

MODELO PARA CÁLCULO DE DEPRECIAÇÃO FÍSICA DE IMÓVEIS

Trabalho de Avaliação

FELIPE LOPES SILVEIRA
LUCAS TADEU BATISTELE ROMERO
ANTÔNIO CLÁUDIO ANDRADE BRUM

João Pessoa - PB
2025

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



MODELO PARA CÁLCULO DE DEPRECIAÇÃO FÍSICA DE IMÓVEIS

RESUMO

O cálculo da depreciação constitui etapa fundamental na avaliação de bens imóveis, conforme estabelece a ABNT NBR 14653-2, por expressar a perda de valor da edificação ao longo do tempo em função de fatores físicos, funcionais ou econômicos. Essa depreciação reflete a deterioração natural dos materiais e a consequente redução da capacidade da construção de cumprir sua finalidade original. O modelo Ross-Heidecke, amplamente adotado, combina o método de Ross (1884), que relaciona a depreciação à proporção entre a idade e a vida útil da edificação, com o método de Heidecke (1935), que considera exclusivamente o estado de conservação do imóvel. Embora historicamente relevante, esse modelo apresenta limitações técnicas, sobretudo na avaliação de imóveis com idade superior à vida útil normatizada. Nesse contexto, este estudo propõe um modelo alternativo, mais aderente à realidade atual do mercado, para o cálculo da depreciação física, desenvolvido a partir de dados de imóveis residenciais unifamiliares e fundamentado em regressão linear com inferência estatística. A metodologia adotada demonstrou-se eficaz na estimativa da depreciação de edificações com até 100 anos ou mais, proporcionando resultados mais condizentes com a dinâmica contemporânea do mercado imobiliário e contribuindo para avaliações tecnicamente mais consistentes e precisas.

Palavras-chave: Depreciação; Ross-Heidecke; Inferência estatística.

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

1. EXPOSIÇÃO	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3. METODOLOGIA	10
4. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



1. EXPOSIÇÃO

O cálculo da depreciação configura-se como etapa essencial no processo de avaliação de bens imóveis, conforme preconiza a norma ABNT NBR 14653-2: Avaliação de Bens – Parte 2: Imóveis Urbanos. A depreciação corresponde à perda de valor de um bem ao longo do tempo, decorrente de fatores físicos, funcionais ou econômicos, devendo ser devidamente considerada para que o valor estimado represente, de forma fidedigna, a realidade do mercado.

Todos os materiais empregados na construção de edificações estão sujeitos, inevitavelmente, a processos de deterioração ao longo do tempo. Tal deterioração acarreta a redução do valor da edificação, fenômeno caracterizado como depreciação, que pode ser definida como a perda da capacidade da benfeitoria de cumprir a função para a qual foi projetada.

Entre os modelos clássicos de mensuração da depreciação destaca-se o método Ross-Heidecke, amplamente utilizado na atualidade. Esse modelo combina dois enfoques tradicionais: o método proposto por Franz Wilhelm Ross em **1884**, que estabelece uma relação proporcional entre a idade da edificação e sua vida útil; e o método desenvolvido por Heidecke em **1935**, o qual concentra-se na depreciação física, considerando exclusivamente o estado de conservação do imóvel.

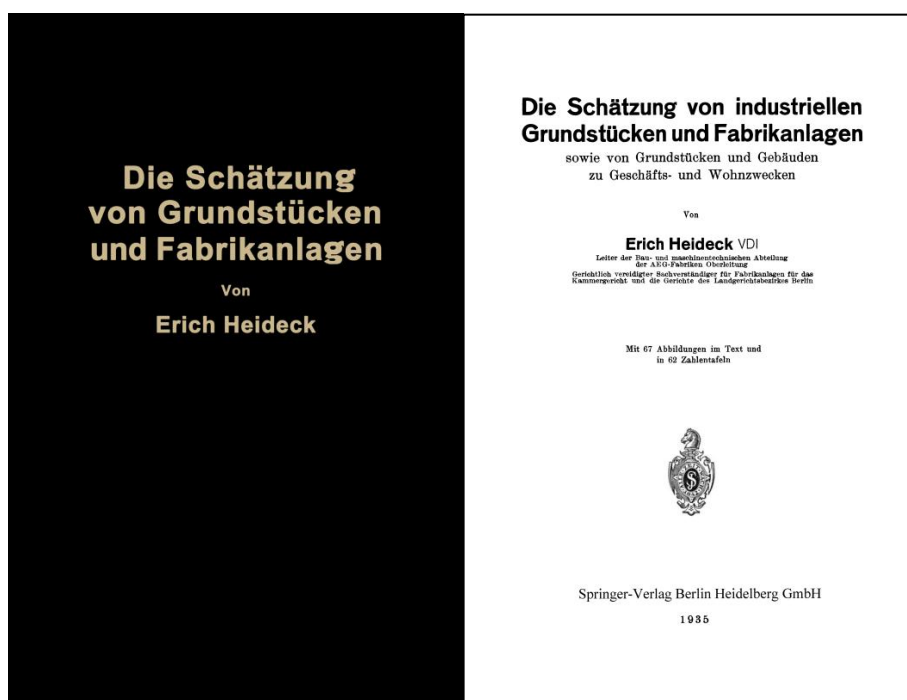


Figura 1: Capa e contracapa do livro de Heidecke em 1935 (Elaborado pelos autores, 2025).

Apesar de sua ampla aplicação, trata-se de modelos históricos que apresentam limitações técnicas relevantes, especialmente quando utilizados na avaliação de edificações com idade avançada. O progresso das técnicas construtivas e a evolução dos materiais empregados demandam modelos mais adequados à realidade contemporânea do mercado imobiliário.

Diante desse cenário, o presente estudo propõe um modelo de cálculo da depreciação física, fundamentado em análises de regressão linear por inferência

estatística. O modelo desenvolvido apresenta desempenho robusto, demonstrando-se eficiente inclusive na avaliação de imóveis com até 100 anos ou mais, oferecendo, assim, uma alternativa metodológica mais condizente com as práticas atuais de engenharia de avaliações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Métodos para avaliação imobiliária

De acordo com a NBR 14653-1:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), para determinar o valor de um bem, de seus frutos e direitos, existem quatro tipos de métodos: Método comparativo direto de dados de mercado, Método evolutivo, Método involutivo e Método da capitalização da renda. A Norma ainda indica que a metodologia utilizada na avaliação do imóvel deve estar alinhada com as características do bem avaliando, os objetivos e o propósito da avaliação, assim como os dados de mercado disponíveis.

Ainda segundo a NBR 14653-1:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), o método preferencial para determinar o valor de mercado é o comparativo direto utilizando dados do mercado. No entanto, sua aplicação nem sempre é viável devido às especificidades de cada mercado. Neste trabalho serão abordados apenas o método comparativo de dados de mercado e o método evolutivo.

2.1.1 Método Comparativo de dados de mercado

Conforme a NBR 14653-1:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), o método comparativo direto de dados de mercado é utilizado para determinar o valor de mercado de um bem através da análise técnica dos atributos dos elementos comparáveis na amostra. Para garantir representatividade, é essencial que a amostra descreva claramente as características dos imóveis comparados, além de outros aspectos relevantes, permitindo a aplicação de análise estatística inferencial. Ainda segundo a Norma, a aplicação deste método requer um planejamento de pesquisa que inclua variáveis relevantes para explicar a tendência de formação de valor, bem como as possíveis relações dessas variáveis com a variável dependente.

Segundo Dantas (2012), a seleção das variáveis deve ser fundamentada em teorias existentes, conhecimentos de pesquisas anteriores e estudos de mercado. Ele ressalta a importância de uma preparação adequada para a realização de uma pesquisa de mercado eficaz. Além disso, Dantas destaca que é frequentemente impossível considerar todas as variáveis influentes devido à multiplicidade de fatores que afetam a formação dos valores. Assim, cabe ao avaliador a responsabilidade de escolher as variáveis mais relevantes para a construção do modelo.

2.1.2 Método Evolutivo

Segundo Dantas (2012), no método evolutivo, o valor de um bem é calculado pela soma dos valores de seus componentes. Nesse método, o valor do terreno é calculado através do método comparativo de dados de mercado e soma-se a ele o valor das benfeitorias existentes no imóvel.

Ainda segundo Dantas (2012), o valor do imóvel pode ser calculado pela Equação 1.

$$VI = (VT + VB) \times FC \quad (1)$$

Onde:

- VI = Valor do imóvel;
- VT = Valor do terreno, que é preferencialmente calculado através do método comparativo de dados de mercado;
- VB = Valor das Benfeitorias, que são calculadas através do método da quantificação de custo e depois são depreciadas;
- FC = Fator de comercialização, índice que deve ser considerado, podendo variar em relação à unidade, dependendo das condições de mercado no momento da avaliação.

Segundo a NBR 14653-2:2011 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011) e Dantas (2012), a benfeitoria pode ser avaliada pelo método da quantificação de custos. Portanto, para o cálculo do valor da benfeitoria deve ser avaliado o valor do BDI (benefícios e despesas indiretas) e D (coeficiente de depreciação). O BDI resulta de uma operação matemática que determina a "margem" cobrada do cliente, abrangendo todos os custos indiretos, tributos e, naturalmente, a remuneração pelo empreendimento realizado. Idealmente, cada obra deveria ter um BDI específico; no entanto, para o órgão que licita diversas obras de diferentes tipos e tamanhos, calcular individualmente se torna praticamente inviável, uma vez que também depende das variáveis específicas de cada empresa. Já o valor de D geralmente é obtido através do método de Ross-Heidecke, que será detalhado posteriormente.

Em resumo, o valor da benfeitoria pode ser calculado pela Equação 2, onde:

$$VB = VU \times AC \times BDI \times D \quad (2)$$

- VB = Valor da benfeitoria;
- VU = Valor unitário da benfeitoria;
- AC = Área construída;
- BDI = Valor do BDI;
- D = Coeficiente de depreciação.

Segundo Graef e Zancan (2018), é relevante destacar que uma das principais dificuldades ao aplicar o método evolutivo é lidar com a depreciação do imóvel. Isso ocorre porque o método pressupõe que os custos (materiais e mão de obra) para reconstituir o bem estejam atualizados na data da avaliação, ou seja, o imóvel é avaliado como se fosse novo. Portanto, é essencial que esses custos considerem adequadamente o estado de conservação e manutenção do imóvel, levando em conta sua vida útil, idade real e estado de conservação.

2.2 Depreciação

A depreciação de um imóvel está diretamente associada à perda de valor econômico decorrente de fatores como o uso, a idade, as condições estruturais e o ambiente em que está inserido (SILVEIRA, 2021). O conceito é empregado em diversas áreas, como a engenharia, a contabilidade e a economia, com enfoques distintos, podendo ser interpretado como redução de valor, custo operacional ou condição física.

Segundo a NBR 14653-1:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), a depreciação consiste na perda de valor de um bem ocasionada por alterações em seu estado ou qualidade, sendo classificadas como decrepitude, deterioração, mutilação ou obsolescência. Para Silveira (2021), essa redução de valor está relacionada à limitação do uso do bem, seja por fatores físicos, funcionais ou comerciais. Na avaliação de imóveis, destacam-se dois principais tipos de depreciação: a física, vinculada ao desgaste material do edifício, e a funcional, relacionada à perda de utilidade ou adequação do imóvel às exigências contemporâneas. Essas formas de depreciação são descritas de maneira detalhada na Figura 2.

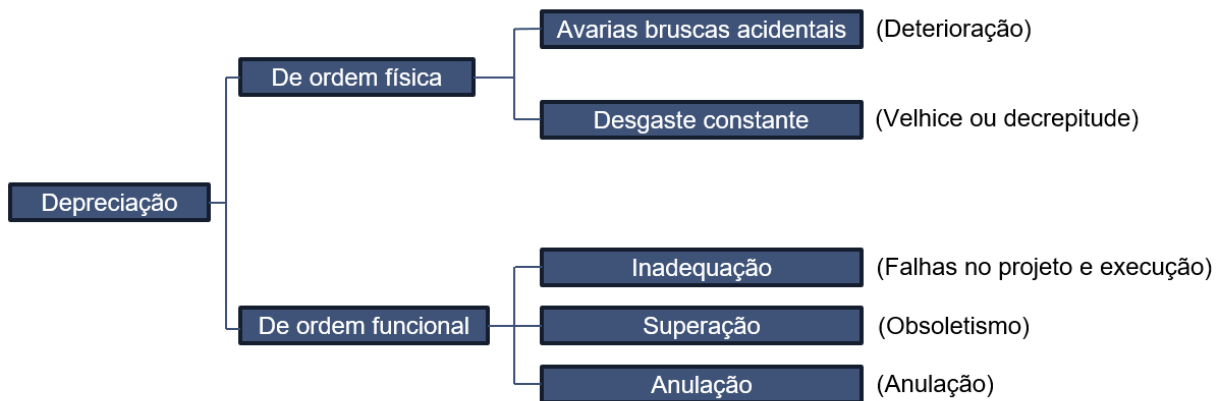


Figura 2: Depreciação Física e Funcional: causas (Adaptada de Nether, 2010)

2.2.1 Depreciação Física

A depreciação física de um imóvel está relacionada ao desgaste progressivo de seus componentes construtivos, resultante do uso contínuo e da exposição a condições ambientais desfavoráveis (NETHER, 2002). Esse processo é intensificado pela ausência de manutenção adequada e pelo emprego de materiais de baixa qualidade, levando à deterioração das partes que compõem a edificação. Segundo Zini (2015), esse tipo de depreciação decorre da utilização de materiais perecíveis na construção, sendo quantificada por meio do coeficiente de depreciação física, que representa o valor necessário para restaurar o imóvel a uma condição de habitabilidade comparável à original, no momento de sua entrega.

A depreciação física de um imóvel é determinada com base na Equação 3:

$$D = K \times (Vi - Vr) \quad (3)$$

Onde:

- D = Depreciação acumulada;
- K = Fator de depreciação acumulada;
- Vi = Valor inicial do imóvel;
- Vr = Valor residual do Imóvel;
- $Vi - Vr$ = Valor depreciável.

Logo, o cálculo do valor atual (Va) é feito pela Equação 4:

$$Va = Vi - D \quad (4)$$

Onde:

- Vi = Valor inicial do imóvel;
- D = Depreciação acumulada.

Segundo Zini (2015), diversos métodos podem ser utilizados para calcular a depreciação de imóveis, mas o método de Ross-Heidecke é considerado o mais completo, pois leva em conta a vida útil, a idade efetiva e o estado de conservação do edifício. Apesar de o conceito de vida útil ainda não ser amplamente explorado na literatura e a avaliação do estado de conservação depender da percepção individual do avaliador, o método de Ross-Heidecke é amplamente reconhecido tanto pela comunidade técnica quanto pelos tribunais, pois proporciona uma abordagem padronizada e detalhada para o cálculo da depreciação física.

Separadamente, Ross (1884) desenvolveu um modelo de depreciação que leva em conta somente a idade, demonstrado pela Equação 5:

$$K = \frac{1}{2} \left[\frac{u}{n} + \left(\frac{u}{n} \right)^2 \right] \quad (5)$$

Onde:

- K = Depreciação física;
- n = Vida útil do imóvel;
- u = Idade Efetiva do imóvel.

Um aspecto que merece destaque é que, no trabalho original de Ross (1884), parcialmente reproduzido na obra de Heidecke (1935), os valores de depreciação foram calculados considerando vidas úteis de 100 e 200 anos. Esses períodos são significativamente superiores aos atualmente adotados pelos profissionais da engenharia, os quais, em conformidade com normas técnicas e publicações contemporâneas, situam-se, em geral, entre 50 e 80 anos.

Outro aspecto de destaque é que, conforme argumentam Silveira (2021) e Heidecke (1935), o processo avaliativo deve considerar a subdivisão da edificação em seus distintos componentes construtivos, dado que diferentes materiais, com durabilidades e vidas úteis específicas, são empregados em sua constituição. Ademais, quando uma edificação é executada em fases distintas, ao longo do tempo, deve-se adotar uma idade média ponderada, calculada com base no valor relativo de cada parcela da construção e na respectiva idade de execução. Trata-se de uma diretriz relevante da obra original de Heidecke (1935), mas que tem sido pouco observada pelos profissionais da área de avaliação na atualidade.

De acordo com Heidecke (1935), na apuração da depreciação de edificações, é fundamental distinguir entre a depreciação decorrente do envelhecimento (idade) e aquela resultante do estado de conservação. Para a adequada determinação da desvalorização adicional associada à condição física da construção, é necessário, preliminarmente, estabelecer um entendimento uniforme quanto à avaliação do estado de conservação do edifício. A Figura 3, extraída da obra de Heidecke (1935), apresenta as classificações atribuídas aos diferentes estados de conservação, bem como os respectivos valores residuais após a aplicação da depreciação por idade.

Note 1 = neu, ohne Reparaturen,			
,, 2 = normale Unterhaltung geringen Umfanges,			
,, 3 = reparaturbedürftig,			
,, 4 = große Reparaturen erforderlich,			
,, 5 = wertlos.			
Für noch feinere Abstufungen sind die Zwischenwerte 1,5, 2,5 usw. anzuwenden. Der nach vorgenommener Altersabschreibung verbleibende Restwert ist zu vermindern			
bei Note 1	um	0%	
,, ,, 1,5	,,	0,032 %	
,, ,, 2	,,	2,52 %	
,, ,, 2,5	,,	8,09 %	
,, ,, 3	,,	18,1 %	
			bei Note 3,5 um 33,2 %
			,, ,, 4 ,, 52,6 %
			,, ,, 4,5 ,, 75,2 %
			,, ,, 5 ,, 100 %

Figura 3: Reprodução das classificações de estado de conservação propostas por Heidecke
 (Elaborado pelos autores, 2025).

A Tabela 1 apresenta os valores propostos por Heidecke (1935) traduzidos.

Tabela 1 - Coeficientes de depreciação de Heidecke.

Nota	Estado da Edificação	Depreciação (%)
1	Novo, sem reparos	0,00
1,5	Novo, sem reparos	0,32
2	manutenção normal de pequena escala	2,52
2,5	manutenção normal de pequena escala	8,09
3,0	necessita de reparos	18,10
3,5	necessita de reparos	33,20
4,0	Necessita de grandes reparos	52,60
4,5	Necessita de grandes reparos	75,20
5,00	Edificação sem valor	100,00

Fonte: Heidecke (1935)

Como podemos observar, tanto na tabela quanto em sua obra, Heidecke (1935) argumenta que para gradações mais finas, devem ser usados valores intermediários como 1,5; 2,5

A partir da integração do método de Ross (1884) com os coeficientes de estado de conservação propostos por Heidecke (1935), este último apresentou, em sua obra, o que atualmente é conhecido como Método Ross-Heidecke, amplamente adotado na avaliação de benfeitorias em edificações. Esse modelo de cálculo da depreciação se mostra mais abrangente do que os métodos anteriores, pois considera, de forma

conjunta, o estado de conservação, a idade real do imóvel e sua vida útil (SILVEIRA, 2021). O coeficiente de depreciação é calculado com base na Equação 6:

$$K = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{u}{n} \right) + \left(\frac{u}{n} \right)^2 \right] + 1 \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[\left(\frac{u}{n} \right) + \left(\frac{u}{n} \right)^2 \right] \right\} C \quad (6)$$

Onde:

- K = Depreciação física;
- n = Vida útil do imóvel;
- u = Idade Efetiva do imóvel.
- C = Coeficiente de depreciação de Heidecke.

Esse fator, chamado de fator "k", é usado para calcular o coeficiente de depreciação (D) final da edificação. A Equação 7 fornece o coeficiente de depreciação.

$$D = \frac{100 - k}{100} \quad (7)$$

Onde:

- D = Coeficiente de depreciação;
- k = fator encontrado na Tabela de Ross-Heidecke.

De acordo com Silveira (2021) e Zini (2015), há um consenso de que o método de Ross-Heidecke apesar de ser o mais completo atualmente, apresenta algumas limitações, principalmente na avaliação de imóveis próximos ao final da VUP.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em sete etapas metodológicas distintas:

- 1ª Etapa – Delimitação da área de estudo.
- 2ª Etapa – Pesquisa de mercado.
- 3ª Etapa – Tratamento estatístico.
- 4ª Etapa – Cálculo do valor da benfeitoria pelo Método comparativo.
- 5ª Etapa – Cálculo do modelo de depreciação proposto.
- 6ª Etapa – Comparação entre curvas de depreciação do modelo proposto x modelos de Ross-heidecke.

3.1 Seleção da área a ser estudada

Para a execução do presente estudo, foi necessária a delimitação prévia de uma área geográfica de interesse. Essa área deveria contemplar imóveis novos e antigos, com distintos estados de conservação, variados padrões construtivos e localizações heterogêneas. Diante desses critérios, optou-se por selecionar uma capital brasileira que, além de apresentar uma quantidade significativa de dados disponíveis, dispõe de um cadastro imobiliário robusto, com informações detalhadas sobre a idade dos imóveis, bem como de uma planta genérica de valores atualizada e estruturada, capaz de explicar a variação dos valores imobiliários em função da localização.

3.2 Pesquisa de mercado

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram conduzidas duas pesquisas distintas: uma voltada à coleta de dados de imóveis residenciais e outra focada em terrenos localizados nas mesmas regiões. Conforme apresentado anteriormente na

Equação 1, no método evolutivo, o valor do imóvel (VI) é obtido a partir da soma do valor do terreno (VT) e do valor das benfeitorias (VB), sendo este total multiplicado por um fator de comercialização (FC). Reorganizando a equação para expressá-la em função do valor das benfeitorias (VB), tem-se a Equação 8:

$$D = \left(\frac{VI}{FC} - VT \right) \quad (8)$$

Essa forma da equação permite isolar o valor da benfeitoria com base no valor total do imóvel, no valor do terreno e no fator de comercialização aplicável à região analisada. Dessa forma, as pesquisas de mercado referentes a terrenos e imóveis residenciais mostraram-se indispensáveis para a determinação do valor global dos imóveis paradigmas, bem como para a segregação da parcela correspondente ao valor dos respectivos terrenos.

O fator de comercialização foi inferido com base nas condições observadas no mercado imobiliário local, considerando aspectos como padrão construtivo, liquidez e forma de negociação predominante. Os resultados obtidos encontram-se consolidados na Tabela 2.

Tabela 2 – Fatores de Comercialização pesquisados no mercado

Tipo de Empreendimento	Taxa de Remuneração Média (%)
Residencial de médio padrão	25% a 35%
Residencial de alto padrão	30% a 40%
Empreendimento populares	15% a 25%

Fonte: Autoria própria, 2025

Na pesquisa de terrenos sem benfeitorias, os dados foram classificados em diferentes variáveis, escolhidas pelo avaliador, que a princípio poderiam ser relevantes na formação do valor do imóvel.

A - Área do terreno: Variável quantitativa usada para expressar a área de terreno, em metros quadrados, de cada dado de mercado pesquisado.

B - Valor unitário (variável dependente: Valor unitário (valor de oferta dividido pela área do terreno), expresso em R\$/m².

C - Topografia: Variável qualitativa utilizada para expressar a característica da topografia em cada dado de mercado da pesquisa.

Opções:

- 1 = Topografia em auge ou declive acentuado;
- 2 = Topografia levemente inclinada;
- 3 = Topografia plana.

D - Localização: Variável proxy utilizada para expressar a localização baseada na planta genérica de valores em R\$/m² fornecido pelo município.

A Tabela 3 mostra os terrenos pesquisados e classificados nas variáveis descritas anteriormente:

Tabela 3 - Classificação dos terrenos pesquisados.

Nº Am.	Valor de oferta (R\$)	Área do terreno (m²)	Valor unitário (R\$/m²)	Topografia	Localização (R\$/m²)
1	454.000,00	396,00	1.146,46	1	1.450,00
2	590.000,00	392,00	1.505,10	1	2.000,00
3	1.100.000,00	690,00	1.594,20	1	1.700,00
4	749.000,00	450,00	1.664,44	1	1.700,00
5	895.000,00	604,00	1.481,79	1	1.450,00
6	550.000,00	416,00	1.322,12	1	1.450,00
7	710.000,00	480,00	1.479,17	3	1.700,00
8	1.100.000,00	360,00	3.055,56	3	2.500,00
9	3.100.000,00	702,00	4.415,95	3	3.000,00
10	690.000,00	430,00	1.604,65	3	1.000,00
11	2.800.000,00	444,00	6.306,31	3	4.400,00
12	795.000,00	785,00	1.012,74	3	1.100,00
13	1.060.000,00	582,00	1.821,31	3	1.100,00
14	530.000,00	260,00	2.038,46	3	1.300,00
15	1.200.000,00	782,00	1.534,53	1	1.461,00
16	1.000.000,00	441,00	2.267,57	2	1.461,00
17	1.500.000,00	1.019,00	1.472,03	2	1.350,00
18	785.000,00	853,00	920,28	2	1.000,00
19	1.260.000,00	1.575,00	800,00	1	1.150,00
20	1.100.000,00	1.000,00	1.100,00	3	1.300,00
21	805.000,00	750,00	1.073,33	2	1.000,00
22	2.200.000,00	2.331,00	943,80	1	1.150,00
23	2.380.000,00	476,00	5.000,00	2	4.000,00
24	265.000,00	360,00	736,11	2	650,00
25	2.000.000,00	2.500,00	800,00	1	1.000,00
26	1.460.000,00	1.300,00	1.123,08	3	1.000,00
27	1.600.000,00	1.275,00	1.254,90	3	1.000,00
28	1.700.000,00	1.080,00	1.574,07	2	1.000,00
29	1.300.000,00	970,00	1.340,21	2	1.300,00
30	1.400.000,00	900,00	1.555,56	2	1.300,00
31	1.100.000,00	786,00	1.399,49	1	1.000,00

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Na pesquisa de casas, os imóveis foram classificados com base em diferentes variáveis que, inicialmente, poderiam ser importantes na formação do valor do imóvel. Essas variáveis são:

A - Área do terreno: Variável quantitativa usada para expressar a área de terreno, em metros quadrados, de cada dado de mercado pesquisado.

B - Área construída: Variável quantitativa usada para expressar a área construída, em metros quadrados, de cada dado de mercado pesquisado.

C - Valor unitário: Valor unitário (variável dependente: Valor de oferta dividido pela área construída da benfeitoria, expresso em R\$/m².

D - Padrão construtivo: Variável qualitativa utilizada para expressar o nível do padrão construtivo de cada dado pesquisado.

- 1 = Padrão Simples;
- 2 = Padrão Médio;
- 3 = Padrão Superior;
- 4 = Padrão Luxo.

E - Idade: Variável quantitativa usada para expressar a idade, em anos, de cada casa pesquisada.

F - EC: Variável qualitativa utilizada para expressar o estado de conservação das benfeitorias de cada dado pesquisado. Opções:

- 1 = Entre reparos simples e importantes ou reparos importantes;
- 2 = Entre regular e reparos simples ou reparos simples;
- 3 = Regular;
- 4 = Entre Novo e regular;
- 5 = Novo.

G - Localização: Variável proxy utilizada para expressar a localização baseada na planta genérica de valores em R\$/m² fornecido pelo município.

A Tabela 4 mostra os imóveis pesquisados para a elaboração do modelo estatístico classificados nas variáveis descritas anteriormente:

Tabela 4 - Classificação das casas pesquisadas.

Nº Am.	Valor Total Venda	Área do Terreno	Área Construída	Valor Unitário	Padrão Construtivo	Idade	EC	Localização
1	4.200.000,00	1.000,00	623,00	6.741,57	3	78	3	1.700
2	4.000.000,00	1.000,00	735,24	5.440,40	4	61	1	1.000
3	5.900.000,00	1.200,00	776,00	7.603,09	2	55	1	1.800
4	4.400.000,00	1.000,00	574,00	7.665,51	4	57	2	1.800
5	3.000.000,00	1.000,00	818,00	3.667,48	3	48	2	800
6	4.200.000,00	1.118,00	557,00	7.540,39	3	57	2	1.000
7	3.200.000,00	1.000,00	481,44	6.646,73	2	65	3	800
8	900.000,00	300,00	194,00	4.639,18	1	49	3	1.320
9	1.800.000,00	400,00	300,00	6.000,00	2	19	3	1.500
10	900.000,00	304,00	189,00	4.761,90	1	52	3	1.700
11	2.300.000,00	888,95	536,34	4.288,32	1	43	2	1.500
12	1.247.000,00	350,00	270,00	4.618,52	2	48	3	1.700
13	930.000,00	150,00	201,00	4.626,87	1	9	2	1.700
14	1.600.000,00	380,00	364,00	4.395,60	2	40	3	1.500
15	980.000,00	350,00	189,00	5.185,19	1	45	1	1.700
16	700.000,00	300,00	157,00	4.458,60	1	76	2	1.700
17	1.650.000,00	720,00	315,00	5.238,10	1	53	2	1.700
18	850.000,00	400,00	222,00	3.828,83	1	77	1	1.700
19	950.000,00	400,00	287,00	3.310,10	1	76	2	1.400
20	840.000,00	340,00	271,00	3.099,63	2	77	2	1.350
21	3.500.000,00	312,00	469,00	7.462,69	2	25	3	5.500
22	990.000,00	365,00	206,00	4.805,83	2	77	3	1.600
23	1.020.000,00	280,00	228,74	4.459,21	2	7	3	1.100
24	1.200.000,00	350,00	310,00	3.870,97	3	25	3	1.100
25	950.000,00	360,00	218,00	4.357,80	2	45	1	1.350
26	1.800.000,00	555,00	516,00	3.488,37	2	40	2	1.600
27	985.000,00	360,00	218,00	4.518,35	1	45	1	1.350
28	979.710,00	360,00	300,00	3.265,70	1	43	1	2.500
29	1.700.000,00	675,00	306,00	5.555,56	1	42	1	2.500
30	1.350.000,00	560,00	317,00	4.258,68	2	77	2	1.600
31	960.000,00	400,00	296,00	3.243,24	2	77	2	1.400
32	2.400.000,00	378,00	243,00	9.876,54	4	48	3	4.000
33	2.000.000,00	408,00	216,00	9.259,26	4	57	3	4.000
34	997.500,00	242,00	219,00	4.554,79	2	42	3	1.600
35	780.000,00	360,00	114,11	6.835,51	1	53	2	1.450
36	1.120.000,00	288,00	349,00	3.209,17	3	40	2	1.400
37	1.150.000,00	450,00	384,00	2.994,79	1	65	2	1.440
38	1.350.000,00	411,00	230,00	5.869,57	3	69	3	1.600
39	2.350.000,00	360,00	270,00	8.703,70	4	57	3	2.600
40	2.050.000,00	390,00	312,00	6.570,51	2	47	1	4.000
41	1.500.000,00	360,00	412,00	3.640,78	2	43	2	2.600
42	2.350.000,00	496,00	468,00	5.021,37	3	51	2	2.600
43	800.000,00	220,00	140,00	5.714,29	1	76	1	3.500
44	1.350.000,00	400,00	242,00	5.578,51	4	42	3	1.250
45	1.197.000,00	400,00	245,00	4.885,71	3	52	3	1.250
46	2.950.000,00	860,00	429,00	6.876,46	3	57	1	1.250
47	1.197.000,00	400,00	245,00	4.885,71	3	52	3	1.250
48	1.100.000,00	300,00	175,00	6.285,71	1	52	1	2.700

Nº Am.	Valor Total Venda	Área do Terreno	Área Construída	Valor Unitário	Padrão Construtivo	Idade	EC	Localização
49	1.000.000,00	300,00	244,34	4.092,66	1	65	2	2.700
50	1.790.000,00	188,75	200,97	8.906,80	3	25	4	2.700
51	1.500.000,00	480,00	221,41	6.774,76	1	71	3	1.650
52	1.500.000,00	450,00	316,45	4.740,09	1	76	3	2.600
53	980.000,00	374,00	240,00	4.083,33	1	42	1	1.650
54	1.500.000,00	304,00	210,00	7.142,86	1	65	3	2.700
55	2.700.000,00	480,00	553,00	4.882,46	4	41	3	1.700
56	3.700.000,00	660,00	825,00	4.484,85	4	47	4	1.700
57	3.950.000,00	690,00	785,00	5.031,85	3	23	4	1.700
58	4.800.000,00	600,00	620,00	7.741,94	3	12	4	2.500
59	2.300.000,00	364,00	368,00	6.250,00	3	40	3	2.000
60	3.600.000,00	560,00	552,00	6.521,74	3	26	3	2.000
61	3.600.000,00	560,00	489,00	7.361,96	4	25	4	2.000
62	2.700.000,00	592,00	319,00	8.463,95	3	23	3	2.000
63	4.600.000,00	720,00	520,00	8.846,15	4	21	4	2.000
64	3.000.000,00	490,00	703,00	4.267,43	3	7	3	2.400
65	8.900.000,00	1.178,00	883,00	10.079,28	4	23	4	2.500
66	5.000.000,00	630,00	572,00	8.741,26	4	8	4	2.500
67	2.600.000,00	430,00	246,00	10.569,11	3	15	3	3.000
68	2.500.000,00	445,00	580,00	4.310,34	3	44	3	1.700
69	499.000,00	180,00	74,00	6.743,24	1	1	5	1.000
70	580.000,00	180,00	116,00	5.000,00	1	1	5	1.000
71	510.000,00	180,00	112,00	4.553,57	1	1	5	800
72	710.250,00	115,00	114,00	6.230,26	1	1	5	1.100
73	699.000,00	180,00	125,00	5.592,00	2	1	5	1.250

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

3.3 Tratamento estatístico

Assim como no trabalho de Zini (2015), neste estudo os dados foram tratados utilizando o método científico que empregou um modelo de regressão linear com o suporte do software Infer 32, responsável pela geração do modelo, valor unitário mínimo, médio, máximo, gráficos e tabelas. Este software é pago e de autoria da empresa Ária Informática. A escolha deste software foi uma decisão dos autores por conveniência, não implicando que ele seja superior a outras opções disponíveis no mercado.

O modelo desenvolvido não será detalhado aqui, pois detalhar os testes e regressões do software não são o alvo do trabalho, porém por meio delas é possível. A tabela a seguir apresenta os imóveis paradigmas adotados para a realização das avaliações e análises. Os imóveis selecionados possuem características construtivas semelhantes com os projetos-padrão estabelecidos na ABNT NBR 12721 – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária, especialmente no que se refere à tipologia, padrão construtivo e área edificada, conforme os parâmetros do Custo Unitário Básico (CUB) para edificações unifamiliares. A localização dos imóveis paradigmas foi selecionada com base em regiões cuja ocupação apresenta predominância do padrão construtivo correspondente, de modo a evitar distorções no valor atribuído às benfeitorias. Tal medida visa mitigar o risco de subdimensionamento ou superdimensionamento do valor das edificações, que pode ocorrer quando estas se encontram inseridas em áreas com padrão urbanístico ou socioeconômico significativamente distinto daquele compatível com sua tipologia construtiva.

Tabela 5 – Imóveis Paradigmas

Tipo de Projeto	Área Construída (m ²)	Área de Terreno (m ²)	Localização
Casa térrea – Padrão Normal	80,00	125,00	1000
Casa térrea – Padrão Baixo	46,11	100,00	1500
Casa térrea – Padrão Alto	110,98	150,00	1800
Casa térrea – Padrão Luxo	140,00	250,00	2500

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

O software forneceu 50 modelos para cada pesquisa, com diferentes coeficientes de determinação e correlação. A escolha do modelo a ser utilizado fica a critério do avaliador. Para a escolha do modelo a ser utilizado, foram comparados o coeficiente de correlação (r) e o coeficiente de determinação (r²), com o intuito de selecionar o modelo com maior poder explicativo para o mercado. Para o cálculo do valor dos terrenos, o modelo escolhido possui coeficiente de correlação (r): 0,9227, coeficiente de determinação (r²): 0,8513, sendo classificado como: Correlação Fortíssima.

Para os terrenos, as variáveis que explicam o valor de mercado foram a área do terreno, topografia e localização. O tratamento estatístico também fornece uma equação para se calcular o valor do imóvel em função do valor unitário. Essa fórmula é detalhada na Equação 9.

$$VU = \text{Exp}(0,5268 - 1,1913 \times 10^{-4} \times [\text{Área}] - \frac{0,4252}{\text{Topografia}} + 0,9894 \times \ln(\text{Localização})) \quad (9)$$

Logo, o valor do imóvel (terreno) é calculado pela Equação 10.

$$VT = VU \times AT \quad (10)$$

Onde:

- VT = Valor do Terreno (R\$);
- VU = Valor unitário (R\$/m²);
- AT = Área do Terreno (m²).

Assim como para os terrenos, na escolha do modelo a ser utilizado para as casas, foram comparados o coeficiente de correlação (r) e o coeficiente de determinação (r²), com o intuito de selecionar o modelo com maior poder explicativo para o mercado. O modelo escolhido possui coeficiente de correlação (r): 0,9034, coeficiente de determinação (r²): 0,8161, sendo classificado como: Correlação Fortíssima.

Já para as casas, as variáveis que explicam o valor de mercado dos imóveis foram a área do terreno, área construída, padrão construtivo, idade, estado de conservação e localização.

O tratamento estatístico também fornece uma equação para se calcular o valor do imóvel em função do valor unitário. Essa fórmula é detalhada na Equação 11.

$$VU = -2299,9 + 7,7734 \times (\text{Área Terreno}) - 3479,2 \times \ln(\text{Área Construída}) + 1672,4 \times \ln(\text{Padrão Construtivo}) - 430,43 \times \ln(\text{Idade}) - 1325,8 / (EC) + 3371,5 \times \ln(\text{Localização}). \quad (11)$$

Logo, o valor do imóvel (casa) é calculado pela Equação 12.

$$VI = VU \times AC \quad (8)$$

Onde:

- VI = Valor do Imóvel (R\$);
- VU = Valor unitário (R\$/m²);
- AC = Área Construída (m²).

3.3 Cálculo do valor da benfeitoria pelo Método comparativo

Com base nas equações obtidas no item anterior para o cálculo do valor total do imóvel e do valor do terreno, bem como nos valores dos fatores de comercialização inferidos a partir da pesquisa de mercado, procedeu-se à aplicação na Equação 8, a qual reorganiza a expressão do método evolutivo, de forma a isolá-la em função do valor das benfeitorias (VB).

A partir dessa formulação, foram realizadas simulações para os quatro tipos de projetos-padrão considerados, variando-se a idade da edificação de 1 a 100 anos e o estado de conservação de 1 a 5, conforme previamente descrito. O procedimento resultou em um total de 500 combinações distintas para cada projeto paradigma, refletindo diferentes estágios de vida útil e condição física, possibilitando uma análise aprofundada do comportamento do valor das benfeitorias ao longo do tempo.

Em razão das limitações de espaço para apresentação deste trabalho, as análises e descrições a seguir referem-se a uma amostra do projeto-padrão normal, considerando-se um estado de conservação classificado como regular e um fator de comercialização de 25%. Nessa condição, a idade da edificação foi variada de 1 a 80 anos, com o objetivo de examinar a depreciação do valor das benfeitorias em função da idade, conforme os parâmetros e metodologia previamente estabelecidos. A Tabela 6 apresenta a análise, em resumo, da depreciação em função do tempo.

Tabela 6 – Análise da depreciação em função do tempo.

Idade	Valor Unitário Imóvel	Valor Total Imóvel	Valor da Benfeitoria	Depreciação em função da Idade (ki)
1	9.225,35	645.774,63	275.279,45	0%
2	8.927,00	624.890,04	258.571,78	6%
3	8.752,48	612.673,33	248.798,41	10%
4	8.628,65	604.005,45	241.864,10	12%
5	8.532,60	597.282,11	236.485,43	14%
6	8.454,12	591.788,74	232.090,74	16%
7	8.387,77	587.144,17	228.375,08	17%
8	8.330,30	583.120,85	225.156,43	18%
9	8.279,60	579.572,04	222.317,38	19%
10	8.234,25	576.397,51	219.777,76	20%
.....				
70	7.396,67	517.767,05	172.873,38	37,20%
71	7.390,57	517.339,66	172.531,48	37,32%
77	7.355,65	514.895,34	170.576,02	38,04%
80	7.339,20	513.743,73	169.654,73	38,37%

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025

3.4 Cálculo do modelo de depreciação proposto

Após as análises para cada estado de conservação e cada idade verificou-se que de maneira isolada a depreciação em função da idade (K_i) variava aproximadamente 40% e a depreciação em função do estado de conservação aproximadamente 30%, destacando que os cálculos limitaram aos valores máximos das variáveis contidas nas pesquisas, sendo assim, o próximo passo foi com os valores obtidos encontrar uma equação que explique a variação do estado de conservação tanto em função da idade quanto em função do estado de conservação.

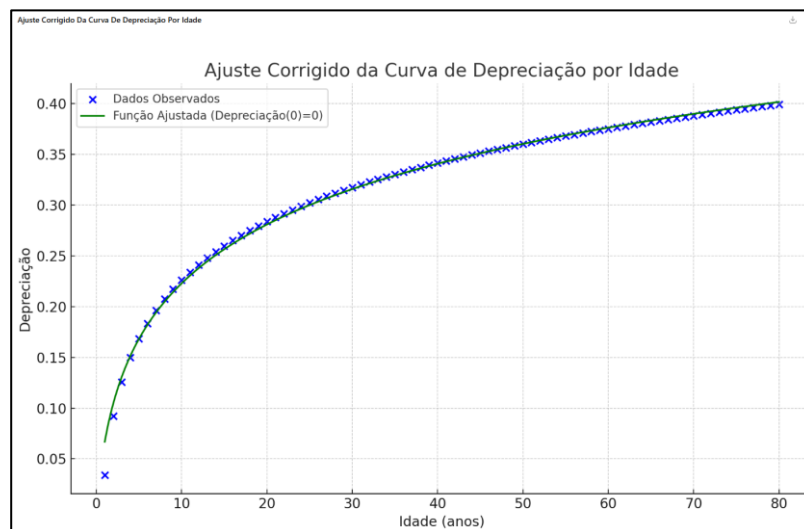


Figura 4: Curva de depreciação x idade (Elaborada pelos autores, 2025)

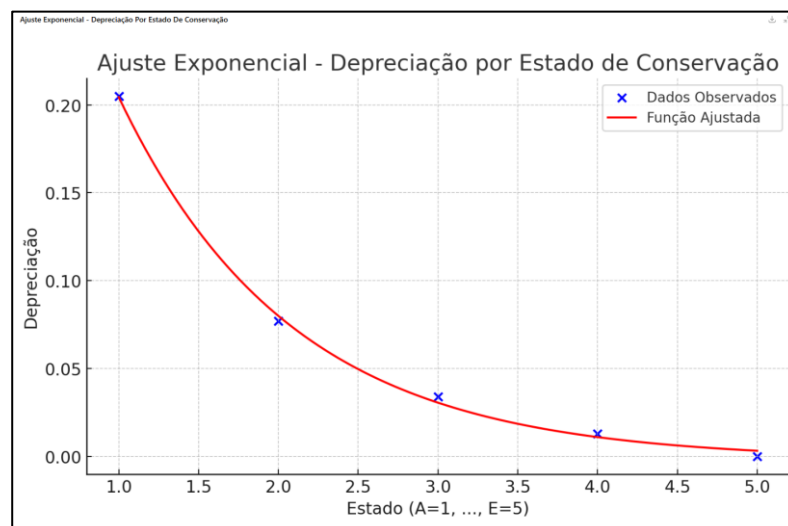


Figura 5: Curva de depreciação x estado de conservação (Elaborada pelos autores, 2025).

A partir das análises matemáticas realizadas, a depreciação em função da idade da edificação foi calculada e ajustada por meio de modelagem estatística, resultando em sua representação por meio da função logarítmica apresentada na Equação 13:

$$\text{Depreciação } (k_i) = 0,0892 \cdot \ln(1,1152 \cdot \text{Idade} + 1) \quad (9)$$

A partir das análises matemáticas conduzidas, a depreciação em função do estado de conservação foi calculada e ajustada por meio de modelagem funcional, sendo representada pela Equação 14, função exponencial decrescente, que reflete a redução do valor da edificação à medida que se agrava o seu nível de conservação.

$$\text{Depreciação (kec)} = 0,5202 \cdot e^{-0,9244 \cdot EC} - 0,00195 \quad (10)$$

Onde EC, representa o estado de conservação, que através da extrapolação das curvas obtidas varia de 0 a 5, demonstrada pela Figura 6:

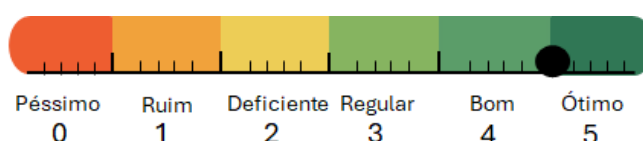


Figura 6: Graduação do estado de conservação (Elaborada pelos autores, 2025)

Em consonância com as orientações de Heidecke (1935), que em sua obra afirma que, para gradações mais refinadas, podem ser adotados valores intermediários, tais como 1,5 ou 2,5, a critério do avaliador técnico, apresenta-se a seguir uma tabela com sugestões descritivas das características associadas a cada nota de estado de conservação. Essa classificação foi adaptada da publicação do IBAPE-SP (2017), visando oferecer uma referência prática e padronizada para a aplicação coerente dos níveis avaliativos.

Tabela 7 – Notas para Estado de Conservação.

Estado de Conservação	Nota	Características
Ótimo	5,0	Edificação nova.
Entre bom e ótimo	4,5	Edificação nova ou com reforma geral ou substancial, com menos de dois anos, que apresente necessidade apenas de uma demão leve de pintura para recompor a sua aparência.
Bom	4,0	Edificação seminova ou com reforma geral ou substancial entre dois a cinco anos, cujo estado geral possa ser recuperado apenas com reparos de eventuais fissuras superficiais localizadas e/ou pintura externa e interna.
Entre regular e bom	3,5	Edificação seminova ou com reforma geral ou substancial entre dois a cinco anos, cujo estado geral possa ser recuperado com reparos de fissuras e trincas localizadas e superficiais e pintura externa e interna.
Regular	3,0	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura externa e interna após reparos de fissuras e trincas superficiais generalizadas, sem recuperação do sistema estrutural. Eventualmente, revisão do sistema hidráulico e elétrico

Estado de Conservação	Nota	Características
Necessitando deficiente e regular	2,5	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura externa e interna após reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação localizada do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a revisão e com substituição eventual de algumas peças desgastadas naturalmente. Eventualmente possa ser necessária a substituição dos revestimentos de pisos e paredes, de um ou outro cômodo. Revisão da impermeabilização ou substituição de telhas de cobertura.
Deficiente	2,0	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura externa e interna, com substituição de panos de regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação de grande parte do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante substituição de peças aparentes. A substituição dos maioria dos revestimentos de pisos e paredes, da maioria dos cômodos, se faz necessária. Substituição ou reparações importantes na impermeabilização ou no telhado.
Entre ruim e deficiente	1,5	Edificação cujo estado geral com estabilização e/ou recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização do telhado.
Ruim	1,00	Edificação cujo estado geral com estabilização e recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização e/ou estrutura do telhado.
Entre Ruim e Péssimo	0,50	Edificação sem valor ou valor residual
Péssimo	0	

Fonte: Adaptado de IBAPE, 2017.

Sendo assim, o valor para o coeficiente de depreciação do modelo (Dm) e dado pela Equação 15:

$$Dm = 0,0892 \cdot \ln(1,1152 \cdot Idade + 1) + 0,5202 \cdot e^{-0,9244 \cdot EC} - 0,00195 \quad (11)$$

Onde:

- Dm = Coeficiente de depreciação do modelo
- $Idade$ = Idade real da edificação
- EC = Nota do estado de conservação (1 a 5)

Sendo assim, o valor da benfeitoria pelo modelo proposto pode ser calculado pela Equação 16, onde: m

$$VB = VB_i \cdot (1 - Dm) \quad (16)$$

- VB = Valor da benfeitoria;
- VB_i = Valor da benfeitoria inicial (Custo de Reprodução);
- Dm = Coeficiente de depreciação do modelo

O gráfico ilustrado na Figura 7 apresenta as curvas de depreciação em função da idade e do estado de conservação.

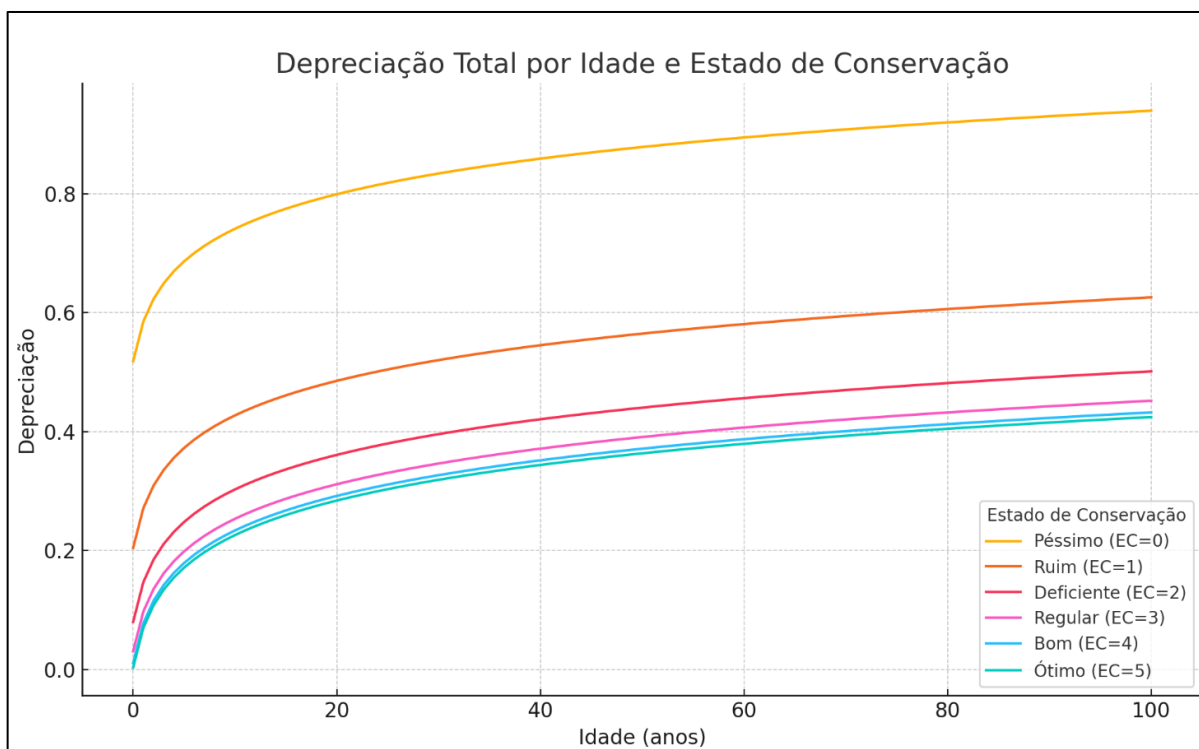


Figura 7: Curvas de depreciação (Elaborada pelos autores, 2025)

Mais do que uma análise puramente matemática, o cálculo da depreciação deve ser conduzido de forma criteriosa, técnica e coerente com os princípios da engenharia de avaliações. As variáveis idade e estado de conservação devem ser consideradas de maneira conjunta e correlacionada, uma vez que, sob o ponto de vista técnico, apresentam interdependência direta.

Como exemplo, embora matematicamente possível, é tecnicamente improvável que um imóvel com apenas 2 anos de idade apresente estado de conservação classificado como péssimo, salvo em situações excepcionais de abandono ou sinistro. Da mesma forma, é pouco plausível que uma edificação com idade avançada mantenha condição equivalente à de um imóvel novo, sem que tenha passado por processos completos de retrofit ou reconstrução.

A Tabela 8 apresenta o resultado da aplicação da equação Coeficiente de depreciação do modelo para todas as idades e estados de conservação.

Tabela 8 – Coeficiente de depreciação.

Idade.	Estado de Conservação					
	Péssimo 0	Ruim 1	Deficiente 2	Regular 3	Bom 4	Ótimo 5
0	0,5182	0,2044	0,0799	0,0305	0,0109	0,0000
2	0,6228	0,3090	0,1845	0,1351	0,1155	0,1078
4	0,6697	0,3559	0,2314	0,1820	0,1624	0,1546
6	0,7002	0,3864	0,2619	0,2125	0,1929	0,1851

Estado de Conservação						
Idade.	Péssimo 0	Ruim 1	Deficiente 2	Regular 3	Bom 4	Ótimo 5
8	0,7229	0,4091	0,2846	0,2352	0,2156	0,2079
10	0,7410	0,4272	0,3027	0,2533	0,2337	0,2259
12	0,7561	0,4423	0,3178	0,2684	0,2487	0,2410
14	0,7689	0,4551	0,3306	0,2812	0,2616	0,2538
16	0,7802	0,4664	0,3418	0,2924	0,2728	0,2651
18	0,7901	0,4763	0,3518	0,3024	0,2828	0,2750
20	0,7991	0,4853	0,3608	0,3114	0,2918	0,2840
22	0,8073	0,4935	0,3690	0,3196	0,3000	0,2922
24	0,8147	0,5009	0,3764	0,3270	0,3074	0,2996
26	0,8216	0,5078	0,3833	0,3339	0,3143	0,3065
28	0,8280	0,5142	0,3897	0,3403	0,3207	0,3129
30	0,8340	0,5202	0,3957	0,3463	0,3267	0,3189
35	0,8474	0,5336	0,4091	0,3597	0,3401	0,3323
40	0,8590	0,5452	0,4207	0,3713	0,3517	0,3439
45	0,8693	0,5555	0,4310	0,3816	0,3620	0,3542
50	0,8785	0,5647	0,4402	0,3908	0,3712	0,3634
55	0,8869	0,5731	0,4486	0,3992	0,3796	0,3718
60	0,8945	0,5807	0,4562	0,4068	0,3872	0,3794
65	0,9016	0,5878	0,4632	0,4138	0,3942	0,3865
70	0,9081	0,5943	0,4698	0,4204	0,4008	0,3930
75	0,9142	0,6004	0,4758	0,4264	0,4068	0,3991
80	0,9198	0,6060	0,4815	0,4321	0,4125	0,4048
85	0,9252	0,6114	0,4869	0,4375	0,4179	0,4101
90	0,9302	0,6164	0,4919	0,4425	0,4229	0,4152
95	0,9350	0,6212	0,4967	0,4473	0,4277	0,4199
100	0,9396	0,6258	0,5012	0,4518	0,4322	0,4245

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025

3.5 Comparação entre curvas de depreciação

Conforme já mencionado, no trabalho original de Ross (1884), os valores de depreciação foram calculados considerando vidas úteis de 100 e 200 anos, períodos significativamente superiores àqueles usualmente adotados pelos profissionais da engenharia na atualidade. De acordo com normas técnicas vigentes e publicações contemporâneas, a vida útil das edificações situa-se, em geral, entre 50 e 80 anos, a depender do tipo construtivo, do uso e das condições de manutenção.

Dessa forma, com o objetivo de proporcionar uma análise mais abrangente, este capítulo apresenta a comparação entre o modelo proposto e:

- o modelo original do método de Ross–Heidecke, com vida útil de 100 anos; e
- a versão mais comumente utilizada por avaliadores, que aplica uma vida útil de 50 anos para estimativas de depreciação.

3.5.1 Modelo proposto x versão original do método de Ross–Heidecke

Conforme ilustrado no gráfico a seguir, observa-se que o modelo proposto pelos autores (linhas azuis – estados de conservação “Regular” e “Ótimo”) apresenta curvas de depreciação com comportamento acentuado nos primeiros anos de vida útil, seguido por um processo de estabilização progressiva. Nota-se que o estado de conservação influencia diretamente a taxa inicial de depreciação: edificações em estado “Regular” sofrem perdas de valor mais intensas nos primeiros anos quando comparadas àquelas em estado “Ótimo”.

Mesmo para edificações com idade próxima de 100 anos, o modelo em questão mantém um valor residual superior a 60%, demonstrando que a depreciação não atinge o limite teórico de 100%. Tal característica é condizente com edificações que, apesar da idade avançada, permanecem em uso e com manutenção regular, apresentando condições físicas entre os estados de conservação “Regular” e “Ótimo”.

Em contraposição, o modelo Ross-Heidecke (representado pela curva laranja) adota um comportamento de depreciação linear ou parabolicamente crescente, pressupondo a perda integral do valor do bem ao final de sua vida útil estimada em 100 anos. Esse modelo representa uma abordagem clássica, frequentemente utilizada em avaliações contábeis ou patrimoniais, caracterizada por um ritmo constante de depreciação, sem considerar variações abruptas nos primeiros anos ou o estado de conservação do imóvel.

Entretanto, essa abordagem pode resultar em subavaliação de imóveis antigos que ainda se encontram em uso e em boas condições, uma vez que assume, de forma teórica, a perda total de valor ao final da vida útil. Por sua vez, o modelo proposto pelos autores revela-se mais compatível com aplicações de natureza mercadológica, na medida em que considera a influência do estado de conservação e a dinâmica real da depreciação, cuja intensidade tende a se reduzir com o passar do tempo.

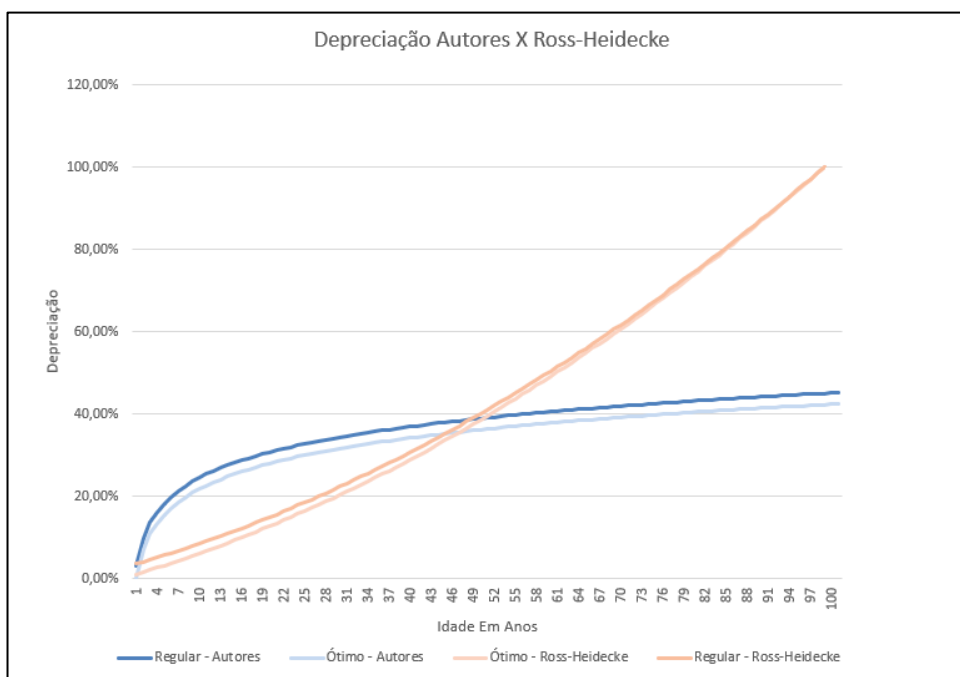


Figura 8: Comparação modelo dos autores x Ross-Heidecke -100 anos
 (Elaborada pelos autores, 2025)

A análise do cruzamento entre as curvas, demonstrada na Figura 8, evidência que, a partir de aproximadamente 40 a 60 anos de idade, o modelo Ross-Heidecke passa a apresentar valores inferiores aos do modelo dos autores, o que, sob a ótica do mercado, pode acarretar subavaliações relevantes de edificações antigas, porém bem conservadas.

3.5.2 Modelo proposto x método de Ross-Heidecke (atual)

No caso do modelo Ross-Heidecke (representado pela curva vermelha), observa-se um comportamento de depreciação predominantemente linear ao longo do tempo, ou parabólico, quando considerada uma vida útil de 50 anos. A depreciação evolui de maneira acelerada, com comportamento quase exponencial, alcançando valores superiores aos previstos no modelo dos autores a partir da faixa etária de 25 a 30 anos. Para uma vida útil estimada em 50 anos, o modelo atinge 100% de depreciação nesse ponto, pressupondo, portanto, o esgotamento técnico do bem e a perda total de seu valor.

Esse modelo apresenta uma abordagem mais agressiva no longo prazo, ao passo que adota uma postura mais conservadora nos primeiros anos, comportamento inverso ao do modelo proposto pelos autores. Neste último, mesmo para edificações com idade próxima a 100 anos, preserva-se um valor residual superior a 60%, indicando que a depreciação não atinge o limite teórico de 100%. Essa característica revela maior aderência à realidade de edificações que, apesar da longevidade, mantêm-se funcionais e com manutenção contínua, situando-se entre os estados de conservação classificados como “Regular” e “Ótimo”.

A análise do cruzamento entre as curvas é demonstrada na Figura 9.

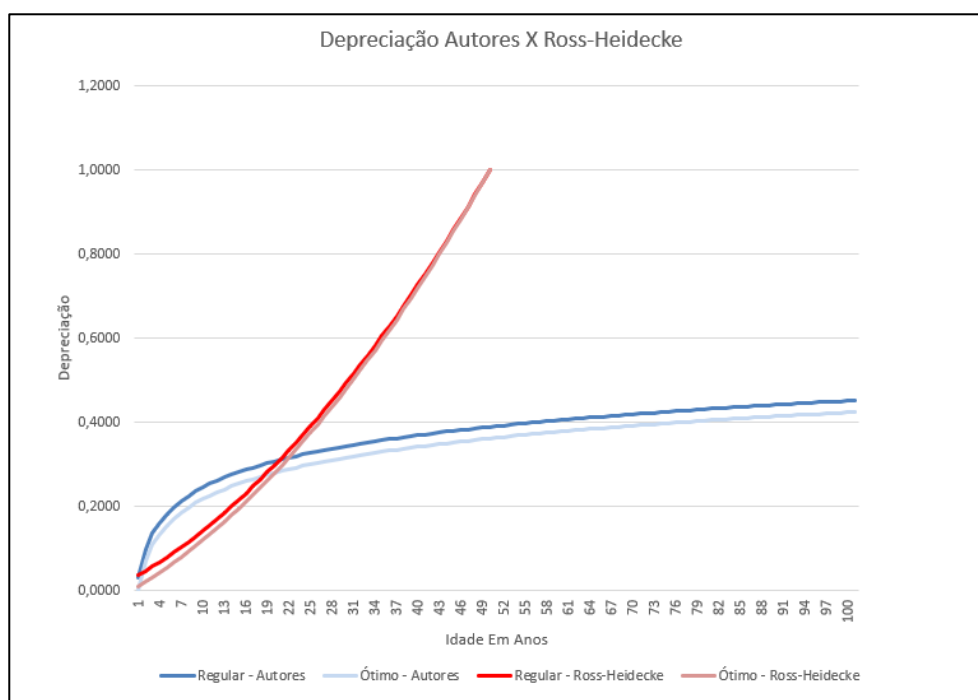


Figura 9: Comparação modelo dos autores x Ross-Heidecke -50 anos (Elaborada pelos autores, 2025)

Para fins de validação dos dados, foram selecionados 10 imóveis, cujos valores das benfeitorias foram estimados por meio das equações derivadas do método comparativo direto de dados de mercado. Esses valores foram então aplicados na Equação 8, que corresponde à reorganização da expressão do método evolutivo, de forma a isolá-la em função do valor das benfeitorias (VB). O valor das benfeitorias obtido foi comparado com os valores das benfeitorias calculados pelo método de Ross-Heidecke e pelo modelo proposto pelos autores

Tabela 9 – Comparação dos valores obtidos nos modelos

Imóvel	Idade.	Valor da Benfeitoria Calculado pela equação 8	Valor da Benfeitoria Calculado Modelo dos Autores	Valor da Benfeitoria Calculado Modelo Ross-Heide
1	13	409.622,59	404.868,78	443.224,20
2	24	222.377,12	200.798,53	182.235,33
3	37	679.408,44	703.903,97	362.621,37
4	44	2.495.453,52	2.342.097,97	616.447,37
5	52	181.463,49	176.171,15	0,00
6	56	335.316,36	239.606,31	0,00
7	60	1.521.140,57	1.486.107,63	0,00
8	74	404.473,98	331.227,97	0,00
9	76	431.853,31	377.593,90	0,00
10	77	440.182,17	408.840,63	0,00

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025

O gráfico a seguir ilustra o erro percentual absoluto em relação ao valor da benfeitoria obtido pela equação 8 para o modelo dos autores e o modelo de Ross-Heidecke.

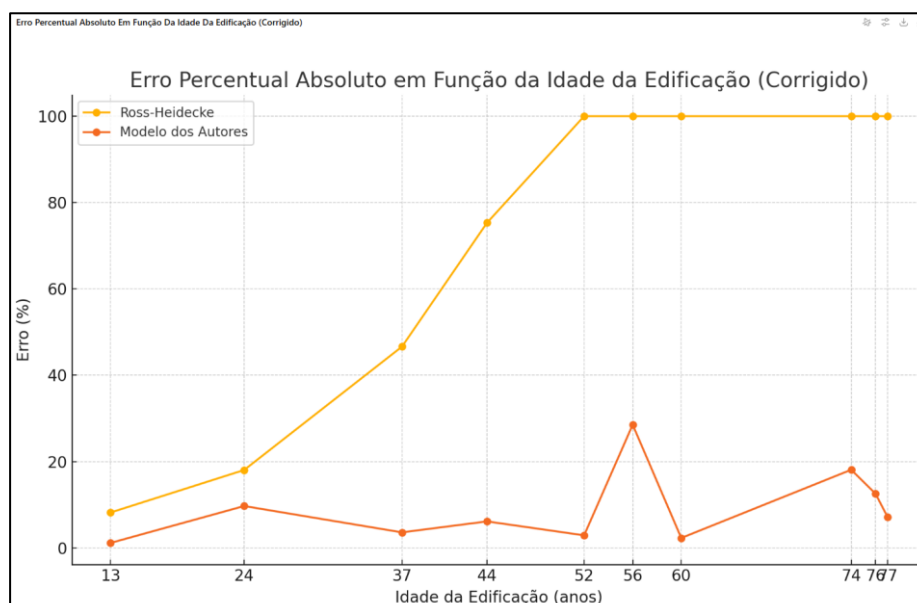


Figura 9: Comparação modelo dos autores x Ross-Heidecke -50 anos (Elaborada pelos autores, 2025)

Observa-se que o Modelo dos Autores apresenta erros percentuais absolutos baixos e relativamente estáveis ao longo das diferentes faixas etárias analisadas, inclusive para edificações mais antigas. Por outro lado, o Modelo Ross-Heidecke evidencia um crescimento progressivo do erro à medida que aumenta a idade do imóvel, atingindo 100% a partir dos 50 anos de idade. Tal comportamento indica que o Modelo dos Autores demonstra maior aderência à realidade observada no mercado, especialmente no caso de edificações antigas que ainda se encontram em uso e em condições adequadas de conservação.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo propôs uma metodologia alternativa para o cálculo da depreciação física de edificações urbanas, fundamentada em modelagem estatística inferencial aplicada a dados reais de mercado. O modelo desenvolvido incorpora variáveis críticas como idade, estado de conservação, padrão construtivo e localização, configurando-se como uma ferramenta mais precisa e aderente à realidade mercadológica contemporânea.

Um dos pilares da pesquisa foi a revisão bibliográfica das obras originais de Ross (1884) e Heidecke (1935), que historicamente fundamentam o modelo Ross-Heidecke, amplamente utilizado na engenharia de avaliações. Observou-se, contudo, que os valores de depreciação originalmente propostos por esses autores consideravam vidas úteis de 100 a 200 anos, parâmetros significativamente superiores aos atualmente praticados, os quais, conforme as normas técnicas vigentes, situam-se entre 50 e 80 anos.

A comparação entre as curvas geradas pelo novo modelo e aquelas oriundas do método Ross-Heidecke, tanto em sua formulação original quanto na versão com vida útil reduzida, revelou diferenças substanciais no comportamento da depreciação ao longo do tempo. O modelo proposto demonstrou representar de forma mais realista a perda de valor dos imóveis, apresentando uma depreciação não linear, com declínio mais acentuado nos primeiros anos e posterior estabilização, mantendo valor residual significativo mesmo em edificações antigas e bem conservadas.

No que se refere à acurácia frente aos dados de mercado, verificou-se que o modelo proposto apresentou erros percentuais absolutos baixos e relativamente estáveis nas diferentes faixas etárias analisadas. Em contraste, o modelo Ross-Heidecke apresentou crescimento progressivo do erro conforme o aumento da idade da edificação, alcançando 100% a partir dos 50 anos, o que compromete sua aplicabilidade em contextos contemporâneos.

Dessa forma, conclui-se que o modelo de depreciação física desenvolvido neste trabalho representa um avanço relevante para a engenharia de avaliações. Ele assegura maior consistência técnica, sensibilidade às variáveis físicas e mercadológicas do imóvel, e aderência ao comportamento efetivo dos bens no mercado. Com isso, contribui para avaliações mais justas, transparentes e alinhadas às exigências normativas e periciais atualmente vigentes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1: Avaliação de bens - Parte 1: Procedimentos gerais**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2: [Avaliação de bens - Parte 2, Imóveis Urbanos]**. Rio de Janeiro, 2011].

DANTAS, R. A. **Engenharia de avaliações**: uma introdução à metodologia científica. 3. ed. São Paulo: Pini, 2012.

HEIDECKE, Erich. **Die Schätzung von industriellen Grundstücken und Fabrikanlagen sowie von Grundstücken und Gebäuden zu Geschäfts- und Wohnzwecken**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 1935.

GRAEF, Aline Boff; ZANCAN, Evelise Chemale. **METODOLOGIA DE CÁLCULO DA DEPRECIAÇÃO DE RESIDÊNCIAS PARA O MÉTODO EVOLUTIVO: ESTUDO DE CASO EM CRICIUMA, SC**. 2018. 16 f. Curso de Engenharia Civil, – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE-SP). **Valores de Edificações de Imóveis Urbanos**. 2017.

NETHER, O. S. **Um método para a determinação da depreciação de edificações**. 2010.

SILVEIRA, Felipe Lopes. **Proposta para Método de Cálculo da depreciação de benfeitorias baseado na atualização, padronização, ampliação e rigor do método de Ross-Heidecke**. 2021. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidad Politécnica de Valencia, Vitória, 2021.

ZINI, Marcos Rafael. **CÁLCULO DA DEPRECIAÇÃO DE APARTAMENTOS USANDO REGRESSÃO LINEAR E MÉTODO DE ROSS-HEIDECKE: UM ESTUDO COMPARATIVO**. 2015. 38 f. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.