpH) conforme equação 8.

Equação 8- Cálculo para determinação do Tempo de Produção Real (TpR):

$$\mathbf{TRP = PR + R * 60/MpH} \quad (8)$$

Tempo Produção Útil (TpU), subtrai-se do tempo de produção real (TPR) as perdas por qualidade (PQ) apresentada na equação 9.

Equação 9- Cálculo para determinação do Tempo de Produção útil

$$\mathbf{TpU = TPR - PQ} \quad (9)$$

2.3.4 Variáveis para determinação das perdas

Pereira, Robles e Cutrim (2013); Santos Silva e Resende (2013) e Raposo (2011), explicam que as perdas na produção por qualidade, eficiência, paradas não planejadas e paradas planejadas são demonstradas abaixo.

A perda de produção por Qualidade (PdQ) é considerada como a soma das perdas por qualidade (PdQ), conforme equação 10.

Equação 10- Cálculo para determinar as perdas de produção por qualidade

$$\mathbf{PdQ = \Sigma\ TU} \quad (10)$$

A eficiência (PdE) é a subtração do tempo de produção bruto (TPB) por tempo de produção real (TPR). O seu calculo é apresentado na equação 11.

Equação 11- Cálculo para determinar a eficiência

$$\mathbf{PdE = TPB - TPR} \tag{11}$$

As paradas não planejadas (PdPnP) são consideradas como a soma dos tempos de paradas (TP) subtraída pelas paradas planejadas (PP), conforme a equação 12.

Equação 12- Cálculo para determinar as paradas não Planejada

$$\mathbf{PdPnP = \Sigma\ TP - PP} \tag{12}$$

As paradas planejadas (PdPP) são consideradas como a soma das paradas planejadas indicado na equação 13.

Equação 13- Cálculo para determinação das Paradas Planejadas (PdPP):

$$\mathbf{PdPP = \Sigma\ PP} \tag{13}$$

2.4 Lógica Clássica e Lógica não Clássica

A palavra lógica possui algumas definições e que frequentemente estão associadas apenas à matemática esquecendo-se de sua aplicabilidade nas demais ciências. No dicionário Michaelis (2015), é definida como estudo que tem por objeto determinar quais as operações que são válidas e quais as que não o são. Já no dicionário Aurélio (2002), lógica é a ciência dos princípios normativos e formais do raciocínio, e Sant'Ana (2003) descreve a lógica como o estudo das inferências válidas ou, equivalentemente, dos argumentos válidos, ou por tratar do estudo das leis do pensamento claro.

Como descrito por PIVA Jr. et al.(2012), a lógica é uma parte da filosofia que estuda os fundamentos, as estruturas e as expressões humanas do conhecimento. É atribuída a Aristóteles (Séc. IV a.C.) a sua criação. Por isso, ele é considerado o pai

da lógica. O objetivo de Aristóteles era estudar o pensamento humano e distinguir interferência e argumentos certos e errados. Com isso pode-se associar a lógica com a correção do pensamento, que é trabalhada na filosofia procurando saber por que se pensa desta forma e não de outra, considerando que a razão opera seguindo princípios próprios estabelecidos e que estão em concordância com a própria realidade. De acordo com os princípios filosóficos empregam-se alguns argumentos sem conhecê-los explicitamente, porque obedecem a regras ou leis fundamentais que garantem uma realidade racional seguindo os princípios da identidade, da não contradição, do terceiro excluído e da razão suficiente.

Segundo Fonseca (2015), os estudos das condições em que se pode afirmar que um dado raciocínio é correto foram desenvolvidos por filósofos como Parménides e Platão, mas foi Aristóteles quem o sistematizou e definiu a lógica como é conhecida hoje, constituindo-a como uma ciência autônoma. Durante séculos ao falar de lógica era o mesmo que falar da lógica aristotélica, e apesar dos avanços nos estudos da lógica, sobretudo a partir do século XIX, a matriz aristotélica é preponderante nas decisões e processos da atualidade.

De acordo com Patta, Colares e Silva (2011), a palavra lógica vem do grego clássico *(λ ο γ ι κ ή)* logos, que significa palavra, pensamento, ideia, argumento, relato, razão lógica ou princípio lógico. Lógica é um substantivo feminino que significa a ciência do raciocínio, e de acordo com Aristóteles a lógica tem como objeto o estudo do pensamento, assim como as leis e regras que o controlam, para que esse pensamento seja correto, definindo o conceito, juízo e raciocínio como os elementos constituintes.

Segundo Jess (2004) pensadores como Galeno, Porfírio e Alexandre de Afrodisia, sucessores de Aristóteles foram responsáveis pelos fundamentos da lógica medieval, que perdurou até o século XIII, momento que classificavam a lógica como a ciência de julgar corretamente, que possibilita alcançar raciocínios corretos e formalmente válidos. Embora o filósofo e matemático alemão Leibniz seja visto por muitos como a mente que iniciou os conceitos de lógica formal ou matemática, abordando as questões centrais da matemática, a interrogação a respeito da consistência começou a ser tratada somente depois de 1890 por Peano. Alguns importantes princípios da lógica formal se encontram na obra *The Mathematical Analysis of Logic* (Análise Matemática da Lógica), da autoria de George Boole.

Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008) explica que as lógicas como sistemas de inferências podem ser classificadas sem muito rigor como lógica clássica e lógica não clássica. Na lógica clássica os princípios binários não admitem situações que acontecem com frequência na vida real, como as situações contraditórias. As situações da vida real podem ser transformadas em proposições utilizadas na lógica, que pode ser uma sentença declarada por meio de palavras ou símbolos, e que será considerada por seu conteúdo como verdadeira ou falsa. As proposições são representadas por uma letra minúscula como *p*, *q*, *r*, etc. A lógica clássica define o raciocínio fundamentado em quatro princípios que são apresentados por meio de símbolos usualmente empregados na Lógica conforme o Quadro 4.

Quadro 4-Raciocínio fundamentado segundo a lógica clássica.

Princípio		**Raciocínio**
Da identidade	p=p	Toda proposição ou objeto é idêntico a si mesmo.
Da identidade Proposicional	$P \rightarrow P$	Toda proposição implica ela mesma
Do terceiro Excluído	$p \vee \neg p$	De duas proposições contraditórias, isto é, uma nega a outra, uma delas é verdadeira.
Da não contradição	$\neg(p \vee \neg p)$	Entre duas proposições contraditórias, uma delas é falsa.

Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), a Lógica Clássica é um sistema com um conjunto de axiomas e regras de inferência que visam representar formalmente um raciocínio válido. Uma proposição ***p*** pode ser avaliada por um critério lógico e podem ser atribuídos os valores verdadeiro (V) ou falso (F). Em diversas situações do mundo real a lógica clássica, devido a suas leis rígidas binárias não pode ser convenientemente aplicada. Por isso atualmente são concebidas diversas lógicas tais que, de certo modo, se opõem a natureza binária da clássica. Estas lógicas são denominadas não clássicas e entre estas estão, a

intuicionista de Brouwer-Heyting, a modal clássica, a modal polivalente, a clássica categorial a difusa, *Fuzzy*, deôntica, Lógica Paraconsistente, etc.

2.5 Lógica Paraconsistente

Definido em Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), o termo paraconsistente significa ao lado da consistência, e a Lógica Paraconsistente dentro de determinadas condições é capaz de oferecer um tratamento para as bases de dados que contenham contradição. A expressão lógica paraconsistente foi cunhada no ano de 1976 por Francisco Miró Quesada, numa conferência pronunciada durante o III Simpósio Latino-Americano de Lógica Matemática, realizado na Universidade Estadual de Campinas-SP. A partir daí o meio científico iniciou a divulgação imediatamente do termo lógica paraconsistente.

Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), esclarece também que entre os precursores da lógica paraconsistente encontra-se o lógico polonês J. Lukasiewicz e o filósofo russo N. A. Vasilév que, de maneira independente, sugeriram a possibilidade de uma lógica que restringiria, por exemplo, o princípio da contradição, que não era considerada pela lógica clássica. A lógica paraconsistente foi edificada, por seus percussores, para se encontrar meios de dar tratamento não trivial às situações contraditórias. Através da Lógica Paraconsistente consegue-se tratar as contradições e as inconsistências sem correr o risco de trivializar um sistema, isto é, sem que as conclusões lógicas sejam anuladas pelo efeito da contradição. A lógica paraconsistente Anotada (LPA) é uma lógica pertencente à classe de lógicas evidenciais e faz as análises de sinais representados por anotações que atribuem estados lógicos à proposição. São observadas no cotidiano diversas situações em que há certo grau de imprecisão, e tais condições são impostas pelas relações naturais com a realidade não se deixando eliminar com os métodos e estudos científicos. Por outro lado os bancos de dados modernos armazenam grande quantidade de dados os quais grande maioria ambígua. Uma das dificuldades para se tratar problemas ambíguos é a interpretação das premissas que podem levar a conclusões contraditórias e a lógica paraconsistente devido a sua fundamentação pode oferecer melhor tratamento a estes tipos de informação.

2.6 Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de Dois Valores

Da Costa, Abe, Subrahmanian (1991), definem que a lógica paraconsistente anotada com anotação de dois valores (LPA2v) possui algumas características que facilitam a sua aplicação em sistemas de tomada de decisão que são providos de dados extraídos de informações incertas e contraditórias. Para a utilização da LPA2v são necessários dois sinais de entrada que compõem a anotação. Estes dois sinais são denominados evidência favorável e evidência desfavorável e refere-se à intensidade evidência relacionada à proposição *P*. O primeiro valor da anotação que representa a evidência favorável (ou grau de crença) à proposição *P é* denominado μ_1, e o segundo valor da anotação, denominado μ_2, representa a evidência desfavorável (grau de descrença) à proposição *P*. A anotação pode ser composta por 1, 2 ou n valores. Portanto, pode-se obter maior poder de representação sobre o quanto as anotações, ou evidências, expressam o conhecimento sobre a proposição *P* se a representação da anotação, em vez de ser feita por um único símbolo, for formada por dois valores simbólicos, tal que.

$$\{(\mu, \lambda)|\mu, \lambda \in [0,1] \subset \Re|\}$$

De acordo com Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), o primeiro elemento do par ordenado (μ) representa o grau em que as evidências favoráveis sustentam a proposição *P*, e o segundo elemento (λ) representa o grau em que as evidências desfavoráveis ou contrárias negam, ou rejeitam a proposição *P*. Desse modo, pode-se utilizar um reticulado τ formado por pares ordenados. Neste caso, é também fixado um operador $\sim: |\tau| \rightarrow |\tau|$. De forma, que o operador $\sim$ constitui o significado do símbolo lógico de negação $\neg$ do sistema que será considerado, e os outros valores do reticulado são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5-Outros valores do reticulado.

Valores	Indica
$\perp$	O mínimo de τ = (0, 0)
T	O máximo de τ = (1, 1)
sup	Operação de supremo
inf	A operação de ínfimo supremo

Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

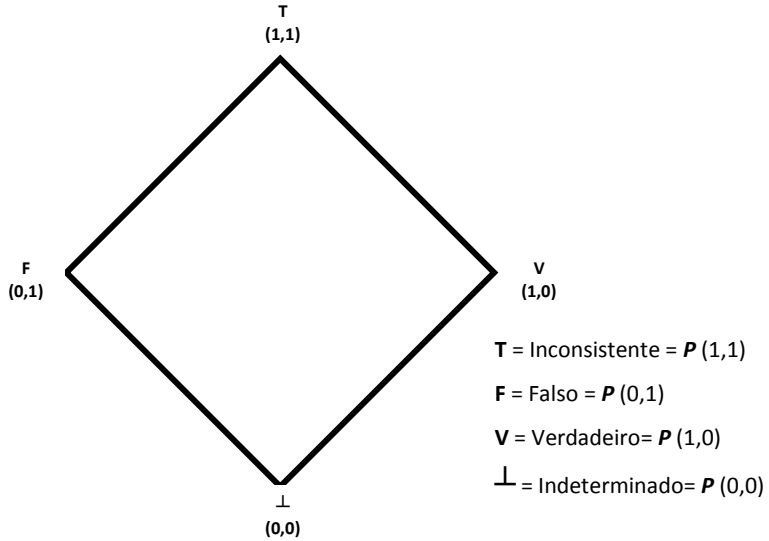


Figura 2- Reticulado finito de Hasse com anotações da LPA2v
Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE, e LAMBERT-TORRES (2008).

Conforme Fonseca, Tavares e Da Silva Filho (2015), em várias situações reais onde é utilizada a LPA2v, os graus de evidência favorável (crença) e evidência desfavorável (descrença) são considerados como informações de entrada no sistema. Tais informações podem ser representadas por unidades de grandezas físicas como: a corrente elétrica, tensão, valores quantitativos de avaliação de um processo, índices de avaliação do aprendizado, etc. Ao submeter os dados a lógica paraconsistente identificamos valores discrepantes que apontam para reprovação ou aprovação, e estes, quando são desenhados no reticulado da LPA2v, tendem parcialmente ou totalmente a estados lógicos paraconsistentes denominados de Inconsistente ($\top$) ou Indeterminado ($\bot$). Os estados lógicos paraconsistentes representados nos vértices e nas regiões internas do reticulado são as saídas resultantes correspondente da análise paraconsistente.

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), para um processo de avaliação são atribuídos valores que permitem aferir o conhecimento para aprovação ou reprovação obtendo-se a média simples ou ponderada. Mecanismos similares são utilizados em sistemas para outras situações como o aceite ou recusa de determinada proposta, validar ou invalidar um processo, sucesso ou insucesso em projetos, entre outras. São inúmeros os conceitos formais de avaliação; cada um deles mostra um enfoque diferente e deixa claro sua complexidade.

Na Figura 3, é apresentado o diagrama de Análise Paraconsistente, indicando

as entradas com o grau de evidencia favorável (crença) representado por μ_1 e grau de evidencia desfavorável (descrença) representado por μ_2.

Estes valores são submetidos à análise no reticulado Paraconsistente, resultando no estado lógico de saída com o tratamento das contradições.

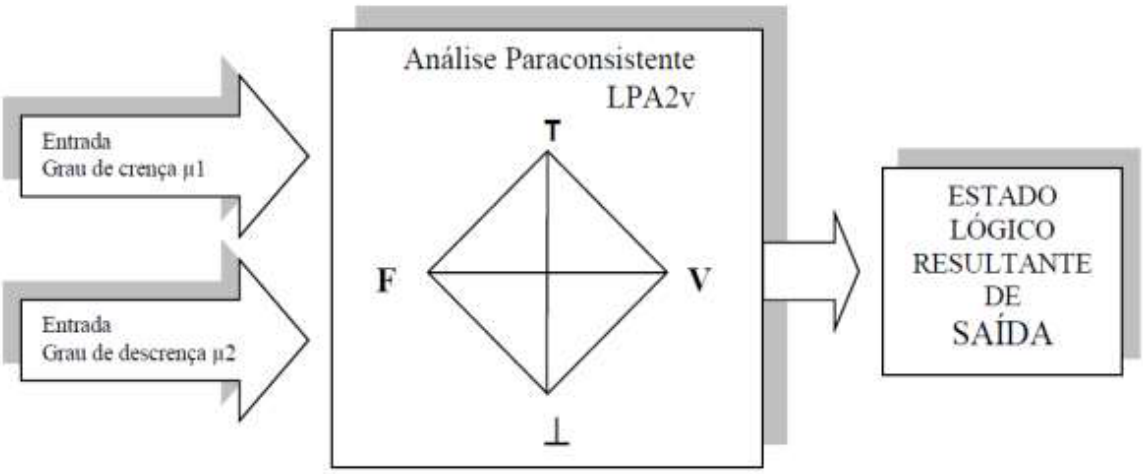


Figura 3- Representação da análise Paraconsistente LPA2v.
Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE, e LAMBERT-TORRES, 2008).

Uma interpretação da lógica paraconsistente anotada (LPA) em um reticulado associado permite o equacionamento de valores e a criação de algoritmos para a formação de sistemas de análises paraconsistentes definidos em interpretações apresentadas em Da Silva Filho, Abe e Lambert – Torres (2008) e Da Costa e Abe (1991). Um resumo, onde se utiliza modos intuitivos na interpretação lógica, será apresentado na seção a seguir.

2.6.1 Relações aalgébricas entre QUPC e o reticulado da LPA2v.

Conforme Da Silva Filho, Abe e Lambert – Torres (2008), para uma melhor representação de uma anotação na LPA2v, e para se encontrar uma metodologia de interpretação no seu reticulado representativo τ que permita a utilização da Lógica Paraconsistente no tratamento de incertezas, são feitas algumas transformações lineares, conforme exposto a seguir. Inicialmente adota-se um sistema de coordenadas cartesianas para o plano, e assim as anotações de uma dada proposição serão representadas por pontos do plano. Denomina-se de Quadrado Unitário no Plano Cartesiano (QUPC) o reticulado τ com o sistema de coordenadas

como proposto na Figura 4.

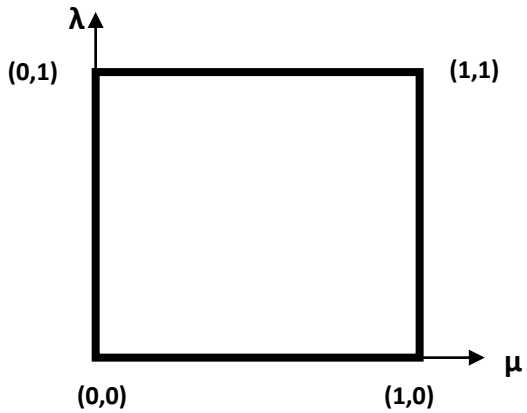


Figura 4- Quadrado unitário no plano cartesiano (QUPC).
Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert – Torres (2008), no QUPC os valores do grau de evidência favorável μ ficam expostos no eixo **x**, e os valores do grau de evidência desfavorável λ no eixo **y**. Para cada sistema de coordenadas adotado as anotações (Grau de Evidência favorável μ, Grau de Evidência desfavorável λ) μd_e são identificadas τ com diferentes pontos no plano.

Conforme definição de Da Silva Filho, Abe e Lambert – Torres (2008), assim, associa-se **T** a (1, 1), ⊥ a (0, 0), **F** a (0, 1) e **V** a (1, 0). Certa anotação (μ, λ) pode ser identificada com o ponto do plano em outro sistema. Como um sistema de coordenadas pode ser fixado para τ definimos então transformações entre QUPC, que será o reticulado τ munido de outro sistema de coordenadas que se denomina de $\mathcal{L}$. Do mesmo modo como foi feito no QUPC, neste reticulado $\mathcal{L}$ podemos associar **T** a (0, 1), ⊥ a (0, -1) , **F** a (-1, 0) e **V** a (1, 0). Desse modo, o reticulado pretendido $\mathcal{L}$ será munido do seguinte sistema de coordenadas, tal como na Figura 4.

Da Silva Filho, Abe e Lambert – Torres (2008) continuam explicando que para cada sistema de coordenadas adotado, são apresentadas as anotações (μ, λ) de τ são agora identificadas com diferentes pontos no plano. Pode-se então considerar mais um sistema de coordenadas que pode ser fixado para τ.

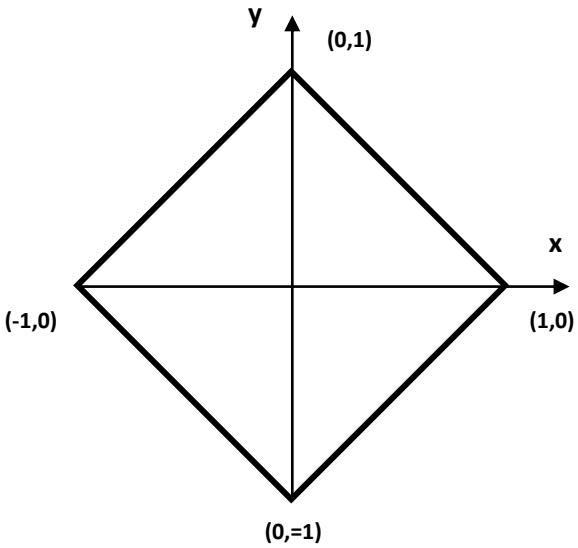


Figura 5- Reticulado pretendido $\mathcal{L}$.

Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

Na figura a cima é realizada as transformações entre QUPC e $\mathcal{L}$. Dessa forma, $\mathcal{L}$ pode se obtido a partir de QUPC através de três fases: mudança de escala, mudança de rotação e mudança de translação, conforme descritas a seguir:

a) Aumento de escala de $\sqrt{2}$, conforme a Figura 6

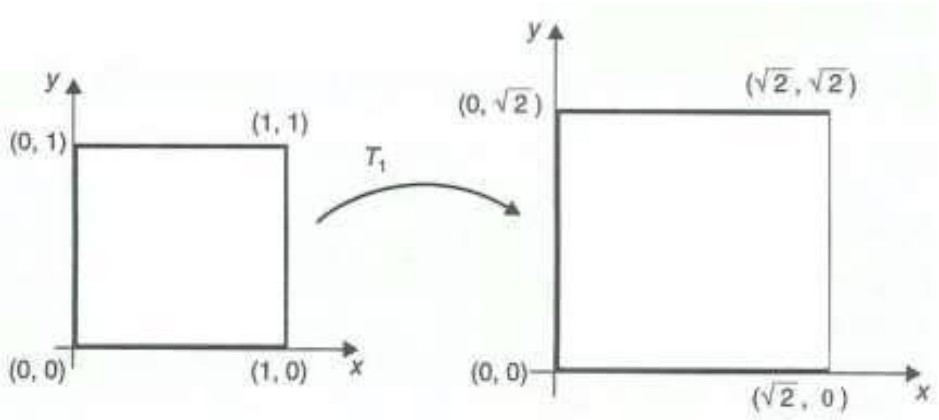


Figura 6- Aumento de escala do QUPC de $\sqrt{2}$.

Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

O aumento da escala na Figura 6 é dado pela transformação linear:

$$T_1\,(x,y) = (\sqrt{2x},\sqrt{2y}) \text{ cuja matriz é: } \begin{bmatrix} \sqrt{2} & 0 \\ 0 & \sqrt{2} \end{bmatrix}$$

b) Rotação de 45º em relação à origem, conforme a Figura 7.

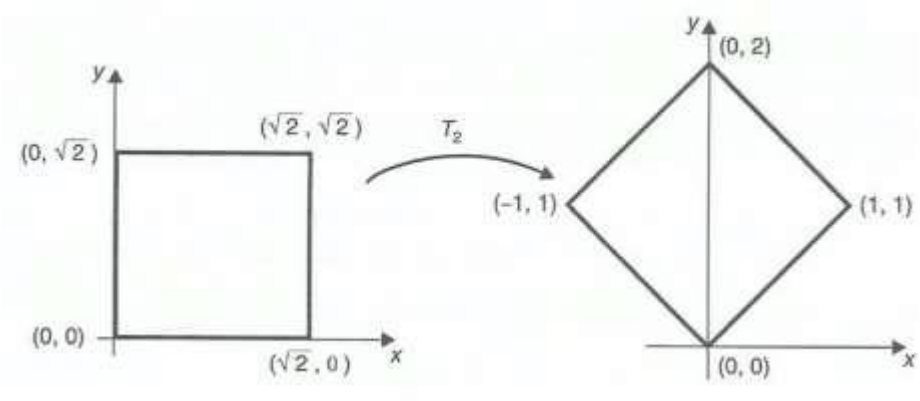


Figura 7-Rotação de 45º em relação à origem.
Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

Na Figura 7 mostra a rotação em relação à origem é dada pela transformação linear:

$$T_2(x,y) = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}x - \frac{\sqrt{2}}{2}y,\ \frac{\sqrt{2}}{2}x + \frac{\sqrt{2}}{2}y\right) \text{ cuja matriz é: } \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix}$$

c) Translação dada pela transformação, conforme a Figura 8.

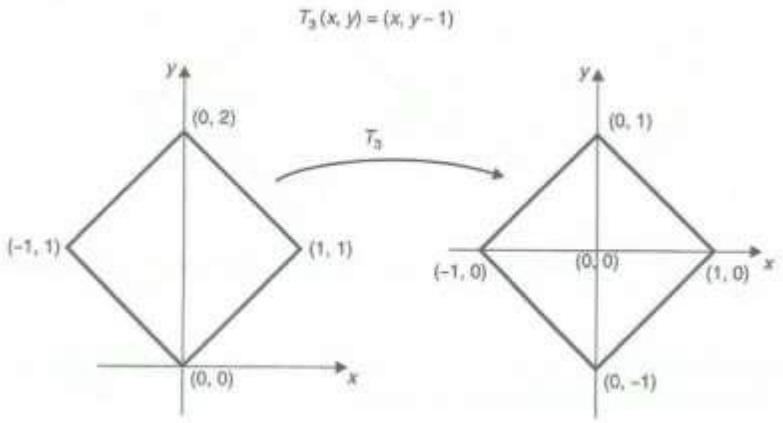


Figura 8-Translação de valores entre QUPC e reticulado da LPA2v.
Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

A Figura 8 mostra a composição $T_3 \theta T_2 \theta T_1$ obtém-se a transformação representada pela equação 14.

Equação 14- Cálculo para obter a transformação representada na figura 14.

$$T_3\,(x_3, y_3) = (x - y,\, x + y - 1) \qquad (14)$$

Considere-se que uma fórmula proposicional *P* esteja acompanhada de uma anotação composta por dois graus de evidência onde denominamos de Sinal Lógico Paraconsistente a representação:

$$\boldsymbol{P_{(\mu,\,\lambda)}}$$

Onde:

***P* =** Proposição a ser analisada

(μ, λ) = Anotação relacionada à Proposição *P*.

μ = Grau de Evidência favorável à proposição *P* cujo valor está contido no intervalo fechado (0,1) pertencente ao conjunto dos números Reais.

λ = Grau de Evidência desfavorável à proposição *P* cujo valor está contido no intervalo fechado (0,1) pertencente ao conjunto dos números Reais.

De acordo com Da silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), para uma melhor representação de uma anotação na LPA2v e se encontrar uma metodologia de interpretação no seu reticulado representativo τ que permita a utilização da lógica paraconsistente no tratamento de incertezas, são feitas algumas interpretações algébricas. Nos estudos que envolvem um Quadrado Unitário no Plano Cartesiano QUPC e o Reticulado representativo da LPA2v, definidos por Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), considerações feitas no Reticulado associado à LPA2v permitem que, através dos valores dos graus de evidência que compõem a anotação e originados de agentes de informação distintos, sejam determinados com o auxilio da transformação apresentada na equação 14 o graus de certeza (G_C) e grau de contradição (G_{ct}). Estes graus ficam expostos nos eixos horizontais e vertical, respectivamente, em um reticulado associado à LPA2v. O método interpretativo apresentado demonstra que os valores de G_C e G_{ct} podem ser calculados pelas equações 15 e 16.

Equação 15- Cálculo para determinar o grau de certeza Gc

$$G_C = \mu - \lambda \quad (15)$$

Equação 16- Cálculo para determinar o grau de incerteza Gct

$$G_{ct} = \mu + \lambda - 1 \quad (16)$$

Verificam-se pelas equações 15 e 16 que G_C e G_{CT} são dependentes dos graus de evidência μ e λ que compõem a anotação e, assim estão relacionados no reticulado da LPA2v, a infinitos estados lógicos paraconsistentes atribuídos à proposição *P*, os quais, por sua vez, estão contidos nas regiões internas do reticulado. Como o estado Lógico Paraconsistente ε_T pode estar situado em qualquer ponto do reticulado de valores k, então um valor do grau de certeza real (G_{CR}) projetado no eixo horizontal é obtido, conforme as condições mostradas nas equações 17 e 18 a seguir.

Equação 17- Cálculo para determinar o grau de certeza real Gcr para Gc > 0

$$G_{CR} = 1 - \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + G_{ct}^{\,2}} \quad \text{para} \quad G_C > 0 \quad (17)$$

Equação 18- Cálculo para determinar o grau de certeza real Gcr para Gc < 0

$$G_{CR} = \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + G_{ct}^{\,2}} - 1 \quad \text{para} \quad G_C < 0 \quad (18)$$

Se $G_C = 0$, então o estado Lógico é Indefinido com $G_{CR} = 0$,

A Figura 9 apresenta o reticulado associado à LPA2v com valores de G_C, G_{ct} compondo estados lógicos paraconsistentes ε_T. Também e mostrado no reticulado os valores de Gcr (para Gc > 0 e para Gc < 0).

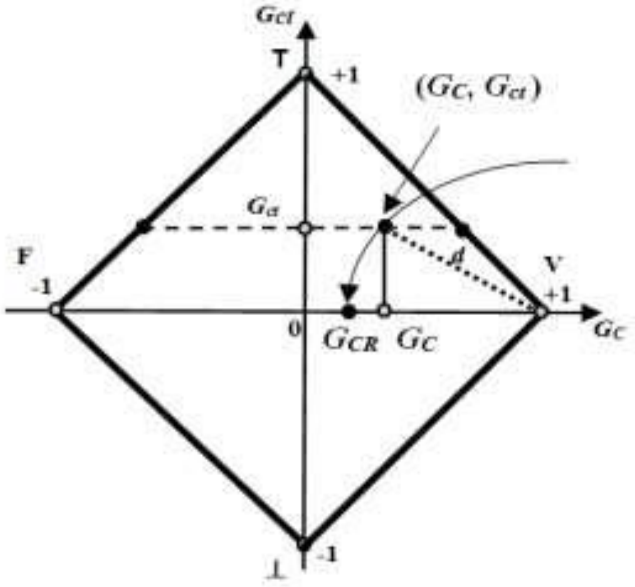


Figura 9-Determinação do grau de certeza de valor resultante real (GCR) no reticulado da LPA2v quando GC<0.

Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

2.6.2 A extração dos efeitos das contradições

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), o tratamento das incertezas para obtenção do grau de certeza real visando à tomada de decisão recebe como entradas valores em intervalos de 0 e 1 pertencente ao conjunto de números reais e, esses dois valores vêm de duas ou mais fontes de informação que procuram evidências a favor e contrárias a respeito da mesma proposição *P*. Ao realizar a análise, as incertezas são tratadas de acordo com a fundamentação da LPA2v obtendo-se um único resultado para a tomada de decisão. Essa tomada de decisão pode ser efetuada no momento em que as contradições são eliminadas, conforme a representação na Figura 10 de um sistema típico para o tratamento das incertezas.

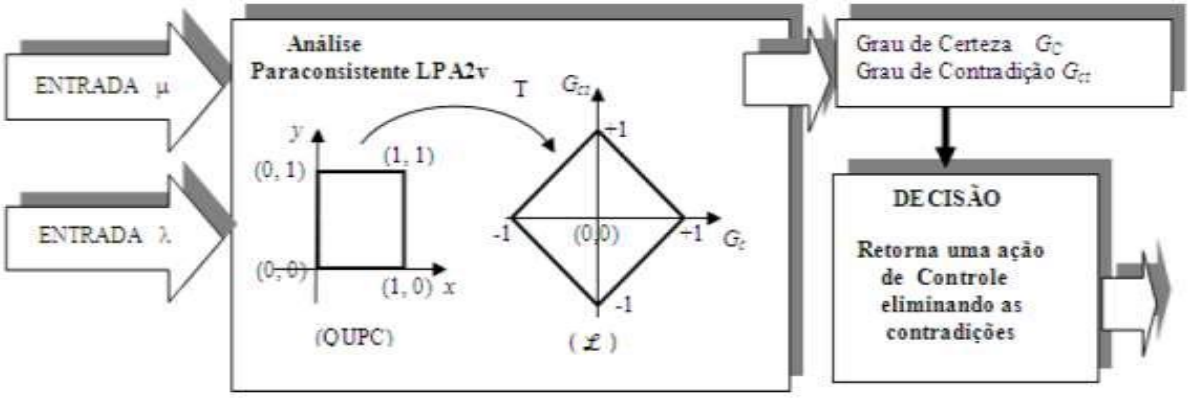


Figura 10- Sistema típico para análise paraconsistente com duas entradas.

Fonte: (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

Conforme definido por Da Silva Filho (2009), a partir das equações obtidas nas interpretações, pode então ser elaborado um algoritmo denominado de algoritmo extrator de efeitos da contradição (ParaExtr$_{ctr}$). Para análise dos dados o ParaExtr$_{ctr}$ recebe um grupo de sinais representados por graus de evidência de determinada proposição *P*, faz análise paraconsistente em seus valores aonde, gradativamente, vai extraindo os efeitos da contradição até restar como saída um único grau de evidência resultante real. A Figura 11 representa o processo ParaExtrator de extração dos efeitos da contradição com varias entradas e apenas um sinal de saída, que é o grau de evidência resultante.

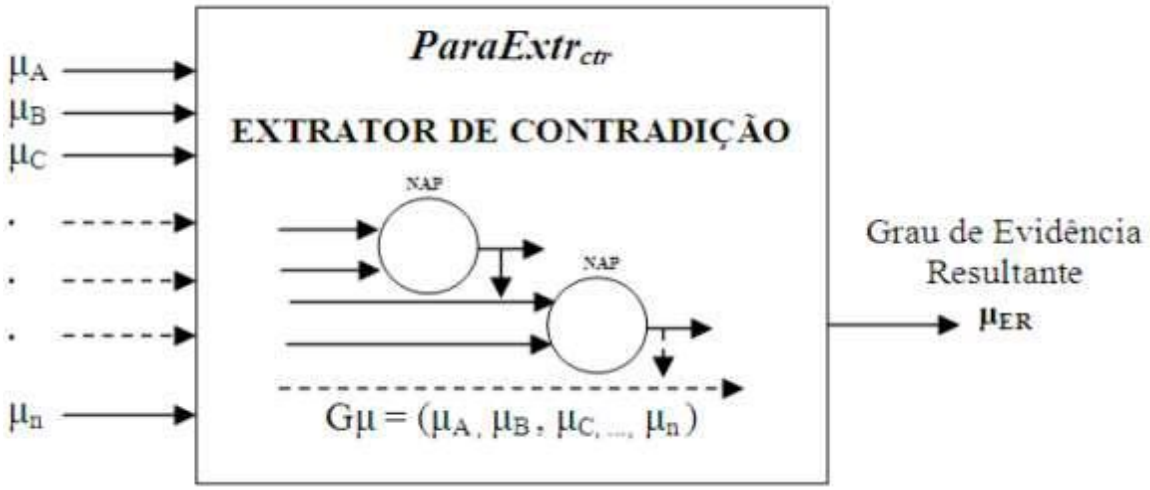


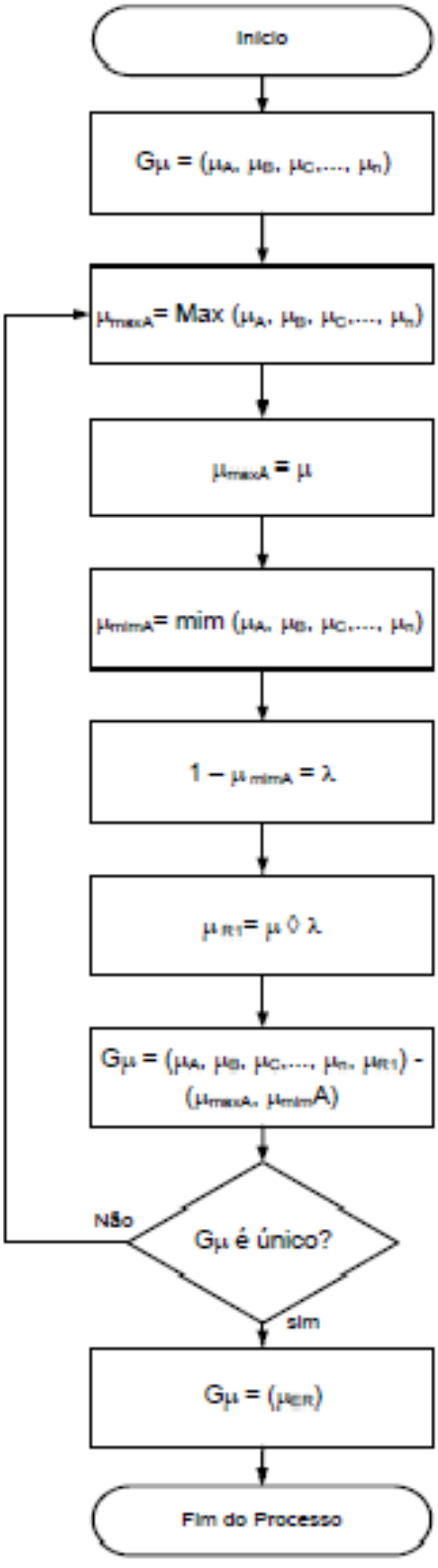
Figura 11-Símbolo do ParaExtrctr Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da contradição.

Fonte: (DA SILVA FILHO, 2009).

Conforme Da Silva Filho (2009), para a análise paraconsistente que utiliza o algoritmo ParaExtr$_{ctr}$ os sinais de informação são capturados de banco de dados incertos, onde as informações são representantes de atributos geralmente conseguidas através de respostas subjetivas que geram apenas evidências a respeito da proposição analisada. Dessa forma, as informações obtidas podem vir representadas por números resultantes de análises quantitativas expostos em tabelas, ou na forma percentual ou ainda através de programas computacionais aplicativos. Na aplicação do Algoritmo ParaExtr$_{ctr}$ o processo de captura de informações de diversas fontes de informação inicia-se pela obtenção dos graus de evidência favoráveis e desfavoráveis por meio de equações de normalização. Esses graus formarão os grupos que serão analisados por blocos de nó de análise paraconsistente (NAP) que compõem os algoritmos extratores de efeito da Contradição. Com isso, a rede de algoritmos paraconsistentes captura os dados nas fontes e extrai os efeitos das contradições até que na análise final seja obtido um único valor de grau de evidência resultante. Este será então o que representa os diversos graus aplicados como evidencias da proposição analisada.

Conforme Da Silva Filho (2009) neste processo são capturadas as informações representadas por n Graus de Evidência no algoritmo ParaExtr$_{ctr}$ que tem a sua descrição, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6-Algoritmo ParaExtrctr

1 - Início do processo.	
2 - Apresento os n valores de Graus de Evidência que compõe o grupo em estudo. */Graus de Evidência $0 \leq \mu \leq 1$ */	
3 - Selecione o maior valor entre os Graus de Evidência do grupo em estudo.	
4 - Considere o maior valor entre os Graus de Evidência do grupo em estudo em Grau de Evidência favorável.	
5 - Selecione o menor valor entre os Graus de Evidência do grupo em estudo.	
6 - Transforme menor valor em Grau de Evidência desfavorável.	
7 - Faça a análise Paraconsistente entre os valores selecionados. */ Utilização de um NAP */	
8 - Acrescente o valor obtido μ_{R1} no grupo em estudo, excluindo deste os dois valores μ_{max} e μ_{mim} selecionados anteriormente.	
9 - Retorne ao item 2 até que o Grupo em estudo tenha um único elemento resultante das análises.	
10 - Grau Resultante	

Fonte: (DA SILVA FILHO, 2009).

Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008) definem que cada Nó de Análise Paraconsistente recebe uma anotação composta por valores de graus representativos das evidências favoráveis μ e desfavoráveis λ a determinada proposição *P*. Portanto, em cada NAP se fará a análise de apenas uma única proposição, na qual, com base na LPA2v, os sinais de evidências devem ser tratados. Na Figura 12 é representado o símbolo de um NAP típico que será utilizado para formar a rede de análise no algoritmo paraconsistente extrator de contradição ParaExtr$_{ctr}$.

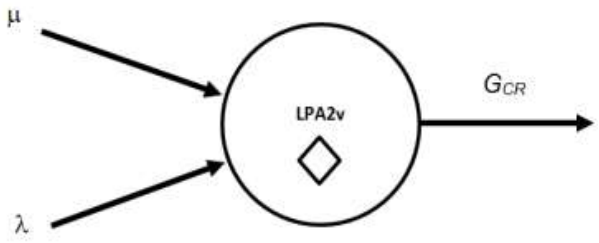


Figura 12-Símbolo do NAP - Nó de análise paraconsistente.
Fonte: (DA SILVA FILHO, 2009).

Conforme Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), na aplicação do Algoritmo ParaExtr$_{ctr}$, o processo de captura de informações de diversas fontes de informação inicia-se pela obtenção dos graus de evidência favoráveis e desfavoráveis por meio de equações de normalização. Esses graus formarão os grupos que serão analisados por blocos de NAPs que compõem os Algoritmos Extratores de efeito da Contradição.

2.7 Processo do aço na Linha de Decapagem Continua

Conforme Rizzo (2008), os metais de uma forma geral apresentam alta resistência à deformação e tenacidade, e isto os faz serem adequados a uma série de aplicações tecnológicas. Uma grande gama de metais apresenta relativa facilidade de serem processados, para se conseguir uma forma desejada com propriedades controladas e a um custo compatível com a sua utilização. Uma das formas de trabalhar os metais é através da laminação, que é um processo de

conformação no qual o material é forçado a passar entre dois cilindros, girando em sentidos opostos, com praticamente a mesma velocidade superficial e espaçados entre si a uma distância menor que o valor da dimensão inicial do material a ser deformado.

Segundo Nassar (2008), atualmente, o processo de laminação tem se mostrado de alta produtividade e obtém-se um controle dimensional do produto acabado que pode ser bastante preciso, além de permitir a geração de produtos como chapas finas de reduzida espessura e longos perfis. Em um processo de laminação pode se apresentar a frio ou a quente. A laminação a quente é usada para as operações de desbaste e a laminação a frio, para as operações de acabamento de produtos planos. No processo siderúrgico a etapa de laminação a quente tem a função de transformar a placa de aço em chapas ou tiras finas de reduzida espessura dispostas em bobina. Neste processo a superfície da tira passa por um resfriamento brusco, produzindo uma camada de óxidos na sua superfície metálica devido à reação com o oxigênio do ar, ou seja, a tira metálica sofre um resfriamento e, o ferro combina-se com o oxigênio presente no ar, criando assim uma fina camada de óxido de diferentes composições e espessuras. Para melhorar a qualidade superficial da tira metálica é necessário remover esta camada fina de óxido, para isto é usado uma ação química chamada de decapagem. Esta ação química visa à remoção desta oxidação, na forma de carepa de laminação sobre a superfície da tira metálica. O composto químico utilizado para a decapagem da tira de aço é o ácido clorídrico.

Na figura 13 é mostrado o processo de uma linha de Decapagem contínua em uma instalação siderúrgica.

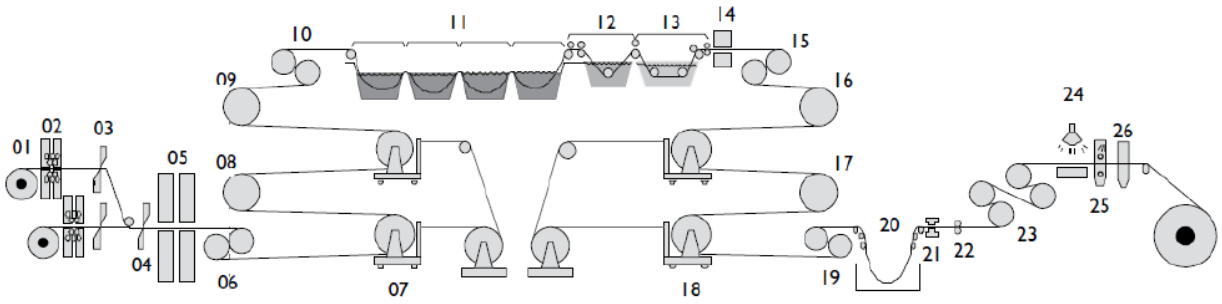


Figura 13-Figura ilustrativa das etapas de processo de decapagem contínua.

Fonte: (NASSAR ,2008)

Quadro 7-Principais etapas da decapagem continuam.

1 - Desenroladeira	**15 - Rolo Tensor 03**
2 - Rolo Posicionador da tira	**16 - Centralizador de tira 03**
3- Tesoura transversal de corte duplo	**17 - Centralizador de tira 04**
4 - Tesoura transversal de corte fino	**18 - Carro acumulador de saída**
5 - Máquina de Solda	**19 – Rolo Tensor 04**
6- Rolo Tensor 01	**20- Poço de acumulação de saída**
7 - Carro acumulador de entrada	**21- Entalhador da tira**
8 - Centralizador da tira 01	**22- Tesoura de aparamento da bordas**
9 - Centralizador de tira 02	**23- Rolo tensor 05**
10 - Rolo Tensor 02	**24- Mesa de inspeção de qualidade**
11 - Tanques de ácido clorídrico	**25- Oleadeira**
12 - Tanque de lavagem de água fria	**26- Tesoura transversal de saída**
13 - Tanque de lavagem de água quente	**27- Enroladeira**
14 - Secador de tira	

Fonte: NASSAR ,2008

De acordo com Almeida, Bagger (2010), a linha de processo de Decapagem Contínua é o primeiro estágio no setor de laminação a frio, seguido da linha de Laminador de tiras a frio, recozimento, laminador de encruamento e linha de inspeção, onde é gerado o produto final denominado de bobina a frio. Também se pode gerar produto final após a etapa da decapagem para aplicações específicas, este produto é chamado de Bobina a Quente Decapada. A montagem de uma nova linha de decapagem é muito rara, o motivo é seu elevado custo de aquisição e de instalação. No entanto, o mercado exige maior qualidade nos seus produtos finais forçando assim que as empresas invistam em novas linhas de processo e novas tecnologias. Novas tecnologias e automatização em linhas deste tipo resultam em produtos de elevado valor agregados, obedecendo aos mais rigorosos padrões de qualidade mundial.

2.8 O Grau de evidência representado pelo ííndice OEE/LPA2v

Seguindo os procedimentos de geração do Índice OEE/LPA2v utilizados na dissertação de Fonseca (2015), as variáveis que geraram o índice OEE estudado no item 2.3 que são: ID (Índice de Disponibilidade), IP (Índice de *Performance* ou Desempenho) e IQ (Índice de Qualidade) serão transformados em Graus de Evidência e tratados através da LPA2v com os NAPs em uma estrutura de Extração de efeitos da Contradição. Dessa forma, os algoritmos paraconsistentes mostrados no item anterior, terão a função de fazer a avaliação de qualidade e eficiência da produção de uma linha do processo siderúrgico denominada de Decapagem Contínua, para determinação do Índice denominado OEE/LPA2v.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta dissertação aplicaram-se as metodologias de OEE e OEE/LPA2v para obter a eficiência de equipamento em uma linha de Decapagem de tira de aço desde sua partida operacional.

3.1. O processo Decisório e a LPA2v na OEE da Decapagem

De acordo com Maximiano (2006), as organizações necessitam de um planejamento estratégico adequado como condição indispensável para que aumentem sua competitividade, em que o processo decisório deve estar embasado nas estratégias adotadas pelas empresas de forma que possam enfrentar os desafios que o mercado impõe. O processo de planejamento estratégico compreende a tomada de decisões sobre qual o padrão de comportamento que a organização pretende seguir, produtos e serviços que pretende oferecer e, mercados e clientes que pretende atingir. Ao decidir sobre processos em que se tem certeza, deduz-se que o gestor tem conhecimentos prévios das consequências ou resultados, podendo escolher a melhor proposta.

Neste contexto, como enfatizam Stephen e Coulter (1998), a situação ideal para a tomada de decisões é a de certeza, ou seja, o gestor pode tomar decisões precisas, pois o resultado de cada alternativa é conhecido. Por outro lado, quando as decisões são trabalhadas em condições de incertezas, os resultados são desconhecidos, imprecisos e gerados com grande probabilidade de erros, ficando o gestor com pouca ou nenhuma alternativa, e chamado tal condição de incerteza, dificultando assim a decisão do gestor. Muitas situações de tomada de decisão enfrentadas por gestores podem ser assim classificadas. Em condições de incerteza, a escolha das alternativas é influenciada pela quantidade de informação limitada disponível para o tomador de decisão. Com as incertezas da decisão identificadas, a garantia de que processos produtivos estão sendo conduzidos adequadamente, requer, além de treinamento adequado de toda equipe, a compreensão dos problemas e as variáveis envolvidas, obtendo-se desta forma os dados que possibilitem uma adequada tomada de decisão. Para alcançar o resultado almejado em um processo decisório devem-se considerar as ações necessárias e pontuais

para solucionar determinado problema, possibilitando desta forma a melhor escolha entre as propostas.

Segundo Abramczuk (2009), para a solução de um problema é necessário que se a considere alguns fatores que auxiliam em sua estruturação de maneira a possibilitar o alcance ao resultado desejado. Considerando-se as condições capazes de gerar certezas e incertezas, nesta dissertação emprega-se o uso da lógica paraconsistente anotada com anotação de dois valores (LPA2v) em uma análise de gestão do desempenho de uma linha de processo de decapagem contínua. Na determinação deste novo índice, denominado OEE/LPA2v são usados os mesmos valores de disponibilidade, desempenho e qualidade que normalmente se usa para determinar o índice de OEE. Verifica-se que ambos os índices possuirão amplitude tridimensional do indicador, abrangendo três diferentes características embutidas na produtividade, como visto na equação 1. Os índices considerados neste trabalho foram baseados em dados reais e iniciam-se na partida da decapagem em dezembro de 2013 até o mês de outubro de 2016. Nestas condições costumam-se fazer analises baseadas nas figuras 14(a) e 14(b) onde apresentam a relação do *Start up* (inicio de processo da linha) com o índice OEE.

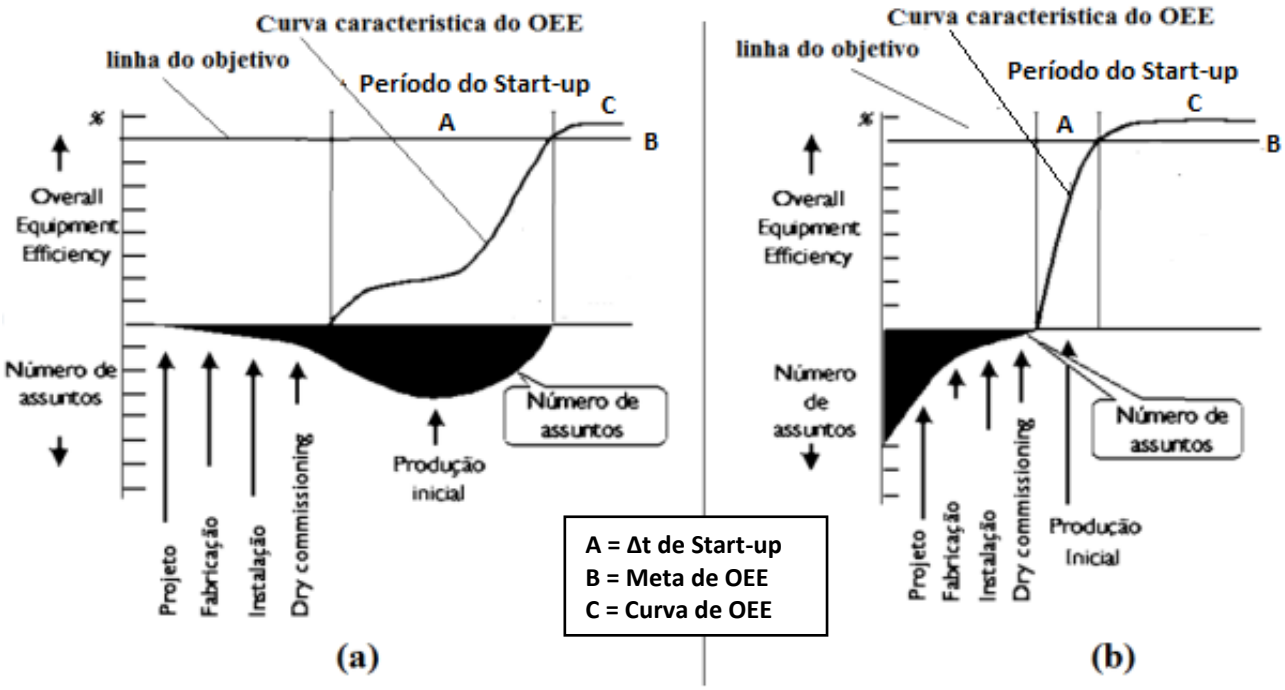


Figura 14-Curva de OEE no *startup*.

Fonte: Carlos Baroncelli – Noela Ballerio (2016)

Segundo Carlos Baroncelli – Noela Ballerio (2016), na Figura 14 (a) demonstra que quando se gasta pouco tempo em analise de projeto, pouco tempo em inspeção e pouco tempo em testes, antes da partida do equipamento, consequentemente o tempo (A) para alcançar a meta de OEE (B) será maior. Na Figura 14 (b) demonstra que quando se gasta mais tempo em analise de projeto, mais tempo em inspeção e mais tempo em testes, antes da partida do equipamento, consequentemente o tempo (A) para alcançar a meta de OEE (B) será menor. Isto gera menos custos operacionais. O objetivo a ser alcançado é sempre em uma partida de linha a obtenção da curva mostrada na figura 14 (b), cujas características mostram que é gasto mais tempo no planejamento, treinamento e estudo antes da partida do equipamento. Isto é importante para que quando a linha partir, isto é, iniciar a produção, esta possua o menor número possível de falhas e paradas tendo assim um maior OEE. Por este motivo se divide a aquisição de uma linha de produção em quatro fases, conforme mostrado na Figura 15.

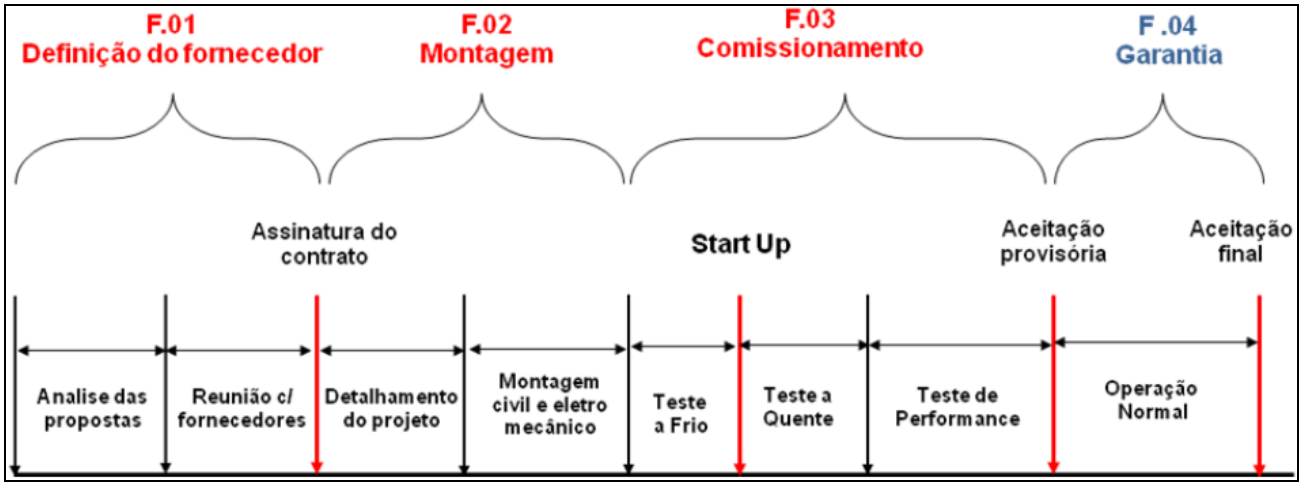


Figura 15-Fases de implantação de novas linhas de processo.

Fonte: Almeida, Bagger (2010)

Conforme Almeida, Bagger (2010), as quatro fases da Figura 15 estão descritas com detalhes a seguir:

1ª Fase - F.01 - Definição do fornecedor, após esclarecer a especificação técnica da nova linha para os proponentes esta fase se divide em duas partes, sendo a primeira a análise das propostas enviadas pelas firmas e a segunda elaboração de reuniões de esclarecimento. Esta fase é terminada com a eleição e assinatura do contrato com a firma ganhadora.

2ª Fase - F.02 – Montagem, nesta fase se inicia com reuniões por especialidade. Esta fase se característica por esclarecimentos, discussões e detalhamento do projeto técnico com a firma ganhadora. Após o projeto ter sido detalhado e esclarecido é iniciado a montagem civil, mecânico e elétrico.

3ª Fase - F.03 – Comissionamento, após a montagem se inicia o comissionamento ou testes do equipamento. Esta fase se divide em três etapas onde cada qual tem a seguinte função;

a) Teste a frio – Consiste em testar as maquinas e instrumentos do processo sem estes serem energizados ou ligados. Exemplo, testar cabeamento e ligações elétricas.
b) Teste a quente – Consiste em testar e ajustar parâmetros de funcionamento das maquinas e instrumentos do processo. Exemplo, testar e ajustar parâmetros de sequenciamento da movimentação de bobina (matéria prima e produto).
c) Teste de *performance* – Consiste em testar e verificar se o processo em funcionamento normal, se ele esta alcançando os parâmetros contratuais. Exemplo, verificar se é alcançada a velocidade máxima de processo mencionado no contrato.

Após o conseguir os valores contratual no teste de *performance* é assinado o termo de aceitação provisório da linha de processo. Na transição do teste a frio e teste a quente existe o momento de *Start up,* que significa o momento em que foi processado a primeira bobina para teste.

4ª Fase - F.04 – Garantia. Neste momento a linha está em regime de produção nominal conforme o projeto, portanto gerando produto com qualidade comercial. Neste momento se inicia o período de garantia dos equipamentos de processo.

A medição do índice de OEE é determinante para comprovar que o desempenho do equipamento comprado está conforme a especificação contratual.

3.2. Estudo de caso da Decapagem contínua

Neste estudo de caso foram coletados os dados mensais de parada de produção de uma linha contínua de Decapagem de tira de aço de uma siderúrgica, desde o seu inicio de operação em dezembro de 2013 até outubro de 2016.

Os dados mensais de parada de produção foram coletados a partir do banco de dados do sistema informatizado de produção e controle operacional da siderurgia. O sistema de gestão de paradas informatizado tratam os dados e os classifica como: tempo de paradas programadas, tempo de paradas por emergência, tempo de perda por velocidade e tempo de retrabalho por qualidade. Com esta divisão o sistema determina quais foram os tempos de disponibilidade, tempo desempenho e o tempo de qualidade. Através dos valores de tempo de parada se determinou valor da OEE e OEE/LPV2v.

3.3. Metodologia aplicada

Foram coletados os tempos e os motivos das paradas da linha de Decapagem mensalmente. Com estes dados determinaram-se os índices mensais de disponibilidade, desempenho, qualidade, OEE e OEE/LPA2v.

Como exemplo é mostrado como foi determinado os valores de ID, IP, IQ e OEE do mês de dezembro de 2013.

a) Verificar no banco de dados a totalização das horas de paradas no mês.
   - Total de horas planejada = 254,32 horas
   - Total de horas de emergências = 138,72 horas
   - Total de horas por perda de velocidade = 46,65 horas
   - Total de horas de retrabalho = 28,79 horas

b) Determinar o Tempo de Produção Planejada (TPP).

   TPP = (Dias no mês x horas diária) – ∑ Paradas Planejadas.

   744 – 254,32 = 489,68 horas

c) Determinar o Tempo de produção Bruto TPB.

   TPB= TPP – ∑ Paradas de Emergência.

   489,68 – 138,72 horas = 350,96 horas

d) Determinar o Tempo de produção real TPR.

   TPR = TPB – ∑ Perdas de Velocidade.

   350,96 horas – 46,65 horas = 304,31 horas

e) Determinar o Tempo de produção útil TPU.

TPU = TPR – A soma das horas de retrabalho.

304,31 horas – 28,79 horas = 275,52 horas

f) Determinar o índice de disponibilidade ID.

ID = TPB / TPP.

350,96 horas / 489,68 horas = 71,67 %

g) Determinar o índice de desempenho ou *Performance* IP.

IP = TPR / TPB.

304,31 horas / 350,96 horas = 86,71 %

h) Determinar o índice de qualidade IQ.

IQ = TPU / TPR.

275,52 horas / 304,31 horas = 90,54 %

i) Determinar o índice de OEE.

OEE = ID x IP x IQ

71,67% x 86,71% x 90,54% = 56,27 %

Para determinar o índice OEE/LPA2v foi utilizado dois Nó de Análise Paraconsistente (NAP). Como temos três variáveis de entrada no NAP,que são; ID,IP e IQ, e o NAP trata dois sinais de entrada por vez, se determinou que os dois sinais de entrada no NAP-1 foram o maior grau de evidência favorável μ e o maior grau de evidência desfavorável λ.

A figura 16 mostra um desenho esquemático na determinação do OEE/LPA2v.

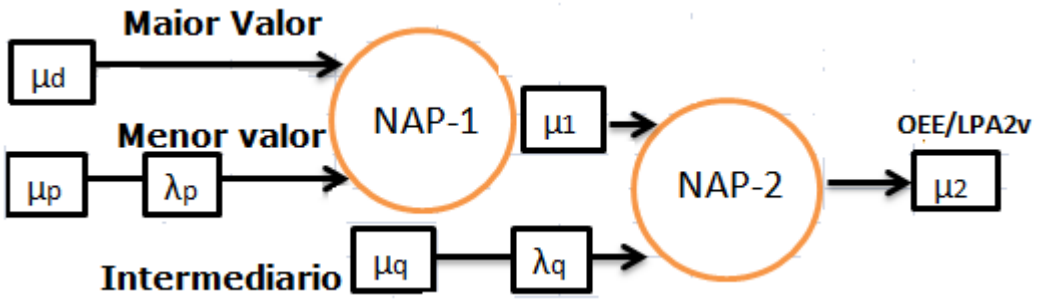


Figure 16- Utilização de NAP para determinar OEE/LPA2v.

Fonte: Fonseca (2015)

Como exemplo é mostrado abaixo como se determinou os valores de OEE/LPL2v do mês de dezembro de 2013.

A seguir é mostrado a sequencia de cálculo para a determinação do OEE/LPA2v do mês de dezembro de 2013.

1 Cálculo do NAP-1

1.1 Determina-se o GC

0,90539 – 0,28329 = 0,62210

1.2 Determina-se o Gct

(0,90539 + 0,28329)-1 = 0,18868

1.3 Determina-se o D

Raiz(((1-0,62210)²)+(0,18868²)) = 0,42238

1.4 Determina-se o Gcr

1 - 0,42238 = 0,57762

1.5 Determina-se o μer1

(0,57762+1)/2 = 0,78881

2 Cálculo do NAP-2

2.1 Determina-se o GC

0,78881– 0,13292 = 0,65589

2.2Determina-se o Gct

(0,78881– 0,13292) -1 = 0,07827

2.3Determina-se o D

Raiz(((1-0,65589)²)+(0,07827²)) = 0,35290

2.4Determina-se o Gcr do NAP-1

1-00,35290 = 0,64710

2.5Determina-se o µer1 do NAP-1

(0,64710+1)/2 = 0,82355

A Tabela 3 mostra os valores de média, maior valor, menor valor, variância e desvio padrão de cada variável encontrada.

Itens	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE	OEE/LPA2v
Maior val.	90,34%	96,00%	99,46%	84,35%	92,72%
Menor val.	57,91%	75,37%	90,54%	44,73%	73,09%
Min.-Max.	32,43%	20,63%	8,92%	39,62%	19,63%
Média	79,62%	86,40%	97,69%	67,31%	85,11%
D.Padrão	0,07	0,06	0,02	0,09	0,04
4 ultimos meses 2016	79,99%	85,65%	97,86%	67,05%	84,10%
World class	90,00%	95,00%	99,00%	84,65%	92,48%

Tabela 3- Avaliação das variáveis encontradas.

Na Tabela 3 mostra que o desvio padrão e a variância do índice da OEE/LPA2v são menores que o desvio padrão e variância do índice da OEE. Estes valores são discutidos no capitulo seguinte. Também e mostrado na Tabela 3 o valor de *World Class* utilizando a metodologia de OEE/LPA2v, que é 92,48%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das técnicas apresentadas foram determinados os valores mensais de índice de disponibilidade ID, índice de desempenho IP, índice de qualidade IQ, índice de eficiência geral de equipamento OEE e o índice geral de equipamento através do uso da lógica paraconsistente anotada de dois valores OEE/LPA2v. Os valores encontrados foram colocados em gráficos para melhor verificação dos seus comportamentos e as suas tendências.

No gráfico 1 são mostrados as curvas de tendência dos índices de disponibilidade ID, desempenho IP e qualidade IQ.

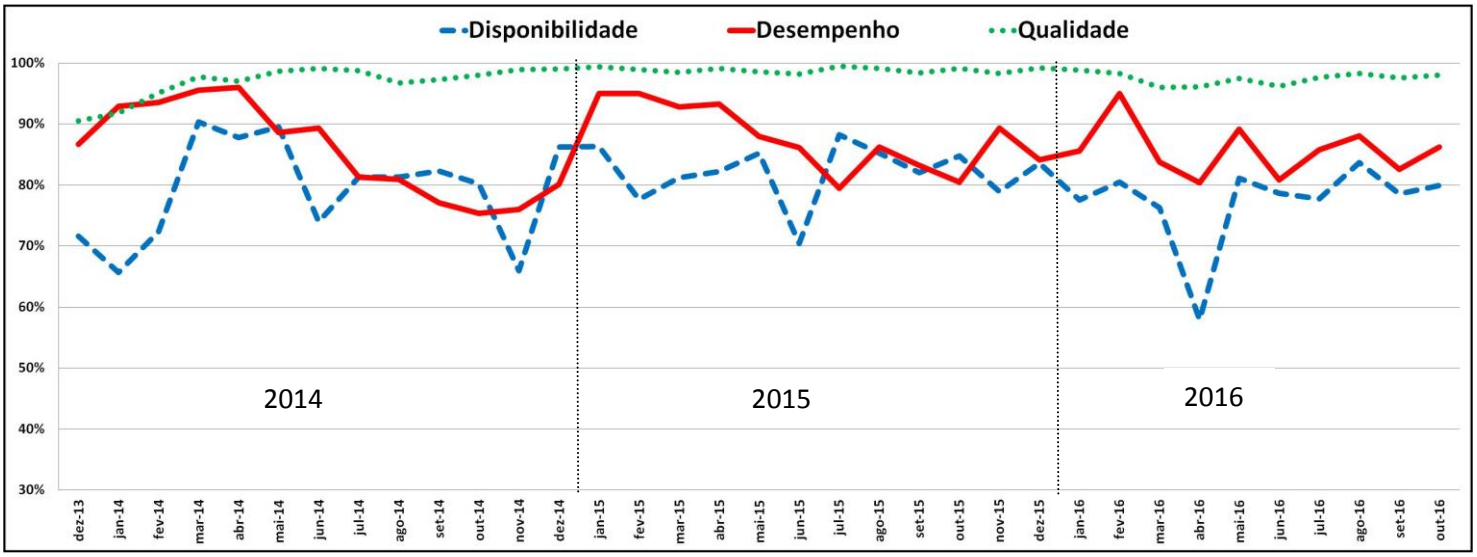


Gráfico 1- Curva de tendência dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade.

No período observado e registrado no Gráfico 1 pode-se observar que:

a) O índice de disponibilidade tem uma tendência de queda devido à baixa demanda no mercado de laminados a frio. O melhor índice de disponibilidade foi no mês de março de 2014 com um valor de 90,34% e o pior foi em abril de 2016 com um valor de 57,91% sendo assim uma variação de 32,43% e um desvio padrão de 0,07. Foi obtida uma média de 79,62% neste período de operação. Também se pode observar uma alta na média no índice nos últimos quatro meses com um valor de 79,99 % devido ao aumento da demanda.

b) O índice do desempenho tem uma tendência praticamente constante. O melhor índice de desempenho foi no mês de abril de 2014 com um valor de 90,07% e o pior foi em outubro de 2014 com o valor de 75,37% sendo assim uma variação de 20,63% e um desvio padrão de 0,06. Foi obtida uma média de 86,40% neste período de operação. Também se pode observar uma alta na média no índice nos últimos quatro meses com um valor de 86,65% devido ao aperfeiçoamento da equipe de manutenção.

c) A qualidade tem uma tendência praticamente constante. O melhor índice de desempenho foi no mês de junho de 2015 com um valor de 99,46% e o pior foi em dezembro de 2013 com o valor de 90,54% sendo assim uma variação de 8,92% e um desvio padrão de 0,02. Foi obtida uma média de 97.69% neste período de operação. Também se observa uma queda na média no índice nos últimos quatro meses com um valor de 97,87% por causa do aumento de produção de material com maior valor agregado aumentando o critério de inspeção para liberação do produto final.

d) No mês de dezembro de 2014 quando ocorreu o *startup* da linha obtiveram-se os índices de 71,67% de disponibilidade, 86,71% de desempenho e 90,54% de qualidade.

e) No período de comissionamento da linha, que se iniciou no *strat up* até o mês de abril, ao final do comissionamento foram alcançados os índices de 90,58% de disponibilidade, 75,95% de desempenho e 98,01% de qualidade.

No Gráfico número 2 são mostrados os valores dos índices e as curvas de tendência do OEE e do OEE/LPA2v.

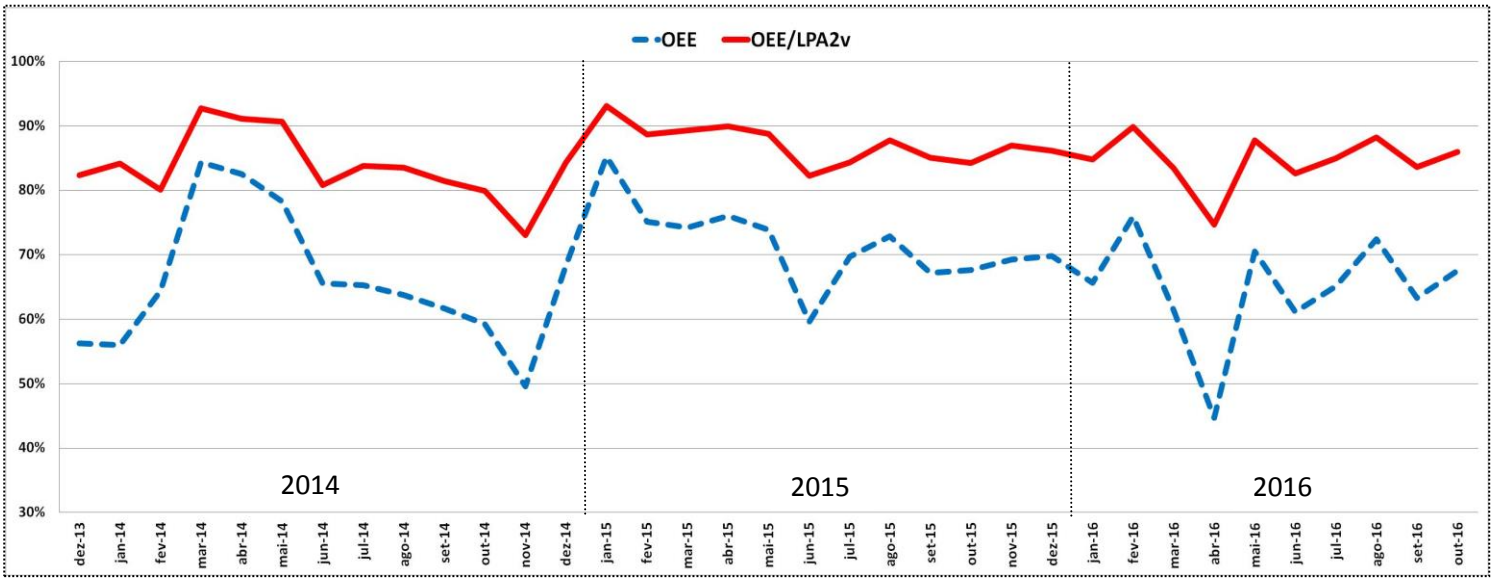


Gráfico 2- Curvas de tendência da OEE e OEE/LPA2v

No período observado e registrado no Gráfico 2 pode-se verificar que;

a) O índice de OEE tem uma tendência de queda, e o fator principal é a queda do índice de disponibilidade. O melhor índice de OEE foi observado no mês de março de 2014 com um valor de 84,35%, e o pior foi em abril de 2016 com um valor de 44,73%. Sendo assim apresentou-se uma variação de 39,62% e um desvio padrão de 0,09. Foi obtida uma média de 67,31% neste período de 35 meses de operação. Também se observa uma queda na média no índice nos últimos quatro meses com um valor de 67,05%.

b) O índice de OEE/LP2v tem uma tendência praticamente constante. O melhor índice de OEE/LPA2v foi no mês de março de 2014 com um valor de 92,72% e o pior foi em novembro de 2014 com um valor de 73,09%. Sendo assim apresentou-se uma variação de 19,63% e um desvio padrão de 0,04. Foi obtida uma média de 85,11% neste período de 35 meses de operação. Também se pode observar uma queda na média do índice nos últimos quatro meses com um valor de 84,10%.

c) No mês de dezembro de 2014 quando ocorreu o startup da linha obtiveram-se os índices de 56,27% de OEE e 82,36% de OEE/LPA2v. O valor de índice de OEE objetivado no *start up* da linha de processo foi de 60 %.

d) No período de comissionamento da linha que se iniciou no *strat up* até o mês de março, ao final do comissionamento alcançaram-se os índices de 84,35% de OEE e 92,72% de OEE/LPA2v.

Observa-se que o índice de OEE/LPA2v apresentou uma menor variação, um menor desvio padrão e um valor maior da média do índice de OEE. No período de comissionamento da linha foi alcançado o índice de *World Class* da metodologia da OEE/LPA2v.

5. CONCLUSÕES

Nesta dissertação foi apresentada uma aplicação da Lógica Paraconsistente em conjunto com as técnicas que utilizam o índice Eficiência Global de Equipamento definida com a sigla OEE (Overall Equipment Effectiveness). Este índice tem certa importância nas aplicações industriais onde os gestores o utilizam para analisar os tempos não produtivos da linha de processo, que são; tempo de paradas programadas, tempo de paradas de emergência, tempo por perda de velocidade e tempo de reprocesso por falta de qualidade. Com estes valores é determinado os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade e, com estes índices se determina o índice de OEE que, norteia as tomadas de decisão. Nesta pesquisa procurou-se investigar novas formas de análises destas variáveis que possam agregar valores ao índice. Para isto foram utilizados os fundamentos da Lógica Paraconsistente anotada que, é uma lógica não clássica capaz de tratar sinais contraditórios. Com base nos fundamentos do Índice OEE e na fundamentação da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores LPA2v utilizou-se outro índice de Eficiência Global de Equipamento OEE/LPA2v que apresentou maior robustez nas análises e aumentando assim o grau de confiabilidade nas decisões. Para demonstrar a aplicabilidade do índice OEE/LPA2v, que agrega as duas formalizações, a técnica foi aplicada em um banco de dados secundário obtidos de uma linha de produção de decapagem contínua de uma siderúrgica. Os resultados demonstraram que a aplicação é vantajosa devido à possibilidade de outras interpretações disponibilizada pela LPA2v que, de certo modo, ficavam encobertas utilizando-se apenas o OEE. Uma das características mais importantes que apresentou o índice OEE/LPA2v, é a sua menor variabilidade em relação ao OEE o que levará a decisões mais assertivas. Através dos resultados apresentados neste trabalho, pode-se afirmar que a técnica utilizando o Índice OEE/LPA2v se constitui em boa alternativa para este tipo de análise que envolve gestão de desempenho de equipamento industrial de grande e médio porte. Os resultados alcançados mostram que novas aplicações do índice OEE/LPA2v serão temas de trabalhos futuros o que o fará ser um índice bastante útil e solidificado como referencia nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMCZUK, A. A. A Prática da tomada de decisão. São Paulo: Atlas, 2009.

ALMEIDA, V.C., Pacheco, M.T., Filho, J.I.S.: Implantação de linha de produção de grande porte: Caso estudado para projeto de uma linha de Decapagem, 2015.

ALMEIDA, V.C., BAGGER, K.K. Nova Decapagem da Usiminas Cubatão. In: Seminário de laminação – Processos e produtos laminados e revestidos, 47, 2010, Belo Horizonte. Minas Gerais, ABM, 2010. São Paulo: ABM, 2010.

ANDRITZ METALS. Technical Specification for Nº3 Continuous Pickling Line for USIMINAS. Junho, 2009.

AURÉLIO. O minidicionário da língua portuguesa. 4 Edição. Editora Nova Fronteira. 2002.

BARIANI, L.; DEL'ARCO JÚNIOR, A. P. Utilização da tecnologia da informação por grupos integrados de manufatura para o controle de indicadores de produção enxuta. Revista de Ciências Humanas, Taubaté, v.12, n.1, p. 67-79, jan./jun, 2006. Disponível em: http://site.unitau.br/scripts/prppg/humanas/download/Humanas%202006%201/Pdf/_6%B A%20art.pdf. Acesso em 01 de agosto de 2016.

Baroncelli C.; Ballerio N. WCOM-WORLD CLASS OPERATIONS MANAGEMENT-Ed. Springer, 2014

BARROS, C. D. C. Excelência em serviços, uma questão de sobrevivência no mercado. Rio de Janeiro. Editora: Qualitymark, 1999

BARROS, E.; BONAFINI, F. Ferramentas da qualidade. São Paulo. Pearson Education do Brasil, 2014.

BRAVO, I. Gestão da qualidade em tempos de mudança. Editora Alínea. Campinas, 2003

BUSSO, C. M. Aplicação do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) e suas derivações como indicador de desempenho global da utilização da capacidade de produção. Dissertação de Mestrado à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de Mestre em Engenharia. 2012. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-16072013-115859/pt-br.php. Acesso em 30 de julho de 2016.

CAMPOS, A. J. C. A Gestão da cadeia de suprimentos. Curitiba: IESDE Brasil S.A. 2010.

CARDOSO, C. OEE na prática - Gestão da produção com o índice OEE. 1ª Edição, Ebook. 2013. Disponível em: www.kitemes.com.br. Acesso em: 22 de Julho de 2016.
CARVALHO, M. C.; PALADINI, E. P. (coordenadores). Gestão da qualidade. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Elsevier. 2012.

Faria C. Historia da qualidade moderna. http://www.infoescola.com/administracao_/historia-da-qualidade/. Acesso em 24 de março de 2016.

CHIAVENATO, I. Gestão da produção: Uma abordagem introdutória. 3ª Edição - Barueri, SP. Manole. 2014.

CHILE, R. P.; POMPEU, A. L. S.; ELIAS, S. J. B.; FRANCA, V. V. Aplicação da teoria das restrições e o indicador TEEP para o aumento da produtividade em uma indústria de refrigerantes. ANAIS DO XVII SIMPEP - 2010. Área: Gestão da Produção. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais.php. Data de Acesso: 14 de julho de 2016.

CORSO, K. B.; RAIMUNDINI, S. L.; GRANADO, F. O.; JANISSEK-MUNIZ, R. Aplicação de inteligência estratégica antecipava e coletiva: Inovando a tomada de

decisão estratégica a partir da aprendizagem e criação de sentido. REGE 2014. Disponível em: http://www.regeusp.com.br/arquivos/2014.2.3.pdf. Acesso: 18 de agosto de 2016.

DA COSTA, N. C. A.; ABE, J. M. and V.S. Subrahmanian, Remarks on annotated logic, Zeitschrift f. math. Logik und Grundlagen d. Math. 37, Vol.37, pp 561-570, 1991.

DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M.; LAMBERT-TORRES, G. L. Inteligência artificial com as redes de análises paraconsistentes: Teoria e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

DA SILVA FILHO, J.I. Algoritmo paraconsistente extrator de efeitos da contradição - ParaExtrctr. Revista Seleção Documental/Grupo de Lógica Paraconssitente Aplicada (GLPA). N. 15 Ano 4 (21-25)p.p. Ed. Paralogike – Santos – SPS Brasil. 2009.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da administração da produção. Porto Alegre. Bookman, 2001.

FERREIRA FILHO, A. ; BIELSKIS, M. F.. Tiras de aço laminadas a frio com o uso de nitrogênio líquido. São Paulo,São Paulo-BR,ABM. 2008.

FERREIRA, J. E.; JÚNIOR, L. S.; SANTOS, L. P.; NETTO, A. C. Núcleo básico: Segurança e qualidade. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. (Coleção Técnica Interativa. Série Núcleo Básico, v. 5). Disponível em: <http://www.etecjosedagnoni.com.br/downloads/Nucleobasico/VOL.5-SEGURANCA_E_QUALIDADE.pdf>. Data de acesso: 14 de agosto de 2016.

FONSECA, E.S.: Proposta de Indicador da Qualidade Construído com a Lógica Paraconsistente Anotada a partir do Índice de Eficiência Global. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2015.

FONSECA, E. S.; TAVARES, F. G.; DA SILVA FILHO, J. I. Análise e otimização de um processo avaliativo utilizando lógica paraconsistente anotada com anotação de dois valores. Seleção Documental - GLPA N.38. Ano 10. Ed. Paralogike - Santos – SP Brasil. 2016.

FUENTES, F. F. E. Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88894/232836.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y. Acesso em 01 de agosto de 2016.

GINZBURG V.B.. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels, New York, Marcel Dekker. ISBN 0-8247-5847-1, 2005

GOMES, L. F.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão gerencial: Um enfoque multicritério. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GONTIJO, A. C.; MAIA, C. S. C. Tomada de decisão, do modelo racional ao comportamental: Uma síntese teórica. REGE 2004. Disponível em: http://www.regeusp.com.br/arquivos/v11n4art2.pdf. Acesso: 18 de agosto de 2016.

HANSEN, R.C. Eficácia global dos equipamentos. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

JESS, G. M. Inteligência artificial e tecnologias da inteligência - Um repensar segundo os processos de elaboração matemática. Dissertação de Mestrado apresentado à Universidade Federal do Paraná para obtenção do título de Mestre em Educação. 2004. Disponível em: http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/32969/R%20-%20D%20- %20GIL%20MARCOS%20JESS.pdf?sequence=1. Acesso em 1º de agosto de 2016.

JUNIOR; A. R.; BONELLI, V. V. Gestão da qualidade e do meio ambiente: Enfoque econômico, financeiro e patrimonial. Editora: Atlas. São Paulo. 2006

KEMP, M. Leonardo da Vinci. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2005.

LONGO; R. M. J. Gestão da qualidade: Evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 1996. Disponível em: <http://desafios2.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0397.pdf>. Acesso em 14 de agosto de 2016.

MAGALHÃES, M.; MARCONATO, E.A.; DA SILVA, M.R.S. Novo Laminador de Tiras a Quente da Usiminas Cubatão. XXXIII Seminário Interno de Laminação Usiminas. Cubatão, 2010.

MAXIMIANO, A. C. A. Introdução à administração. 5ª Ed. revista e ampliada. São Paulo: Atlas, 2000.

MAXIMIANO, A. C. A. Teoria geral da administração. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MELLO; C. H. P. (Consultor Técnico). Gestão da qualidade. Pearson Education do Brasil - São Paulo. 2011 apud Rose Longo, 1996

MICHAELIS UOL. Dicionário de Português Online. Disponível em: http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portuguesportugues& palavra=l%F3gica. Acesso em 18 de julho de 2015.

NASSAR, M.G.V. Modelagem de um sistema supervisório aplicado a um sistema de automação balanceada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica em Andamento) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2008

NASSAR M. G. V., Garcia J. I, Miyagi P. E. . Modelagem e Análise de uma Linha de Decapagem através de Rede de Petri. Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.5, n.1, p. 22-27, jul.-set. 2008

NAKAJIMA, S. An introduction to TPM. Productiv-ity Press. Portland: OR, 1988.

PATTA, M.; COLARES e SILVA, D. C. Informática - Algoritmos. e-Tec Brasil/CEMF/Unimontes. Escola Técnica Aberta do Brasil. Montes Claros - MG. Unimontes. 2011.

OEE.COM.BR.http://www.oee.com.br/formula-oee/. Acesso em 25 de maio de 2016.

PEREIRA, F. G. G; Tadeu ROBLES, L. T.; CUTRIM, S. S. A ferramenta Overall Equipment Effectiviness (OEE) na gestão de produtividade de máquinas de pátio: Estudo de caso no terminal portuário ponta da Madeira (TPPM). XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_009_21989.pdf. Data de Acesso: 14 de julho de 2016

PIVA Jr, D.; NAKAMITI, G.; ENGELBRECHT, A. M.; BIANCHI, F. Algoritmo e programação de computadores. Rio de Janeiro. Elsevier Editora Ltda. 2012.

POSSAMAI, R. J. A implantação da metodologia TPM num equipamento piloto na Adria alimentos do Brasil Ltda. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade Profissionalizante – Ênfase Gerência da Produção Porto Alegre, 2002. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3115/000382293.pdf. Acesso em 31 de julho de 2016.

Pochmann M. Crise financeira mundial, impactos sociais no mercado de trabalho. http://www2.anfip.org.br/publicacoes/livros/includes/livros/arqs-pdfs/crise_financeira_mundial.pdf. Acesso em 17 de março de 2016.

RAPOSO, C. F. C. Overall Equipment Effectiveness - Aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_855_17585.pdf. Data de Acesso: 14 de julho de 2016.

RIZZO E. M. S.- NT Laminação - Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico: 2008. Brasília: Centro de Gestão Estudos Estratégicos, Estra 2008.

SAMOHYL, R. W. Controle estatístico de qualidade. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda. 2009.

SANT'ANA, A. S. O que é um axioma. Barueri, SP. Ed. Manole. 2003.

SANTOS SILVA, L. D.; RESENDE, A. A. Manutenção produtiva total (TPM) como ferramenta para melhoria da eficiência global de equipamento (OEE). XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_011_22509.pdf.
Data de Acesso: 14 de julho de 2016.

STEPHEN P. R.; COULTER, M. Administração. 5ª Edição. Prentice-Hall do Brasil. 1998.

TAVARES, F. G. Análise comparativa para determinar a resistência mecânica à flexão de materiais cerâmicos utilizando distribuição de Weibull e lógica paraconsistente anotada dois valores. Dissertação de Mestrado apresentado à Universidade Santa Cecília (UNISANTA) para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. 2015. Disponível em: <http://sites.unisanta.br/ppgmec/dissertacoes/Dissertacao_Fernando.pdf>. Acesso em 15 de agosto de 2016.

UNISANTA. Manual de elaboração de teses e dissertações – Programa de Pós em Engenharia Mecânica da Unisanta. Disponível em: http://sites.unisanta.br/ppgmec/manual_teses_dissertacoes_ppgmec.pdf. Acesso em 17 de abril de 2016.

APÊNDICE 1 – Tabela com o memorial de cálculo da OEE/LPA2v

Data		Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	NAP-1					NAP-2				
					Gc	Gct	D	Gcr	µer1	Gc	Gct	D	Gcr	µer2
dez-13	µd	0,71671	0,86708	0,90539	0,62210	0,18868	0,42238	0,57762	0,78881	0,65589	(0,07827)	0,35290	0,64710	0,82355
	λd	0,28329	0,13292	0,09461										
jan-14	µd	0,65681	0,92883	0,91832	0,57514	FALSO	0,42486	0,57514	0,78757	0,71640	(0,14127)	0,31683	0,68317	0,84158
	λd	0,34319	0,07117	0,08168										
fev-14	µd	0,72376	0,93575	0,95127	0,88702	0,01552	0,11404	0,88596	0,94298	0,66674	0,21922	0,39890	0,60110	0,80055
	λd	0,27624	0,06425	0,04873										
mar-14	µd	0,90340	0,95534	0,97730	0,93264	0,02196	0,07085	0,92915	0,96458	0,86797	0,06118	0,14551	0,85449	0,92724
	λd	0,09660	0,04466	0,02270										
abr-14	µd	0,87748	0,96000	0,96977	0,92977	0,00977	0,07091	0,92909	0,96455	0,84202	0,08707	0,18038	0,81962	0,90981
	λd	0,12252	0,04000	0,03023										
mai-14	µd	0,89567	0,88641	0,98629	0,87270	0,09988	0,16181	0,83819	0,91910	0,81476	0,02343	0,18671	0,81329	0,90664
	λd	0,10433	0,11359	0,01371										
jun-14	µd	0,73996	0,89360	0,99125	0,88485	0,09764	0,15097	0,84903	0,92451	0,66447	0,18456	0,38294	0,61706	0,80853
	λd	0,26004	0,10640	0,00875										
jul-14	µd	0,81335	0,81280	0,98789	0,80124	0,17454	0,26452	0,73548	0,86774	0,68054	0,05494	0,32415	0,67585	0,83793
	λd	0,18665	0,18720	0,01211										
ago-14	µd	0,81340	0,80972	0,96754	0,78094	0,15414	0,26785	0,73215	0,86607	0,67580	0,05635	0,32906	0,67094	0,83547
	λd	0,18660	0,19028	0,03246										
set-14	µd	0,82296	0,77061	0,97261	0,79556	0,14965	0,25336	0,74664	0,87332	0,64393	0,10271	0,37059	0,62941	0,81471
	λd	0,17704	0,22939	0,02739										
out-14	µd	0,80174	0,75365	0,97985	0,78159	0,17810	0,28182	0,71818	0,85909	0,61274	0,10543	0,40135	0,59865	0,79932
	λd	0,19826	0,24635	0,02015										
nov-14	µd	0,65953	0,75981	0,98889	0,74870	0,22908	0,34004	0,65996	0,82998	0,48951	0,17045	0,53819	0,46181	0,73090
	λd	0,34047	0,24019	0,01111										
dez-14	µd	0,86227	0,80075	0,99007	0,85234	0,12781	0,19529	0,80471	0,90235	0,70310	0,10161	0,31380	0,68620	0,84310
	λd	0,13773	0,19925	0,00993										
jan-15	µd	0,86316	0,95000	0,99403	0,85719	0,13086	0,19370	0,80630	0,90315	0,85315	(0,04685)	0,15414	0,84586	0,92293
	λd	0,13684	0,05000	0,00597										
fev-15	µd	0,77615	0,95000	0,98921	0,76536	0,21307	0,31694	0,68306	0,84153	0,79153	(0,10847)	0,23500	0,76500	0,88250
	λd	0,22385	0,05000	0,01079										
mar-15	µd	0,81251	0,92792	0,98444	0,79694	0,17193	0,26607	0,73393	0,86697	0,79489	(0,06096)	0,21398	0,78602	0,89301
	λd	0,18749	0,07208	0,01556										
abr-15	µd	0,82260	0,93240	0,99078	0,81339	0,16818	0,25122	0,74878	0,87439	0,80680	(0,05801)	0,20173	0,79827	0,89914
	λd	0,17740	0,06760	0,00922										
mai-15	µd	0,85222	0,88001	0,98522	0,83744	0,13301	0,21004	0,78996	0,89498	0,77499	0,01497	0,22551	0,77449	0,88725
	λd	0,14778	0,11999	0,01478										
jun-15	µd	0,70486	0,86134	0,98197	0,68683	0,27711	0,41817	0,58183	0,79091	0,65225	(0,07042)	0,35481	0,64519	0,82260
	λd	0,29514	0,13866	0,01803										
jul-15	µd	0,88218	0,79446	0,99458	0,87676	0,11240	0,16680	0,83320	0,91660	0,71106	0,12214	0,31370	0,68630	0,84315
	λd	0,11782	0,20554	0,00542										
ago-15	µd	0,85247	0,86245	0,99067	0,84314	0,13820	0,20906	0,79094	0,89547	0,75792	0,03303	0,24432	0,75568	0,87784
	λd	0,14753	0,13755	0,00933										
set-15	µd	0,82078	0,83210	0,98339	0,80418	0,16261	0,25454	0,74546	0,87273	0,70483	0,04063	0,29795	0,70205	0,85102
	λd	0,17922	0,16790	0,01661										
out-15	µd	0,84793	0,80471	0,99072	0,83865	0,14279	0,21545	0,78455	0,89227	0,69698	0,08756	0,31541	0,68459	0,84229
	λd	0,15207	0,19529	0,00928										
nov-15	µd	0,78893	0,89330	0,98327	0,77221	0,19434	0,29943	0,70057	0,85028	0,74359	(0,04302)	0,25999	0,74001	0,87000
	λd	0,21107	0,10670	0,01673										
dez-15	µd	0,83604	0,84156	0,99218	0,82822	0,15614	0,23214	0,76786	0,88393	0,72549	0,04236	0,27776	0,72224	0,86112
	λd	0,16396	0,15844	0,00782										
jan-16	µd	0,77519	0,85617	0,98861	0,76380	0,21342	0,31834	0,68166	0,84083	0,69700	(0,01534)	0,30339	0,69661	0,84831
	λd	0,22481	0,14383	0,01139										
fev-16	µd	0,80512	0,95000	0,98248	0,78760	0,17736	0,27671	0,72329	0,86164	0,81164	(0,08836)	0,20805	0,79195	0,89597
	λd	0,19488	0,05000	0,01752										
mar-16	µd	0,76315	0,83779	0,96041	0,72356	0,19726	0,33960	0,66040	0,83020	0,66799	(0,00759)	0,33210	0,66790	0,83395
	λd	0,23685	0,16221	0,03959										
abr-16	µd	0,57910	0,80389	0,96083	0,53993	0,38174	0,59782	0,40218	0,70109	0,50498	(0,10280)	0,50558	0,49442	0,74721
	λd	0,42090	0,19611	0,03917										
mai-16	µd	0,81088	0,89202	0,97475	0,78564	0,16387	0,26982	0,73018	0,86509	0,75711	(0,02693)	0,24438	0,75562	0,87781
	λd	0,18912	0,10798	0,02525										
jun-16	µd	0,78635	0,80839	0,96165	0,74800	0,17529	0,30697	0,69303	0,84652	0,65490	0,03813	0,34720	0,65280	0,82640
	λd	0,21365	0,19161	0,03835										
jul-16	µd	0,77758	0,85749	0,97625	0,75383	0,19866	0,31633	0,68367	0,84183	0,69933	(0,01566)	0,30108	0,69892	0,84946
	λd	0,22242	0,14251	0,02375										
ago-16	µd	0,83674	0,88094	0,98271	0,81945	0,14597	0,23217	0,76783	0,88391	0,76485	0,00298	0,23517	0,76483	0,88242
	λd	0,16326	0,11906	0,01729										
set-16	µd	0,78558	0,82570	0,97555	0,76113	0,18996	0,30520	0,69480	0,84740	0,67310	0,02171	0,32762	0,67238	0,83619
	λd	0,21442	0,17430	0,02445										
out-16	µd	0,79976	0,86196	0,97993	0,77969	0,18017	0,28461	0,71539	0,85770	0,71965	(0,00426)	0,28038	0,71962	0,85981
	λd	0,20024	0,13804	0,02007										
Média	µd	0,79618	0,86397	0,97686	0,84083	0,11289	0,19514	0,80486	0,90243	0,69861	0,10625	0,31957	0,68043	0,84022
	λd	0,20382	0,13603	0,02314										
World class	µd	0,90000	0,95000	0,99000	0,94000	0,04000	0,07211	0,92789	0,96394	0,86394	0,06394	0,15033	0,84967	0,92483
	λd	0,10000	0,05000	0,01000										
4 ultimos mees	µd	0,79992	0,85652	0,97861	0,83513	0,12209	0,20515	0,79485	0,89742	0,69734	0,09751	0,31798	0,68202	0,84101
	λd	0,20008	0,14348	0,02139										

APÊNDICE 2 – Tabela com o memorial de cálculo de OEE

	Dias	Calendário	Planejada	Emergengia	Perdas Vel.	Qualidade	TPP	TPB	TPR	TPU	ID	IP	IQ	OEE
dez-13	31	744	254,32	138,72	46,65	28,79	489,68	350,96	304,31	275,52	71,67%	86,71%	90,54%	56,27%
jan-14	31	744	275,07	160,93	21,92	23,37	468,93	308	286,08	262,71	65,68%	92,88%	91,83%	56,02%
fev-14	28	672	179,13	136,15	22,92	16,27	492,87	356,72	333,80	317,53	72,38%	93,58%	95,13%	64,43%
mar-14	31	744	228,7	49,78	20,79	10,09	515,3	465,52	444,73	434,64	90,34%	95,53%	97,73%	84,35%
abr-14	30	720	166,72	67,79	14,52	14,24	553,28	485,49	470,97	456,73	87,75%	97,01%	96,98%	82,55%
mai-14	31	744	223,55	54,3	52,95	5,67	520,45	466,15	413,20	407,53	89,57%	88,64%	98,63%	78,30%
jun-14	30	720	179,9	140,45	42,52	3,13	540,1	399,65	357,13	354,00	74,00%	89,36%	99,12%	65,54%
jul-14	31	744	192,44	102,95	83,98	4,42	551,56	448,61	364,63	360,22	81,33%	81,28%	98,79%	65,31%
ago-14	31	744	296,3	83,54	69,29	9,57	447,7	364,16	294,87	285,30	81,34%	80,97%	96,75%	63,73%
set-14	30	720	309,99	72,59	77,40	7,12	410,01	337,42	260,02	252,90	82,30%	77,06%	97,26%	61,68%
out-14	31	744	241,32	99,66	99,28	6,12	502,68	403,02	303,74	297,62	80,17%	75,37%	97,98%	59,21%
nov-14	30	720	205,53	175,16	81,50	2,86	514,47	339,31	257,81	254,95	65,95%	75,98%	98,89%	49,56%
dez-14	31	744	239,26	69,52	86,72	3,46	504,74	435,22	348,50	345,04	86,23%	80,07%	99,01%	68,36%
jan-15	31	744	201,75	74,2	2,86	2,78	542,25	468,05	465,19	462,42	86,32%	99,39%	99,40%	85,28%
fev-15	28	672	181,59	109,78	8,29	4,02	490,41	380,63	372,34	368,33	77,61%	97,82%	98,92%	75,11%
mar-15	31	744	181,69	105,43	32,93	6,60	562,31	456,88	423,95	417,35	81,25%	92,79%	98,44%	74,22%
abr-15	30	720	300,32	74,45	23,34	2,97	419,68	345,23	321,89	318,93	82,26%	93,24%	99,08%	75,99%
mai-15	31	744	398,7	51,03	35,31	3,83	345,3	294,27	258,96	255,13	85,22%	88,00%	98,52%	73,89%
jun-15	30	720	333,27	114,14	37,80	4,23	386,73	272,59	234,79	230,56	70,49%	86,13%	98,20%	59,62%
jul-15	31	744	386,42	42,13	64,84	1,36	357,58	315,45	250,61	249,25	88,22%	79,45%	99,46%	69,71%
ago-15	31	744	308,02	64,32	51,12	2,99	435,98	371,66	320,54	317,55	85,25%	86,24%	99,07%	72,84%
set-15	30	720	234,67	86,98	66,88	5,50	485,33	398,35	331,47	325,96	82,08%	83,21%	98,34%	67,16%
out-15	31	744	130,32	93,32	101,62	3,89	613,68	520,36	418,74	414,85	84,79%	80,47%	99,07%	67,60%
nov-15	30	720	176,81	114,65	45,72	6,40	543,19	428,54	382,82	376,41	78,89%	89,33%	98,33%	69,30%
dez-15	31	744	214,25	86,86	70,17	2,91	529,75	442,89	372,72	369,81	83,60%	84,16%	99,22%	69,81%
jan-16	31	744	266,49	107,35	53,24	3,61	477,51	370,16	316,92	313,31	77,52%	85,62%	98,86%	65,61%
fev-16	29	696	413,21	55,11	8,97	3,83	282,79	227,68	218,71	214,88	80,51%	96,06%	98,25%	75,98%
mar-16	31	744	565,11	42,37	22,14	4,53	178,89	136,52	114,38	109,85	76,32%	83,78%	96,04%	61,41%
abr-16	30	720	603,18	49,17	13,27	2,13	116,82	67,65	54,38	52,25	57,91%	80,39%	96,08%	44,73%
mai-16	31	744	470,73	51,68	23,93	4,99	273,27	221,59	197,66	192,67	81,09%	89,20%	97,48%	70,51%
jun-16	30	720	315,31	86,46	60,98	9,87	404,69	318,23	257,25	247,39	78,64%	80,84%	96,16%	61,13%
jul-16	31	744	193,14	122,52	61,04	8,72	550,86	428,34	367,30	358,57	77,76%	85,75%	97,62%	65,09%
ago-16	31	744	134,17	99,56	60,75	7,77	609,83	510,27	449,52	441,75	83,67%	88,09%	98,27%	72,44%
set-16	30	720	178,25	116,16	74,18	8,59	541,75	425,59	351,41	342,81	78,56%	82,57%	97,55%	63,28%
out-16	31	744	152,12	118,52	65,34	8,19	591,88	473,36	408,02	399,83	79,98%	86,20%	97,99%	67,55%