

AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS: Uma Nova Perspectiva para Indenizações Justas e Estatisticamente Fundamentadas

Trabalho de Avaliação

HELOISY MARANGONI
LUIZ GUSTAVO VOLCE
DANIEL DOFF SOTTA

João Pessoa - PB
2025

REALIZAÇÃO:



IBAPE
INSTITUTO BRASILEIRO
DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA



IBAPE-PB
INSTITUTO BRASILEIRO
DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA

PATROCÍNIO:

CONFEA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA-PB
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Paraíba



mútua
Cela de Assistência dos Profissionais do Crea

AVALIAÇÃO DE SERVIDÕES: Uma Nova Perspectiva para Indenizações Justas e Estatisticamente Fundamentadas

RESUMO

O aumento da demanda por energia elétrica no Brasil tem impulsionado a construção de novas linhas de transmissão, impactando propriedades rurais. Este artigo propõe uma nova abordagem para avaliação e indenização de servidões administrativas, com base em métodos multicritério, como o Processo de Análise Hierárquica (AHP) e a utilização de inferência estatística. Essa metodologia considera fatores como a presença de servidões pré-existentes e suas interferências no imóvel, buscando uma equidade maior no cálculo das indenizações. Casos práticos são analisados para demonstrar a aplicabilidade e os benefícios do método proposto.

Palavras-chave: *coeficiente de servidão, multicritério, regressão linear.*

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. DESENVOLVIMENTO.....	4
2.1. Utilização do Coeficiente de Servidão	4
2.2. Método multicritério - Analytic Hierarchy Process – AHP e inferência estatística para determinação de coeficientes de servidão	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4.1. Coeficiente de Servidão indexado obtido pelo Método Multicritério	8
4.2. Equação de Regressão	15
5. CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23

REALIZAÇÃO:



IBAPE
 INSTITUTO BRASILEIRO
 DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA



IBAPE-PB
 INSTITUTO BRASILEIRO
 DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA

PATROCÍNIO:

CONFEA
 Conselho Federal de Engenharia
 e Agronomia



CREA-PB
 Conselho Regional de Engenharia
 e Agronomia da Paraíba



mútua
 Cetpa de Assistência dos Profissionais do Crea

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, o Brasil registrou um aumento expressivo na construção de linhas de transmissão (LT's), como resposta à crescente demanda por energia elétrica. Este cenário, impulsionado pelo desenvolvimento econômico e populacional, apresenta desafios para a gestão de propriedades afetadas pelas servidões.

O Coeficiente de Servidão é um indicador utilizado para determinar a intensidade do uso de um imóvel em relação à sua área total. Ele é essencial em avaliações imobiliárias e na definição de direitos de uso e ocupação. Esse coeficiente ajuda a garantir a utilização adequada do espaço seja ele urbano ou rural.

A legislação atual define parâmetros para indenização de proprietários, mas muitas vezes não considera os impactos cumulativos de múltiplas servidões ou as especificidades de cada imóvel. Como consequência, os cálculos podem subestimar os danos ao proprietário ou onerar excessivamente o empreendedor.

Os impactos dessas infraestruturas são significativos. Propriedades rurais sofrem redução na área produtiva, desvalorização e dificuldades de uso em longo prazo. Métodos tradicionais de cálculo de indenizações, como o coeficiente de servidão (CS) como os criados por Eletrosul, Walter Zer dos Anjos e Philippe Westin C. Vasconcelos, não levam em conta fatores como a sobreposição de servidões, criando um ambiente de insatisfação e litígios.

Embora tabelas com Coeficientes de Servidão (CS) multicritério representem um avanço importante na tentativa de tornar as indenizações mais justas e fundamentadas, ainda há a necessidade de validações técnicas que assegurem sua coerência e aplicabilidade prática.

Neste contexto, este trabalho propõe o uso de critérios mais abrangentes e detalhados, considerando múltiplas variáveis e empregando o método multicritério AHP com ferramentas estatísticas, como a regressão linear, para comparar os valores tabelados com resultados calculados matematicamente. A proposta visa verificar a consistência dos coeficientes sugeridos, bem como testar sua estabilidade em diferentes cenários, incluindo os limites extremos das variáveis que compõem o modelo.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Utilização do Coeficiente de Servidão

A construção de linhas de transmissão em larga escala no Brasil é um reflexo do esforço para expandir a matriz energética. Exemplo disso é a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, com capacidade instalada de 11.233 MW, conectada a 15 linhas de transmissão de alta tensão (230 a 800 kV) (Tractebel Engie, 2018).

De acordo com Ribeiro (2017) o sistema responsável por fazer a transmissão da energia elétrica até as unidades consumidoras é composto principalmente por linhas de transmissão aéreas e subterrâneas. Entre a usina (hidrelétrica, solar ou eólica) e as unidades consumidoras normalmente há subestações de energia elétrica, interligadas por linhas de transmissão. Essas linhas podem operar com diversas tensões nominais, em torres autoportantes ou estaiadas. Através de um sistema de distribuição primário a energia elétrica é entregue ao consumidor final.

Ribeiro (2017) ainda cita que de acordo com alguns economistas, o grau de

desenvolvimento de um país, pode ser baseado no consumo per capita de energia elétrica e no aumento deste consumo. Logo, há uma ligação direta com a produção industrial e o poder aquisitivo da população, ou seja, ao aumentar o gasto com energia elétrica tem-se uma relação com o crescimento do poder de compra do consumidor.

Com isso, se faz necessário ampliar constantemente a rede de linhas de transmissão de energia elétrica, fazendo com que alguns imóveis, principalmente os limítrofes às usinas e subestações de energia, sejam interferidos por mais de uma linha de transmissão.

Santos (2021) infere que quando o Poder público intervém na propriedade privada para construir infraestruturas de utilidade pública, como linhas de transmissão de energia elétrica, a Constituição exige que o proprietário receba uma indenização justa e prévia. Para isso, é comum a utilização da servidão administrativa de passagem, que permite ao poder público ou à concessionária usar parte do imóvel sem que o proprietário perca a posse total.

Apesar de manter a titularidade, o proprietário tem o uso da área limitada e continua responsável por ela. A indenização inicial geralmente cobre o valor proporcional da terra afetada e benfeitorias (área serviente *versus* coeficiente de servidão). Contudo, a oferta não considera todos os prejuízos, como lucros cessantes, danos ambientais, depreciação da área restante, riscos e incômodos, e a presença de uma outra linha de transmissão já existente no imóvel.

Fiorentin et. al (2022) observa que dada a complexidade do tema e opiniões controversas, diversos autores produziram estudos com o intuito de mensurar a melhor metodologia indenizatória em processos de servidão de passagem, tais como Costa (1978), Pellegrino (1985), Cases & Silva (1995), Anjos (1999), Lopes (2001), Lopes (2006), Arantes (2003), Arantes (2006a.), Arantes (2006b.), Marcondes (2008), Crispim (2009), Alves (2011), SABESP (2012), Lima (2013), Medeiros (2014), Anchía Rodriguez & Montero (2017), Schlichta et al. (2017) e Ferreira (2017).

Também há autores que apresentam percentuais aplicados ao valor da terra nua em função da finalidade da faixa serviente e locação do objeto (aparente ou não), independente das restrições impostas pelo mesmo.

Com isto, Fiorentin et. al (2022) apresentou o método multicritério baseado no Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido para auxiliar na determinação dos coeficientes de servidão. A eficácia do método foi comprovada na determinação do coeficiente de servidão para diversas condições impostas, fornecendo uma base sólida para as decisões dos avaliadores.

Lima et. al (2023) apresentou a aplicação prática de índices definidos por matriz de decisão para obtenção de coeficientes de servidão para um projeto hipotético de implantação de rede de distribuição elétrica, utilizando os critérios Interferência, Limitação e Posicionamento. Procedendo à correlação das informações geográficas e das restrições impostas por cada grupo de atributos, multiplicando-as pelo valor da terra nua) e pelos coeficientes de servidão correspondentes, a fim de se obter o valor a ser indenizado para a servidão, obtendo assim a estimativa de custos fundiários.

2.2. Método multicritério - Analytic Hierarchy Process – AHP e inferência estatística para determinação de coeficientes de servidão

Arantes (2003) O modelo apresentado oferece uma abordagem mais realista

para a avaliação de indenizações por servidão de passagem. Contudo a metodologia exposta torna dificultosa e inviável a avaliação de imóveis em massa.

De acordo com Lima (2021) inúmeros profissionais publicaram trabalhos sugerindo critérios para calcular esta indenização. A prática demonstra que, a grande maioria dos profissionais prefere aplicar uma alíquota ou coeficiente ou taxa de servidão sobre o valor da terra, entretanto, dos estudos publicados, nenhum utilizou como variável a pré-existência de linhas de transmissão nos imóveis avaliados.

Alves (2011) propôs uma metodologia robusta e precisa para avaliar o percentual de servidão em imóveis afetados por linhas de transmissão de energia elétrica, alinhada às normas técnicas brasileiras com a aplicação de inferência estatística, considerando diversas variáveis como topografia, localização, tipo de propriedade, e número de torres para calcular o percentual de servidão através de uma equação específica. Contudo, apesar desta abordagem científica garantir que todos os fatores relevantes sejam considerados, resultando em avaliações justas e fundamentadas e validar o modelo para uma avaliação precisa do impacto da servidão em imóveis, os índices utilizados para a criação das variáveis não possuíam embasamento técnico-científico.

Fiorentin et. al (2022) utilizou o Método multicritério - Analytic Hierarchy Process – AHP para calcular o coeficiente de servidão de passagem com os fatores depreciativos considerados: interferência, posicionamento e limitação. Este método busca minimizar a tendenciosidade e aumentar a precisão na valoração do bem, permitindo a comparação de alternativas e a determinação de prioridades, utilizando dados quantitativos e qualitativos, permitindo decisões mais informadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para aprofundar a análise do Coeficiente de Servidão (CS) proposto por Fiorentin et al. (2022), realizou-se a aplicação do AHP juntamente com uma modelagem estatística por meio de regressão linear, com o objetivo de validar a coerência dos valores apresentados nas tabelas multicritério.

Foram desenvolvidas simulações com aplicações práticas, comparando os valores teóricos calculados via regressão com os coeficientes tabelados, considerando diferentes combinações dos critérios “presença” de outra servidão no imóvel, “posicionamento”, “Limitação”, “torre autoportante” e “torre estaiada”, diagramados em anexo.

Além disso, o modelo foi testado em limites extremos das variáveis, simulando as situações de máxima e mínima interferência, limitação e posicionamento, a fim de avaliar a robustez da proposta frente a cenários críticos.

Os resultados obtidos demonstraram consistência entre o modelo matemático e a abordagem multicritério, sugerindo que a utilização da regressão linear pode ser uma ferramenta complementar útil para a validação e eventual parametrização do CS em estudos periciais e avaliações imobiliárias.

Para isto, a determinação do coeficiente de servidão foi diagramada nos seguintes níveis e critérios:

Nível 1: Objetivo Principal. Ele representa o cálculo ou a avaliação final do Coeficiente de Servidão. Para determinar esse Coeficiente, diversos fatores são

considerados, que se desdobram no Nível 2: Critérios. Sendo eles:

Interferência: este critério avalia a existência e a quantidade de torres de transmissão já existentes no imóvel. Subcritérios (Nível 3) associados: Nula (indica que não existe outra servidão administrativa no imóvel); Singular (indica uma servidão administrativa já existente no imóvel); Múltipla (mais de uma servidão administrativa no imóvel).

Posicionamento: este critério refere-se à localização ou orientação das servidões administrativas em relação ao imóvel avaliando. Subcritérios (Nível 3) associados: Distante (não existe outra servidão administrativa ou esta não influencia no traçado da nova servidão); Paralela (a servidão administrativa existente se alinha paralelamente com a nova servidão); Transversal (A servidão administrativa existente cruza com a nova servidão).

Limitação: este critério avalia o grau de restrição ao uso da área total do imóvel, considerando o quanto da propriedade permanece efetivamente disponível para uso após a aplicação das restrições legais e institucionais. A análise é baseada na proporção da área total comprometida por Reserva Legal (RL), Área de Preservação Permanente (APP) e Servidões. Subcritérios (Nível 3) associados: Elevado (a soma das RL + APP + Servidões atingem mais de 75,1% do imóvel avaliando); Médio (a soma das RL + APP + Servidões atingem de 25,1% a 75% do imóvel avaliando); Ínfimo (a soma das RL + APP + Servidões atingem até 25% do imóvel).

Torre Autoportante: este critério foca na presença e quantidade de torres que se sustentam por si mesmas. Subcritérios (Nível 3) associados: Nula (indica que não existe outra torre autoportante no imóvel); Singular (indica uma torre autoportante já existente no imóvel); Múltipla (mais de uma torre autoportante no imóvel).

Torre Estaiada: este critério aborda a presença e quantidade de torres que necessitam de estais (cabos de sustentação). Subcritérios (Nível 3) associados: Nula (indica que não existe outra torre estaiada no imóvel); Singular (indica uma torre estaiada já existente no imóvel); Múltipla (mais de uma torre estaiada no imóvel).

Em metodologias de análise hierárquica (como o AHP - Processo Analítico Hierárquico), cada um dos Critérios do Nível 2 (Interferência, Posicionamento, Limitação, Torre Autoportante, Torre Estaiada) interage e influencia a avaliação de cada um dos Subcritérios do Nível 3.

Isso significa que, no cálculo do Coeficiente de Servidão, a avaliação de "Interferência" pode ser ponderada em conjunto com aspectos de "Nula", "Singular" e "Múltipla", mas a decisão final do coeficiente também consideraria como cada um desses estados de "Interferência" (e os demais critérios do Nível 2) se relaciona e é influenciado pelos outros subcritérios, como "Distante", "Paralela", "Transversal", "Ínfimo", "Médio", "Elevado", etc.

Em essência, a complexidade vem do fato de que a determinação do "Coeficiente de Servidão" no Nível 1 é um resultado de uma avaliação multifatorial onde cada critério do Nível 2 é analisado em relação a todos os seus subcritérios correspondentes no Nível 3, e, em modelos mais complexos, até mesmo pode haver uma interdependência entre os subcritérios de diferentes categorias.

Para adoção no julgamento dos critérios, subcritérios e alternativas foi utilizado a escala fundamental de números absolutos desenvolvida por Saaty (1991) adaptada

por Fiorentin et. al. (2023). Desta forma, os pesos e critérios utilizados foram: [Interferência = 1; Nula = 1; Singular = 5; Múltipla 9]; [Posicionamento = 5; Distante = 3; Paralela = 5; Transversal = 9]; [Limitação = 9; Elevado = 9; Médio = 7; Ínfimo = 1]; [Torre Autoportante = 1; Nula = 1; Singular = 5; Múltipla = 9]; [Torre Estaiada = 1; Nula = 1; Singular = 3; Múltipla = 7].

Na análise, primeiramente calcula-se a matriz de comparação par a par normalizada, dividindo cada elemento da matriz original pela soma dos pesos da avaliação. Em seguida, obtém-se o autovetor máximo dividindo a soma das linhas da nova matriz normalizada pelo valor numérico de sua ordem. O próximo passo é determinar o autovalor máximo multiplicando a matriz original pelo autovetor máximo e calculando o λ Max.

Após esse cálculo, é crucial verificar o Índice de Consistência (CI), que deve ser inferior a 0,20 para garantir a consistência das comparações. Por fim, calcula-se a Razão de Consistência (CR), que incorpora o Índice de Consistência Aleatória (RI), relacionado à ordem da matriz.

Com isto, os coeficientes de servidão indexados foram determinados a partir da definição do grau de importância relativo a cada fator de depreciação, através de comparações paritárias da intensidade de importância atribuída pela escala fundamental de números absolutos.

Posteriormente, como forma de validação técnica para assegurar sua coerência e aplicabilidade prática, visando uma maior praticidade na usabilidade das avaliações em massa, aplicou-se a regressão linear, para comparar os valores tabelados com resultados calculados matematicamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Coeficiente de Servidão indexado obtido pelo Método Multicritério

Depois de calcular os coeficientes de servidão indexados e comparar os fatores depreciativos usando a Análise Par a Par (Matriz de Importância), o próximo passo foi normalizar a matriz de decisão. Isso permitiu determinar o peso relativo de cada fator de depreciação.

Em seguida, os dados normalizados foram submetidos a uma análise de consistência. O objetivo era corrigir quaisquer imprecisões nos graus de intensidade atribuídos na matriz de decisão. As subclasses de cada fator depreciativo também tiveram seus graus de importância analisados. A normalização da matriz de decisão resultou nos graus de importância para cada nível de interferência.

O Coeficiente de Servidão Indexado foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$CS \text{ index} = (Fi * ID_i) + (Fpo * ID_{po}) + (Fa * ID_l) + (Fta * ID_{ta}) + (Fte * ID_{te})$$

Onde:

CS – Coeficiente de Servidão

Fi – Fator Depreciativo Interferência

Fpo – Fator Depreciativo Posicionamento

Fl – Fator Depreciativo Limitação

Fta – Fator Depreciativo Torre Autoportante

Fte – Fator Depreciativo Torre Estaiada

IDi – Índice Depreciativo Interferência

IDpo – Índice Depreciativo Posicionamento
 IDI – Índice Depreciativo Limitação
 IDta – Índice Depreciativo Torre Autoportante
 IDte – Índice Depreciativo Torre Estaiada

Deste modo, o Coeficiente de Servidão indexado está demonstrado a seguir:

Tabela 1 Coeficiente de Servidão Indexado

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	CS_index
Múltipla	Elevado	Transversal	Múltipla	Múltipla	100,00%
Múltipla	Elevado	Transversal	Múltipla	Singular	93,14%
Múltipla	Elevado	Transversal	Múltipla	Nula	89,71%
Múltipla	Elevado	Transversal	Singular	Múltipla	91,11%
Múltipla	Elevado	Transversal	Singular	Singular	84,26%
Múltipla	Elevado	Transversal	Singular	Nula	80,83%
Múltipla	Elevado	Transversal	Nula	Múltipla	82,22%
Múltipla	Elevado	Transversal	Nula	Singular	75,37%
Múltipla	Elevado	Transversal	Nula	Nula	71,94%
Múltipla	Elevado	Paralela	Múltipla	Múltipla	87,56%
Múltipla	Elevado	Paralela	Múltipla	Singular	80,70%
Múltipla	Elevado	Paralela	Múltipla	Nula	77,27%
Múltipla	Elevado	Paralela	Singular	Múltipla	78,67%
Múltipla	Elevado	Paralela	Singular	Singular	71,81%
Múltipla	Elevado	Paralela	Singular	Nula	68,38%
Múltipla	Elevado	Paralela	Nula	Múltipla	69,78%
Múltipla	Elevado	Paralela	Nula	Singular	62,92%
Múltipla	Elevado	Paralela	Nula	Nula	59,49%
Múltipla	Elevado	Distante	Múltipla	Múltipla	81,33%
Múltipla	Elevado	Distante	Múltipla	Singular	74,48%
Múltipla	Elevado	Distante	Múltipla	Nula	71,05%
Múltipla	Elevado	Distante	Singular	Múltipla	72,44%
Múltipla	Elevado	Distante	Singular	Singular	65,59%
Múltipla	Elevado	Distante	Singular	Nula	62,16%
Múltipla	Elevado	Distante	Nula	Múltipla	63,55%
Múltipla	Elevado	Distante	Nula	Singular	56,70%
Múltipla	Elevado	Distante	Nula	Nula	53,27%
Múltipla	Médio	Transversal	Múltipla	Múltipla	92,00%
Múltipla	Médio	Transversal	Múltipla	Singular	85,14%
Múltipla	Médio	Transversal	Múltipla	Nula	81,72%
Múltipla	Médio	Transversal	Singular	Múltipla	83,11%
Múltipla	Médio	Transversal	Singular	Singular	76,26%
Múltipla	Médio	Transversal	Singular	Nula	72,83%
Múltipla	Médio	Transversal	Nula	Múltipla	74,22%
Múltipla	Médio	Transversal	Nula	Singular	67,37%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	CS_index
Múltipla	Médio	Transversal	Nula	Nula	63,94%
Múltipla	Médio	Paralela	Múltipla	Múltipla	79,56%
Múltipla	Médio	Paralela	Múltipla	Singular	72,70%
Múltipla	Médio	Paralela	Múltipla	Nula	69,27%
Múltipla	Médio	Paralela	Singular	Múltipla	70,67%
Múltipla	Médio	Paralela	Singular	Singular	63,81%
Múltipla	Médio	Paralela	Singular	Nula	60,38%
Múltipla	Médio	Paralela	Nula	Múltipla	61,78%
Múltipla	Médio	Paralela	Nula	Singular	54,92%
Múltipla	Médio	Paralela	Nula	Nula	51,49%
Múltipla	Médio	Distante	Múltipla	Múltipla	73,33%
Múltipla	Médio	Distante	Múltipla	Singular	66,48%
Múltipla	Médio	Distante	Múltipla	Nula	63,05%
Múltipla	Médio	Distante	Singular	Múltipla	64,45%
Múltipla	Médio	Distante	Singular	Singular	57,59%
Múltipla	Médio	Distante	Singular	Nula	54,16%
Múltipla	Médio	Distante	Nula	Múltipla	55,56%
Múltipla	Médio	Distante	Nula	Singular	48,70%
Múltipla	Médio	Distante	Nula	Nula	45,27%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Múltipla	68,00%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Singular	61,14%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Nula	57,71%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Singular	Múltipla	59,11%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Singular	Singular	52,25%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Singular	Nula	48,83%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Nula	Múltipla	50,22%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Nula	Singular	43,36%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Nula	Nula	39,94%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Múltipla	55,56%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Singular	48,70%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Nula	45,27%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Singular	Múltipla	46,67%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Singular	Singular	39,81%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Singular	Nula	36,38%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Nula	Múltipla	37,78%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Nula	Singular	30,92%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Nula	Nula	27,49%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Múltipla	Múltipla	49,33%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Múltipla	Singular	42,48%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Múltipla	Nula	39,05%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Singular	Múltipla	40,44%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Singular	Singular	33,59%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	CS_index
Múltipla	Ínfimo	Distante	Singular	Nula	30,16%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Nula	Múltipla	31,55%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Nula	Singular	24,70%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Nula	Nula	21,27%
Singular	Elevado	Transversal	Múltipla	Múltipla	98,22%
Singular	Elevado	Transversal	Múltipla	Singular	91,37%
Singular	Elevado	Transversal	Múltipla	Nula	87,94%
Singular	Elevado	Transversal	Singular	Múltipla	89,33%
Singular	Elevado	Transversal	Singular	Singular	82,48%
Singular	Elevado	Transversal	Singular	Nula	79,05%
Singular	Elevado	Transversal	Nula	Múltipla	80,44%
Singular	Elevado	Transversal	Nula	Singular	73,59%
Singular	Elevado	Transversal	Nula	Nula	70,16%
Singular	Elevado	Paralela	Múltipla	Múltipla	85,78%
Singular	Elevado	Paralela	Múltipla	Singular	78,92%
Singular	Elevado	Paralela	Múltipla	Nula	75,49%
Singular	Elevado	Paralela	Singular	Múltipla	76,89%
Singular	Elevado	Paralela	Singular	Singular	70,03%
Singular	Elevado	Paralela	Singular	Nula	66,61%
Singular	Elevado	Paralela	Nula	Múltipla	68,00%
Singular	Elevado	Paralela	Nula	Singular	61,14%
Singular	Elevado	Paralela	Nula	Nula	57,72%
Singular	Elevado	Distante	Múltipla	Múltipla	79,55%
Singular	Elevado	Distante	Múltipla	Singular	72,70%
Singular	Elevado	Distante	Múltipla	Nula	69,27%
Singular	Elevado	Distante	Singular	Múltipla	70,67%
Singular	Elevado	Distante	Singular	Singular	63,81%
Singular	Elevado	Distante	Singular	Nula	60,38%
Singular	Elevado	Distante	Nula	Múltipla	61,78%
Singular	Elevado	Distante	Nula	Singular	54,92%
Singular	Elevado	Distante	Nula	Nula	51,49%
Singular	Médio	Transversal	Múltipla	Múltipla	90,22%
Singular	Médio	Transversal	Múltipla	Singular	83,37%
Singular	Médio	Transversal	Múltipla	Nula	79,94%
Singular	Médio	Transversal	Singular	Múltipla	81,34%
Singular	Médio	Transversal	Singular	Singular	74,48%
Singular	Médio	Transversal	Singular	Nula	71,05%
Singular	Médio	Transversal	Nula	Múltipla	72,45%
Singular	Médio	Transversal	Nula	Singular	65,59%
Singular	Médio	Transversal	Nula	Nula	62,16%
Singular	Médio	Paralela	Múltipla	Múltipla	77,78%
Singular	Médio	Paralela	Múltipla	Singular	70,92%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	CS_index
Singular	Médio	Paralela	Múltipla	Nula	67,49%
Singular	Médio	Paralela	Singular	Múltipla	68,89%
Singular	Médio	Paralela	Singular	Singular	62,04%
Singular	Médio	Paralela	Singular	Nula	58,61%
Singular	Médio	Paralela	Nula	Múltipla	60,00%
Singular	Médio	Paralela	Nula	Singular	53,15%
Singular	Médio	Paralela	Nula	Nula	49,72%
Singular	Médio	Distante	Múltipla	Múltipla	71,56%
Singular	Médio	Distante	Múltipla	Singular	64,70%
Singular	Médio	Distante	Múltipla	Nula	61,27%
Singular	Médio	Distante	Singular	Múltipla	62,67%
Singular	Médio	Distante	Singular	Singular	55,81%
Singular	Médio	Distante	Singular	Nula	52,38%
Singular	Médio	Distante	Nula	Múltipla	53,78%
Singular	Médio	Distante	Nula	Singular	46,92%
Singular	Médio	Distante	Nula	Nula	43,49%
Singular	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Múltipla	66,22%
Singular	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Singular	59,37%
Singular	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Nula	55,94%
Singular	Ínfimo	Transversal	Singular	Múltipla	57,33%
Singular	Ínfimo	Transversal	Singular	Singular	50,48%
Singular	Ínfimo	Transversal	Singular	Nula	47,05%
Singular	Ínfimo	Transversal	Nula	Múltipla	48,44%
Singular	Ínfimo	Transversal	Nula	Singular	41,59%
Singular	Ínfimo	Transversal	Nula	Nula	38,16%
Singular	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Múltipla	53,78%
Singular	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Singular	46,92%
Singular	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Nula	43,49%
Singular	Ínfimo	Paralela	Singular	Múltipla	44,89%
Singular	Ínfimo	Paralela	Singular	Singular	38,03%
Singular	Ínfimo	Paralela	Singular	Nula	34,61%
Singular	Ínfimo	Paralela	Nula	Múltipla	36,00%
Singular	Ínfimo	Paralela	Nula	Singular	29,14%
Singular	Ínfimo	Paralela	Nula	Nula	25,72%
Singular	Ínfimo	Distante	Múltipla	Múltipla	47,55%
Singular	Ínfimo	Distante	Múltipla	Singular	40,70%
Singular	Ínfimo	Distante	Múltipla	Nula	37,27%
Singular	Ínfimo	Distante	Singular	Múltipla	38,67%
Singular	Ínfimo	Distante	Singular	Singular	31,81%
Singular	Ínfimo	Distante	Singular	Nula	28,38%
Singular	Ínfimo	Distante	Nula	Múltipla	29,78%
Singular	Ínfimo	Distante	Nula	Singular	22,92%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	CS_index
Singular	Ínfimo	Distante	Nula	Nula	19,49%
Nula	Elevado	Transversal	Múltipla	Múltipla	96,44%
Nula	Elevado	Transversal	Múltipla	Singular	89,59%
Nula	Elevado	Transversal	Múltipla	Nula	86,16%
Nula	Elevado	Transversal	Singular	Múltipla	87,56%
Nula	Elevado	Transversal	Singular	Singular	80,70%
Nula	Elevado	Transversal	Singular	Nula	77,27%
Nula	Elevado	Transversal	Nula	Múltipla	78,67%
Nula	Elevado	Transversal	Nula	Singular	71,81%
Nula	Elevado	Transversal	Nula	Nula	68,38%
Nula	Elevado	Paralela	Múltipla	Múltipla	84,00%
Nula	Elevado	Paralela	Múltipla	Singular	77,14%
Nula	Elevado	Paralela	Múltipla	Nula	73,72%
Nula	Elevado	Paralela	Singular	Múltipla	75,11%
Nula	Elevado	Paralela	Singular	Singular	68,26%
Nula	Elevado	Paralela	Singular	Nula	64,83%
Nula	Elevado	Paralela	Nula	Múltipla	66,22%
Nula	Elevado	Paralela	Nula	Singular	59,37%
Nula	Elevado	Paralela	Nula	Nula	55,94%
Nula	Elevado	Distante	Múltipla	Múltipla	77,78%
Nula	Elevado	Distante	Múltipla	Singular	70,92%
Nula	Elevado	Distante	Múltipla	Nula	67,49%
Nula	Elevado	Distante	Singular	Múltipla	68,89%
Nula	Elevado	Distante	Singular	Singular	62,03%
Nula	Elevado	Distante	Singular	Nula	58,60%
Nula	Elevado	Distante	Nula	Múltipla	60,00%
Nula	Elevado	Distante	Nula	Singular	53,14%
Nula	Elevado	Distante	Nula	Nula	49,71%
Nula	Médio	Transversal	Múltipla	Múltipla	88,45%
Nula	Médio	Transversal	Múltipla	Singular	81,59%
Nula	Médio	Transversal	Múltipla	Nula	78,16%
Nula	Médio	Transversal	Singular	Múltipla	79,56%
Nula	Médio	Transversal	Singular	Singular	72,70%
Nula	Médio	Transversal	Singular	Nula	69,27%
Nula	Médio	Transversal	Nula	Múltipla	70,67%
Nula	Médio	Transversal	Nula	Singular	63,81%
Nula	Médio	Transversal	Nula	Nula	60,38%
Nula	Médio	Paralela	Múltipla	Múltipla	76,00%
Nula	Médio	Paralela	Múltipla	Singular	69,15%
Nula	Médio	Paralela	Múltipla	Nula	65,72%
Nula	Médio	Paralela	Singular	Múltipla	67,11%
Nula	Médio	Paralela	Singular	Singular	60,26%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	CS_index
Nula	Médio	Paralela	Singular	Nula	56,83%
Nula	Médio	Paralela	Nula	Múltipla	58,22%
Nula	Médio	Paralela	Nula	Singular	51,37%
Nula	Médio	Paralela	Nula	Nula	47,94%
Nula	Médio	Distante	Múltipla	Múltipla	69,78%
Nula	Médio	Distante	Múltipla	Singular	62,92%
Nula	Médio	Distante	Múltipla	Nula	59,49%
Nula	Médio	Distante	Singular	Múltipla	60,89%
Nula	Médio	Distante	Singular	Singular	54,03%
Nula	Médio	Distante	Singular	Nula	50,60%
Nula	Médio	Distante	Nula	Múltipla	52,00%
Nula	Médio	Distante	Nula	Singular	45,14%
Nula	Médio	Distante	Nula	Nula	41,71%
Nula	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Múltipla	64,44%
Nula	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Singular	57,59%
Nula	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Nula	54,16%
Nula	Ínfimo	Transversal	Singular	Múltipla	55,56%
Nula	Ínfimo	Transversal	Singular	Singular	48,70%
Nula	Ínfimo	Transversal	Singular	Nula	45,27%
Nula	Ínfimo	Transversal	Nula	Múltipla	46,67%
Nula	Ínfimo	Transversal	Nula	Singular	39,81%
Nula	Ínfimo	Transversal	Nula	Nula	36,38%
Nula	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Múltipla	52,00%
Nula	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Singular	45,14%
Nula	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Nula	41,72%
Nula	Ínfimo	Paralela	Singular	Múltipla	43,11%
Nula	Ínfimo	Paralela	Singular	Singular	36,26%
Nula	Ínfimo	Paralela	Singular	Nula	32,83%
Nula	Ínfimo	Paralela	Nula	Múltipla	34,22%
Nula	Ínfimo	Paralela	Nula	Singular	27,37%
Nula	Ínfimo	Paralela	Nula	Nula	23,94%
Nula	Ínfimo	Distante	Múltipla	Múltipla	45,78%
Nula	Ínfimo	Distante	Múltipla	Singular	38,92%
Nula	Ínfimo	Distante	Múltipla	Nula	35,49%
Nula	Ínfimo	Distante	Singular	Múltipla	36,89%
Nula	Ínfimo	Distante	Singular	Singular	30,03%
Nula	Ínfimo	Distante	Singular	Nula	26,60%
Nula	Ínfimo	Distante	Nula	Múltipla	28,00%
Nula	Ínfimo	Distante	Nula	Singular	21,14%
Nula	Ínfimo	Distante	Nula	Nula	17,71%

Fonte: Autores

4.2. Equação de Regressão

Para criar a equação de regressão foram utilizados os dados apresentados na Tabela 1. Sendo que no eixo X foram colocadas as variáveis Interferência, Posicionamento, Limitação, Torre Autoportante e Torre Estaiada do tipo Código Alocado e no eixo Y a variável dependente CS (Coeficiente de Servidão) do tipo proxy.

Para criar os códigos alocados foram considerados os seguintes valores: [Interferência: Nula = 1; Singular = 2; Múltipla = 3]; [Posicionamento: Distante = 1; Paralela = 2; Transversal = 3]; [Limitação: Elevado = 3; Médio = 2; Ínfimo = 1]; [Torre Autoportante: Nula = 1; Singular = 2; Múltipla = 3]; [Torre Estaiada: Nula = 1; Singular = 2; Múltipla = 3].

Os resultados obtidos foram: 243 dados utilizados; 6 variáveis; Grau Liberdade 237; Coeficiente de Correlação: 0,99963; Coeficiente de Determinação: 0,99926; Coeficiente Ajustado: 0,99924; Desvio Padrão: 0,00491; F-Snedecor Calculado: 63993,01581; Significância: < 0,01000; Normalidade: 64%, 93%, 97%; *Outliers*: 6. Os gráficos e tabelas gerados pelo *software TS-Sisreg* encontram-se em anexo.

Foram identificados 6 *outliers* na amostra, correspondentes a imóveis com características atípicas em relação à amostra principal. Para isto o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado aos resíduos e o p-valor foi maior que 0,05, em virtude disto optou-se por mantê-los na regressão, considerando que representam condições reais e não comprometem a normalidade dos resíduos, esse entendimento também foi analisado por RAZALI & WAH (2011).

A matriz de correlação entre as variáveis independentes revelou altos coeficientes entre alguns pares, especialmente entre as variáveis interferência, limitação e posicionamento. Tais correlações, no entanto, são esperadas, considerando que essas variáveis descrevem efeitos complementares e simultâneos decorrentes da presença de linhas de transmissão sobre o imóvel avaliado. Com base nas diretrizes da NBR 14653-3/2019 e na literatura especializada (Lima, 2007; Vieites & Souza, 2019), optou-se pela manutenção dessas variáveis no modelo, tendo em vista que representam fenômenos distintos do ponto de vista técnico e contribuem para a explicação do cálculo do coeficiente de servidão. Além disso, a análise estatística demonstrou que a presença dessas correlações não comprometeu a normalidade dos resíduos, tampouco a estabilidade dos coeficientes estimados, conforme verificado por meio de testes apropriados. Portanto, sua permanência se justifica e reforça a coerência conceitual do modelo adotado.

Com isto, a equação de regressão encontrada foi a seguinte:

$$CS = 0,5091358 + 0,017592593 * Interferência + \left(-0,48 * \frac{1}{Limitação} \right) + 0,023393802 * Posicionamento^2 + 0,088888889 * Torre Autoportante + 0,01308768 * Torre Estaiada^2$$

Com base nos resultados obtidos, foram realizadas simulações com o objetivo de validar a modelagem, por meio da comparação entre os valores estimados pela equação de regressão e os apresentados na Tabela 1. Além disso, avaliou-se o Coeficiente de Servidão (CS) calculado pela equação nos limites mínimo e máximo das variáveis explicativas utilizadas. Para facilitar a compreensão da validação do modelo, a Tabela 2 apresenta os valores do CS estimados, resumindo os resultados

da regressão com os respectivos códigos atribuídos às variáveis explicativas.

Tabela 2 Coeficiente de Servidão Calculado pela Equação de Regressão

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	Coeficiente de Servidão
Múltipla	Elevado	Transversal	Múltipla	Múltipla	100%
Múltipla	Elevado	Transversal	Múltipla	Singular	93%
Múltipla	Elevado	Transversal	Múltipla	Nula	89%
Múltipla	Elevado	Transversal	Singular	Múltipla	91%
Múltipla	Elevado	Transversal	Singular	Singular	84%
Múltipla	Elevado	Transversal	Singular	Nula	80%
Múltipla	Elevado	Transversal	Nula	Múltipla	82%
Múltipla	Elevado	Transversal	Nula	Singular	75%
Múltipla	Elevado	Transversal	Nula	Nula	71%
Múltipla	Elevado	Paralela	Múltipla	Múltipla	88%
Múltipla	Elevado	Paralela	Múltipla	Singular	81%
Múltipla	Elevado	Paralela	Múltipla	Nula	78%
Múltipla	Elevado	Paralela	Singular	Múltipla	79%
Múltipla	Elevado	Paralela	Singular	Singular	73%
Múltipla	Elevado	Paralela	Singular	Nula	69%
Múltipla	Elevado	Paralela	Nula	Múltipla	70%
Múltipla	Elevado	Paralela	Nula	Singular	64%
Múltipla	Elevado	Paralela	Nula	Nula	60%
Múltipla	Elevado	Distante	Múltipla	Múltipla	81%
Múltipla	Elevado	Distante	Múltipla	Singular	74%
Múltipla	Elevado	Distante	Múltipla	Nula	71%
Múltipla	Elevado	Distante	Singular	Múltipla	72%
Múltipla	Elevado	Distante	Singular	Singular	66%
Múltipla	Elevado	Distante	Singular	Nula	62%
Múltipla	Elevado	Distante	Nula	Múltipla	63%
Múltipla	Elevado	Distante	Nula	Singular	57%
Múltipla	Elevado	Distante	Nula	Nula	53%
Múltipla	Médio	Transversal	Múltipla	Múltipla	92%
Múltipla	Médio	Transversal	Múltipla	Singular	85%
Múltipla	Médio	Transversal	Múltipla	Nula	81%
Múltipla	Médio	Transversal	Singular	Múltipla	83%
Múltipla	Médio	Transversal	Singular	Singular	76%
Múltipla	Médio	Transversal	Singular	Nula	72%
Múltipla	Médio	Transversal	Nula	Múltipla	74%
Múltipla	Médio	Transversal	Nula	Singular	67%
Múltipla	Médio	Transversal	Nula	Nula	63%
Múltipla	Médio	Paralela	Múltipla	Múltipla	80%
Múltipla	Médio	Paralela	Múltipla	Singular	73%
Múltipla	Médio	Paralela	Múltipla	Nula	70%
Múltipla	Médio	Paralela	Singular	Múltipla	71%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	Coefficiente de Servidão
Múltipla	Médio	Paralela	Singular	Singular	65%
Múltipla	Médio	Paralela	Singular	Nula	61%
Múltipla	Médio	Paralela	Nula	Múltipla	62%
Múltipla	Médio	Paralela	Nula	Singular	56%
Múltipla	Médio	Paralela	Nula	Nula	52%
Múltipla	Médio	Distante	Múltipla	Múltipla	73%
Múltipla	Médio	Distante	Múltipla	Singular	66%
Múltipla	Médio	Distante	Múltipla	Nula	63%
Múltipla	Médio	Distante	Singular	Múltipla	64%
Múltipla	Médio	Distante	Singular	Singular	58%
Múltipla	Médio	Distante	Singular	Nula	54%
Múltipla	Médio	Distante	Nula	Múltipla	55%
Múltipla	Médio	Distante	Nula	Singular	49%
Múltipla	Médio	Distante	Nula	Nula	45%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Múltipla	68%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Singular	61%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Nula	57%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Singular	Múltipla	59%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Singular	Singular	52%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Singular	Nula	48%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Nula	Múltipla	50%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Nula	Singular	43%
Múltipla	Ínfimo	Transversal	Nula	Nula	39%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Múltipla	56%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Singular	49%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Nula	46%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Singular	Múltipla	47%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Singular	Singular	41%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Singular	Nula	37%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Nula	Múltipla	38%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Nula	Singular	32%
Múltipla	Ínfimo	Paralela	Nula	Nula	28%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Múltipla	Múltipla	49%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Múltipla	Singular	42%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Múltipla	Nula	39%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Singular	Múltipla	40%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Singular	Singular	34%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Singular	Nula	30%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Nula	Múltipla	31%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Nula	Singular	25%
Múltipla	Ínfimo	Distante	Nula	Nula	21%
Singular	Elevado	Transversal	Múltipla	Múltipla	98%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	Coefficiente de Servidão
Singular	Elevado	Transversal	Múltipla	Singular	91%
Singular	Elevado	Transversal	Múltipla	Nula	87%
Singular	Elevado	Transversal	Singular	Múltipla	89%
Singular	Elevado	Transversal	Singular	Singular	82%
Singular	Elevado	Transversal	Singular	Nula	79%
Singular	Elevado	Transversal	Nula	Múltipla	80%
Singular	Elevado	Transversal	Nula	Singular	74%
Singular	Elevado	Transversal	Nula	Nula	70%
Singular	Elevado	Paralela	Múltipla	Múltipla	86%
Singular	Elevado	Paralela	Múltipla	Singular	80%
Singular	Elevado	Paralela	Múltipla	Nula	76%
Singular	Elevado	Paralela	Singular	Múltipla	77%
Singular	Elevado	Paralela	Singular	Singular	71%
Singular	Elevado	Paralela	Singular	Nula	67%
Singular	Elevado	Paralela	Nula	Múltipla	68%
Singular	Elevado	Paralela	Nula	Singular	62%
Singular	Elevado	Paralela	Nula	Nula	58%
Singular	Elevado	Distante	Múltipla	Múltipla	79%
Singular	Elevado	Distante	Múltipla	Singular	73%
Singular	Elevado	Distante	Múltipla	Nula	69%
Singular	Elevado	Distante	Singular	Múltipla	70%
Singular	Elevado	Distante	Singular	Singular	64%
Singular	Elevado	Distante	Singular	Nula	60%
Singular	Elevado	Distante	Nula	Múltipla	61%
Singular	Elevado	Distante	Nula	Singular	55%
Singular	Elevado	Distante	Nula	Nula	51%
Singular	Médio	Transversal	Múltipla	Múltipla	90%
Singular	Médio	Transversal	Múltipla	Singular	83%
Singular	Médio	Transversal	Múltipla	Nula	79%
Singular	Médio	Transversal	Singular	Múltipla	81%
Singular	Médio	Transversal	Singular	Singular	74%
Singular	Médio	Transversal	Singular	Nula	71%
Singular	Médio	Transversal	Nula	Múltipla	72%
Singular	Médio	Transversal	Nula	Singular	66%
Singular	Médio	Transversal	Nula	Nula	62%
Singular	Médio	Paralela	Múltipla	Múltipla	78%
Singular	Médio	Paralela	Múltipla	Singular	72%
Singular	Médio	Paralela	Múltipla	Nula	68%
Singular	Médio	Paralela	Singular	Múltipla	69%
Singular	Médio	Paralela	Singular	Singular	63%
Singular	Médio	Paralela	Singular	Nula	59%
Singular	Médio	Paralela	Nula	Múltipla	60%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	Coefficiente de Servidão
Singular	Médio	Paralela	Nula	Singular	54%
Singular	Médio	Paralela	Nula	Nula	50%
Singular	Médio	Distante	Múltipla	Múltipla	71%
Singular	Médio	Distante	Múltipla	Singular	65%
Singular	Médio	Distante	Múltipla	Nula	61%
Singular	Médio	Distante	Singular	Múltipla	62%
Singular	Médio	Distante	Singular	Singular	56%
Singular	Médio	Distante	Singular	Nula	52%
Singular	Médio	Distante	Nula	Múltipla	53%
Singular	Médio	Distante	Nula	Singular	47%
Singular	Médio	Distante	Nula	Nula	43%
Singular	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Múltipla	66%
Singular	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Singular	59%
Singular	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Nula	55%
Singular	Ínfimo	Transversal	Singular	Múltipla	57%
Singular	Ínfimo	Transversal	Singular	Singular	50%
Singular	Ínfimo	Transversal	Singular	Nula	47%
Singular	Ínfimo	Transversal	Nula	Múltipla	48%
Singular	Ínfimo	Transversal	Nula	Singular	42%
Singular	Ínfimo	Transversal	Nula	Nula	38%
Singular	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Múltipla	54%
Singular	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Singular	48%
Singular	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Nula	44%
Singular	Ínfimo	Paralela	Singular	Múltipla	45%
Singular	Ínfimo	Paralela	Singular	Singular	39%
Singular	Ínfimo	Paralela	Singular	Nula	35%
Singular	Ínfimo	Paralela	Nula	Múltipla	36%
Singular	Ínfimo	Paralela	Nula	Singular	30%
Singular	Ínfimo	Paralela	Nula	Nula	26%
Singular	Ínfimo	Distante	Múltipla	Múltipla	47%
Singular	Ínfimo	Distante	Múltipla	Singular	41%
Singular	Ínfimo	Distante	Múltipla	Nula	37%
Singular	Ínfimo	Distante	Singular	Múltipla	38%
Singular	Ínfimo	Distante	Singular	Singular	32%
Singular	Ínfimo	Distante	Singular	Nula	28%
Singular	Ínfimo	Distante	Nula	Múltipla	29%
Singular	Ínfimo	Distante	Nula	Singular	23%
Singular	Ínfimo	Distante	Nula	Nula	19%
Nula	Elevado	Transversal	Múltipla	Múltipla	96%
Nula	Elevado	Transversal	Múltipla	Singular	90%
Nula	Elevado	Transversal	Múltipla	Nula	86%
Nula	Elevado	Transversal	Singular	Múltipla	87%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	Coefficiente de Servidão
Nula	Elevado	Transversal	Singular	Singular	81%
Nula	Elevado	Transversal	Singular	Nula	77%
Nula	Elevado	Transversal	Nula	Múltipla	78%
Nula	Elevado	Transversal	Nula	Singular	72%
Nula	Elevado	Transversal	Nula	Nula	68%
Nula	Elevado	Paralela	Múltipla	Múltipla	84%
Nula	Elevado	Paralela	Múltipla	Singular	78%
Nula	Elevado	Paralela	Múltipla	Nula	74%
Nula	Elevado	Paralela	Singular	Múltipla	76%
Nula	Elevado	Paralela	Singular	Singular	69%
Nula	Elevado	Paralela	Singular	Nula	65%
Nula	Elevado	Paralela	Nula	Múltipla	67%
Nula	Elevado	Paralela	Nula	Singular	60%
Nula	Elevado	Paralela	Nula	Nula	56%
Nula	Elevado	Distante	Múltipla	Múltipla	77%
Nula	Elevado	Distante	Múltipla	Singular	71%
Nula	Elevado	Distante	Múltipla	Nula	67%
Nula	Elevado	Distante	Singular	Múltipla	69%
Nula	Elevado	Distante	Singular	Singular	62%
Nula	Elevado	Distante	Singular	Nula	58%
Nula	Elevado	Distante	Nula	Múltipla	60%
Nula	Elevado	Distante	Nula	Singular	53%
Nula	Elevado	Distante	Nula	Nula	49%
Nula	Médio	Transversal	Múltipla	Múltipla	88%
Nula	Médio	Transversal	Múltipla	Singular	82%
Nula	Médio	Transversal	Múltipla	Nula	78%
Nula	Médio	Transversal	Singular	Múltipla	79%
Nula	Médio	Transversal	Singular	Singular	73%
Nula	Médio	Transversal	Singular	Nula	69%
Nula	Médio	Transversal	Nula	Múltipla	70%
Nula	Médio	Transversal	Nula	Singular	64%
Nula	Médio	Transversal	Nula	Nula	60%
Nula	Médio	Paralela	Múltipla	Múltipla	76%
Nula	Médio	Paralela	Múltipla	Singular	70%
Nula	Médio	Paralela	Múltipla	Nula	66%
Nula	Médio	Paralela	Singular	Múltipla	68%
Nula	Médio	Paralela	Singular	Singular	61%
Nula	Médio	Paralela	Singular	Nula	57%
Nula	Médio	Paralela	Nula	Múltipla	59%
Nula	Médio	Paralela	Nula	Singular	52%
Nula	Médio	Paralela	Nula	Nula	48%
Nula	Médio	Distante	Múltipla	Múltipla	69%

Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Auto	Torre Estaiada	Coefficiente de Servidão
Nula	Médio	Distante	Múltipla	Singular	63%
Nula	Médio	Distante	Múltipla	Nula	59%
Nula	Médio	Distante	Singular	Múltipla	61%
Nula	Médio	Distante	Singular	Singular	54%
Nula	Médio	Distante	Singular	Nula	50%
Nula	Médio	Distante	Nula	Múltipla	52%
Nula	Médio	Distante	Nula	Singular	45%
Nula	Médio	Distante	Nula	Nula	41%
Nula	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Múltipla	64%
Nula	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Singular	58%
Nula	Ínfimo	Transversal	Múltipla	Nula	54%
Nula	Ínfimo	Transversal	Singular	Múltipla	55%
Nula	Ínfimo	Transversal	Singular	Singular	49%
Nula	Ínfimo	Transversal	Singular	Nula	45%
Nula	Ínfimo	Transversal	Nula	Múltipla	46%
Nula	Ínfimo	Transversal	Nula	Singular	40%
Nula	Ínfimo	Transversal	Nula	Nula	36%
Nula	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Múltipla	52%
Nula	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Singular	46%
Nula	Ínfimo	Paralela	Múltipla	Nula	42%
Nula	Ínfimo	Paralela	Singular	Múltipla	44%
Nula	Ínfimo	Paralela	Singular	Singular	37%
Nula	Ínfimo	Paralela	Singular	Nula	33%
Nula	Ínfimo	Paralela	Nula	Múltipla	35%
Nula	Ínfimo	Paralela	Nula	Singular	28%
Nula	Ínfimo	Paralela	Nula	Nula	24%
Nula	Ínfimo	Distante	Múltipla	Múltipla	45%
Nula	Ínfimo	Distante	Múltipla	Singular	39%
Nula	Ínfimo	Distante	Múltipla	Nula	35%
Nula	Ínfimo	Distante	Singular	Múltipla	37%
Nula	Ínfimo	Distante	Singular	Singular	30%
Nula	Ínfimo	Distante	Singular	Nula	26%
Nula	Ínfimo	Distante	Nula	Múltipla	28%
Nula	Ínfimo	Distante	Nula	Singular	21%
Nula	Ínfimo	Distante	Nula	Nula	17%

Fonte: Autores

Adicionalmente, foi realizada a aplicação prática da metodologia para 20 imóveis. Os coeficientes de servidão obtidos por meio do presente estudo (CS-Autores) foram comparados àqueles efetivamente aplicados, os quais haviam sido calculados com base na metodologia adotada por Furnas (CS-Furnas). A análise comparativa entre os coeficientes de servidão calculados por meio da metodologia proposta neste estudo e aqueles aplicados pela metodologia de Furnas revela

divergências relevantes.

Tabela 3 Comparação dos (CS) obtidos pela metodologia proposta neste trabalho (CS-Autores) e pela metodologia de Furnas (CS-Furnas)

Imóvel	Interferência	Percentual	Posicionamento	Torre Autop.	Torre Estaiada	CS Autores	CS Furnas
1	1	1	1	1	1	17,21%	26%
2	2	1	2	1	1	25,99%	37%
3	1	1	1	2	1	26,10%	32%
4	1	1	1	2	1	26,10%	33%
5	2	1	2	1	3	36,46%	36%
6	2	1	2	2	2	38,80%	45%
7	2	2	1	1	1	42,97%	36%
8	1	2	1	1	2	45,14%	50%
9	2	2	2	1	2	53,91%	50%
10	1	2	1	2	2	54,03%	59%
11	2	1	2	3	3	54,24%	52%
12	1	3	1	2	1	58,10%	48%
13	2	2	1	3	1	60,75%	53%
14	2	2	1	2	3	62,33%	41%
15	2	2	2	2	2	62,80%	59%
16	2	2	1	3	2	64,67%	50%
17	2	1	3	3	3	65,93%	36%
18	2	3	2	2	2	70,80%	76%
19	2	3	2	2	2	70,80%	68%
20	2	2	3	3	3	89,93%	51%

Fonte: Autores

Observa-se que o modelo desenvolvido apresenta maior sensibilidade à configuração individual de cada imóvel, resultando em valores que refletem de forma mais precisa o grau de comprometimento do imóvel pela servidão.

5. CONCLUSÃO

A metodologia de regressão proposta neste estudo se mostrou eficaz na quantificação do Coeficiente de Servidão (CS), oferecendo maior precisão e adaptabilidade do que os métodos tradicionais. Ao comparar os resultados com a metodologia de Furnas (Tabela 3), observou-se que o novo modelo é mais sensível à configuração individual de cada propriedade.

Em alguns casos, os coeficientes calculados pela nova metodologia (CS-Autores) foram inferiores aos adotados por Furnas. Essa diferença foi observada, sobretudo, em imóveis com áreas significativamente maiores, o que sugere que o modelo proposto tem potencial para reduzir assimetrias e proporcionar uma avaliação mais proporcional e equilibrada ao porte do imóvel.

Em outras situações, especialmente onde o impacto é cumulativo, os valores estimados foram superiores aos de Furnas, demonstrando a capacidade do modelo de capturar efeitos subestimados por abordagens mais antigas.

REFERÊNCIAS

ARANTES, C. A. **Avaliação de Indenização por Instituição de Servidão de Passagens em Glebas Rurais**. XII COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Belo Horizonte/MG, 2003.

ALVES, C. Z., **Metodologia para Determinação de Percentual de Servidão Aérea para Faixa e Áreas Remanescentes**. XVI COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Manaus/AM, 2011.

FIORENTIN, A. M. X., LIMA, M. R. C., SCARPINELLA, G. D., FIORENTIN, T. D. N., GONÇALVES, L. M. **Cálculo do coeficiente de servidão de passagem com o uso de métodos de apoio à tomada de decisão com múltiplos critérios**. 21ª Conferência Internacional da LARES, 2022. *Latin American Real Estate Society*. <https://doi.org/10.15396/LARES-2022-4DPV>.

LIMA, J. C. de S. **Avaliação de Imóveis Urbanos**. São Paulo: Ed. Pini, 2007.

LIMA, M.R.C. **Indenização por Instituição de Servidão Administrativa por Linha de Transmissão em Imóveis Rurais**. Boletim Técnico Informativo (BTI), on-line do IBAPE / SP, 2021.

LIMA, M. R. C., FIORENTIN, A. M. X., GONÇALVES, L. M. **Estimativa de Custos Fundiários para implantação de linhas de transmissão. Um estudo de caso com o uso de coeficientes de servidão baseados em Matriz de Decisão**. XXII COBREAP, 2023.

RAZALI, N. M., WAH, Y. B. (2011). **Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests**. *J Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21–33, disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267205556_Power_Comparisons_of_Shapiro-Wilk_Kolmogorov-Smirnov_Lilliefors_and_Anderson-Darling_Tests>. Acesso em: 30 jul. 2025.

RIBEIRO, G. C. **Uso de Métodos sem Malha para Avaliação de Campos Eletromagnéticos - Gerados por Linhas de Transmissão Trifásicas Aéreas** - Dissertação (mestrado) – CEFET-MG, 2017.

SANTOS, R. P. **Principais controvérsias na fixação de indenização por servidão de passagem: estudo de caso de duas perícias judiciais em linhas de transmissão elétrica no Estado do Amazonas**. *Revista Digital de Direito Administrativo*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 153–173, 2021. DOI: [10.11606/issn.2319-0558.v8i2p153-173](https://doi.org/10.11606/issn.2319-0558.v8i2p153-173). Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdda/article/view/181816>. Acesso em: 30 jul. 2025.

TRACTEBEL ENGIE. **Imponente Linha de Transmissão Belo Monte entra em operação comercial**. 2018. Disponível em <<https://tractebel-engie.com.br/pt/noticia/2018/imponente-linha-de-transmissao-belo-monte-entra-em-operacao-comercial>> Acesso em 30/07/2025.

VEITES, R. L.; SOUZA, R. C. **A Regressão Linear Múltipla Aplicada à Avaliação de Imóveis Urbanos com Ênfase no Diagnóstico de Multicolinearidade e na Normalidade dos Resíduos**. *Revista Brasileira de Avaliações e Perícias*, v. 10, n. 1, p. 45–65, 2019.

ANEXOS

Nível-1
Objetivo

Nível-2
Critérios

Nível-3
Subcritérios

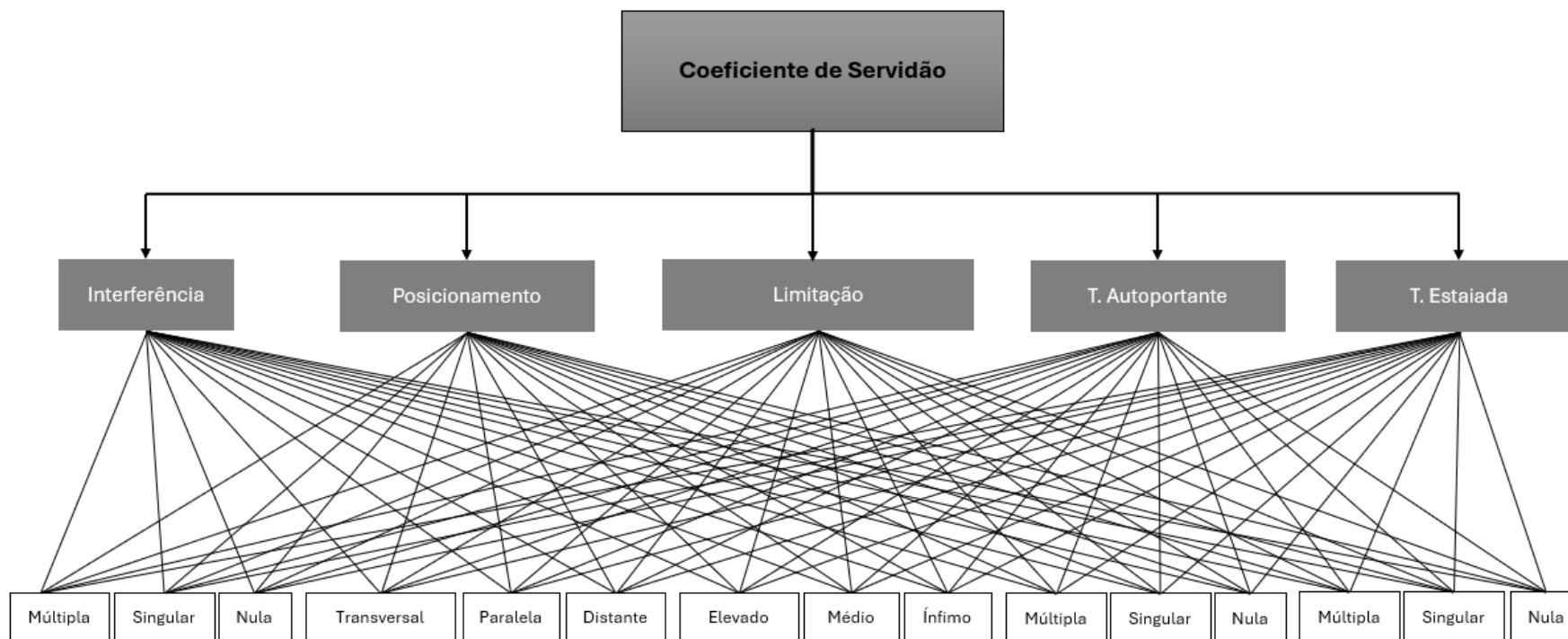
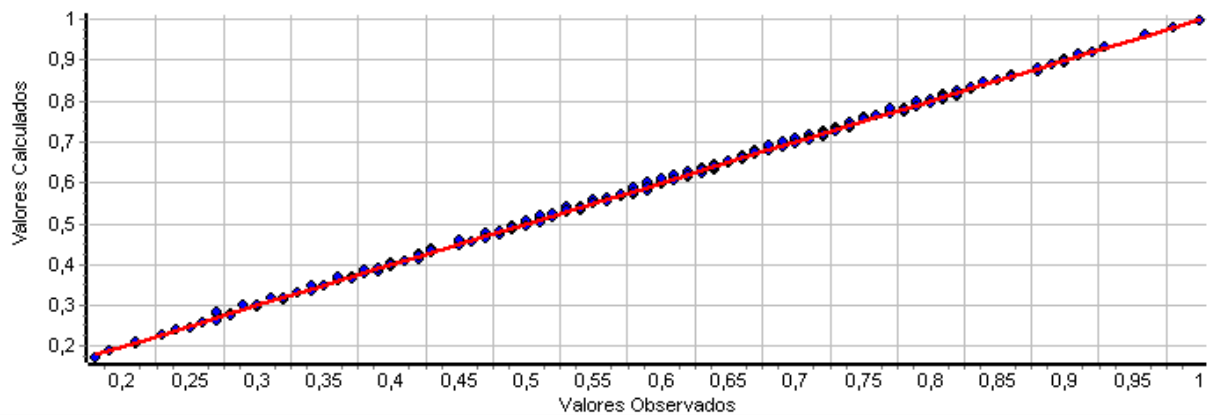
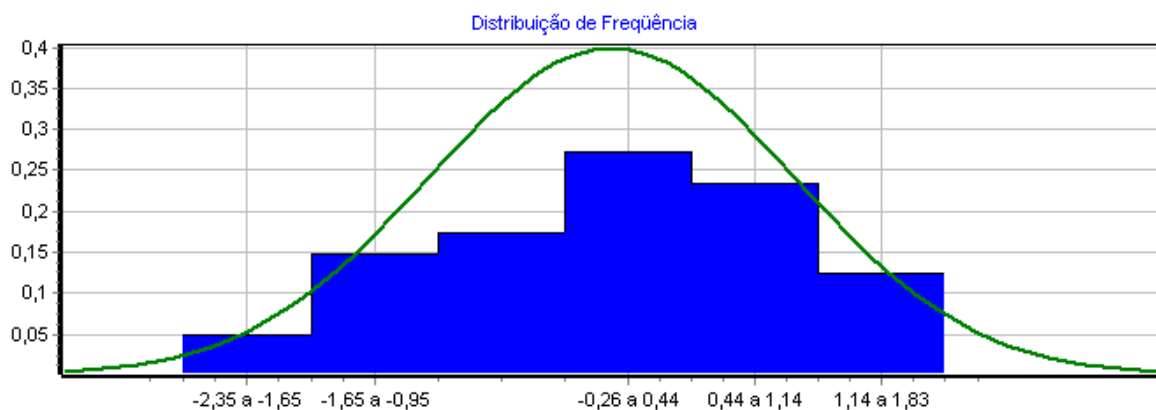


Figura 1 Diagramação da interligação dos critérios e subcritérios
 Fonte: Autores

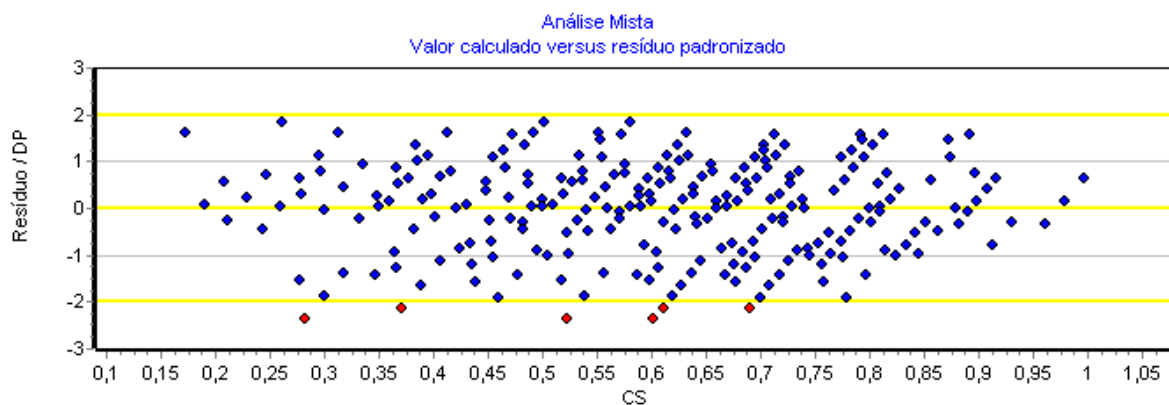
GRÁFICO DE ADERÊNCIA (Valor Observado X Valor Calculado)



Histograma de Resíduos Padronizados X Curva Normal Padrão



Distribuição de Valores Ajustados X Resíduos Padronizados



PARÂMETROS DE ANÁLISE DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

VARIÁVEL	Escala Linear	T-Student Calculado	Significância (Soma das Caudas)	Determ. Ajustado (Padrão = 0,99924)
X ₁ Interferência	x	45,57	0,01	0,99265
X ₂ Limitação	1/x	-431,40	0,01	0,40826
X ₃ Posicionamento	x ²	244,92	0,01	0,80877
X ₄ Torre Autoportante	x	230,27	0,01	0,83087
X ₅ Torre Estaiada	x ²	137,02	0,01	0,93963

MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS (Valores em percentual)

- MATRIZ SUPERIOR – PARCIAIS
- MATRIZ INFERIOR – ISOLADAS

Variável	Forma Linear	Interferência	Limitação	Posicionamento	Torre Autoportante	Torre Estaiada	CS
X ₁	x		95	95	95	94	95
X ₂	1/x	0		100	100	99	100
X ₃	x ²	0	0		100	99	100
X ₄	x	0	0	0		99	100
X ₅	x ²	0	0	0	0		99
Y	y	8	-76	43	41	24	