

**XV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/SP – 2009**

**TRABALHO DE AVALIAÇÃO
MÁQUINAS, INSTALAÇÕES E BENS INDUSTRIAIS EM GERAL**

Resumo: *Este trabalho tem o objetivo de analisar os diversos métodos de cálculo da depreciação de máquinas e equipamentos, buscando determinar aqueles que melhor aproximam o valor de mercado dos mesmos, utilizando para isso a regressão linear e técnicas e simulação.*

Palavras chave: *Depreciação, Máquinas, Equipamentos, Valor, Mercado*

1. INTRODUÇÃO

Na avaliação de máquinas e equipamentos são largamente empregadas as técnicas de cálculo de depreciação, ou seja, busca-se no mercado o valor de novo para uma determinada máquina e, através da análise de variáveis como idade, vida útil, estado de conservação, condições de trabalho e de manutenção e vida residual, determina-se um coeficiente de depreciação para a mesma.

Sobre o valor desta máquina, é aplicado o coeficiente de depreciação, resultando no valor depreciado da mesma.

Ocorre que, na maior parte das vezes, os valores calculados através dos métodos de depreciação não correspondem ao valor de mercado do equipamento avaliando. No entanto, a determinação do valor de mercado não é objetivo dos métodos de depreciação, mas sim o valor depreciado das mesmas, o qual, dentro da normatização brasileira é definido como custo de reedição ou valor em uso.

As definições, apresentadas nas normas, ajudam a entender as diferenças entre eles.

De acordo com ABNT (2001), temos as seguintes definições para valor de mercado e custo de reedição.

3.44 valor de mercado: *Quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente um bem, numa data de referência, dentro das condições de mercado vigente.*

3.9.3 custo de reedição: *Custo de reprodução, descontada a depreciação do bem, tendo em vista o estado em que se encontra.*

É importante, subsidiariamente, definir o custo de reprodução, uma vez que o mesmo faz parte da definição de custo de reedição. Segundo ABNT (2001), temos:

3.9.4 custo de reprodução: *Gasto necessário para reproduzir um bem, sem considerar eventual depreciação.*

Por fim, ABNT (2006) define valor em uso como segue.

3.29 valor em uso: *Valor de um bem, em condições de operação, no estado atual, como parte integrante de uma indústria, incluídas, quando pertinentes, as despesas de projeto, embalagem, impostos, fretes e montagem.*

Tais definições mostram claramente as diferenças conceituais entre o valor de mercado de um equipamento de seu valor em uso e/ou custo de reedição¹. Logo, dentro deste contexto, o fato do valor depreciado² não coincidir com o valor de mercado de um equipamento não desmerece, de forma alguma, os métodos de depreciação.

¹ Aparentemente, ambos tem o mesmo significado. No entanto, é importante notar que o valor em uso implica necessariamente que o bem esteja em operação, ao passo que o custo de reedição pode ser aplicado, também, a bens paralisados.

² Utilizaremos este termo como sinônimo tanto para custo de reedição como para valor em uso. Como já vimos, há diferenças. Mas esta simplificação não compromete o trabalho.

Por outro lado, em uma situação ideal, poderíamos obter um valor depreciado igual ou aproximado ao valor de mercado. Isto dependeria do método de depreciação captar as variações do valor de mercado do bem através de suas condições intrínsecas (vida útil, valor residual, condições de trabalho e manutenção, estado de conservação).

Tal situação nos leva ao objetivo do presente trabalho, que é o de analisar os métodos de depreciação mais utilizados, buscando determinar qual ou quais deles mais se aproximam do valor de mercado. Para tanto, foi idealizada uma metodologia de comparação entre os valores de mercado e depreciados de diversos equipamentos, como poderemos ver no próximo capítulo.

2. METODOLOGIA

A análise dos métodos de depreciação e sua aderência ao valor de mercado para equipamentos se pautou por metodologia envolvendo conceitos teóricos, técnicas estatísticas, pesquisa de mercado e análises técnicas.

Em princípio, selecionamos, através de pesquisas e análises mercadológicas, equipamentos os quais pudéssemos estabelecer curvas para o valor de mercado, VM e, necessariamente, que as mesmas tivessem como uma das variáveis a idade t , ou seja, $VM = f(t, x_1, \dots, x_n)$, sendo x_1, \dots, x_n outras variáveis importantes na formação do valor de mercado.

A determinação das curvas de valor de mercado para os equipamentos foi feita através da utilização da técnica estatística da regressão linear pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

Em seguida, selecionamos os métodos de depreciação a serem utilizados no estudo. Na seqüência, arbitramos os parâmetros necessários para cada um dos métodos (vida útil, valor residual, estado de conservação, manutenção, trabalho). Neste caso, adotamos parâmetros médios, de modo tornar o estudo o mais abrangente possível.

O próximo passo foi traçar as curvas de depreciação para cada um dos métodos, bem como a curva de valor de mercado em função da idade. As mesmas foram plotadas e os valores anuais calculados.

Tendo as curvas plotadas, a análise inicial foi em relação ao formato das mesmas. Comparamos o formato das curvas de depreciação com aquela de valor de mercado. Foram desconsideradas da análise as curvas de depreciação que apresentassem formatos muito distoantes da curva de valor de mercado (p. ex., a curva de valor de mercado tem formato côncavo e determinada curva de depreciação tem formato convexo).

Com as curvas restantes, calculamos, ano a ano, a diferença quadrática entre os valores de mercado e os valores depreciados para cada um dos métodos, bem como sua soma para cada um deles. Com base nas diferenças quadráticas, selecionamos os dois métodos que mais aproximavam o valor de mercado.

Com os dois métodos selecionados, efetuamos análises mais detalhadas. Efetuamos simulações através do Método de Monte Carlo, para analisar como alterações nos parâmetros dos métodos de depreciação alterariam sua diferença de aproximar o valor de mercado.

Foram calculados também a raiz quadrada da diferença quadrática, que denominamos Δ e a diferença padronizada, a qual definimos como o quociente entre a raiz quadrada da diferença quadrática e o valor de novo do equipamento, onde fizemos novas análises estatísticas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DEPRECIAÇÃO

A depreciação é um termo que apresenta várias facetas, pois faz parte de teorias de engenharia, contabilidade, economia e administração. Via de regra, os enfoques dados por cada uma destas áreas de estudo é diferente, levando a definições que, em muitos casos, não são coincidentes.

MARSTON, WINFREY E HEMPSTEAD (1963), em sua clássica obra sobre o assunto, informam que o termo é aplicado com diversos significados. Também argumentam que a palavra depreciação se refere a três sentidos: (1) diminuição do valor, (2) custo de operação, e (3) condição física.

PREINREICH (1938), estudando a teoria da depreciação, busca evidenciar os diferentes enfoques, dados pelos diversos campos de conhecimento, que fazem uso do termo depreciação. Segundo o mesmo, economistas encaram a depreciação como a diminuição de uma determinada máquina em gerar fluxos de caixa, enfatizando o conceito de vida econômica. Por outro lado, engenheiros buscam conduzir estudos sobre mortalidade³, resultando em vidas úteis e considerando o valor monetário proporcional a vida útil do bem em relação a sua idade.

Dentro da ciência avaliatória, a depreciação pode significar a perda de valor somente pela ação do tempo ou também pela obsolescência. Alguns autores englobam ambas as perdas no termo depreciação, ao passo que outros fazem distinções. FILLINGER (1974), citando Vibrant e Dryden⁴, se enquadra no primeiro grupo.

... perda inevitável de valor da fábrica, equipamento e materiais no decurso do tempo, causada por:

1 – ação química ou corrosão

2 – ação física:

Deterioração, decrepitude, abrasão, desgaste normal e manutenção deferida ou reparos

3 – inadequacidade

4 – obsolescência

BUDHBHATTI (2002) apresenta distinções entre os mesmos. Ele enfatiza a necessidade de diferenciar, de forma inequívoca, os dois termos. A definição que o mesmo apresenta em sua obra deixa tal diferenciação bem clara, conforme a transcrição a seguir.

³ Mortalidade neste caso significa saída de operação de um equipamento.

⁴ Vibrandt, Frank C. e Dryden, Charles C. **Chemical Engineering Plant Design**, McGraw-Hill Book Co., USA, 1959.

7.2.1 “Depreciação” deve ser definida como segue :-

*Além do desgaste e deterioração usuais causados pelo normal uso de qualquer bem, a utilização do mesmo provoca uma certa fração de deterioração, apesar da atenção e cuidados despendidos com sua manutenção e conservação. Apesar de uma parte desta deterioração poder ser controlada, ela não pode ser evitada. Esta é a depreciação. Muitos se referem a esta diferença como **Curável e Incurável**. (Grifos no original)*

Na engenharia de avaliações brasileira, a depreciação envolve ambas as perdas, temporais e de obsolescência. Tal situação foi consolidada na nova normatização de avaliação de bens. Com efeito, ABNT (2001) define depreciação conforme a transcrição a seguir.

3.12 depreciação: *Perda de valor de um bem, devido a modificações em seu estado ou qualidade, ocasionados por:*

3.12.1 decrepitude: *Desgaste de suas partes construtivas, em consequência de seu envelhecimento natural, em condições normais de utilização e manutenção.*

3.12.2 deterioração: *Desgaste de seus componentes em razão do uso ou manutenção inadequados.*

3.12.3 mutilação: *Retirada de sistemas ou componentes originalmente existentes.*

3.12.4 obsolescência: *Superação tecnológica ou funcional*

Finalmente, dentro do enfoque avaliatório, a depreciação se baseia no custo e não no valor, de acordo com observação de MARSTON, WINFREY E HEMPSTEAD (1963). Este é o principal motivo, do ponto de vista teórico, que justifica a diferença entre os valores obtidos em uma curva de depreciação e a curva de valor de mercado para determinado equipamento.

3.2 MÉTODOS PARA CÁLCULO DA DEPRECIÇÃO

A literatura indica uma série de métodos para o cálculo da depreciação para equipamentos. Nós vamos nos ater aos mais utilizados na prática avaliatória brasileira.

3.2.1 Método de Caíres

Este método foi desenvolvido pelo Engenheiro Hélio Roberto Ribeiro de Caíres e consiste em aproximar uma curva que determine o valor depreciado para o transcorrer da vida útil do bem, ponderado pela sua idade, valor residual, vida útil e fatores de manutenção e trabalho.

A dedução do método está detalhadamente descrita em CAIRES (1978). A formulação matemática está expressa a seguir:

$$V = ((1 - V_r) \times D(t, n, \mu, \tau) + V_r) \times V_{\text{novo}}$$

Sendo V o valor depreciado do equipamento, V_r o valor residual, V_{novo} o valor novo e $D(t, n, \mu, \tau)$ o coeficiente de depreciação, função da idade t , vida útil n , fator de manutenção μ e fator de trabalho τ .

$$D(t, n, \mu, \tau) = \frac{1,347961431}{1 + 0,347961431 \times e^{\Phi(\mu, \tau) \times (-0,041679277) \times \frac{t}{n}}}$$

$$\Phi(\mu, \tau) = 0,853081710 \times e^{0,067348748 \times \tau - 0,041679277 \times \mu - 0,001022860 \times \mu \times \tau}$$

3.2.2 Método da Criticidade

O método da Criticidade foi desenvolvido pelo Engenheiro João Carlos Alves Barbosa (vide Barbosa e Zeni, 1995), derivado dos estudos sobre manutenção encontrados em MONCHY (1989). Tal método constituiu-se num marco para a avaliação de equipamentos no Brasil por uma série de motivos.

Inicialmente, trata-se do primeiro método de depreciação que não considera a vida útil do bem. Os métodos de depreciação até então davam um enfoque substancial a vida útil. Ocorre que as mudanças tecnológicas e a evolução da manutenção tornaram a mesma bastante flexível, podendo ser estendida por um longo período (não indefinidamente), vide as curvas da banheira⁵ apresentadas em BARBOSA (2005), MOUBRAY (1997) e LAFRAIA (2001).

Em segundo lugar, ela retoma um conceito já apresentado por MARSTON, WINFREY E HEMPSTEAD (1963), que é a da depreciação como custo de operação.

Finalmente, foi o primeiro método de depreciação derivado no Brasil após quase vinte anos do Método de Caíres⁶.

De acordo com GATTO (2006), o índice de criticidade corresponde ao percentual do valor do equipamento ou instalação novos que deveria ser aplicado em manutenção, de modo a que os mesmos funcionem com índices de disponibilidade compatíveis com o empreendimento. Matematicamente, temos:

⁵ Curva que representa a taxa de falhas de um equipamento ou sistema. Nos equipamentos mais antigos, a mesma apresentava uma taxa de falhas elevada no início da operação, chamada mortalidade infantil, que rapidamente decrescia para uma taxa constante ao longo do tempo. No final da vida útil, a taxa de falhas novamente crescia com o tempo, representando a decrepitude. Tal curva tinha forma similar a de uma banheira, razão do nome.

⁶ Não podemos deixar de apontar que os estudos do método da criticidade foram derivados daqueles de MONCHY (1989). No entanto, tais estudos não tinham como objetivo a avaliação de equipamentos, mas sim o estabelecimento de prioridades na manutenção de equipamentos. A nosso ver, isto não tira o mérito do método. Até porque o outro método brasileiro, de Caíres, foi também derivado de um estudo internacional (As curvas de mortalidade elaboradas por Robley Winfrey na Iowa State University, que podem ser vistas em Marston, Winfrey e Hempstead, 1963).

$$V_{\text{dep}} = \frac{V_{\text{novo}}}{\left(1 + \frac{C}{100}\right)^t}$$

Sendo V_{novo} o valor novo do equipamento, V_{dep} o valor depreciado e C o índice de criticidade para o equipamento, processo ou instalação, calculado de acordo com a tabela a seguir.

VARIÁVEIS	ÍNDICE DE CRITICIDADE
COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA	0 a 2
IMPORTÂNCIA DO EQUIPAMENTO NO PROCESSO	0 a 3
EQUIPAMENTO NACIONAL OU IMPORTADO	0 a 1
TAXA DE FALHAS	0 a 2
TEMPO DE OPERAÇÃO/JORNADA DE TRABALHO	0 a 2
MONTANTE DO INVESTIMENTO	0 a 2
ÍNDICE TOTAL DE CRITICIDADE	Σíndices

Quadro 1 – Tabela de índices de criticidade

O índice total de criticidade também é conhecido como Custo de Falha Teórico. Há discussões sobre a correção ou não do índice de criticidade pelos investimentos em manutenção. De acordo com BARBOSA (2005), tais índices podem ser corrigidos, desde que os gastos com manutenção estejam devidamente documentados.

Outro ponto sobre o método, que infelizmente não foi documentado pelo criador, mas que foi apresentado em seus cursos, no qual o índice mínimo de criticidade é 2, ou seja, a depreciação anual mínima de um equipamento é de 2% ao ano. Segundo o Engenheiro Barbosa, por melhores que fossem os procedimentos de manutenção, sempre haveria uma deterioração impossível de ser evitada.

Para efeito deste trabalho, consideraremos a criticidade mínima de 2 e não faremos correções dos índices relativos a manutenção.

3.2.3 Método de Cole

Também conhecido como Método da soma dos dígitos ou método da série. Segundo GATTO (2006), o mesmo estabelece a depreciação empírica em cada período como sendo igual ao produto da depreciação total pelos elementos da série (sendo N o número de períodos – geralmente anual).

Em representação matemática, teríamos:

$$\frac{N}{1+2+3+\dots+N}, \frac{N-1}{1+2+3+\dots+N}, \frac{N-2}{1+2+3+\dots+N}, \frac{N-4}{1+2+3+\dots+N}$$

O valor para cada depreciação periódica é igual ao valor da depreciação total.

$$V_{\text{dep}} = V_{\text{novo}} - D_a$$

Onde:

D_a é a depreciação acumulada ao longo da idade do equipamento, sendo calculada pela seguinte expressão:

$$D_a = \frac{t(2t - x)D_p}{2}$$

Onde:

t é a idade do equipamento;

n é a vida útil do equipamento e

D_p é a depreciação por período, calculada pela seguinte expressão:

$$D_p = \frac{2(V_{\text{novo}} - V_r)}{n(n+1)}$$

Onde:

V_r é o valor residual (adotado como 10% do valor de novo)

3.2.4 Método de Ross

O método de Ross considera a depreciação como função de um polinômio que considera a vida útil e a idade do equipamento.

$$\delta = 1 - \left[\frac{1}{2} \times \left[\frac{t}{n} + \frac{t^2}{n^2} \right] \times V_d \right]$$

Onde:

δ é a parcela de depreciação

V_d é o valor depreciável

$$V_{\text{dep}} = V_{\text{novo}} \times \delta$$

3.2.5 Método da linha reta

Também conhecido como método da quota fixa ou método linear. Neste, o valor do equipamento deprecia linearmente com o tempo. Matematicamente:

$$V_{\text{dep}} = V_{\text{nov}} \times \left[1 - \left[\frac{t \times V_d}{n} \right] \right]$$

3.3 REGRESSÃO LINEAR

A regressão linear é uma técnica estatística utilizada para relacionar uma determinada variável y , a qual chamamos de dependente, com um conjunto de variáveis $x_1 \dots x_n$, denominadas variáveis independentes.

Teríamos a seguinte equação:

$$y = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n + e$$

Sendo:

a_0, a_1, \dots, a_n os coeficientes de ajuste;
e o termo do erro estocástico

a qual chamamos equação de regressão.

Para obter a equação de regressão em questão, é necessária a determinação dos coeficientes de ajuste, a_0, a_1, \dots, a_n . Os mesmos são obtidos, usualmente, através do método dos mínimos quadrados ordinários.

Além da determinação dos coeficientes, o modelo deve ser submetido a uma série de testes estatísticos, de modo a verificar se ele é adequado para exprimir a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes.

Não faz parte do escopo deste trabalho detalhar a metodologia para determinar o modelo de regressão. As obras apresentadas na bibliografia (Dantas, 1999; Gujarati, 2000 e Kmenta, 1978) apresentam detalhadamente os conceitos teóricos e a metodologia aplicável.

3.4 SIMULAÇÃO

De acordo com FREITAS F^o (2001), a simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Com efeito, num processo de simulação, busca-se obter respostas de um sistema estudado através de entradas escolhidas ou aleatórias.

Quando a simulação envolve números aleatórios e processos estocásticos⁷, estamos diante de uma técnica específica chamada Método de Monte Carlo.

O Método de Monte Carlo trata-se da revisão de uma técnica matemática conhecida desde o início do século passado. Este método foi utilizado, em um artigo escrito por Lorde Kelvin, para analisar a equação de Boltzman⁸. Ela também foi

⁷ Diz-se um processo estocástico quando o seu comportamento é não determinístico, no sentido de que cada estado desse processo não determina completamente qual será o próximo.

⁸ Parte analítica de um modelo matemático da teoria cinética dos gases que descreve a evolução, no espaço e no tempo, de um gás monoatômico composto por moléculas idênticas.

utilizada por Student para estimar os coeficientes de correlação da conhecida distribuição “t”.

Na década de 1940, durante o Projeto Manhattan, onde foi projetada a bomba atômica, Ulam, Von Newman e Fermi utilizaram o mesmo para simular o coeficiente de difusão de nêutrons em certas superfícies. Nesta época o método recebeu o codinome de Monte Carlo, relacionado ao cassino existente em Mônaco.

A aplicação desta técnica consiste na geração de dados artificiais através de um gerador de números aleatórios⁹ (GNA) e de uma distribuição de frequências da variável conveniente.

Algumas vezes, os próprios números aleatórios podem ser empregados na simulação. Na maioria dos casos, no entanto, é necessário transformar estes números em variáveis aleatórias que seguem distribuições diferentes da distribuição uniforme¹⁰ e que são mais convenientes ao fenômeno que se quer estudar.

Neste caso, existem algoritmos específicos, conhecidos como Funções Geradoras de Variáveis Aleatórias (FGVA). Para cada tipo de distribuição teórica de probabilidades, existe uma FGVA específica.

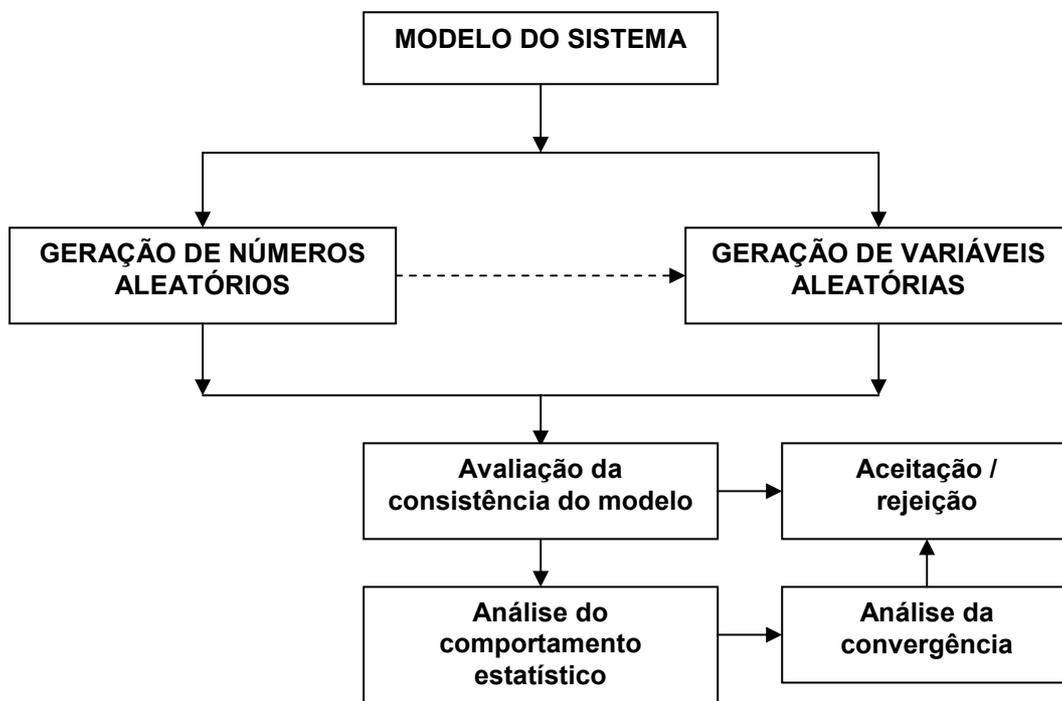
De acordo com RUBINSTEIN e KROESE (2008), os principais métodos para gerar variáveis aleatórias são os seguintes:

1. Método da Transformação inversa;
2. Método Alias;
3. Método da Composição;
4. Método da Aceitação-Rejeição;

BARBOSA (2005) apresenta o seguinte fluxograma para a aplicação do Método de Monte Carlo:

⁹ Na verdade, tratam-se de números pseudoaleatórios, pois a raiz do mesmo é determinística. No entanto, devido às condições do emprego do método, isto não compromete o resultado, de modo que não faremos distinções.

¹⁰ Por definição, um GNA é um algoritmo capaz de gerar valores aleatórios independentes e uniformemente distribuídos.



Quadro 2 – Fluxograma de aplicação do Método de Monte Carlo

4. DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE MERCADO E VALORES DEPRECIADOS

4.1 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Para a implementação deste estudo, buscamos selecionar equipamentos que apresentassem um mercado bem estabelecido, de modo a obter o maior número possível de eventos – ofertas e transações – dos mesmos. Isto foi feito visando obter modelos matemáticos que expressassem o valor de mercado dos mesmos.

Obtidos estes equipamentos, junto ao mercado de usados, determinamos o valor de novo dos mesmos, passo necessário para calcular as curvas de depreciação.

Foram selecionados 5 grupos de equipamentos os quais pudemos determinar um número de ofertas grande o suficiente para a utilização da regressão linear pelo método dos mínimos quadrados ordinários, obtendo assim os modelos estatísticos para o seu valor de mercado. Os grupos e os equipamentos utilizados no estudo para cada um deles foram:

- I) EXTRUSORAS
Carnevalli CHD 50;
Carnevalli CHD 60;
Carnevalli CC 75.

- II) IMPRESSORAS FLEXOGRÁFICAS
Flexopower 1200;
Feva Flex;
Carnevalli;
Compacta.
- III) AUTOMÓVEIS
BMW;
Audi;
Kombi;
Corolla.
- IV) CAMINHÕES:
Agrale;
Ford;
Iveco;
Marcopolo;
Mercedes Benz;
Neobus;
Volvo.
- V) EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM
Motoniveladora Caterpillar 120B
Trator de esteiras Caterpillar D6D PS;
Trator de esteiras Caterpillar D6D SR;
Pá carregadeira Caterpillar 924 H

4.2 MODELOS DE REGRESSÃO OBTIDOS

Foram obtidos os seguintes modelos de regressão para os equipamentos pesquisados:

Extrusora Carnevalli CHD 50: $VM = \text{Exp}(7,5043 - 0,5851 \times \text{Ln}([\text{IDADE}]) + 1,4708 \times \text{Ln}([\text{DIÂMETRO}])),$ sendo IDADE a idade do equipamento em anos e DIÂMETRO, o diâmetro da rosca da extrusora;

Extrusora Carnevalli CHD 60: Idem ao modelo acima (resultado da mesma pesquisa);

Extrusora Carnevalli CC 70: Idem ao modelo acima (resultado da mesma pesquisa);

Impressora Flexográfica Flexopower 1200: $VM = \text{Exp}(8,9229 + 9,3399 \times 10^{-4} \times [\text{LARGURA}] + 2,0616 \times \text{Ln}([\text{CORES}]) - 0,3792 \times \text{Ln}([\text{IDADE}])),$ sendo LARGURA a largura máxima de impressão suportada pelo equipamento, CORES o número de cores de impressão e IDADE a idade do equipamento em anos;

Impressora Flexográfica Feva Flex: Idem ao modelo acima (resultado da mesma pesquisa);

Impressora Flexográfica Carnevalli: Idem ao modelo acima (resultado da mesma pesquisa);

Impressora Flexográfica Compacta: Idem ao modelo acima (resultado da mesma pesquisa);

Motoniveladora Caterpillar 120B: $VM = \exp(+65,57342418 - 212618056,6 / ANO^2)$

Trator de esteiras Caterpillar D6D SR: $VM = (-2070,053056 + 2,78687915610^{-7}[ANO]^3)^{2,50}$

Trator de esteiras Caterpillar D6D PS: $VM = (-14340,71835 + 0,003739242335 [ANO]^2)^2$

Pá carregadeira Caterpillar 924H: $VM = (+6,623922871E-005 - 1,722385594 \cdot 10^{-14} [ANO]^{2,90})^{-0,91}$

Em relação a automóveis e caminhões, não desenvolvemos modelo formal, pois obtivemos as cotações anuais de cada um deles junto ao site da FIPE (www.fipec.org.br). Posteriormente, plotamos curvas para os mesmos apenas como termo de comparação das diversas curvas de depreciação.

Os modelos apresentados foram obtidos utilizando-se os softwares Ária Infer 3.01, TS SisRen 1.84 e Microsoft Excel.

4.3 GRÁFICOS COMPARATIVOS

Foram plotados gráficos comparativos entre as curvas de depreciação¹¹ e os modelos para valor de mercado. Observe-se que os gráficos de regressão foram plotados apenas dentro dos intervalos de idade dos dados utilizados na construção dos mesmos, não ocorrendo, portanto, nenhuma extrapolação.

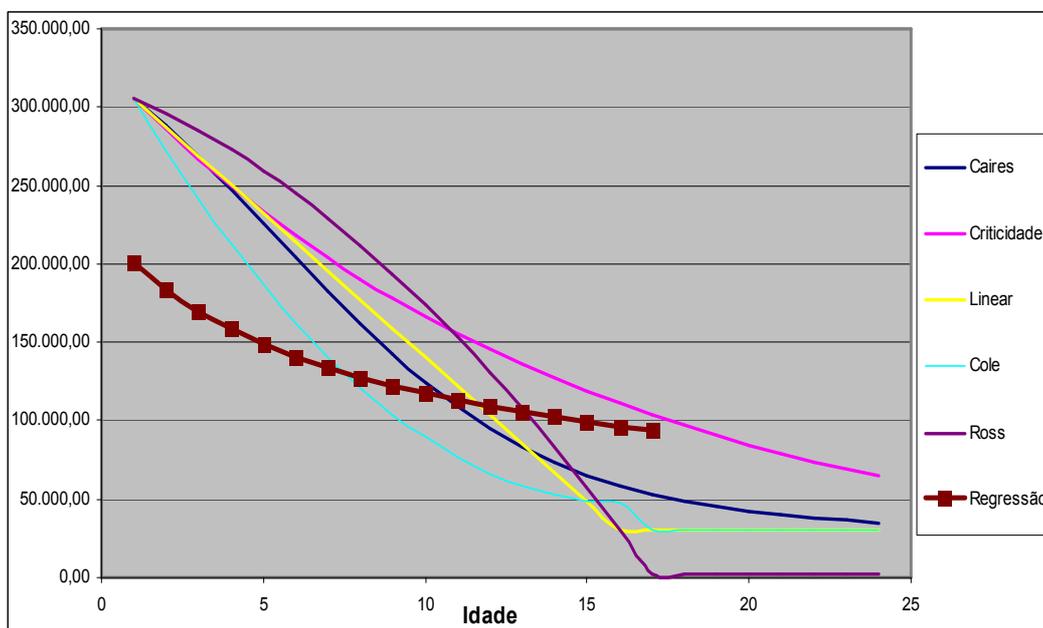
A seguir, apresentamos os gráficos obtidos. Todos eles foram plotados utilizando-se o Microsoft Excel.

Apenas como termo de observação, no caso dos modelos inferidos para as extrusoras e impressoras flexográficas, todas as variáveis receberam um valor fixo a não ser a variável idade, pois a variação da mesma é a que nos interessava.

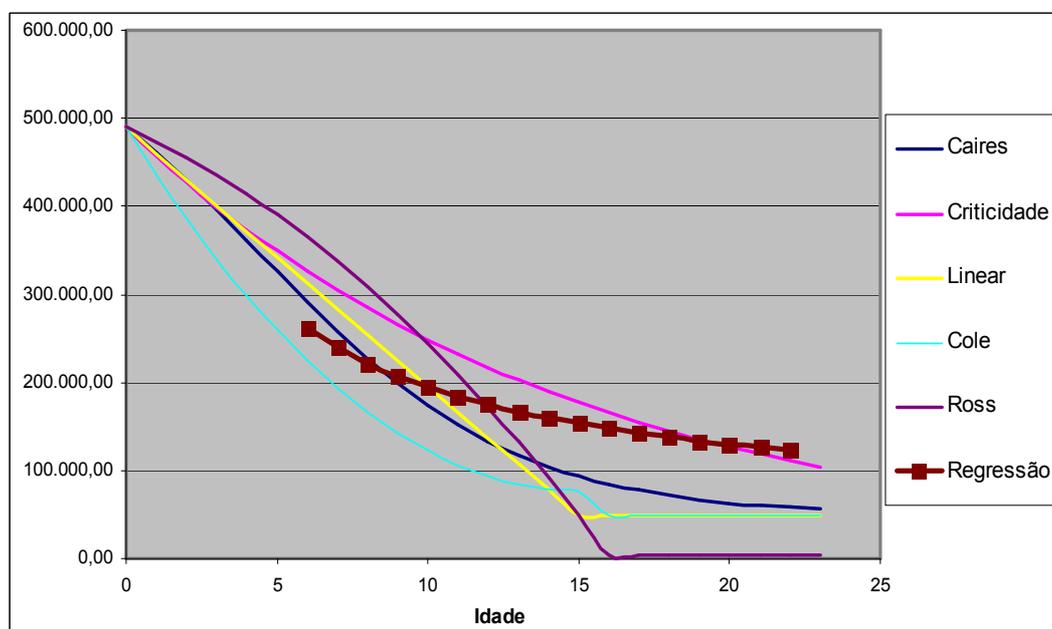
As variáveis fixadas (diâmetro, no caso das extrusoras; largura e cores, no caso das impressoras flexográficas) seguiram o critério das máquinas avaliadas. Por exemplo, a extrusora Carnevalli CC 70 apresentava o diâmetro de rosca de 70

¹¹ No caso das curvas de depreciação, adotamos as seguintes convenções: Na curva de Caíres, foram adotados os valores médios Fator de Trabalho = 10 e Fator de Manutenção = 10. Na curva de criticidade, adotamos o índice total de criticidade médio C = 7, sem correção por manutenção.

mm, sendo então o mesmo fixado. Tal procedimento foi extendido para todos os equipamentos¹².

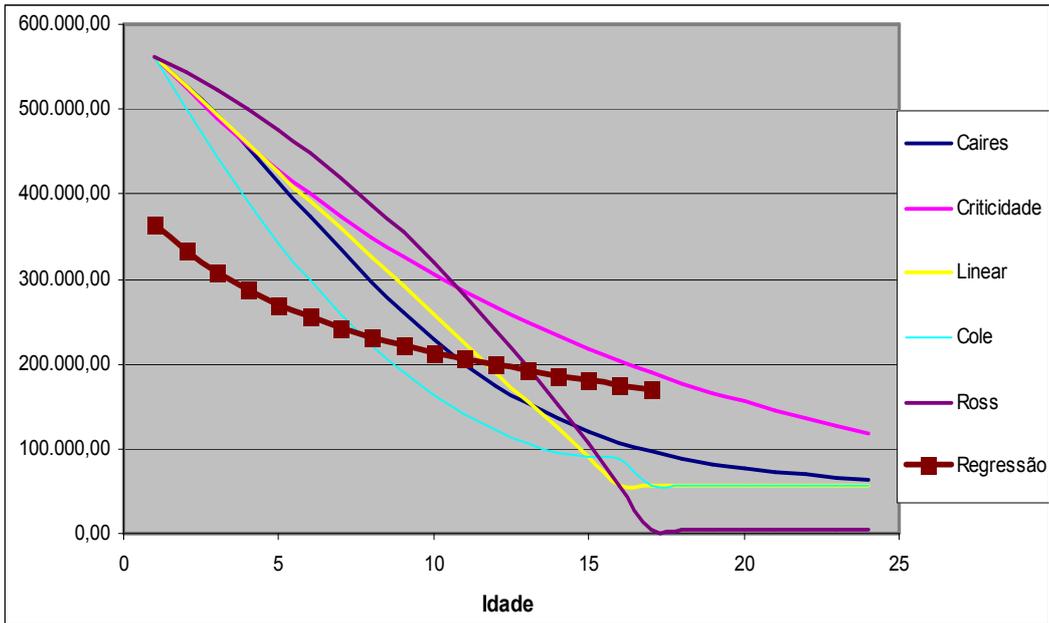


Quadro 3 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a extrusora Carnevalli CHD 50

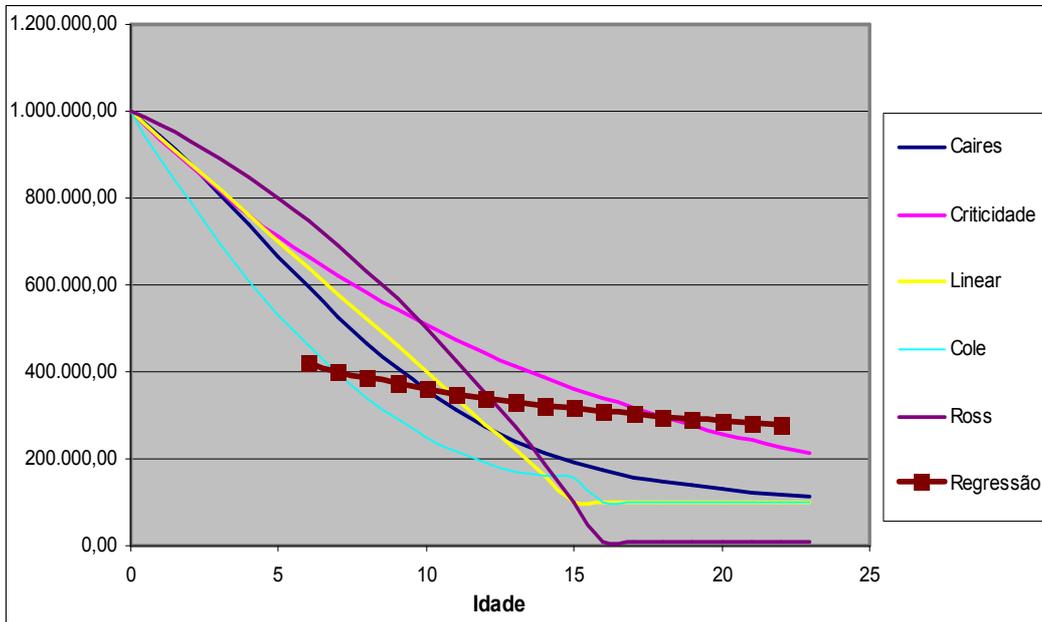


Quadro 4 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a extrusora Carnevalli CHD 60

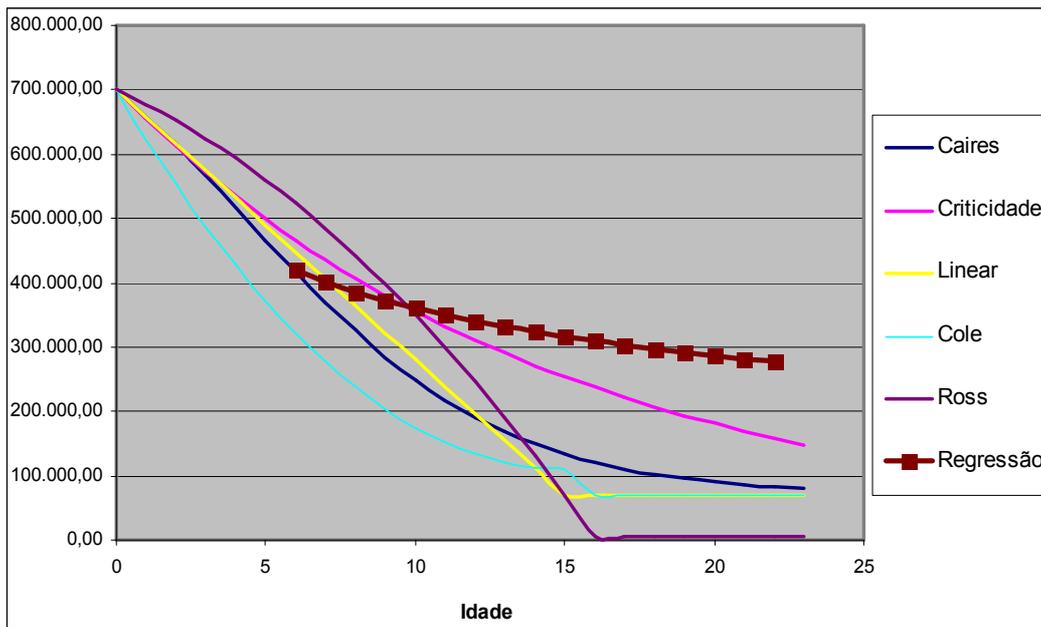
¹² Naturalmente, tal situação não se aplica aos equipamentos de terraplenagem, uma vez que a única variável significativa determinada na formação do valor de mercado dos mesmos foi a idade, a qual desejamos que varie para efetuar as comparações a que esse trabalho se propõe.



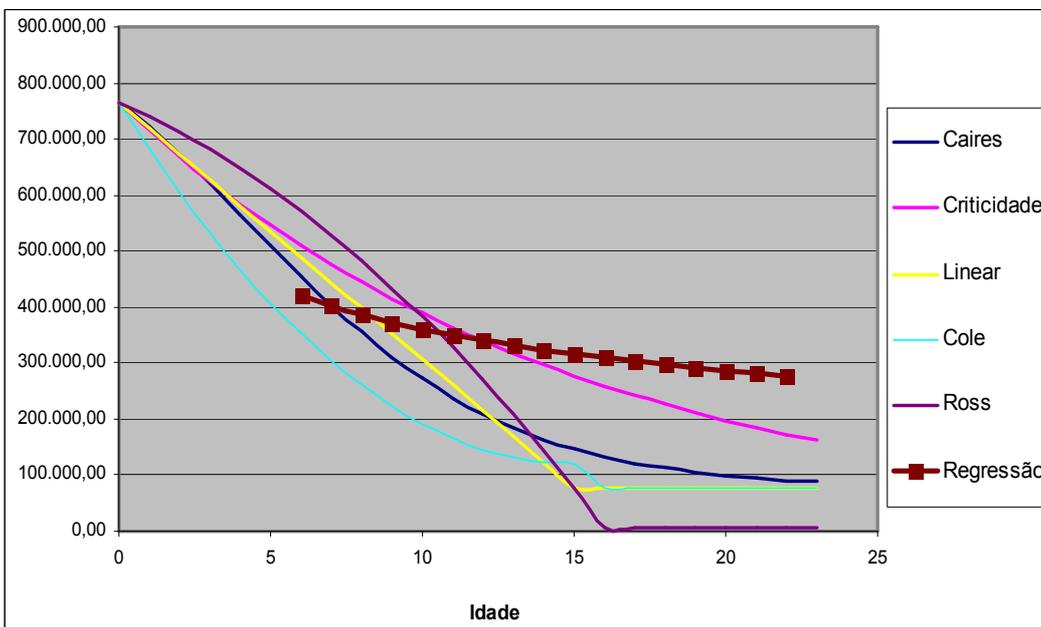
Quadro 5 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a extrusora Carnevalli CC 70



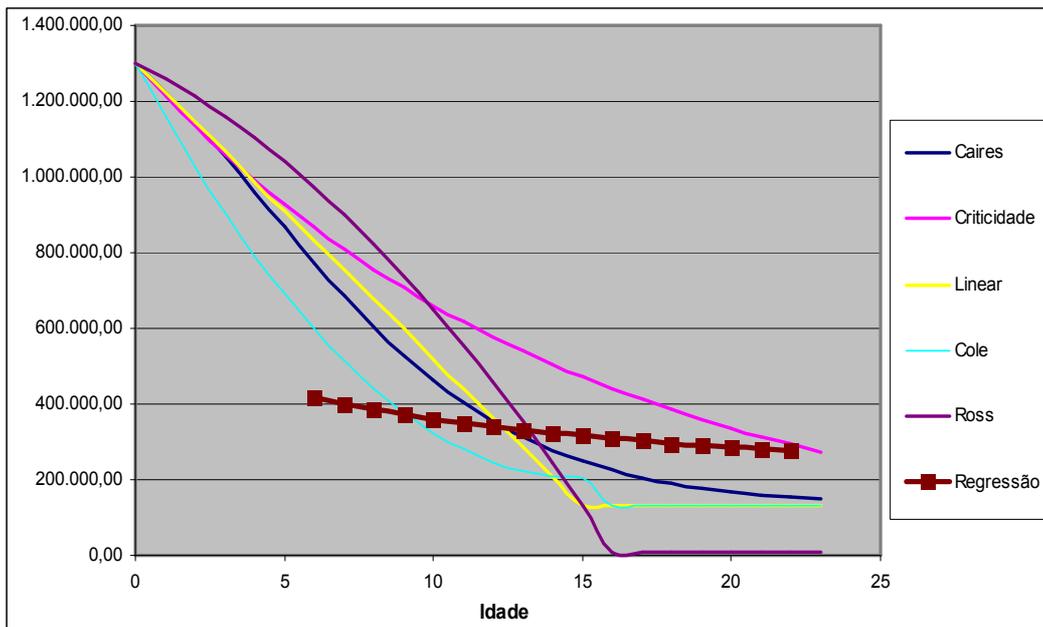
Quadro 6 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a Impressora Flexográfica Flexopower 1200



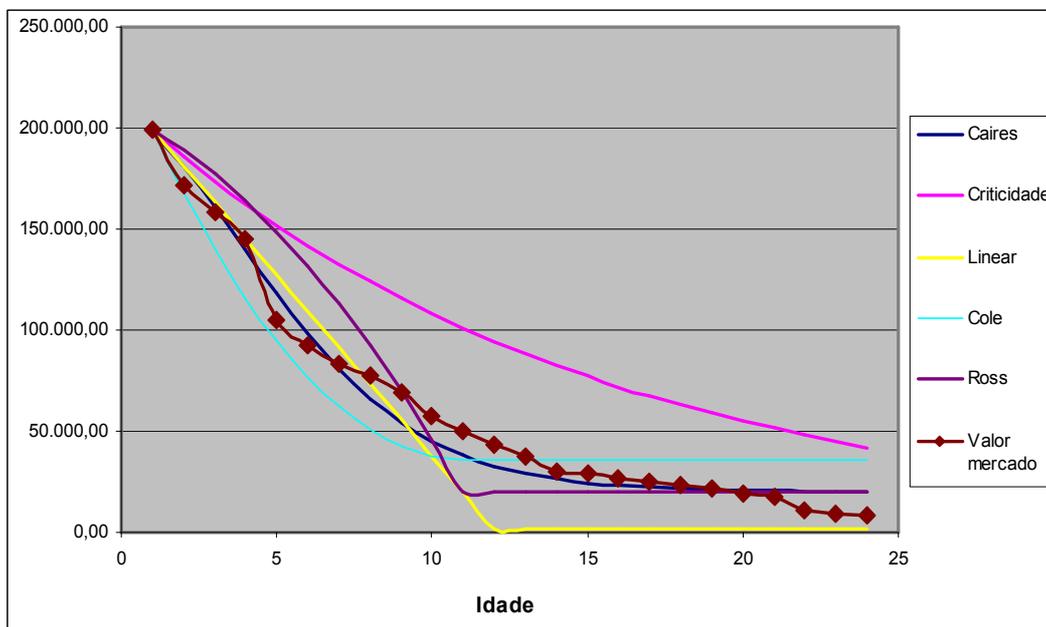
Quadro 7 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a Impressora Flexográfica Feva



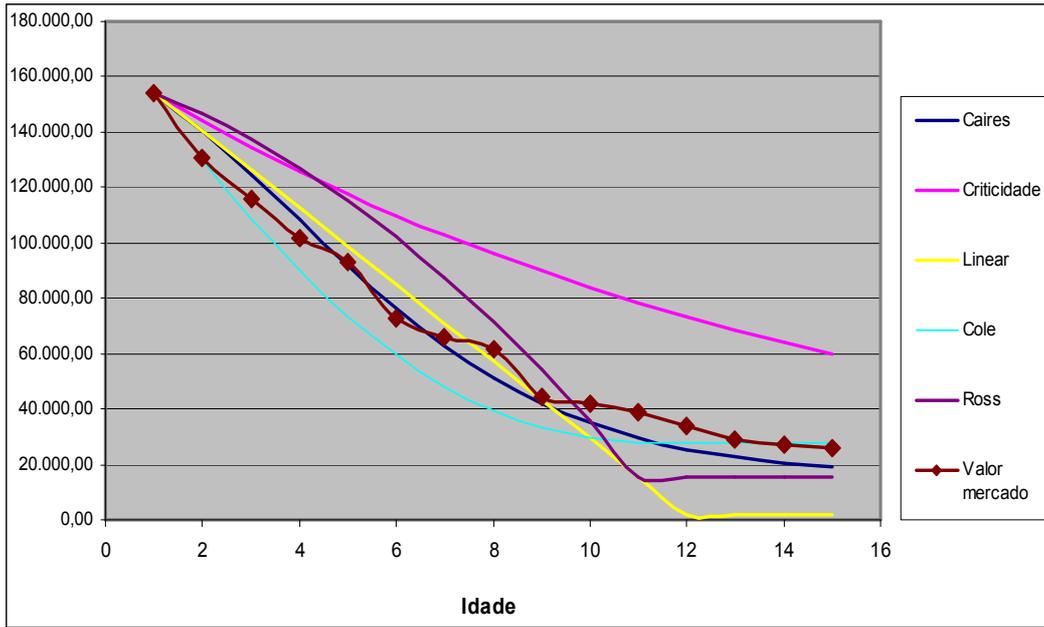
Quadro 8 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a Impressora Flexográfica Carnevalli



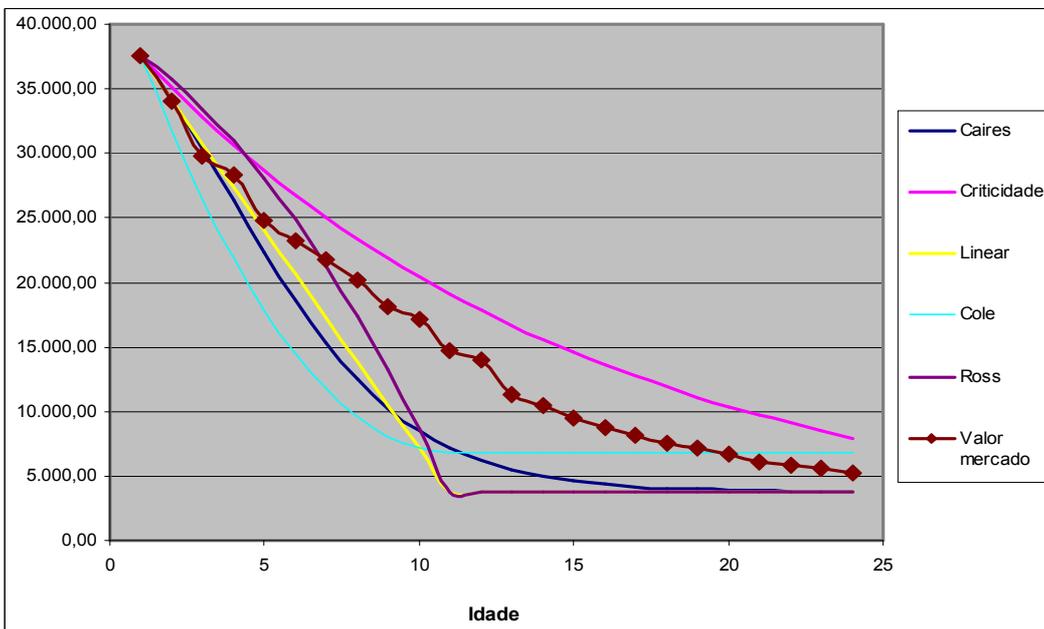
Quadro 9 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para a Impressora Flexográfica Compacta



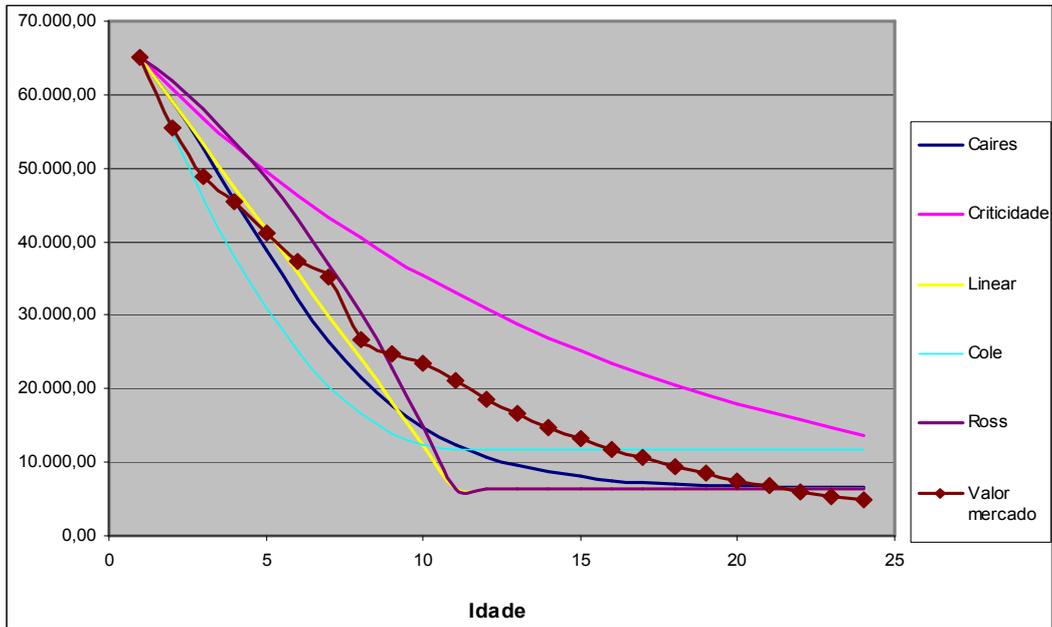
Quadro 10 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Automóvel BMW



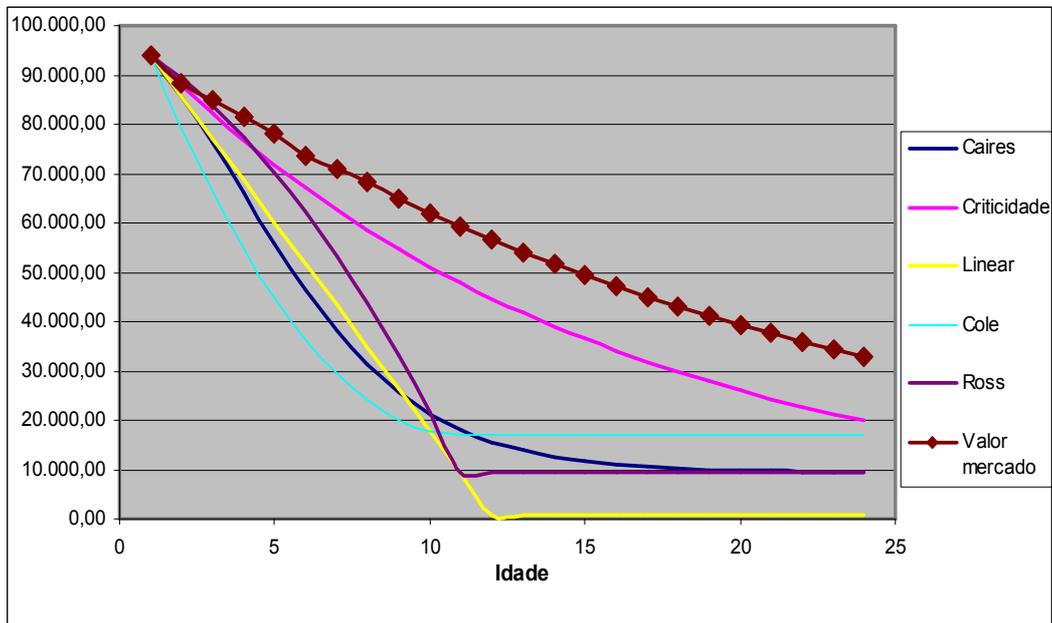
Quadro 11 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Automóvel Audi



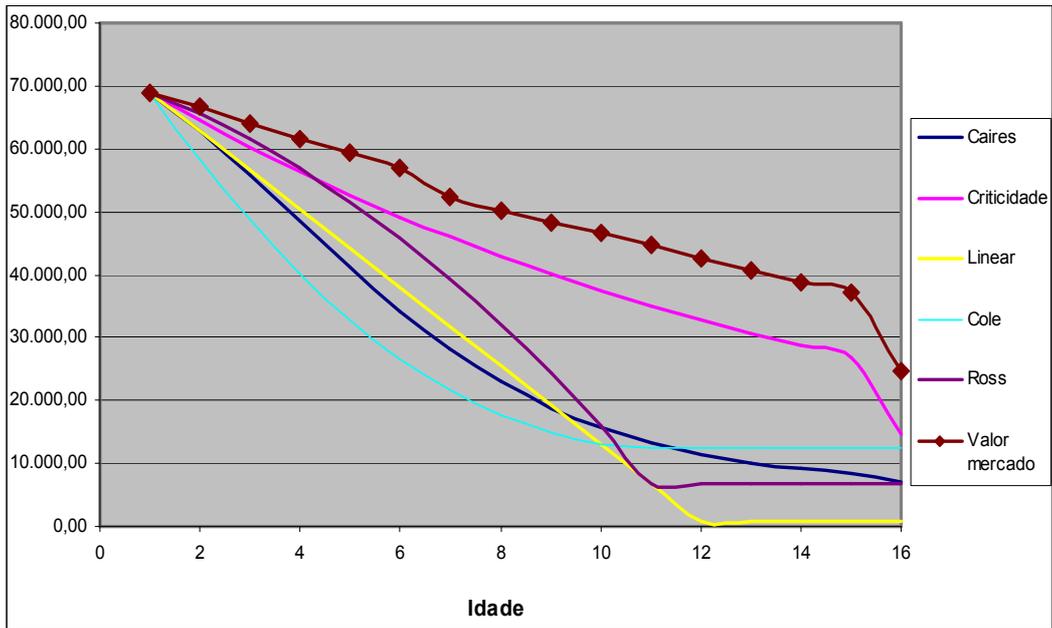
Quadro 12 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Automóvel Kombi



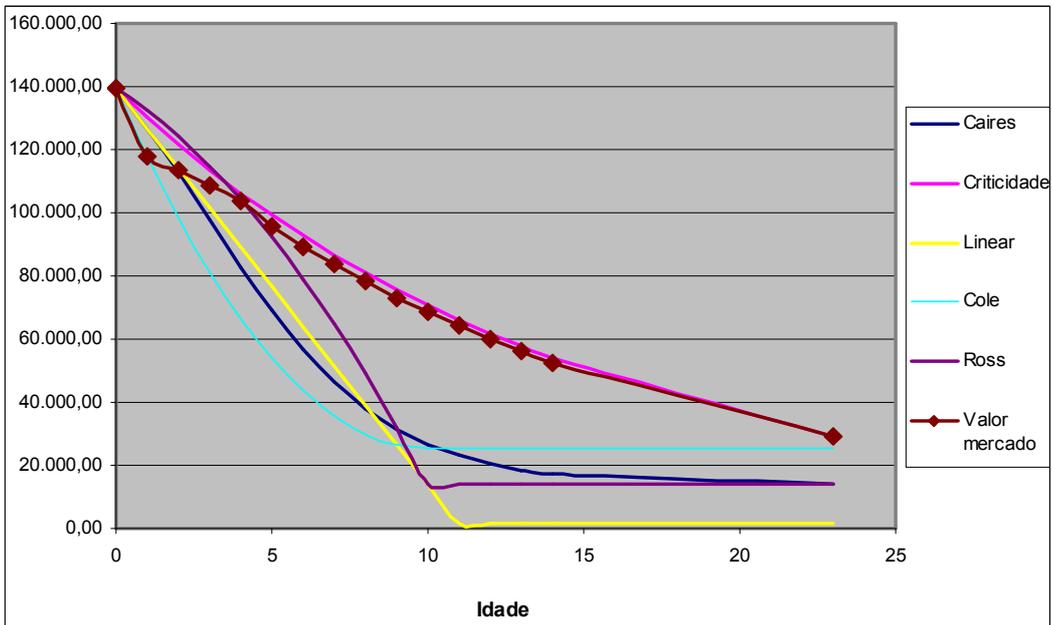
Quadro 13 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Automóvel Corolla



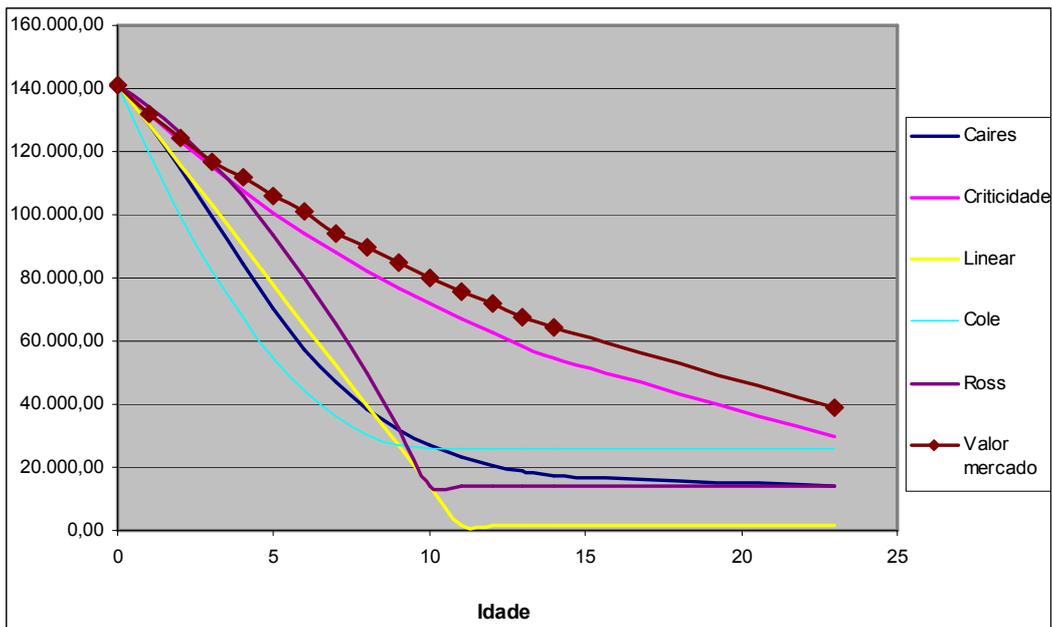
Quadro 14 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Agrale



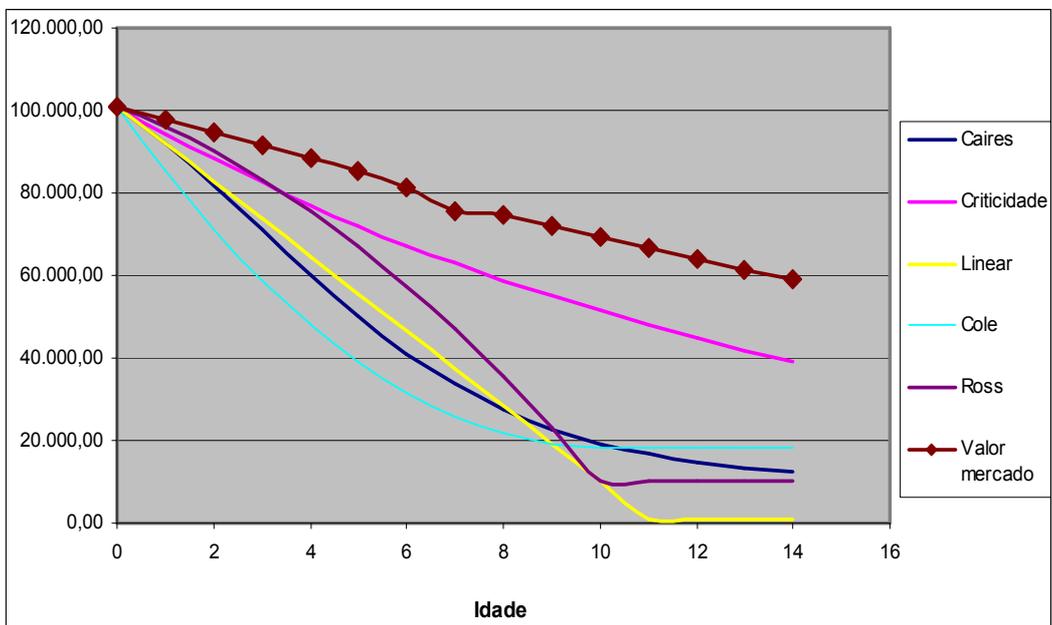
Quadro 15 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Ford



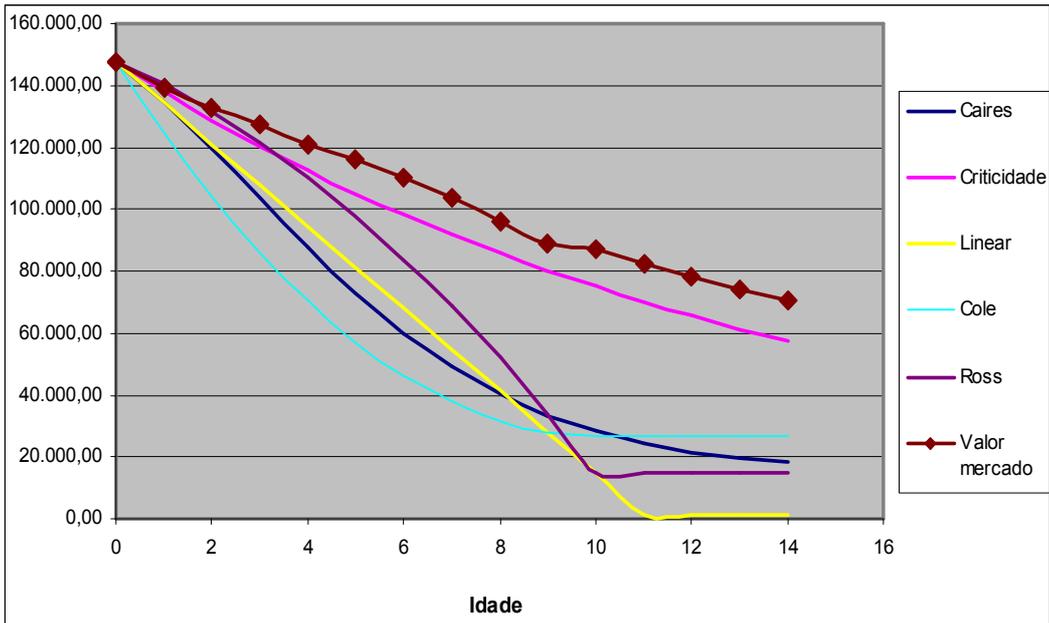
Quadro 16 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Iveco



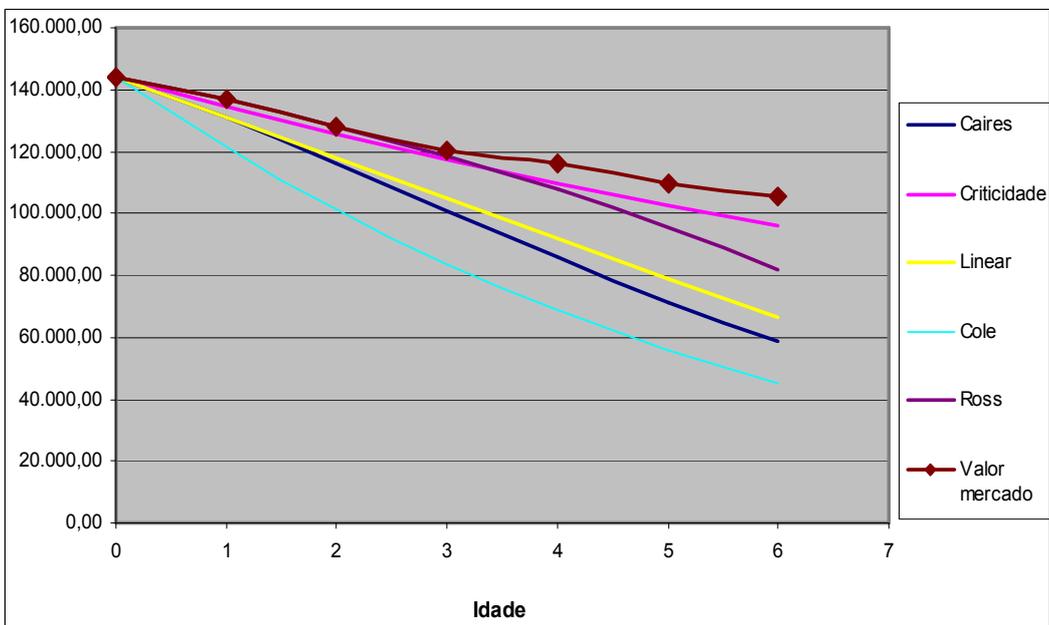
Quadro 17 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Marcopolo



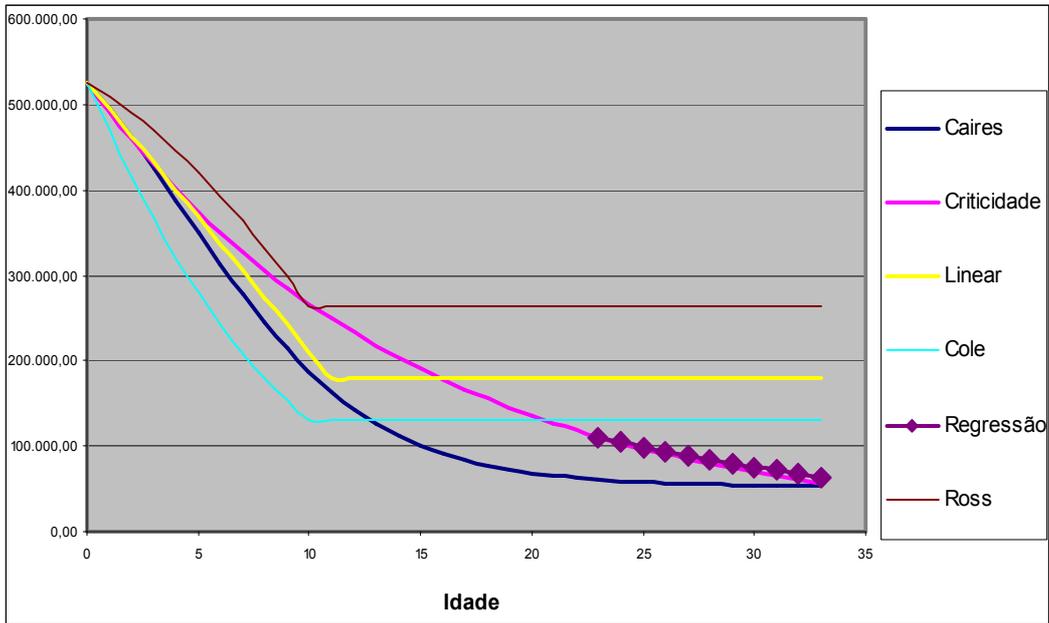
Quadro 18 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Mercedes Benz



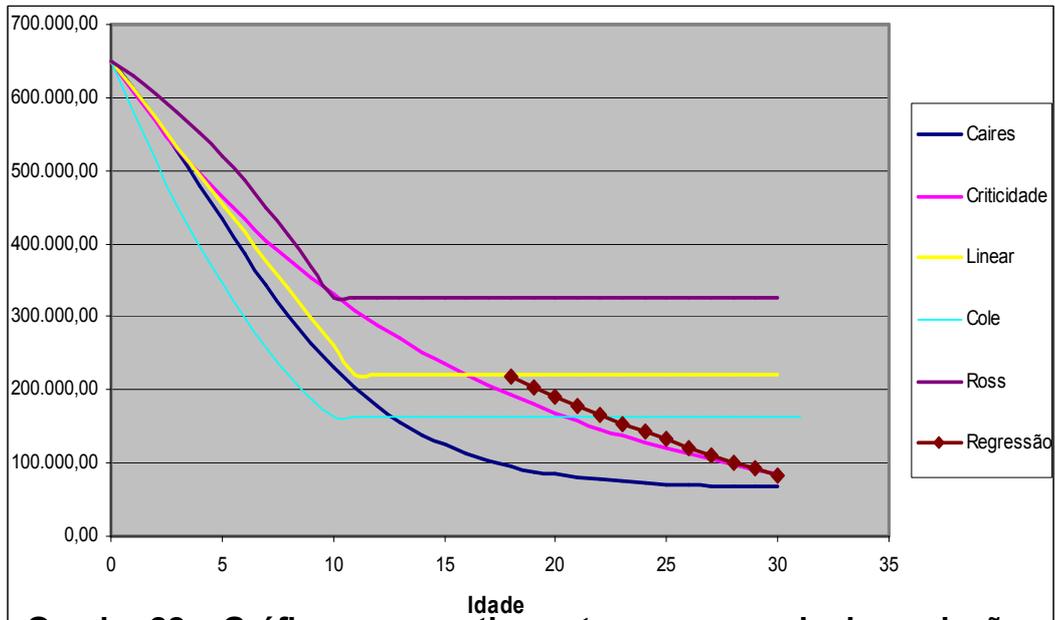
Quadro 19 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Neobus



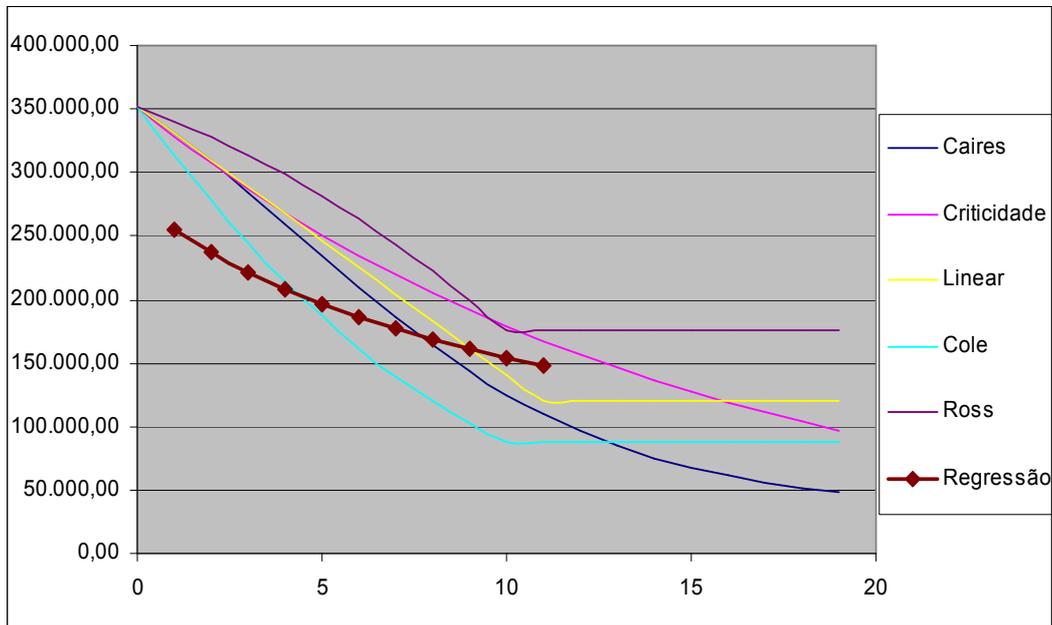
Quadro 20 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para o Caminhão Volvo



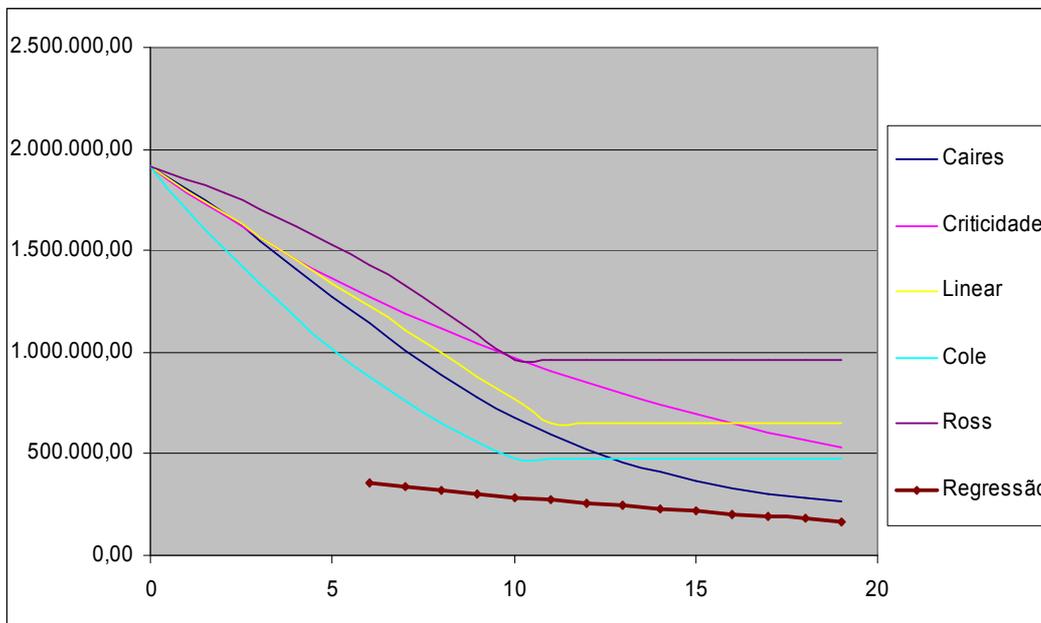
Quadro 21 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para Motoniveladora Caterpillar 120B



Quadro 22 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para Trator de Esteiras Caterpillar D6D PS



Quadro 23 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para Pá Carregadeira Caterpillar 924H



Quadro 24 – Gráfico comparativo entre as curvas de depreciação e a curva de valor de mercado para Trator de Esteiras Caterpillar D6D SR

Como podemos ver na maioria absoluta dos gráficos, as curvas de valor de mercado apresentam características de concavidade. Logo, curvas convexas tendem a apresentar maior desvio em relação àquela. O método de Ross é o que apresenta maiores desvios.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS UTILIZADOS

A comparação foi feita montando-se uma tabela onde as linhas correspondem aos equipamentos analisados e as colunas correspondem a classificação de cada método na proximidade com o valor de mercado inferido.

EQUIPAMENTO	COLOCAÇÃO DOS MÉTODOS				
	CAIRES	COLE	CRITICIDADE	LINEAR	ROSS
Extrusora Carnevalli CHD 50	2	4	1	3	5
Extrusora Carnevalli CHD 60	2	4	1	3	5
Extrusora Carnevalli CC 75	2	4	1	3	5
Impressora Flexográfica Flexopower 1200	2	3	1	4	5
Impressora Flexográfica Feva Flex	2	4	1	3	5
Impressora Flexográfica Carnevalli	2	4	1	3	5
Impressora flexográfica Compacta	2	1	4	3	5
Automóvel BMW	1	3	5	4	2
Automóvel Audi	1	2	5	4	3
Automóvel Kombi	2	4	1	5	3
Automóvel Corolla	1	4	5	3	2
Caminhão Agrale	3	2	1	5	4
Caminhão Ford	2	3	1	5	4
Caminhão Iveco	3	4	1	5	2
Caminhão Marcopolo	3	4	1	5	2
Caminhão Mercedes	3	4	1	5	2
Caminhão Neobus	3	4	1	5	2
Caminhão Volvo	4	5	1	3	2
Motoniveladora Caterpillar 120B	2	3	1	4	5
Trator de esteiras Caterpillar D6D PS	3	2	1	4	5
Pá Carregadeira Caterpillar 924H	2	1	4	3	5
Trator de esteiras Caterpillar D6D SR	2	1	4	3	5

Quadro 25 – Tabela comparativa entre os métodos de depreciação utilizados

Como podemos ver na tabela acima, os Métodos da Criticidade e de Caíres são os que apresentam melhor desempenho na aproximação das curvas de valor de mercado. A criticidade é a melhor em 16 equipamentos e Caíres é o melhor em 3 equipamentos e segundo lugar em 12 equipamentos. Cole também apresentou bons resultados, sendo o primeiro por 3 vezes e segundo em igual número de vezes.

De acordo com o já previsto, os métodos de Ross e da linha reta são os menos aderentes a curva de valor de mercado.

6. ESTUDOS COMPARATIVOS ENTRE O MÉTODO DE CAIRES E O MÉTODO DA CRITICIDADE

Como visto no item anterior, os métodos de depreciação que mais se aproximam das curvas de valor de mercado foram o de Caíres e o da Criticidade. Neste capítulo, faremos algumas análises mais detalhadas sobre os dois métodos, utilizando os resultados já obtidos.

6.1 VARIÁVEIS COMPARATIVAS ENTRE OS MÉTODOS

Para efetuar comparações quantitativas entre os métodos retromencionados, utilizaremos algumas variáveis.

A primeira dela, denominaremos Δ^2 . Esta variável compara a diferença quadrática entre os valores obtidos por ambos os métodos em relação ao valor de mercado. A expressão para a mesma é a seguinte:

$$\Delta^2 = \text{DIF}_{\text{CAIRES}} - \text{DIF}_{\text{CRITICIDADE}}$$

Onde:

$\text{DIF}_{\text{CAIRES}}$ é a soma das diferenças quadráticas entre o valor de mercado e o valor obtido pelo método de Caíres para cada equipamento;

$\text{DIF}_{\text{CRITICIDADE}}$ é a soma das diferenças quadráticas entre o valor de mercado e o valor obtido pelo método da Criticidade para cada equipamento;

Estas variáveis já foram utilizadas, para a seleção dos métodos de depreciação de Caíres e da Criticidade. Para esta variável, teremos as seguintes situações:

$\Delta^2 > 0 \rightarrow$ o método da criticidade é superior¹³

$\Delta^2 = 0 \rightarrow$ os métodos são equivalentes

$\Delta^2 < 0 \rightarrow$ o método de Caíres é superior

Também definimos a variável raiz quadrada da diferença quadrática Δ , calculada da seguinte forma:

$$\Delta = \pm \sqrt{\Delta^2}$$

Esta variável representa a diferença direta entre as diferenças dos métodos¹⁴.

Por fim, definimos uma terceira variável, que é a diferença padronizada D , representada pela divisão da diferença Δ pelo valor de novo do equipamento. A mesma é calculada da seguinte forma.

¹³ Isto significa que a diferença quadrática do método da criticidade em relação ao valor de mercado é inferior àquela considerando o método de Caíres.

¹⁴ O símbolo \pm tem como objetivo preservar o sinal de Δ^2 , o que indica qual método é superior.

$$D = \frac{\Delta}{V_{\text{NOVO}}}$$

6.2 ANÁLISE DOS MÉTODOS ATRAVÉS DAS VARIÁVEIS

A seguir, apresentamos uma tabela em que temos Δ^2 , Δ e D para cada um dos equipamentos utilizados neste trabalho. Na última coluna, há o método superior de acordo com os critérios do item 6.1.

EQUIPAMENTO	Δ^2	Δ	D	MÉTODO SUPERIOR
Extrusora Carnevalli CHD 50	4,0879E+10	202.186,62	0,6607	CRITICIDADE
Extrusora Carnevalli CHD 60	1,7054E+10	130.591,67	0,2667	CRITICIDADE
Extrusora Carnevalli CC 75	1,7128E+11	413.857,30	0,6458	CRITICIDADE
Impressora Flexográfica Flexopower 1200	1,6198E+11	402.466,74	0,4025	CRITICIDADE
Impressora Flexográfica Feva Flex	4,7485E+11	689.094,68	0,9844	CRITICIDADE
Impressora Flexográfica Carnevalli	4,3335E+11	658.296,96	0,8605	CRITICIDADE
Impressora flexográfica Compacta	-4,6072E+11	-678.763,88	-0,5221	CAIRES
Automóvel BMW	-3,3055E+10	-181.811,42	-0,9145	CAIRES
Automóvel Audi	-1,3137E+10	-114.616,38	-0,7437	CAIRES
Automóvel Kombi	2,3510E+08	15.333,12	0,4084	CRITICIDADE
Automóvel Corolla	-1,6965E+09	-41.188,72	-0,6333	CAIRES
Caminhão Agrale	1,8581E+10	136.311,64	1,4504	CRITICIDADE
Caminhão Ford	7,0108E+09	83.730,78	1,2133	CRITICIDADE
Caminhão Iveco	1,4547E+10	120.610,34	0,8663	CRITICIDADE
Caminhão Marcopolo	2,4099E+10	155.238,33	1,0988	CRITICIDADE
Caminhão Mercedes	1,9417E+10	139.343,20	1,3795	CRITICIDADE
Caminhão Neobus	2,9646E+10	172.180,95	1,6712	CRITICIDADE
Caminhão Volvo	4,9616E+09	70.438,75	0,4898	CRITICIDADE
Motoniveladora Caterpillar 120B	1,1161E+10	105.643,90	0,2011	CRITICIDADE
Trator de esteiras Caterpillar D6D PS	7,5554E+10	274.871,71	0,4229	CRITICIDADE
Pá Carregadeira Caterpillar 924H	-6,2535E+09	-79.079,09	-0,2247	CAIRES
Trator de esteiras Caterpillar D6D SR	-3,3242E+12	-1.823.231,96	-0,9524	CAIRES

Quadro 26 – Tabela comparativa entre os métodos de Caíres e da Criticidade

Como podemos ver no quadro acima, dos 22 equipamentos utilizados, o Método da Criticidade foi superior ao Método de Caíres em 16 deles, ou seja, teve uma melhor aproximação do valor de mercado.

Considerando os dados acima, temos que 72,70% das vezes, a Criticidade foi superior ao Método de Caíres na aproximação do valor de mercado. Numa extrapolação grosseira, temos que a utilização do Método da Criticidade tem uma probabilidade de 73%, aproximadamente, de ser superior ao Método de Caíres, como estimador do valor de mercado de um equipamento¹⁵.

¹⁵ Neste caso, a comparação é apenas com o método de Caíres. No entanto, como podemos no quadro 25, em todas as situações que a Criticidade foi superior à Caíres, ela também foi superior aos demais métodos analisados.

Uma outra comparação entre os métodos pode ser feita utilizando a diferença padronizada D . Podemos calcular a média e o desvio padrão para esta variável, tendo os seguintes resultados:

$$\bar{D} = 0,4105$$
$$S_D = 0,7857$$

Não sabemos, a priori, a função distribuição de probabilidade da variável D . No entanto, segundo RUBINSTEIN E KROESE (2008), o teorema do limite central permite a aproximação da distribuição daquela variável pela normal. Logo, temos a distribuição de probabilidade definida, vez que temos sua média e seu desvio padrão. Considerando que:

- $D > 0 \rightarrow$ o método da criticidade é superior;
- $D = 0 \rightarrow$ os métodos são equivalentes
- $D < 0 \rightarrow$ o método de Caíres é superior

Podemos calcular as probabilidades $\text{Prob}(D) > 0$ e $\text{Prob}(D) < 0$, o que seria uma aproximação para a probabilidade de superioridade de um método sobre outro. Utilizando as áreas sobre o gráfico da curva normal teremos:

$$\text{Prob}(D) > 0 = 69,93\%$$
$$\text{Prob}(D) < 0 = 30,07\%$$

Neste caso, temos que a probabilidade do Método da Criticidade ser superior ao Método de Caíres é de cerca de 70%.

6.3 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO

Nas análises efetuadas até aqui, consideramos que os parâmetros para Criticidade (Índice de Criticidade $C = 7$) e Caíres (Fator de Trabalho $FT = 10$ e Fator e Manutenção $FM = 10$) eram determinísticos. Como já apresentado, optamos por utilizar os valores médios para os parâmetros para facilitar as análises.

No entanto, como já apresentado, tais parâmetros podem assumir valores distintos daqueles que utilizamos. Vejamos:

$$C \in [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]$$
$$FM \in [0, 5, 10, 15, 20]$$
$$FT \in [0, 5, 10, 15, 20]$$

Na situação média, constatamos que o método da Criticidade é superior ao método de Caíres. No entanto, como os resultados seriam afetados com variações nos parâmetros dos métodos.

Para realizar esta análise, consideramos os parâmetros C, FM e FT variáveis aleatórias¹⁶. Logo, as variáveis DIF_{CAIRES} e $DIF_{CRITICIDADE}$ também são aleatórias, apresentando as seguintes relações de dependência:

$$DIF_{CAIRES} = f(FM, FT)$$
$$DIF_{CRITICIDADE} = f(C)$$

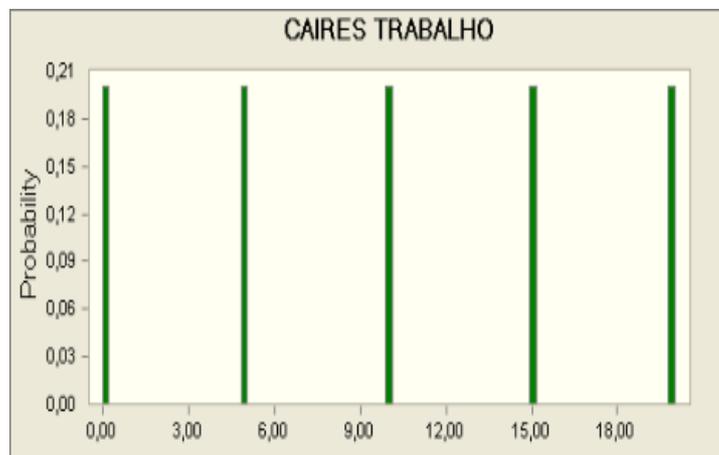
Como $\Delta^2 = f(DIF_{CAIRES}, DIF_{CRITICIDADE})$, teremos que:
 $\Delta^2 = f(FM, FT, C)$

o que implica que a variável Δ^2 também é aleatória.

O método de Monte Carlo é propício para a análise de modelos que possuam variáveis aleatórias. Através do mesmo, determinaremos distribuições de probabilidade para a variável Δ^2 . Considerando os mesmos critérios que os anteriores, mas desta vez considerando distribuições de probabilidades, poderemos comparar novamente os métodos.

O primeiro passo é estabelecer distribuições de probabilidade para as variáveis aleatórias do problema, FT, FM e C.

Para a variável FT, estabelecemos uma distribuição discreta equiprovável, de acordo com o gráfico a seguir:

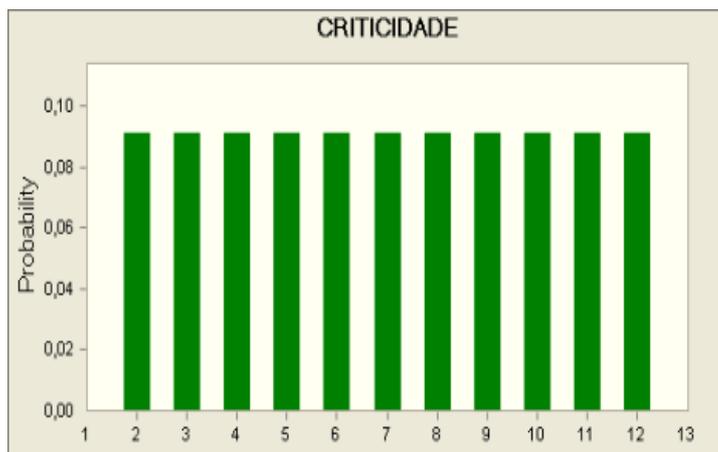


Quadro 27 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável FT

A mesma distribuição foi adotada para FM.

Para a variável C, também atribuímos uma distribuição discreta equiprovável, representada pelo gráfico a seguir.

¹⁶ De acordo com ABNT (1988), Variável que pode assumir qualquer dos valores de um conjunto especificado de valores e com o qual está associada uma distribuição de probabilidade.

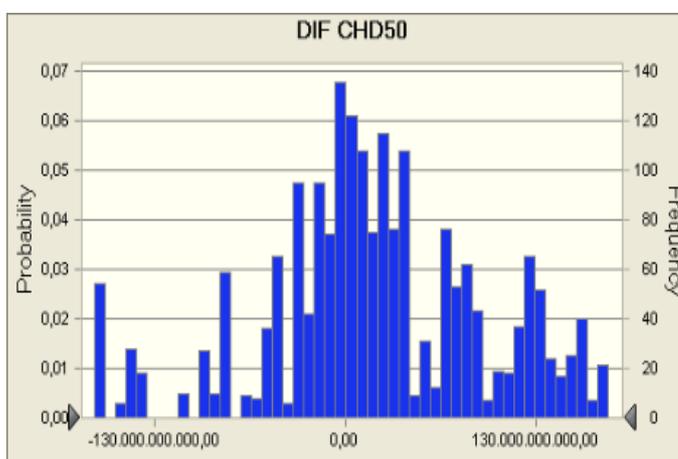


Quadro 28 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável C

Com estas considerações, efetuamos as simulações para cada um dos equipamentos analisados. Foi utilizado o *software* Oracle Crystal Ball.

Apresentaremos resultados para um equipamento de cada grupo¹⁷.

Para a extrusora Carnevalli CHD 50, tivemos a seguinte distribuição de probabilidades e parâmetros:



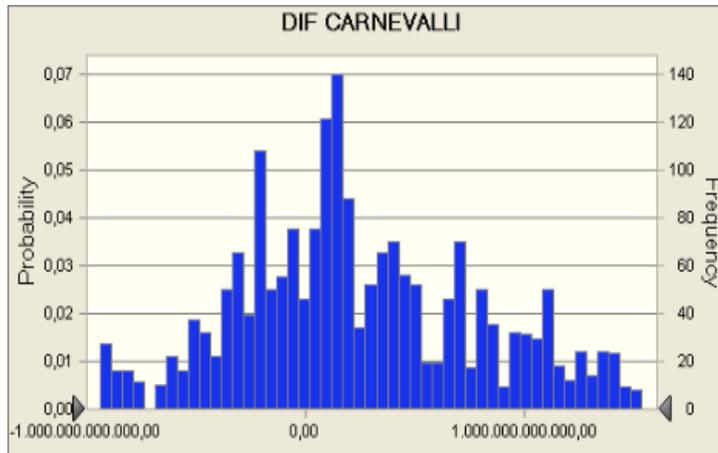
Quadro 29 – Gráfico da distribuição de probabilidade da diferença quadrática entre os métodos de Caíres e Criticidade para extrusora Carnevalli CHD 50

Média = 19.768.561.955,66

Desvio padrão = 74.919.733.838,87

¹⁷ Extrusoras, impressoras flexográficas, automóveis, caminhões e máquinas de terraplenagem.

Para a impressora flexográfica Carnevalli, temos:

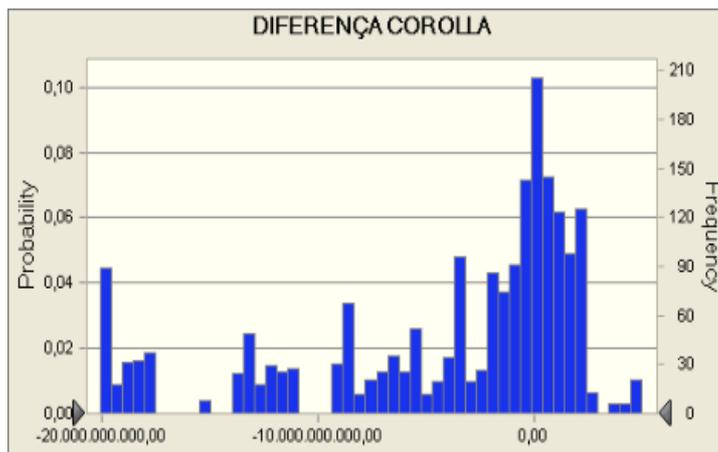


Quadro 30 – Gráfico da distribuição de probabilidade da diferença quadrática entre os métodos de Caíres e Criticidade para Impressora Flexográfica Carnevalli

Média = 247.192.669.204,91

Desvio padrão = 550.836.037.065,84

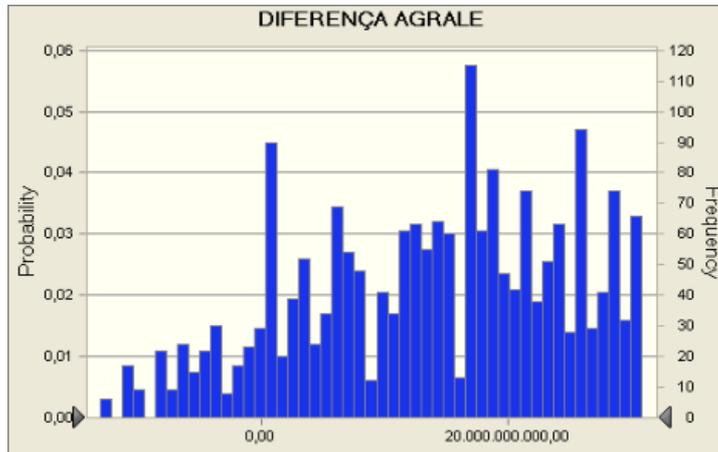
Para o automóvel Corolla, temos:



Quadro 31 – Gráfico da distribuição de probabilidade da diferença quadrática entre os métodos de Caíres e Criticidade para Automóvel Corolla

Média = -4.207.245.094,69
Desvio padrão = -1.212.508.124,70

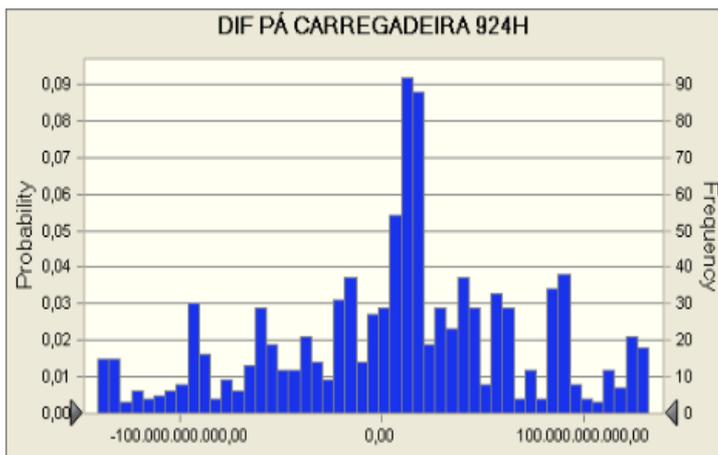
Para o caminhão Agrale, teremos:



Quadro 32 – Gráfico da distribuição de probabilidade da diferença quadrática entre os métodos de Caíres e Criticidade para Caminhão Agrale

Média = 13.774.480.391,30
Desvio padrão = 10.613.779.612,26

Para a Pá Carregadeira Caterpillar 924H, teremos:



Quadro 33 – Gráfico da distribuição de probabilidade da diferença quadrática entre os métodos de Caíres e Criticidade para Pá Carregadeira Caterpillar 924H

Média = 7.369.058.057,09
Desvio padrão = 62.705.967.124,07

Utilizando-se o modelo probabilístico da diferença quadrática, o Método de Caíres melhorou seu desempenho. Considerando a média, ele foi superior em 10 dos 22 equipamentos, ou seja, em 45% dos casos.

No entanto, se considerarmos outras variáveis estatísticas, como por exemplo a mediana, dos quatro equipamentos em que ele superou a criticidade, em dois a média e a mediana divergem. Além disso, em alguns dos equipamentos, a distribuição indica um maior número de valores no lado positivo, ou seja, na área de vantagem da criticidade.

Se considerarmos também a moda, a superioridade de Caíres passa para 8 equipamentos, ou seja, 37%.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste estudo mostram que o Método da Criticidade, dentre os métodos mais comumente utilizados, é o que melhor aproxima o valor de mercado de um equipamento.

Sua superioridade foi constatada na comparação entre cinco métodos: Criticidade, Caíres, Cole, Ross e Linear.

As comparações entre o Método da Criticidade e o Método de Caíres também mostram a superioridade do primeiro em relação ao segundo, tanto considerando os parâmetros determinísticos como probabilísticos.

Naturalmente, o número de equipamentos utilizados em nosso estudo foi pequeno, 22 elementos. Obviamente, estudos com maior número de equipamentos pode levar a conclusões diferentes. Mas não há dúvidas que, ao menos para um determinado grupo de equipamentos, o Método da Criticidade é superior aos outros métodos de cálculo de depreciação para aproximação do valor de mercado.

Quanto ao porque da superioridade do Método da Criticidade em relação aos demais, não existem justificativas teóricas que embasem qualquer conclusão.

Todavia, podemos fazer algumas ilações sobre as causas da superioridade do Método da Criticidade, ressalte-se, observada no presente estudo. Em primeiro lugar, como podemos ver, todos os outros métodos incluem o conceito de vida útil no cálculo da depreciação. Com o desenvolvimento da tecnologia e da engenharia de manutenção, as vidas úteis determinísticas, com valores pré-estabelecidos, talvez não sejam as mais adequadas para caracterizar um equipamento. Na mesma seara, talvez o mercado não considere tão significativamente a vida útil no valor de um equipamento usado. Outro ponto é de que o Método da Criticidade considera a depreciação como um custo operacional, o que, mesmo indiretamente, pode ser considerado pelo mercado como atributo de valor.

Não obstante a utilização de um método de depreciação não busque o valor de mercado do equipamento, mas sim o custo de reedição, a aproximação dos dois valores é desejável, seja na avaliação de uma máquina isolada, seja na avaliação de um complexo industrial. Neste caso, a criticidade consegue obter a melhor aproximação.

Os resultados apresentados neste estudo podem ser refinados, ficando como sugestão para futuros trabalhos neste tema os seguintes.

Em primeiro lugar, estudos com maior número de equipamentos e com outros tipos daqueles, nos quais seja possível encontrar dados de mercado, de modo a obter curvas para o valor de mercado dos mesmos.

Outro estudo possível é o de analisar as distribuições dos parâmetros de ambos os métodos. Com efeito, valores extremos, tais como $FM = 0$ ou 20 , $FT = 0$ ou 20 e $C = 2, 3$ ou 12 são de ocorrência mais rara. A atribuição de probabilidades diferentes dos valores médios poderia melhorar os resultados.

8. BIBLIOGRAFIA

- (01) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-1/01. Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos Gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001;
- (02) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-2/04. Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004;
- (03) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-4/01. Avaliação de Bens. Parte 4: Empreendimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001;
- (04) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-5/06. Avaliação de Bens. Parte 5: Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006;
- (05) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.536. Estatística. Terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT, 1988;
- (06) BARBOSA, João Carlos Alves e ZENI, André. *Avaliação Industriais – Novos Rumos.* In V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 1995. **Anais...** Florianópolis: IBAPE/SC, 1995. p. 173-195;
- (07) BARBOSA, João Carlos Alves. **Curso de Avaliações Industriais (Apostila).** Curitiba: IBAPE/PR, 2005;
- (08) BUDHBHATTI, Kirit. **Valuation of Plant and Machinery.** Gujarat: Kirit Budhbhatti, 2002;
- (09) BUSTAMENTE, Rogério. **Avaliação de Complexos Industriais.** Rio de Janeiro: Editora Forense, 2000;
- (10) CAIRES, Hélio R. R. de. **Novos Tratamentos Matemáticos em Temas de Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Editora PINI, 1978;
- (11) CAIRES, Hélio R. R. de. **Técnicas Especiais em Avaliação in Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Editora Pini, 2007;
- (12) DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de Avaliações – Uma Introdução a Metodologia Científica.** São Paulo: Ed. PINI, 1999;
- (13) GATTO, Osório Accioly. **Avaliação de Máquinas e Equipamentos in Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Editora Pini, 2007;

- (14) GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. São Paulo: Makron Books, 2000;
- (15) FILLINGER, Victor Carlos. *Curso Básico Intensivo de Engenharia de Avaliações – Indústrias, Instalações Industriais, Máquinas e Equipamentos*. In I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES, 1974, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBAPE/SP, 1978. p. 132-143;
- (16) FREITAS Fº, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. Florianópolis: Visual Books, 2001;
- (17) HÜHNE, Leda Miranda (organizadora). **Metodologia Científica. Caderno de Textos e Técnicas**. Rio de Janeiro: Agir, 2002;
- (18) KMENTA, Jan. **Elementos de Econometria**. São Paulo: Ed. Atlas, 1978;
- (19) LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001;
- (20) MARSTON, Anson; WINFREY, Robley e HEMPSTEAD, Jean C. **Engineering Valuation and Depreciation**. Ames: Iowa State University Press, 1963;
- (21) MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Editora Durban, 1989;
- (22) MOREIRA, Alberto Lélío. **Princípios da Engenharia de Avaliações**. São Paulo: Ed. PINI, 1997;
- (23) MORITZ, Robert E. *A New Theory of Depreciation of Physical Assets*. **Annals of Mathematical Statistics**. V. 3, Nº 2, 1932, p. 108-125;
- (24) MOUBRAY, John. **Reliability-centered Maintenance**. New York: Industrial Press Inc., 1997;
- (25) PREINREICH, Gabriel A. D. *Annual Survey of Economic Theory: The Theory of Depreciation*. **Econometrica**, V. 06, Nº 03, 1938, p. 219-241;
- (26) RUBINSTEIN, Reuven R. e KROESE, Dirk. **Simulation and the Monte Carlo Method**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2008;
- (27) VOSE, David. **Risk Analysis. A Quantitative Guide**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2008.