

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

SHANEY GONÇALVES MILEIPE

**MÉTODO DE ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA APLICADO A
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2017

SHANEY GONÇALVES MILEIPE

**MÉTODO DE ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA APLICADO A
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

Co-orientador: Dênis Mazzei

CURITIBA
2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

MÉTODO DE ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA APLICADO A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Por

SHANEY GONÇALVES MILEIPE

Esta monografia foi apresentada em 10 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

MILEIPE, SHANEY GONÇALVES. Método de análise do custo do ciclo de vida aplicado à indústria siderúrgica. 2017. 46 F. Monografia (Especialista em Engenharia da Confiabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, **Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná**. Curitiba, 2017.

O objetivo principal dessa pesquisa é a produção de um guia de aplicação para a análise do custo do ciclo de vida de um ativo físico, através de modelo matemático de otimização, para encontrar o momento economicamente mais favorável para substituição ou reforma de um ativo, dentro da realidade de uma indústria siderúrgica integrada. Na conjuntura econômica atual, de alta concorrência no mercado siderúrgico e uma estreita margem de lucro, as empresas do setor precisam se adequar a este novo cenário, sabendo aonde investir para que consigam maximizar o valor dos seus ativos. Essa pesquisa busca apresentar uma solução eficiente para uma problemática recorrente dentro do contexto industrial apresentado, utilizando-se metodologicamente de conceitos pré-existentes, de forma original, ao criar um guia de aplicação; e quanto aos procedimentos de investigação ela se enquadra como uma pesquisa bibliográfica. O resultado final desse trabalho busca assim apresentar de maneira clara uma referência que possa contribuir para a evolução das práticas relacionadas à gestão de ativos em uma indústria siderúrgica integrada.

Palavras-chave: Gestão de Ativos. Análise do Custo do Ciclo de Vida. Guia de aplicação. Indústria siderúrgica. Estudo econômico.

ABSTRACT

MILEIPE, SHANEY GONÇALVES. Método de análise do custo do ciclo de vida aplicado a indústria siderúrgica. 2017. 46 F. Monografia (Especialista em Engenharia da Confiabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017.

The main objective of this research is the production of a guideline for an asset life cycle cost analysis, using an optimization mathematical model, to find the economically most favorable moment to replace or revamp an asset, within the reality of an integrated steel industry. In the current economic environment, with high competition in the steel market and a strangled profit margin, steel industries need to adapt to this new scenario, knowing where to invest so that they can maximize the value of their assets. This research aims to present an efficient solution to a recurring problem within the presented industrial context, using methodologically pre-existing concepts, in an original way, when creating a guideline; and as for the investigation procedures it fits as a bibliographical research. The final result of this work, therefore, seeks to present in a clear way a reference that can contribute to the evolution of practices related to asset management in an integrated steel industry.

Palavras-chave: Asset Management. Life-cycle cost. Guideline. steel industry. Economic feasibility.

LISTA DE SIGLAS

AMT	ArcelorMittal Tubarão
CAE	Custo Anual Equivalente
CAPEX	Despesa de operacionais
CBS	Estrutura de Decomposição de Custos
GA	Gestão de Ativos
LCCA	Análise do Custo do Ciclo de Vida
LDA	Estudo de Dados de Vida
LTQ	Laminador de Tiras a Quente
MTTR	Tempo médio de Reparo
OPEX	Despesa de operacionais
RAV	Custo de reposição do ativo
RAV%	Taxa do Custo de Reposição do Ativo
RGA	Análise de Crescimento de Confiabilidade
ROI	Retorno Sobre o Investimento
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VF	Valor Futuro
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	08
1.2	OBJETIVOS	08
1.2.1	Objetivo Geral.....	08
1.2.2	Objetivos Específicos	09
1.3	JUSTIFICATIVA	09
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	09
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2	FUNDAMENTOS DO PROCESSO SIDERÚRGICO E ECONOMIA	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.1	
2.1	PROCESSO SIDERÚRGICO	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.1	
2.2	VISÃO ECONÔMICA DO SETOR SIDERÚRGICO	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3	
2.3	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.4	
3	REFERENCIAL TEÓRICO	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.5	
3.1	ANÁLISE JACK-KNIFE	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.5	
3.2	ESTUDO DE DADOS DE VIDA	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.6	
3.3	ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE CONFIABILIDADE	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.9	
3.4	VALOR PRESENTE LIQUIDO (VPL)	20
3.5	CUSTO ANUAL EQUIVALENTE	21
3.6	TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.21	
3.7	FLUXO DE CAIXA.....	21
3.8	PAYBACK SIMPLES	21
3.9	PAYBACK DESCONTADO	21
3.10	RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO	22
3.11	TAXA INTERNA DE RETORNO.....	22
3.12	VALOR DE VENDA	23
3.13	FIM DE VIDA ÚTIL	23
3.14	VIDA ECONÔMICA	23
3.15	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	23
4	DESENVOLVIMENTO	
	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.4	
4.1	PRIORIZAÇÃO.....	26
4.2	PLANEJAMENTO.....	30
4.3	CONEXÃO LCCA COM A ESTRATÉGIA DA GESTÃO DE ATIVOS....	31
4.3.1	Partes envolvidas na análise (stakeholder)	32
4.3.2	O escopo da análise.....	32
4.3.3	A identificação das possíveis alternativas	32
4.3.4	Premissas.....	32
4.3.5	Cronograma.....	33

4.4	SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS E MODELAGEM	33
4.4.1	Estimativa de custo	34
4.4.2	Método determinístico de estimativa de custo.....	35
4.4.3	Método análogo de estimativa de custo	35
4.4.4	Método probabilístico estocástico de estimativa de custo	35
4.4.5	Elicitação de especialistas.....	35
4.4.6	Custo irrecuperável	36
4.4.7	Lucro cessante	36
4.4.8	Receita	36
4.5	APLICAÇÃO DO MODELO	36
4.6	DOCUMENTAÇÃO E REGISTRO.....	41
4.7	ACOMPANHAMENTO	42
4.8	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	43
5.	CONCLUSÕES	44
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	45
	REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo irá apresentar as premissas e problema de pesquisa, objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos e estrutura deste trabalho. O objeto de análise desta pesquisa é a tomada de decisão sobre a aquisição de ativos físicos em indústrias siderúrgicas para qual foi adaptado a metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida (comumente chamado de LCCA, do inglês *Life Cycle Cost Analysis*). Esta análise possibilitara o desenvolvimento de um modelo LCCA visando uma proposta de aplicação que otimize a relação do valor do dinheiro no tempo para aquisição de ativos físicos na indústria siderúrgica.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

Após a crise de 2008 no setor siderúrgico, muitas empresas tiveram suas margens de lucros estranguladas e conseqüentemente houve uma perda no orçamento da manutenção, levando a diminuição da confiabilidade intrínseca dos seus ativos e o encurtando da vida econômica dos mesmos.

Com este crescente portfolio de equipamentos precários, surge a questão norteadora deste trabalho: **Como substituir os ativos em fim de vida econômica de forma a maximizar o valor da empresa desde seu valor contábil até seu valor social?**

1.2 OBJETIVOS

Neste tópico será apresentado, o objetivo geral e específico da monografia.

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar a base teórica de implantação do guia de análise do ciclo de vida na Indústria Siderúrgica .

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma apresentação contextualizada do sistema de produção que envolve uma Siderúrgica integrada e sua inserção na realidade econômica atual;
- Elencar conceitos, formulas e métodos que possibilitarão a compreensão do modelo de LCCA proposto no desenvolvimento do trabalho;
- Levantar métodos de análise de custos do ciclo de vida de um ativo físico a partir da leitura de autores especialistas no assunto;
- Apresentar um procedimento de análise para facilitar a tomada decisões de substituição ou reforma dos ativos físicos a partir de modelos matemático.

1.3 JUSTIFICATIVA

Perante a alta concorrência no mercado siderúrgico e uma baixa margem de lucro as empresas do setor precisam se adequar a este novo cenário sabendo aonde investir para que consigam maximizar o valor dos seus ativos. A aplicação do procedimento de LCCA para determinação da vida econômica dos ativos permitirá conhecer a demanda de capital para sustentabilidade do negócio, aumentando a precisão do planejamento financeiro de longo prazo.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Levando em conta os critérios de classificação de pesquisa descritos em CERVO e BERVIAN (1996) pode-se classificar a pesquisa como de natureza aplicada, pois se trata de solucionar um problema real utilizando-se de conceitos pré-existentes, de forma original, quanto aos procedimentos técnicos, à pesquisa se enquadra como bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Em ambos os casos, busca conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema (CERVO; BERVIAN, 1983, p. 55).

A primeira etapa consiste em analisar as diversas literaturas existentes sobre o assunto tais como, artigos, normas, procedimentos e verificar como estes

métodos estão sendo aplicados nas indústrias de transformação, através de visitas de *benchmark*. Após o levantamento das melhores praticas aplicada no mercado, será feita uma *Gap Analysis* (Análise de lacuna) entre a infraestrutura existente e a necessária para aplicação do LCCA na indústria siderúrgica.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 será apresentada a introdução do projeto, com o tema e objetivos do estudo, mostrando o problema, justificativa e uma breve apresentação da metodologia. No capítulo 2 será abordada uma explicação técnica sobre o funcionamento da indústria siderúrgica e o impacto do custo total do ativo em sua receita. No capítulo 3 será abordado uma explicação técnica sobre LCCA e os conceitos de confiabilidade. No capítulo 4 será mostrada a nova forma de tomada de decisão na substituição ou reforma de um ativo físico na indústria siderúrgica. No capítulo 5 será apresentada a conclusão do projeto, justificando o modelo de procedimento proposto e o que ele pode contribuir na otimização da aplicação de recurso na indústria siderúrgica. Ao final do estudo apresentam-se as referências utilizadas no trabalho e que podem ser consultadas caso qualquer dúvida surja.

2. FUNDAMENTOS DO PROCESSO SIDERÚRGICO E SUA ECONOMIA

Nesse capítulo será apresentado os fundamentos que constituem uma indústria siderúrgica, sua natureza e seus objetivos. Para tanto foi elaborado um breve resumo da engenharia de organização e produção específicos dessa modalidade de indústria.

Também será descrito a relação da indústria Siderúrgica com o cenário atual da economia e da sociedade, pois todas as empresas se relacionam dialeticamente com a economia, com a sociedade e com contexto histórico ao qual fazem parte de forma indissociável.

2.1. PROCESSO SIDERÚRGICO

Esta pesquisa tem como cenário principal a indústria siderúrgica. Para facilitar a compreensão das análises feitas ao longo do trabalho e os esclarecimentos dos modelos propostos e necessário realizar uma breve explicação do que é esta indústria, como ela funciona e quais suas dimensões econômicas e estruturais. Para tanto, foi realizada uma opção metodológica por apresentar uma indústria específica como exemplo, sendo escolhida uma unidade da maior produtora de aço do mundo, que é a ArcelorMittal, que por sua dimensão e impacto econômico e produtivo representa uma das maiores referências no setor. (ARCELORMITTAL TUBARÃO, 2017).

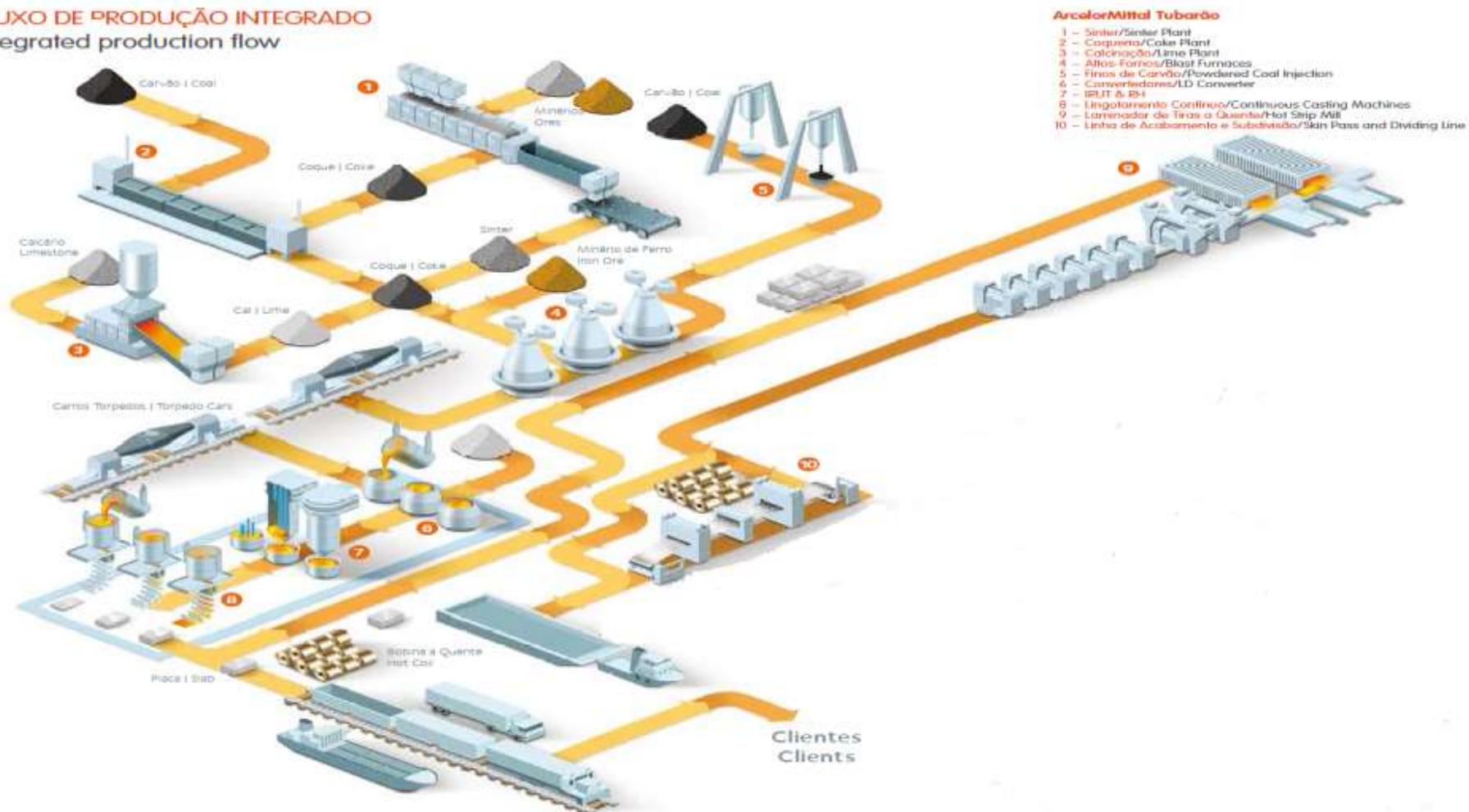
Dentro da América Latina, a ArcelorMittal Brasil, produtora de aços longos e planos, apresenta capacidade produtiva anual de 13 milhões de toneladas de aço e opera 27 unidades. O processo produtivo de aços planos inicia-se na unidade ArcelorMittal Tubarão (AMT), usina integrada, localizada na região da Grande Vitória – Espírito Santo, com capacidade produtiva anual de 7,5 milhões de toneladas de aço líquido.(Ibidem).

O fluxo produtivo da AMT começa conforme a Figura 1, com a produção das matérias primas de coque, sinter e cal, através dos processos da Coqueria, Sinterização e Calcinação. Estas matérias primas e outras adições como pelota e minério de ferro, passam por reações químicas e de redução que ocorrem nos Altos Fornos produzindo assim o ferro gusa, principal matéria prima do aço.(Ibidem).

Na aciaria ocorre a transformação do ferro gusa, transportado pelos carros torpedos, em aço líquido, com a adição de alguns elementos de liga. A transformação se dá a partir do sopro de oxigênio que oxida os elementos contidos no ferro gusa e aumenta a temperatura do metal. Este aço líquido passará por beneficiamentos nos refinamentos primários e secundários e é resfriado de maneira controlada nas máquinas de Lingotamento Contínuo, formando assim as placas de aço. (Ibidem).

Figura 2.1 - Fluxo processo produtivo ArcelorMittal Tubarão

FLUXO DE PRODUÇÃO INTEGRADO
Integrated production flow



Fonte : ARCELORMITTAL TUBARÃO (2017)

Estas placas serão inspecionadas e tratadas na área de condicionamento de placas e assim enviadas para os clientes, ou serão destinadas para a Laminação de Tiras a Quente (LTQ). A LTQ transformará as placas em bobinas, que podem ou não passar pelas linhas de acabamento de bobinas antes de destinarem para os clientes. (Ibidem).

2.2. VISÃO ECONÔMICA DO SETOR SIDERÚRGICO.

O setor siderúrgico passou por uma época de ouro, onde a demanda mundial era maior que a capacidade instalada. Com uma margem de lucro elevada a maioria dos projetos de investimento eram viabilizados, e a disponibilidade dos equipamentos era mantida a qualquer custo.

Porem em 2008 veio à crise no setor imobiliário, afetando toda a economia mundial, levando a uma queda no consumo de aço per capita. Com isto o setor siderúrgico teve que se adaptar com os cortes severos no orçamento. Foram adotados no mercado um a política de manutenção onde era necessário diminuir ao máximo o custo da manutenção gerando um encurtamento da vida útil dos ativos e de sua confiabilidade intrínseca. (FRANCISCO; AMARAL; BERTUCCI, 2013).

A China é o maior produtor mundial de aço, com pouco mais de 50% da produção global (Tabela 1), teve um recuo no consumo interno de aço, gerando um excedente em sua produção, com isto, viu-se obrigada a exportar o excedente, inundando o mercado internacional, criando uma forte queda no valor do produto.

Tabela 2.1 : Produção de aço mundial

GRUPOS	JAN/JUN		17/16 (%)	MAI 2017	JUNHO		17/16 (%)
	2017	2016			2017	2016	
	CHINA	419.745	401.190	4,6	72.259	73.231	69.299
U.E. (28)	85.963	82.723	3,9	14.763	14.237	13.845	2,8
JAPÃO	52.305	52.048	0,5	8.929	8.391	8.769	(4,3)
C.E.I.	49.704	50.978	(2,5)	8.395	7.639	8.307	(8,0)
E.U.A.	40.677	40.055	1,6	6.901	6.901	6.824	1,1
OUTROS	187.827	172.994	8,6	31.927	30.864	29.589	4,3
TOTAL	836.221	799.988	4,5	143.174	141.263	136.633	3,4

Obs.: Dados correspondentes à produção de aço bruto dos países associados ao Worldsteel.

Fonte: worldsteel

Fonte: AÇO BRASIL(2017)

Com a combinação do recuo da China e o agravamento da crise política brasileira em 2014, o consumo do aço no Brasil caiu 35% em 4 anos. Diante deste cenário as empresas começaram a perceber que a política de manutenção adotada no passado, com custo mínimo, não era adequada e nem sustentável.

Com o propósito de driblar este mercado instável e de margem de lucro estreita, as empresas do setor siderúrgico, tiveram que se adaptar, investindo seu capital de forma eficiente e sustentável. Uma das alternativas para superar esta crise foi a utilização de metodologias consagradas no mercado tal como o objeto deste estudo que é a Análise do Ciclo de Vida ou do inglês LCCA.

2.3. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi realizada uma apresentação panorâmica sobre a organização e estruturação de uma indústria siderúrgica, explicitando de maneira sucinta os procedimentos de produção. Também foi realizada uma contextualização histórica-econômica do cenário deste importante setor produtivo.

Toda esta explanação está relacionada diretamente com as propostas de aplicação dos modelos LCCA, já que na atual conjuntura apresentada, do estreitamento das margens de lucro deste setor, estes conhecimentos prévios são extremamente relevante para poder se compreender a real necessidade de se repensar as estratégias de aquisição dos ativos físicos de uma indústria siderúrgica, ampliando os processos analíticos para outras fases do ciclo de vida dos ativos, como operação, manutenção e descarte.

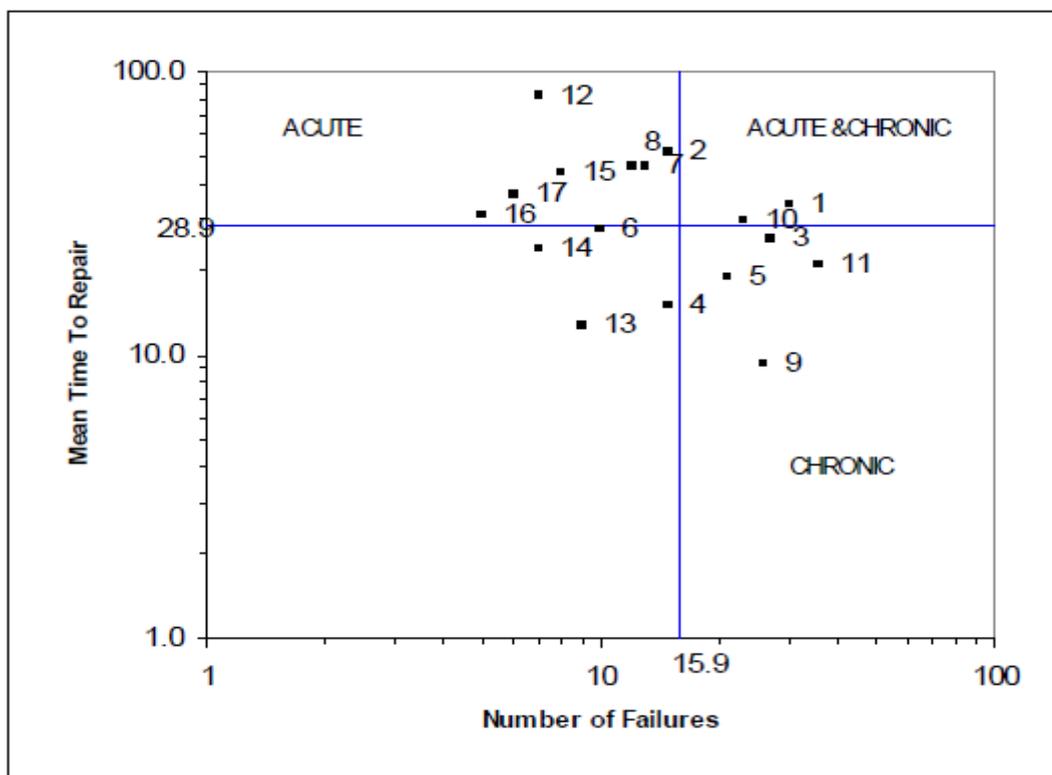
3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentadas metodologias, modelos, formulas, ferramentas e conceitos que irão fundamentar teoricamente o desenvolvimento das etapas de análise do custo de ciclo de vida do ativo, dentre estas etapas estarão presentes a priorização; a seleção e modelagem; e a aplicação, que serão apresentadas no capítulo 4. Assim a compreensão destes procedimentos teóricos devem ser consolidadas, para uma efetiva aplicação dos modelos que serão posteriormente propostos.

3.1. ANÁLISE JACK-KNIFE

A análise Jack-Knife, desenvolvida por Peter F. Knights, consiste em plotar um gráfico de dispersão utilizando-se dados de falhas conforme figura 2, no qual os eixos, de tempo médio de reparo (MTTR *Mean Time To Repair*) e frequência de ocorrência, estão na base logarítmica para linearizar a disponibilidade, e assim auxiliar processos decisórios para estratégias de manutenção.

Figura 3.1 - Gráfico de dispersão Jack-Knife



Fonte: KNIGHTS (1999)

O princípio de priorização baseia-se em classificar as falhas em AGUDAS e CRÔNICAS, dividindo o gráfico em quadrantes.

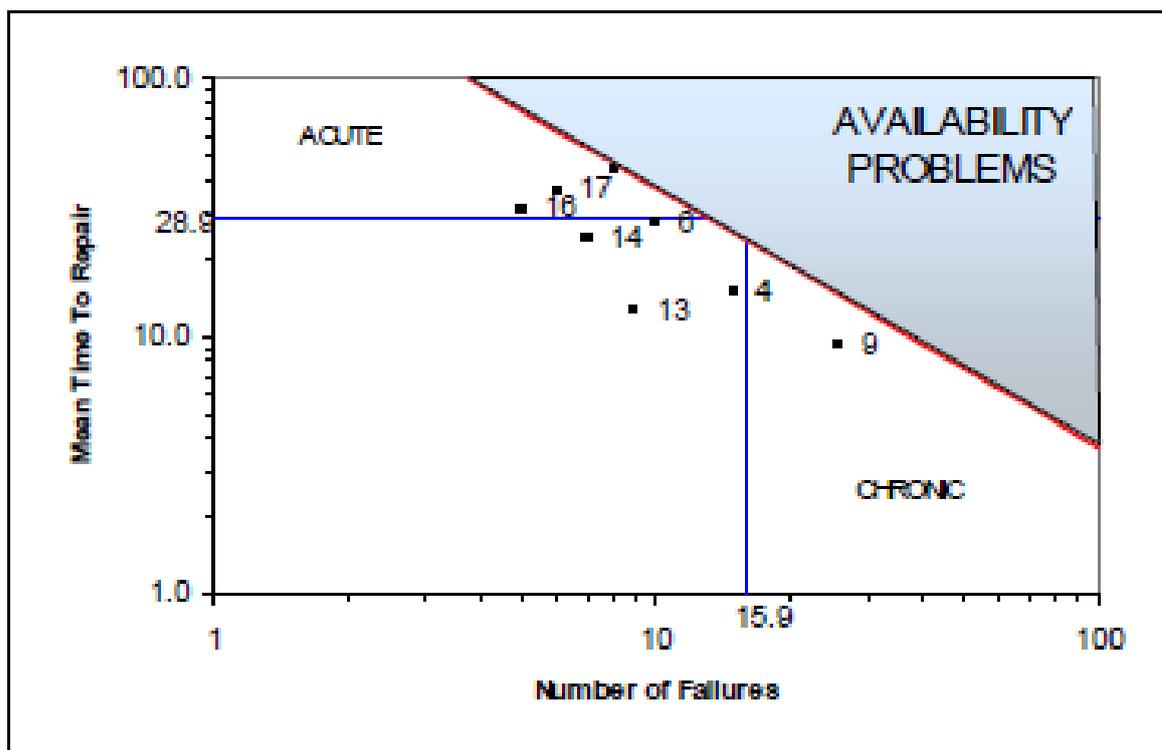
O quadrante na esquerda superior representa as falhas agudas aonde há um alto tempo de reparo, indicando assim um possível problema de manutenibilidade;

O quadrante da direita inferior representa falhas crônicas, com alto índice de reincidência, logo problemas de confiabilidade;

O quadrante na direita superior, representa as falhas crônicas agudas que se repetem e que demandam um alto tempo de manutenção.

A direita da linha vermelha conforme figura 4, podemos identificar as falhas que representam 80% do impacto na disponibilidade da planta tornando-se os objetos em evidencia.

Figura 3.1 - Gráfico de dispersão Jack-Knife Disponibilidade



Fonte: KNIGHTS (1999)

3.2. ESTUDO DE DADOS DE VIDA

O estudo de dados de vida comumente chamado de LDA (*Life data Analysis*) refere-se ao modelamento matemático da vida de um determinado ativo. Para construção deste modelo matemático é necessário obter os dados de falha que

podem ser obtido de varias formas. A mais comum é observando o ativo e anotando suas falhas, outra maneira é expondo o ativo a ambientes mais agressivos que não são os mesmo de utilização para obter dados acelerados de vida. (RELIASOFT, 2017).

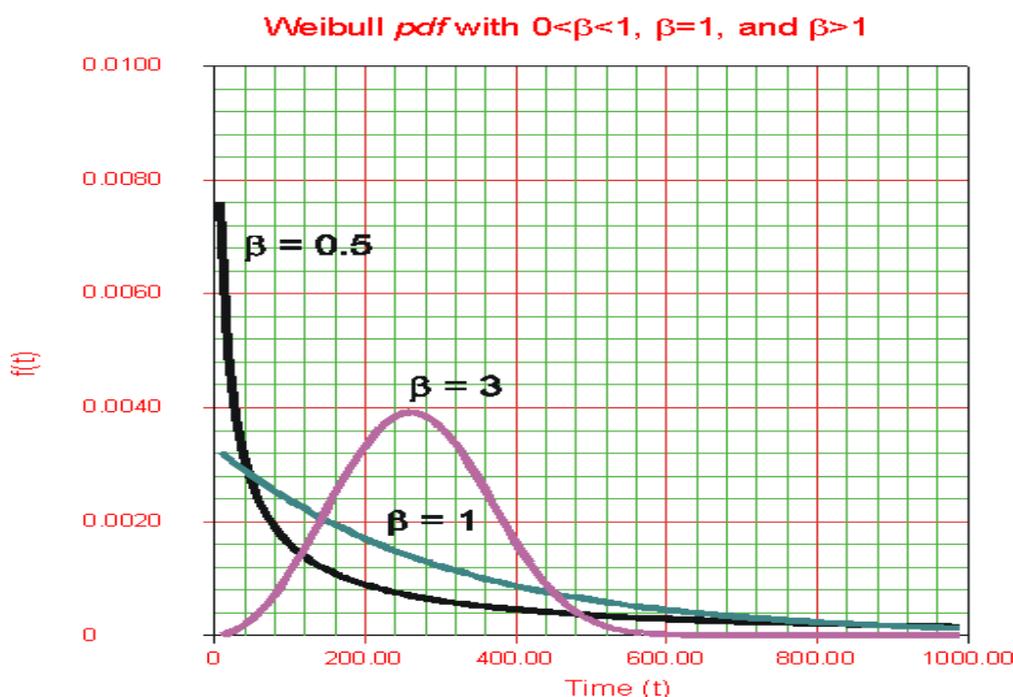
Com estes dados é possível modelar a vida de um ativo, um dos exemplos de função matemática mais usada é a distribuição de Weibull 3.1, que descreve a função densidade de probabilidade. (Ibidem).

$$f(T) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{T - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad 3.1$$

Parâmetro de forma β

Este parâmetro indica a inclinação da curva. Com a variação do β a Weibull pode se tornar outras distribuições, por exemplo, se $\beta=1$ a Weibull se assemelha a distribuição exponencial de 2 parâmetros. Na figura 3.2 com a fixação dos parâmetros γ , η e variando o β pode se ver as diferentes formas da distribuição. (Ibidem).

Figura 3.2 - Exemplo da variação do β .

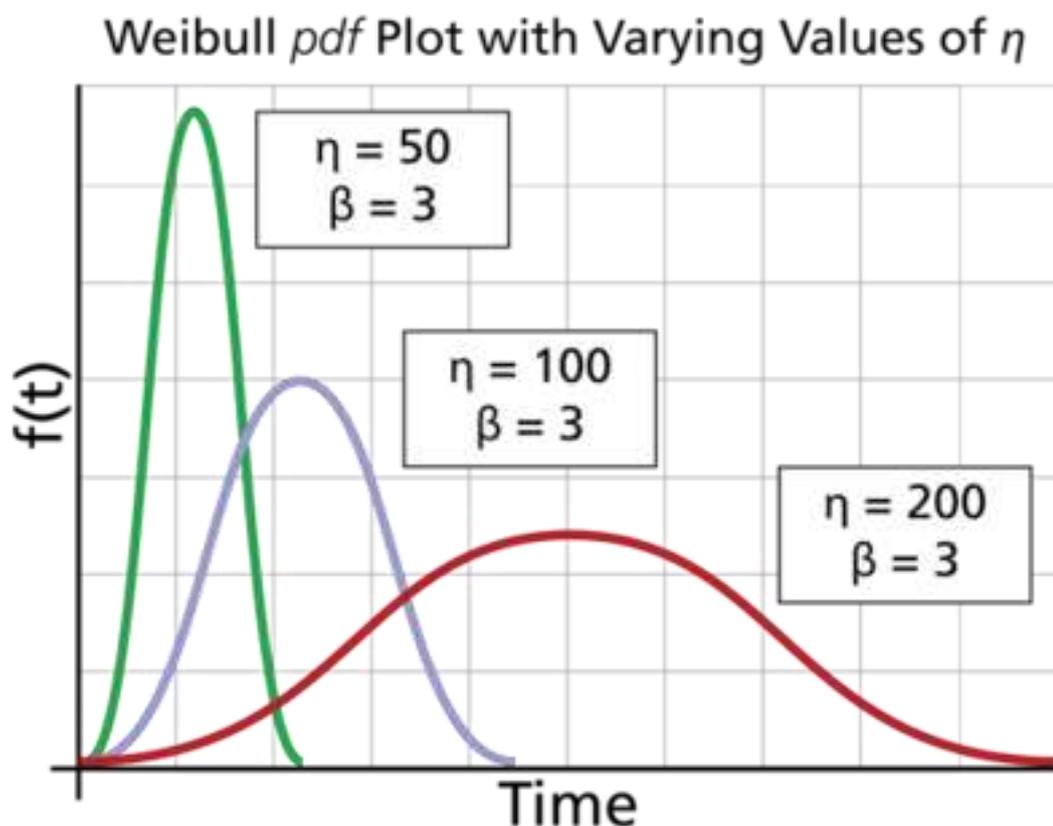


Fonte: RELIASOFT (2017)

Parâmetro de escala η

O parâmetro de escala ou vida característica indica que 63,2% das falhas irão acontecer até este tempo, ou seja, somente 36,8 dos componentes irão funcionar. Se fixarmos o β , γ e variamos o η podemos ver a variação da escala da distribuição, conforme figura 3.3. (Ibidem).

Figura 3.3 - Exemplo da variação do η .



Fonte: RELIASOFT (2017)

Parâmetro de posição γ

Este parâmetro desloca a curva no eixo x em relação ao 0, isto indica que não a nenhuma chance do evento acontecer antes deste valor, ou em caso deste parâmetro ser negativo quer dizer que o componente iniciou seu desgaste antes mesmo de começar a operar. (Ibidem).

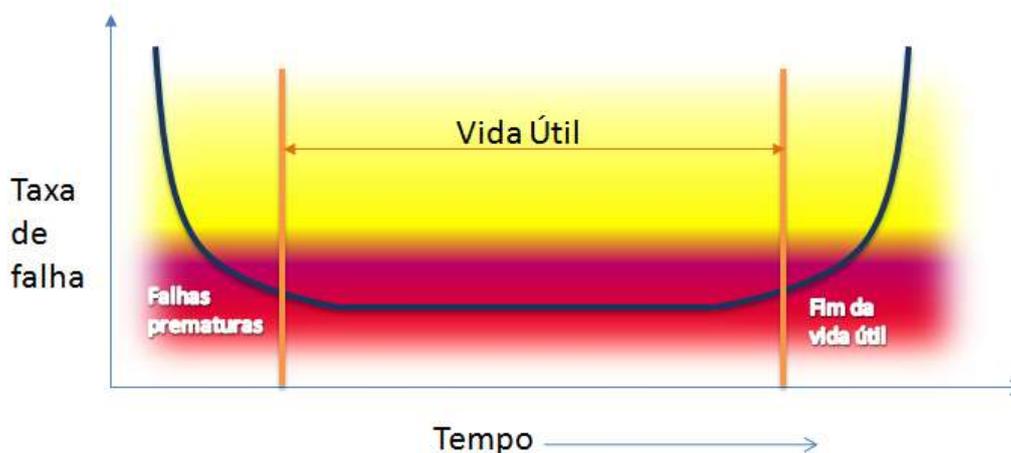
3.3. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE CONFIABILIDADE

A análise de crescimento de confiabilidade (do inglês *reliability growth analysis* ou RGA) é um método que permite modelar e a evolução da taxa de falhas de um sistema ao longo do tempo. Geralmente aplicado em sistemas complexo com múltiplos modos de falhas misturados. Durante anos foram surgindo vários modelos para de calcular o crescimento da confiabilidade e os mais utilizados são:

- Duane Model
- Crow-AMSAA (NHPP)
- Crow Extended
- Lloyd-Lipow
- Gompertz Models
- Logistic

A análise de RGA é de grande importância, pois se poderá calcular um indicador que irá dizer se o sistema esta com um crescimento, estagnação ou decrescimento da confiabilidade, ou seja, uma possível indicação de em qual ponto o equipamento esta na curva da banheira. (JMP, 2012)

Figura 3.4 - Curva da Banheira



Fonte: PCMUSINA (2017)

Taxa de falha decrescente

A Taxa de falha decrescente indica falhas prematuras de início de operação tais como adaptação dos operadores ao novo equipamento, treinamento, erro de projetos, fabricação ou etc. (Ibidem).

Taxa de falha constante

A Taxa de falha constante indica falhas inerentes ao projeto do equipamento e que o equipamento está operando dentro de sua vida útil. (Ibidem).

Taxa de falha crescente

A Taxa de falha crescente indica que o ativo pode estar chegando perto de sua vida útil, pois com o desgaste de todo o sistema o número de falhas aumenta impedindo que o equipamento não atinja sua função requerida. (Ibidem).

3.4. VALOR PRESENTE LIQUIDO (VPL)

O montante gasto em um ativo em tempos diferentes não pode ser comparado ou somado diretamente devido à variabilidade do valor do dinheiro no tempo. Exemplificando, um milhão hoje não valeria um milhão daqui a um ano, pois devemos considerar a oportunidade de aplicar este dinheiro na poupança e colher os rendimentos. Logo os valores investidos em tempos diferentes precisam ser convertidos ao valor presente líquido através de equação apropriada.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{VF_t}{(1+i)^n} \quad 3.2$$

VPL = Valor Presente Líquido

VF = Valor Futuro

t = momento em que o Valor Futuro ocorreu

i = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA)

n = período de tempo

3.5. CUSTO ANUAL EQUIVALENTE

O custo anual equivalente (CAE) é comumente utilizado para comparar investimentos com durabilidades diferentes. Uma vez calculados e atualizados os custos ano a ano do fluxo de caixa, aplica-se a fórmula de matemática financeira de amortização a prestações constantes:

$$CAE = \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n]-1} \quad 3.3$$

3.6. TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

A Taxa mínima de atratividade é retorno mínimo que um investidor se propõe a receber pelo seu investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar pelo empréstimo.

3.7. FLUXO DE CAIXA

Fluxo de Caixa é uma ferramenta de gestão financeira que projeta para períodos futuros todos os créditos e débitos da instituição, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado.

3.8. PAYBACK SIMPLES

O *Payback* simples é o indicador mais simples para se obter a eficiência de um investimento. É definido como o número de períodos para se recuperar o investimento total. Para se calcular o período de *payback* de um projeto basta somar os valores dos fluxos de caixa, período a período, até que essa soma se iguale ao valor do investimento.

3.9. PAYBACK DESCONTADO

Este método se assemelha ao *Payback* Simples, entretanto leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, para isto todos os fluxos de caixa futuro

deverão ser descontados por uma taxa mínima de atratividade em relação ao período ao qual o fluxo está atrelado.

3.10. RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

O *ROI* do inglês *Return On Investment* é um indicador de desempenho usado para avaliar a eficiência de um investimento ou comparar a eficiência de diversos investimentos. O *ROI* mede o montante do retorno sobre um investimento em relação ao custo investido. Para calcular *ROI*, o retorno de um investimento é dividido pelo custo investido e o resultado é expresso como uma porcentagem.

$$ROI = \frac{R-D}{R} \quad 3.4$$

ROI = Retorno sobre o investimento

D = Despesas do investimento

R = Receita gerada pelo investimento

3.11. TAXA INTERNA DE RETORNO

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que no cálculo do VPL retorno o valor presente líquido a zero. Ou seja, é o TIR é o “i” que torna verdadeira a equação 3.5

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{VF_t}{(1+i)^n} = 0 \quad 3.5$$

VPL = Valor Presente Líquido

VF = Valor Futuro

t = momento em que o Valor Futuro ocorreu

i = Taxa interna de Retorno

n = período de tempo

3.12. VALOR DE REVENDA

O valor de revenda ou residual é o valor líquido de um ativo retirado de operação. No caso de um equipamento é o valor de venda mais os custos de transporte e remoção.

3.13. FIM DE VIDA ÚTIL

O fim de vida Útil de um ativo refere-se ao tempo em que o ativo não consegue mais executar suas funções dentro da sua capacidade não importando se ele está contribuindo positiva ou negativamente financeiramente.

3.14. VIDA ECONÔMICA

É o tempo em que o ativo já não mais esta contribuindo financeiramente para a empresa, Muitos confundem o fim de vida útil com o fim de vida econômica, pois um ativo pode estar executando sua função plenamente, mas esta dando prejuízo.

3.15. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Foram apresentadas nesse capítulo as ferramentas que estruturam o referencial teórico desta pesquisa, são elas: Jack-Knife, LDA, RGA, VPL, CAE, TMA, Fluxo de caixa, *Payback's*, ROI, TIR, Valor de Venda, Vida Útil e Vida Econômica.

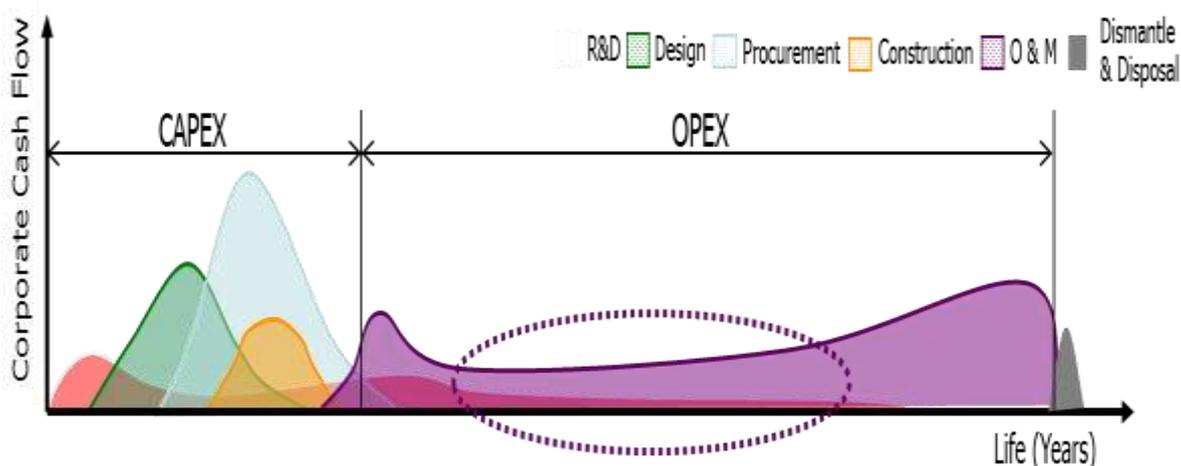
As ferramentas que compõem o referencial teórico são fundamentais para compreensão do modelo LCCA que será exposto no capítulo 4. Estes instrumentos teóricos foram compilados de vários autores que os produziram em diversas épocas e lugares, mas que a partir da análise holística destas pesquisas, tornaram-se essenciais no desenvolvimento do guia de aplicação doravante apresentado.

4. GUIA DE APLICAÇÃO LCCA

Pode-se definir o LCCA como: a análise estruturada de todo o conjunto de custos que estão associados ao ativo, a fim de avaliar o custo total de se possuir um ativo.

O conjunto de custos envolvidos na análise ocorre durante toda a vida útil do ativo, ou pelo menos, o período em que o ativo é de propriedade da entidade que realiza a análise. Como pode ser visto na figura 4.1, que aproximadamente 80% dos custos de vida são operacionais.

Figura 4.1 - Distribuição de custo ao longo do ciclo de vida do ativo.



Fonte: AZEVEDO (2010).

O que se leva a pensar que a fase de escolher um ativo de forma a só levar em consideração o valor de aquisição é como se olhássemos para um iceberg e víssemos apenas a ponta, mas a maior parte do custo estará abaixo da linha d'água aonde não conseguimos ver.

Figura 4.2 – Iceberg de custo de um ativo



Fonte: SSPA (2017).

Para facilitar a visão do iceberg como um todo foi construído um modelo a partir de um processo realizado em seis etapas que encadeiam uma linha progressiva e lógica em sua aplicação, como está ilustrado na imagem abaixo:

Figura 4.3 – Fases da Análise do Custo do Ciclo de Vida



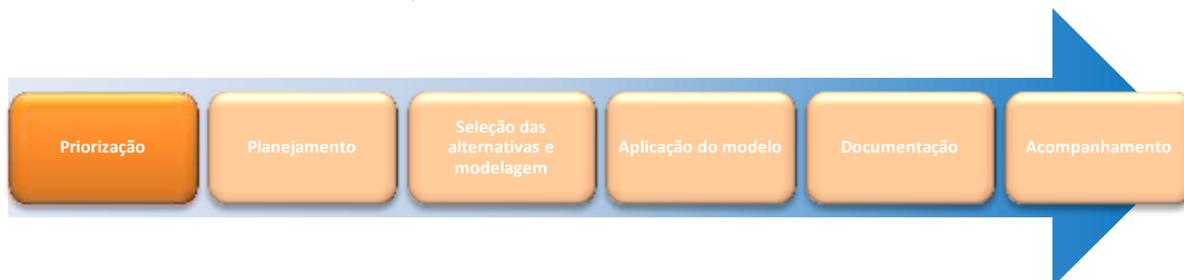
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Essas fases irão encadear sucessivamente a construção do modelo de análise apresentado no desenvolvimento do trabalho.

4.1. PRIORIZAÇÃO

A figura abaixo apresenta em destaque a primeira fase que é a priorização.

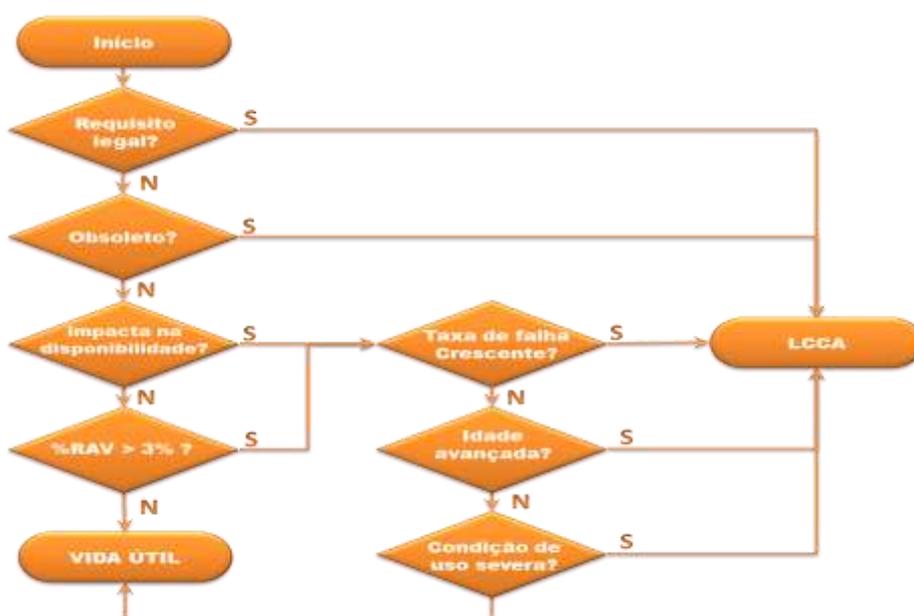
Figura 4.4 – Fase de Priorização da Análise do Custo do Ciclo de Vida



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Uma indústria siderúrgica integrada demanda uma imensa quantidade de equipamentos, e com o passar do tempo, estes equipamentos naturalmente começam a chegar perto do fim de sua vida econômica. A vida econômica é um conceito de análise muito mais complexo de se identificar do que o conceito de vida útil. Para que a vida econômica seja identificada corretamente para cada ativo específico é necessário se construir indicadores que possam direcionar quais desses ativos deverão ser selecionados para serem posteriormente estudados. Para solucionar este problema de identificação foi estruturado este fluxo de priorização indicando quais ativos deveram ser analisados.

Figura 4.5 – Diagrama de decisão.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Descumprimento de requisito legal

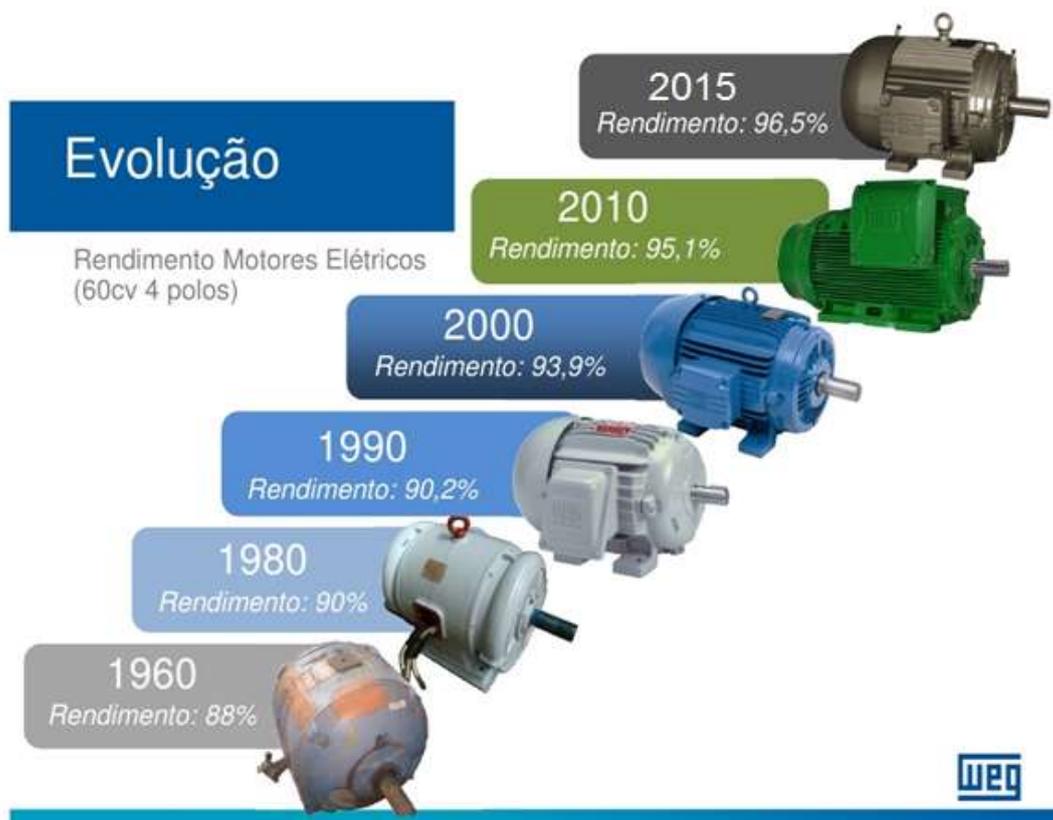
Quando um equipamento está descumprindo um requisito legal, ele deverá ser estudado. Não deverá existir opções de continuar com esse ativo operante, pois não é admissível manter um equipamento que está infringindo as leis e as normas oficiais.

Obsolescência

Um equipamento é considerado obsoleto em alguns casos que podem ser muito claramente observáveis e que demandam sua inserção na LCCA, que são: a inexistência de fornecedores disponíveis para o ativo ou seus sobressalentes; ou se os avanços tecnológicos recentes tornaram a tecnologia do ativo ultrapassada, o que traz consigo um prejuízo inerente e não aceitável na continuidade de seu uso.

Segue na figura abaixo um exemplo de obsolescência tecnológica:

Figura 4.6 – Evolução do rendimento de motores ao longo dos anos.



Um exemplo claro de obsolescência por avanços tecnológicos são motores com idade superior a 20 anos, geralmente tem rendimentos entorno de 5% a menos dos atuais.

Impacto na disponibilidade (Jack-Knife)

O uso do Jack-knife é fundamental dentro do modelo proposto, pois direciona onde está ocorrendo às perdas de disponibilidade do sistema. Geralmente um equipamento não confiável leva a parada do sistema de produção, gerando um lucro cessante muito maior que o valor do equipamento. Portanto se usarmos o Jack-Knife em conjunto com a regra de Vilfredo Pareto que dizia que 80% dos efeitos de parada no sistema de produção vêm de 20% das causas, assim pode-se concluir que se deve focar nos equipamentos que trarão o maior retorno ao investimento. (KNIGHT, 1999).

Taxa de falha crescente (RGA)

A metodologia de crescimento da confiabilidade foi criada para o desenvolvimento de produtos, que se apresenta em um método de verificar se o equipamento em sua fase de desenvolvimento estaria evoluindo em sua taxa falha com o passar do tempo. Entretanto, para a priorização será utilizada justamente o contrário desse método, nesse caso o foco seria a verificação da deterioração da taxa de falha desses equipamentos no seu uso em campo. (JPM, 2012)

Caso um equipamento tenha sido selecionado pelo método de Jack-Knife é necessário fazer uma análise mais a fundo e tentar descobrir se há uma involução em sua confiabilidade, e uma das melhores metodologias para descobrir isto é usar o RGA.

O RGA irá indicar em que momento da vida o equipamento está, se o equipamento está com problemas na fase inicial de sua vida, em sua vida normal ou em seu final de vida útil.

Caso um equipamento esteja em fim de vida útil ele devera ser estudado para saber qual decisão será mais rentável: mantê-lo, reformá-lo ou substituí-lo.

Porque não modelar todos os equipamentos através de RGA ao invés de usar o Jack-Knife?

O Jack Knife é uma ferramenta de simples utilização que direciona o foco para os equipamentos que requerem mais atenção, já o RGA é uma ferramenta mais complexa onde os dados deverão ser analisados um a um, demandando um grande esforço de mão de obra especializada no assunto.

Despesa de operacionais (CAPEX)

O CAPEX do inglês *Capital Expenditure* é um termo que representa o investimento para adquirir ou atualizar ativos produtivos (como veículos, máquinas e equipamentos) para aumentar a capacidade ou eficiência de uma empresa por mais de um período contábil. Também chamado de gasto de capital.

Despesa de operacionais (OPEX)

O OPEX do inglês *Operational Expenditure* é um termo que representa o capital investido em bens de consumo como exemplo podemos pensar em um carro, a compra do carro é classificada como CAPEX, porém o combustível gasto e as manutenções são considerada OPEX.

Custo de reposição do ativo (RAV)

O RAV *Replacement Asset Value* (em português, Custo de Reposição do Ativo) indica o custo que deverá ser despendido caso haja necessidade de troca do mesmo, este valor é importante, pois deste indicador irá derivar vários outros que direcionam as tomadas de decisões.

Taxa do Custo de Reposição do Ativo (RAV%)

A taxa de reposição do ativo RAV% (Equação 4.1) é um indicador que irá conduzir uma análise sobre o custo de despendido em manutenção do ativo no ano. A variação deste indicador traz algumas pistas sobre a saúde do ativo, por exemplo, maior que 3% indica que este ativo esta gastando mais do que a média das indústrias siderúrgicas, caso esteja em torno de 2% indica que participa de um grupo seletto das melhores praticas de manutenção.

$$\%RAV = \frac{OPEX}{RAV} \quad 4.1$$

Idade Avançada

Todo ativo possui uma expectativa de vida, indicada em projeto ou prevista pelo fabricante. Se a idade atual do ativo representa 70% ou mais da idade projetada, ele está em idade avançada.

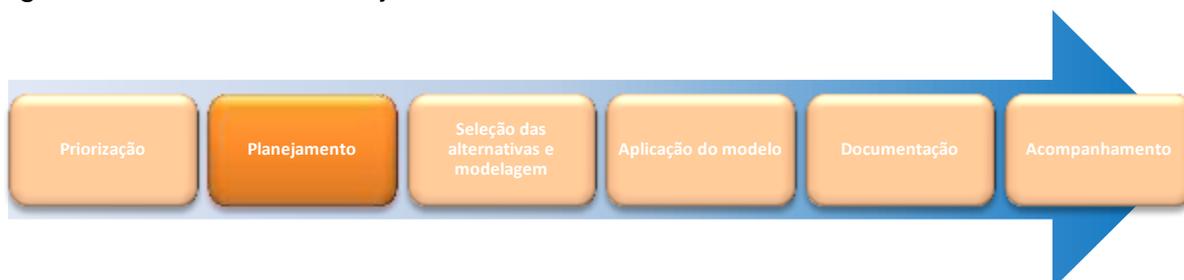
Condição de Uso Severa

A condição de uso é um indicativo de como o ativo esta sendo degradado. Todo ativo possui uma capacidade prevista em projeto ou indicada pelo fabricante. Se ele estiver operando acima desta capacidade, terá taxas de falhas elevadas, mesmo não estando em idade avançada. O mesmo ocorre se estiver operando em um ambiente mais agressivo que o previsto em projeto.

4.2. PLANEJAMENTO

A figura abaixo apresenta em destaque a segunda fase que é o planejamento.

Figura 4.7 – Fase de Planejamento da Análise do Custo do Ciclo de Vida



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A fase de planejamento é a fase essencial da LCCA, pois ela define os objetivos do LCCA e suas limitações de escopo. O plano precisa ser documentado no início da análise para manter o foco nos objetivos. Este documento deve ser enviado a gerencia para aprovação e as partes envolvidas precisam ser comunicadas. Sobre o desenvolvimento deste planejamento deve-se observar a existência dos seguintes itens abaixo:

4.3. Conexão da LCCA com a estratégia da Gestão de Ativos;

Para que os estudos de LCCA não percam o foco e nem desviem das diretrizes organizacionais, os objetivos da empresa são desdobrados em objetivos da Gestão de Ativos (GA) e consequentemente alinhados aos objetivos da LCCA, garantindo assim que as ideias do alto comando se realizem no chão de fábrica.

Um dos principais erros no desdobramento dos objetivos é se esquecer de definir quando deverão ser atingidos, então é necessário definir a abrangência do tempo da análise.

4.3.1. Partes envolvidas na análise (*stakeholder*)

Um mapeamento dos *stakeholders* definindo o envolvimento dos mesmo com o projeto oque deverá ser comunicado e quando, garante que no desenvolvimento do projeto, a comunicação seja eficiente garantindo o sucesso do projeto.

4.3.2. O escopo da análise

Para um projeto ser bem planejado, é fundamental a definição da abrangência de seu escopo bem delimitado. No entanto, o que é escopo? Segundo o PMI (2013), guia de conhecimento em Gerenciamento de Projetos, disponibilizado pelo PMO “O trabalho que precisa ser realizado para entregar um produto, serviço ou resultado com as características e funções especificadas”.

4.3.3. A identificação das possíveis alternativas

Um breve apontamento das possíveis alternativas a serem propostas, com seus principais custos envolvidos. Nesta fase não precisa ser as alternativas detalhadas, apenas apresentar um panorama sobre as ideias para a solução do problema.

4.3.4. Premissas

Segundo o PMBOK (2000) “Premissas são fatores associados ao escopo do projeto que, para fins de planejamento, são assumidos como verdadeiros, reais ou certos, sem a necessidade de prova ou demonstração”, ou seja, são hipóteses ou pressupostos que devem ser assumidas com extremo cuidado, pois podem arruinar os ganhos do projeto. Dentre as que deverão ser abordadas são os Limite de CAPEX, capacidade mínima requerida, disponibilidade, tempo de *Setup*, condição de trabalho, entre outras

4.3.5. Cronograma

O cronograma é uma peça chave para que a análise seja entregue no tempo correto e não desperdice recurso, aumentando assim a produtividade dos estudos.

4.4. SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS E MODELAGEM

A figura abaixo apresenta em destaque a terceira fase que é a seleção e modelagem das alternativas.

Figura 4.8 – Fase de Seleção das alternativas e modelagem da Análise do Custo do Ciclo de Vida

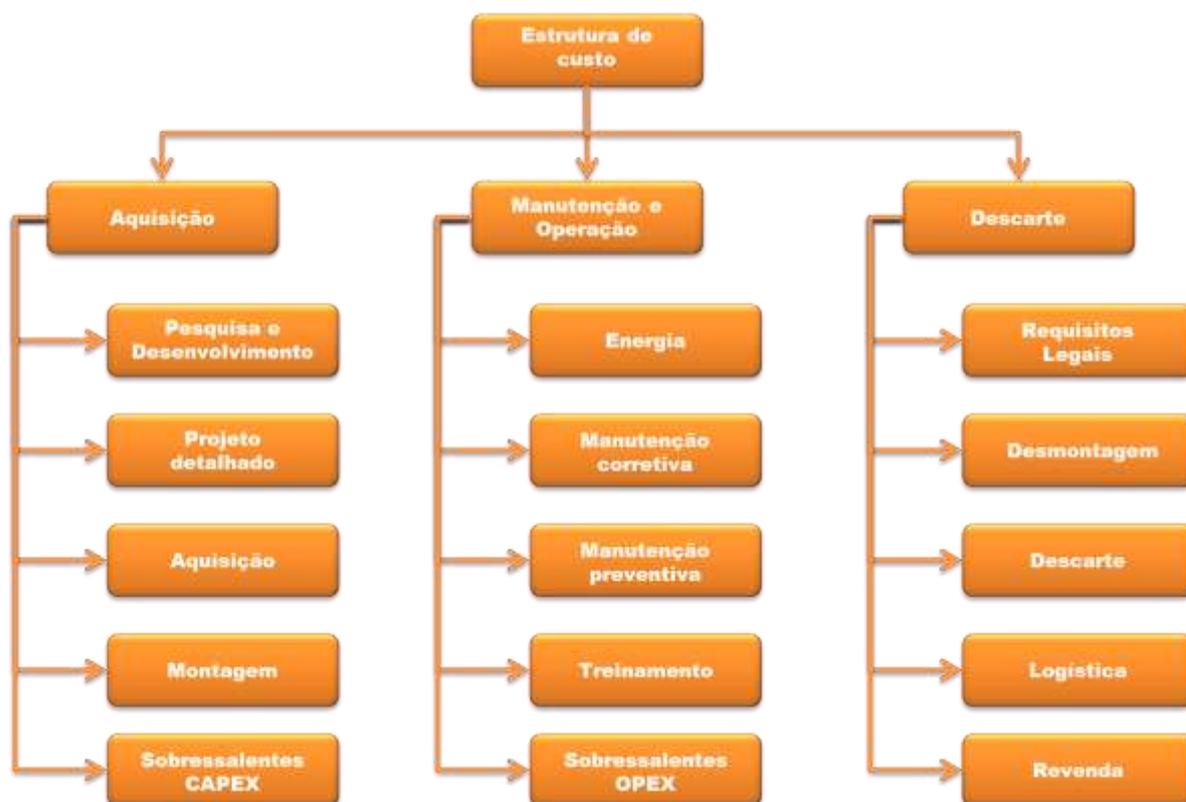


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Uma vez que o equipamento foi selecionado e o plano de trabalho foi traçado, entramos no momento em que precisamos começar a detalhar os custos previstos abaixo da linha d'água como ilustrado na representação do iceberg da figura 4.2 para todas as alternativas expostas no planejamento.

Nesta fase começa se tornar claro a diferença do LCCA para outras metodologias, através da Estrutura de Decomposição de Custos (CBS do inglês *Cost Breakdown Structure*) que define as fases específicas do ciclo de vida e as categorias de custos relevantes, esta estrutura pode ser simples, ou seja, organizada em apenas aquisição, operação e descarte; ou mais complexa com a apresentação mais detalhada dos custos envolvidos, conforme figura 4.9. O importante é que tenha uma boa exatidão dos custos. (BARRINGER, 1996).

Figura 4.9 – Estrutura de Decomposição de Custos de aquisição



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Um bom CBS deve levar em conta somente os custos divergentes entre as alternativas escolhidas, pois os custos iguais irão apenas deixar o modelo mais complexo e não farão diferença nos cálculos, pois se anularão. Estas simplificações do modelo precisam estar explícitas nas premissas. (BARRINGER, 1996).

4.4.1. Estimativa de custo

Após a decomposição de custo previstos no CBS, deverá ser estimado quando eles irão ocorrer, estas estimativas poderão ser determinísticas, análogo, probabilísticas ou de elicitação. Abaixo serão apresentados os métodos para realização das estimativas:

4.4.2. Método determinístico de estimativa de custo

Este é o método é o mais preciso de determinação de custo, sempre que possível deve-se usá-lo. Consiste em levantamento do histórico de custo do ativo e replicá-lo para os equipamentos idênticos.

4.4.3. Método análogo de estimativa de custo

O método análogo é o segundo mais preciso na determinação de custos, pois ele se desenvolve a partir da aplicação do método determinístico, para um ativo específico, que se assemelhe em suas tecnologias ou em seus componentes, usando esses resultados da avaliação de custos, como referência para a análise dos ativos similares.

4.4.4. Método probabilístico estocástico de estimativa de custo

Outro método para estimar o custo de manutenção é usar distribuições estatísticas.

Há três maneiras de se obter a distribuição de falha de um determinado componente, uma é conseguir com o fabricante o Estudo de Dados de Vida (LDA), outra maneira é levantar as falhas de um determinado componente e usar um software para modelar sua distribuição, por final podemos levantar estes dados através de ensaios acelerados de vida, que consiste em usar bancadas de teste para que se possa acelerar a degradação do componente.

4.4.5. Elicitação de especialistas

Quando não há dados suficientes ou imprecisão deles, deve-se utilizar este método. Ele consiste em uma abordagem sistemática que tem como objetivo sintetizar dados quantitativos a partir do julgamento subjetivo de experts em um determinado assunto (SLOTTJE, SLUIJS E KNOL,2001)

4.4.6. Custo irrecuperável

Os custos irrecuperáveis não devem ser considerados nas análises futuras uma vez que eles ocorreram no passado, e não podem ser recuperados por qualquer ação do presente ou do futuro. Um exemplo: você compra um caminhão por R\$ 2,5 milhões e depois de usá-lo por 6 meses descobre que apenas consegue vendê-lo por R\$ 2,0 milhões. O custo irrecuperável é R\$ 500 mil e não pode ser obtido por qualquer atitude presente ou futura.

4.4.7. Lucro cessante

O lucro cessante é o prejuízo causado pela interrupção de alguma atividade da empresa. Ou seja, é o lucro que ela não teria caso algum incidente ocorra. Essa interrupção pode ser causada por diferentes motivos.

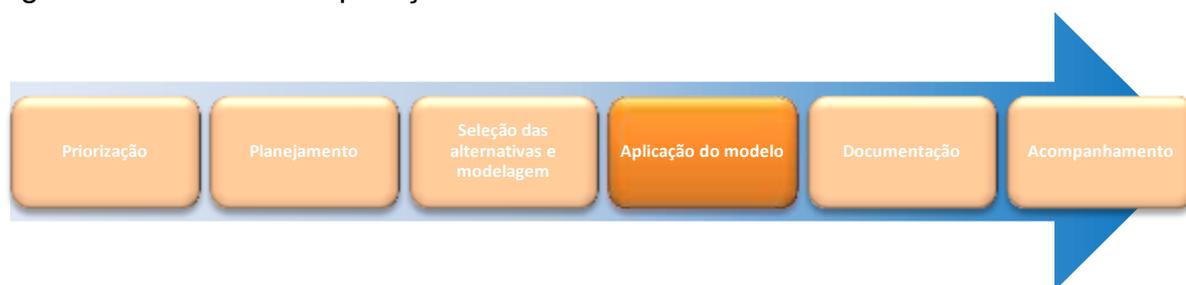
4.4.8. Receita

Muito dos casos não teremos como calcular a receita que um ativo pode gerar para a empresa, pois ele está inserido em um sistema tão complexo que se torna imensurável sua participação na receita gerada, com isto pode-se desconsiderar a receita em todas as alternativas comparadas dentro da mesma análise.

4.5. APLICAÇÃO DO MODELO

A figura abaixo apresenta em destaque a quarta fase que é a aplicação do modelo.

Figura 4.11 – Fase de Aplicação do Modelo da Análise do Custo do Ciclo de Vida



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Neste ponto, já foi escolhida as alternativas e seus modelos de custo no tempo desdobrado, o próximo passo é trazer os custos para o VPL no ano zero, usando a formula padrão mencionada no capítulo 3. Portanto precisa-se levar em consideração alguns pontos importantes:

Custo anual equivalente

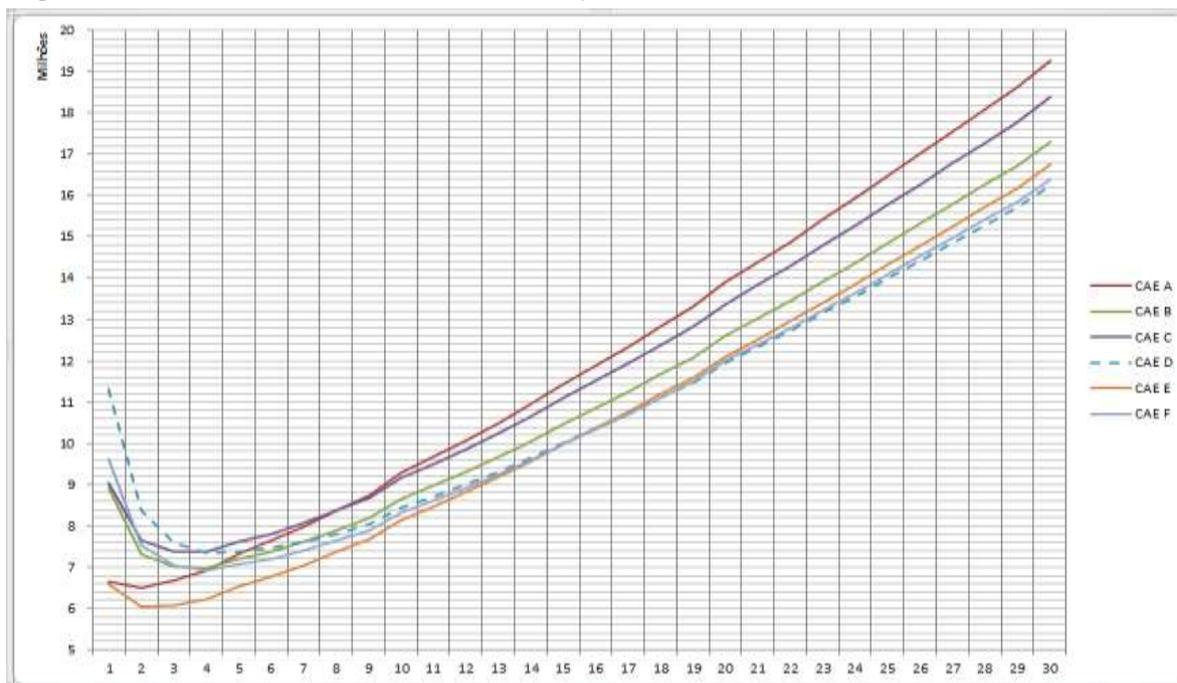
O custo anual equivalente é uma ferramenta ótima para se comparar alternativas, mas precisa-se prestar atenção em alguns pontos. Para ilustrar estes cuidados a serem observados, será apresentado abaixo uma análise realizada em uma empresa mineradora no ano de 2014 ¹.

Observe o gráfico 4.12 que representa alternativas para ventiladores industriais, onde o consumo de energia é elevado, portanto a eficiência do conjunto é muito importante.

Em um horizonte de trinta anos, a alternativa “D” teria o menor custo anual equivalente, logo tender-se-ia ser escolhida.

¹ Trabalho realizado pelo autor desta pesquisa no ano de 2014, referente à substituição de um Ventilador industrial por conta do seu desempenho na função de Engenheiro de Confiabilidade em uma indústria mineradora.

Figura 4.12 – Gráfica do Custo Anual Equivalente com horizonte de trinta anos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

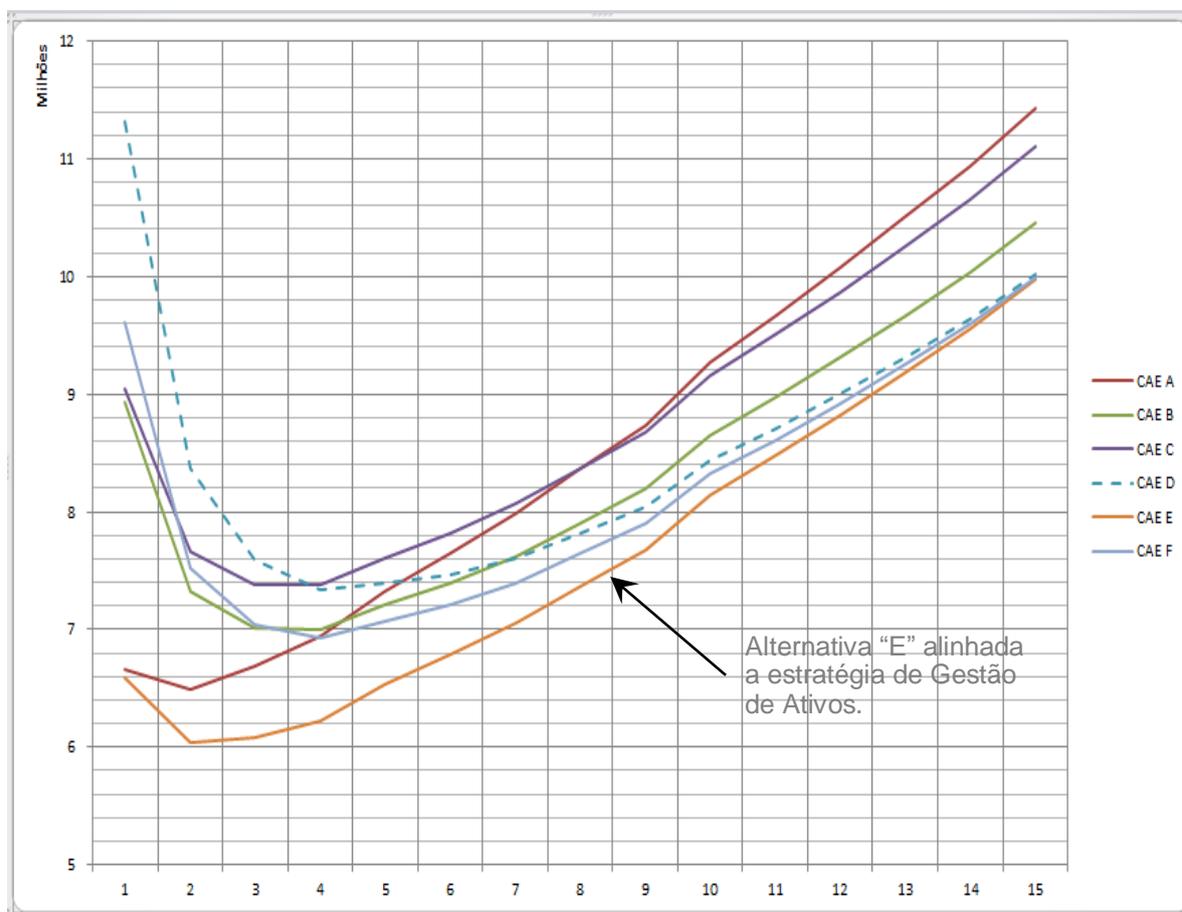
Portanto não se deve realizar a escolha da alternativa mais adequada somente analisando este gráfico, precisa-se saber quais são os objetivos estratégicos organizacionais.

Supondo-se que os objetivos organizacionais são eles:

- Dobrar o valor da empresa em 8 anos;
- Diminuir o valor do investimento em 10% neste ano.

Ter-se-ia que olhar para o gráfico com outras perspectivas, observe o gráfico apresentado na figura 4.13, com estas informações pode-se tomar uma decisão mais alinhada com os objetivos estratégicos organizacionais, pois em oito anos a alternativa “E” terá o menor custo equivalente, maximizando o valor do ativo naquele momento, também é a alternativa com menor custo de investimento.

Figura 4.13 – Gráfica do Custo Anual Equivalente (CAE) com horizonte de quinze anos



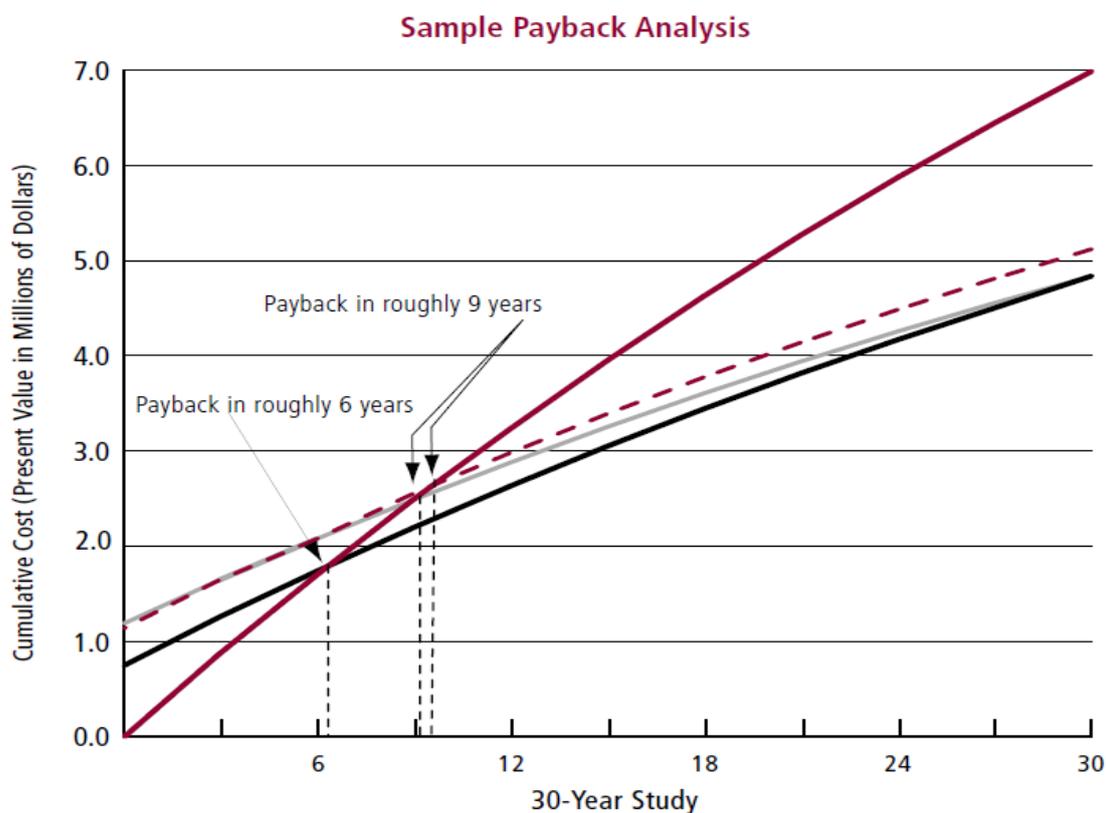
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Calculo do Payback

Como fazer o *payback* se não consegue-se estimar a receita?

Uma das maneiras é compara os custos das alternativas proposta com a atual, o *payback* será o momento em que as linhas do Valor Presente Líquido Acumulada (VPL Acumulado) se encontrarem, como apresentado no exemplo abaixo:

Figura 4.14 – Gráfica do Custo Anual Equivalente com horizonte de quinze anos



Fonte: STANFORD UNIVERSITY (2005).

Inflação

Não ira-se considerar a inflação, pois além da existência histórica da incerteza da variação da taxa de inflação no Brasil, ela ira afetar o valor do dinheiro no tempo na mesma proporção nas diversas alternativas existentes, vindo se anular para efeito de comparação. Como o LCC será utilizado somente para comparação de alternativas e não para planejamento de gastos futuros, não há necessidade de tornar o calculo mais complexo.

Incertezas

A incerteza pode ser calcula e inserida na análise em cada parâmetro usado para estimar custos, podendo assim ser indexado a uma incerteza, levando a incerteza total do LCCA, mas isto torna os cálculos muito mais complexos.

Para tornar o cálculo mais simples e usual, deve ser adotado uma incerteza qualitativa ao invés de quantitativa. Como exemplo: uma alternativa com o 1% a menos no custo total do ciclo de vida, dentre as alternativas pesquisadas, não poderá ser escolhida baseada somente neste parâmetro, você precisará considerar outros fatores tais como:

- Baixo custo de CAPEX
- Menor tempo de *payback*
- Impactos ambientais
- Segurança operacional

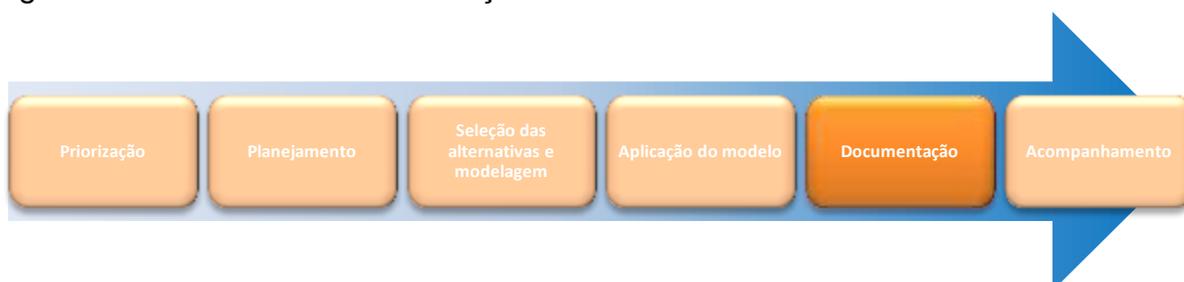
Direcionamento de tomada de decisão

No caso de ativos empregados nas atividades meio ou produção (caminhões, escavadeiras, etc), deve-se elaborar um fluxo de caixa dos custos das alternativas e, depois, compará-las adequadamente de modo que se possa tomar a decisão mais econômica. Por outro lado, no caso de ativos empregados nas atividades fins (ônibus, avião, etc), deve-se elaborar um fluxo de caixa e comparar as alternativas em termos de maximização de lucro;

4.6. DOCUMENTAÇÃO E REGISTRO

A figura abaixo apresenta em destaque a quinta fase que é a de documentação.

Figura 4.15 – Fase de Documentação da Análise do Custo do Ciclo de Vida



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

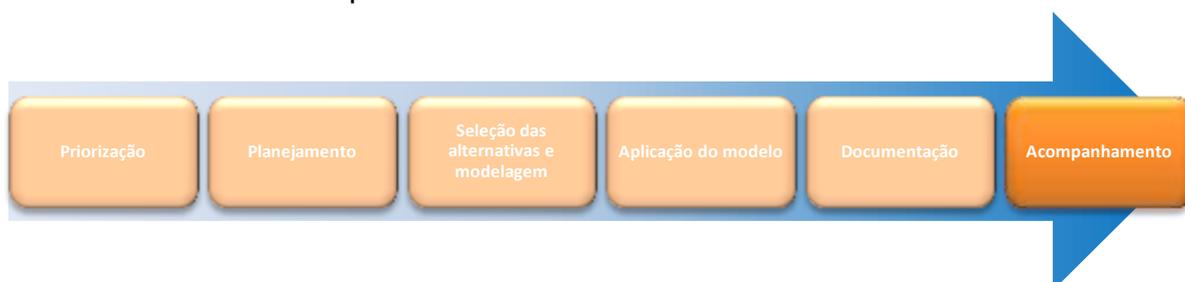
A documentação deste estudo é muito importante, pois permite que os envolvidos possam acompanhar a sua implementação, servindo como referência para futuras análises. Toda a documentação, aprovada ou não, deve ser registrada no Sistema Computadorizado de Gerenciamento da Manutenção (CMMS do inglês, *Computerized Maintenance Management System*) em uma nota específica, todas as ações provenientes do estudo, sendo registrada no sistema de manutenção para ser acompanhada. A documentação deve ser anexada à nota de estudos de engenharia e deverá conter no mínimo o seguinte:

- Planejamento do estudo;
- Um resumo do estudo com um breve comentário sobre os objetivos da análise conclusão e ações recomendadas;
- Registro do “*go or no go*” estudo pela gerencia;
- Descrição das alternativas estudadas;
- Todas as premissas assumidas;
- Modelo matemático aplicado
- Conclusão com suas ações recomendada.

4.7. ACOMPANHAMENTO

A figura 4.16 apresenta em destaque a sexta e última etapa que é a de acompanhamento.

Figura 4.16 – Fase de Acompanhamento da Análise do Custo do Ciclo de Vida



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Um dos principais erros de uma análise é considerar que, depois da implantação do modelo e da decisão tomada, o projeto está finalizado. Todavia, há uma fase que nos leva a conhecer ainda mais sobre o processo de LCCA e aperfeiçoá-lo, que é a fase de acompanhamento.

Nesta fase, deverá ser realizada uma coleta dos dados reais de custo da alternativa selecionada, e compará-los com o modelo. Pois o modelo pode estar representando corretamente o equipamento selecionado ou não, caso não esteja dever-se-á tomar ações para minimizar o impacto ao negócio, no entanto, um bom modelo inicial minimiza as chances de tal ocorrência.

Outro benefício de se acompanhar o ciclo de vida da alternativa selecionada, é que pode-se aplicar com maior precisão o LCCA em ativos similares.

4.8. SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

O presente capítulo realizou uma apresentação completa do modelo de aplicação do LCCA de maneira pormenorizada. Foi apresentada cada uma das seis fases de implementação do modelo proposto, que são elas: Priorização, Planejamento, Seleção e Modelagem, Aplicação, Documentação e Acompanhamento. Cada uma destas fases demandou um estudo e uma apresentação detalhada, para poder sanar todas as possíveis dúvidas existentes em relação a sua importância, e sobre os seus procedimentos de uso.

No próximo capítulo irá ser realizada uma análise dos resultados da elaboração deste modelo de guia de aplicação da LCCA, realizando uma avaliação teórica da sua necessidade e eficácia, destacando o quanto é importante que em sua aplicação tenha-se o cuidado de seguir as fases de desenvolvimento apresentadas no capítulo 4.

5. CONCLUSÕES

A otimização dos processos de aquisição, manutenção e descarte de ativos, por uma indústria siderúrgica, é um item de extrema relevância no que diz respeito ao seu desenvolvimento e da competitividade em um mercado cada vez mais agressivo, pois a falta de planejamento e simples intuição nestes processos levam ao desperdício de recursos ou no mínimo ao distanciamento do aproveitamento da capacidade potencial máxima ao qual a empresa deve extrair de seus ativos. Para que ocorra a substituição dos ativos em fim de vida econômica de forma a maximizar o valor contábil e social da empresa é necessário à aplicação do modelo proposto no capítulo 4 desse trabalho, sendo a formulação matemática desse modelo de otimização variável de acordo com o projeto e o cenário inserido.

A pesquisa preocupou-se inicialmente em apresentar todos os elementos constitutivos da base teórica que posteriormente formaria o modelo LCCA proposto, pormenorizando de maneira didática cada elemento teórico que fundamentaria e instrumentalizaria o modelo final (Guia de Aplicação LCCA). Para compreensão da lógica estruturante do modelo final, fez-se necessário escrutinar conceitos, fórmulas e métodos extraídos dos vários autores consultados, com intuito de racionalizar o modelo e torná-lo possível de ser aplicado dentro da indústria Siderúrgica integrada.

Os resultados finais da pesquisa alcançaram todos os objetivos projetados, apresentando ao final um guia de aplicação que condiz com as necessidades atuais de modernização da Gestão de Ativos. Sua aplicação obedece um sistema que por um lado é complexo, no que diz respeito a sua elaboração, devido amplo espectro de conhecimento elencados (conceitos, fórmulas e métodos); por outro lado é simples, no que diz respeito a sua aplicação, ao qual segue um encadeamento lógico passível de se tornar uma rotina prática na gestão destes ativos.

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, foram encontradas algumas dificuldades, algo que é próprio da natureza do trabalho acadêmico-científico. O grande desafio que se apresentou ao longo da elaboração deste trabalho foi a identificação e a estruturação do referencial teórico, que por sua complexidade, demandou uma apreciação detalhada e rigorosa em sua seleção, pois corria-se o risco de se criar procedimentos desnecessários, o que prejudicaria sua racionalidade, e por outro lado poder-se-ia abandonar procedimentos essenciais de

forma a prejudicar a constituição do modelo proposto. Assim, a acuidade na construção do referencial teórico foi fundamental para seu sucesso, fazendo-se necessário o aprofundamento maior na investigação desta etapa, sendo esta imersão desafiadora, mas ao mesmo tempo satisfatória a cada barreira transpassada.

Ao final de todo este processo de investigação, análise e produção, obteve-se como resultado um guia de aplicação de LCCA, que pode servir de referencia não só no desenvolvimento da gestão de ativos da indústria Siderúrgica integrada, mas como ponto de partida para novas leituras e releituras deste processo, sendo aberto a críticas e principalmente ao aperfeiçoamento, pois a insatisfação com o existente é a força motriz do desenvolvimento da ciência e da tecnologia em todos os tempos e lugares.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em uma siderúrgica integrada há um grande parque com milhares de ativos inter-relacionados que se unem para produzir aço e gerar uma receita. Dessa receita é retirado os custos de produção e impostos, resultando ao final dessa subtração o lucro. Este lucro precisa ser atrativo o suficiente em relação ao valor investido na indústria, isto é, medido pelo indicador ROI.

Este estudo foca em analisar um ativo em separado, isolando-o da conexão com o parque industrial como um todo, analisando o ROI do próprio ativo em si.

Assim nesse trabalho futuro é sugerido que se faça uma análise de como será afetado o custo de manutenção do parque industrial na troca de um ativo, se este ativo escolhido irá afetar o ROI de um sistema como um todo.

REFERÊNCIAS

AÇO BRASIL. Disponível em:

<http://www.acobrasil.org.br/site2015/estatisticas.asp>. Acesso em: 22 de março 2017.

ARCELORMITTAL TUBARÃO. Disponível em:

<http://tubarao.arcelormittal.com/>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2014.

AZEVEDO, Celso. Gestão de Ativos. In: **WORKSHOP GESTÃO DE ATIVOS**, 2013, Serra. ArcelorMittal Tubarão, 2013.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia Científica**: para uso dos estudantes universitários. 3. ed. São Paulo: McGrawHill do Brasil, 1983.

FRANCISCO, José R S; AMARAL, Hudson F; BERTUCCI, Luis R. O impacto da economia globalizada setor siderúrgico brasileiro. In: SIMPOSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA.10., 2013, Resende. **Gestão e tecnologia para a competitividade**. Disponível em:

<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/54818665.pdf>>. Acesso em: 29 junho 2017.

JMP: Disponível em:

www.jmp.com/content/dam/jmp/documents/en/white-papers/wp-explaining-reliability-106026.pdf. Acesso em: 15 de abril de 2017.

KNIGHTS, Peter F. Downtime Priorities, Jack-knife Diagrams, and the Business Cycle. **Maintenance Journal.**, Melbourne, Vol 17, No.2, pp.14-21. 2014.

PCMUSINA: Disponível em:

<https://pcmusina.wordpress.com/2011/07/13/manutencao-na-confiabilidade/>. Acesso em: 06 de abril de 2017.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**: Guia PMBOK. EUA: Project Management Institute, 2013.

RELIASOFT: Disponível em:

www.reliawiki.org/index.php/life_data_analysis_reference_book. Acesso em: 01 de abril de 2017.

STANFORD UNIVERSITY. **Guidelines for Life Cycle Cost Analysis**. EUA: Stanford University, 2005.

SSPA: Disponível em:

www.sspa.se/tools-and-methods/to-do-right-from-the-beginning. Acesso em: 03 de maio de 2017.

WEG: Disponível em:

<http://www.weg.net>. Acesso em: 05 de maio de 2017.