

PREVISÃO DA CONDIÇÃO FINANCEIRA GOVERNAMENTAL DE MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

FLAVIO LUIZ DE MORAES BARBOZA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU)

DANIEL VITOR TARTARI GARRUTI
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU)

EDUARDO OLIVEIRA

Agradecimento à órgão de fomento:

FAPEMIG processo: APQ-00545-23

CAPES processo: 88887.823303/2023-00

PREVISÃO DA CONDIÇÃO FINANCEIRA GOVERNAMENTAL DE MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

1 Introdução

A Condição Financeira Governamental (CFG) é um conceito fundamental para avaliar a capacidade dos governos locais de realizar pagamentos obrigatórios e fornecer serviços essenciais à população (Lima & Diniz, 2016). De acordo com os pesquisadores, um ente subnacional (estado ou município) saudável financeiramente é aquele capaz de manter os serviços essenciais a população de acordo com a qualidade requisitada, além de cumprir as obrigações financeiras. O teste de 10 pontos de Brown (1993) é uma metodologia utilizada para realizar a classificação da CFG com base em 10 indicadores.

Utilizando os indicadores apresentados, os municípios são divididos em quartis para cada variável, os quais recebem pontuações entre -1 e 2, obtendo uma classificação final de acordo com a soma dos resultados parciais. Este modelo tem sido utilizado em pesquisas recentes sobre este tema no Brasil (Sousa et al., 2019).

Sousa et al. (2019) investigaram a influência dos fatores socioeconômicos na condição financeira dos municípios brasileiros, utilizando o teste de 10 pontos. Os resultados revelaram diferenças regionais, com a região Sul apresentando uma maior quantidade de municípios bem avaliados e a região Nordeste com mais municípios mal avaliados. Fatores como a proporção da população residente na zona rural, a proporção da população pobre e a taxa de analfabetismo foram identificados como influenciadores negativos na classificação.

No Brasil, além dos métodos acadêmicos, há mecanismos institucionais voltados para a análise da sustentabilidade financeira dos municípios, como a Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) (Brasil, 2000) e a Capacidade de Pagamento (CAPAG) (Tesouro Transparente, 2024). A LRF, estabelecida pela Lei Complementar nº 101/2000, define normas de gestão fiscal responsável, impondo limites de gastos com pessoal, endividamento e operações de crédito, além de incentivar a transparência e o controle das contas públicas. A CAPAG, regulamentada pela Portaria Normativa MF nº 1.583/2023, é um indicador utilizado pelo governo federal para avaliar a capacidade de estados e municípios honrarem suas obrigações financeiras. Sua classificação é baseada em três critérios principais: endividamento, poupança corrente e liquidez relativa.

Com o avanço das técnicas de aprendizado de máquina, estudos recentes têm buscado aprimorar a capacidade preditiva dos modelos tradicionais de análise fiscal. Garruti et al. (2025) aplicaram a técnica de Random Forest para prever o estresse fiscal em municípios mineiros, identificando que variáveis relacionadas à liquidez são as mais relevantes para antecipar dificuldades financeiras. O estudo demonstrou que o uso de aprendizado de máquina pode proporcionar previsões mais precisas e auxiliar na formulação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade financeira municipal.

Diante desse contexto, o presente estudo propõe um modelo preditivo da CFG dos municípios mineiros entre 2016 e 2022, utilizando o Teste de 10 Pontos de Brown (1993) como base e incorporando variáveis da LRF e da CAPAG. A combinação desses indicadores permite uma análise mais abrangente da sustentabilidade financeira municipal, considerando tanto os aspectos tradicionais da literatura quanto os critérios normativos utilizados pelo governo brasileiro. Os resultados obtidos indicam que o modelo atingiu uma acurácia média de 80,95%, superando estudos anteriores e demonstrando a relevância da inclusão dos indicadores da Capacidade de Pagamento (CAPAG) na previsão da CFG. Enquanto os indicadores da Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) tiveram menor relevância, os da CAPAG, como liquidez

relativa e endividamento, mostraram-se fundamentais para a previsão da saúde financeira dos municípios.

Além desta introdução, o artigo está estruturado da seguinte forma: a próxima seção apresenta o referencial teórico, abordando os principais estudos sobre CFG, estresse fiscal e previsão financeira municipal. Em seguida, a seção de metodologia detalha a coleta de dados, a definição das variáveis e a aplicação do modelo preditivo. A seção de resultados discute os achados empíricos e, por fim, as conclusões destacam as contribuições do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

2 Referencial Teórico

2.1 Estudos Relacionados

A Condição Financeira Governamental tem sido objeto de estudo em diferentes contextos internacionais e nacionais. O Teste de 10 Pontos de Brown (1993) tem sido amplamente utilizado como metodologia para avaliar a condição dos municípios, permitindo a identificação de fragilidades na gestão fiscal e possibilitando o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a melhoria da saúde financeira municipal.

No contexto internacional, Mamun e Chowdhury (2022) analisaram a CFG de 18 municípios da região sudoeste de Bangladesh, aplicando o Teste de 10 Pontos de Brown para avaliar cinco dimensões financeiras: receita, despesas, posição operacional, dívida e passivos não financiados. Os resultados indicaram que aproximadamente 10% dos municípios possuíam uma condição financeira favorável, enquanto 50% foram classificados como medianos e 39% apresentavam uma situação desfavorável.

A análise revelou que, apesar de a solvência de caixa demonstrar a capacidade dos municípios de cumprir obrigações de curto prazo, desafios significativos estavam presentes na solvência orçamentária, com despesas frequentemente superiores às receitas. Além disso, a alocação ineficiente de recursos foi evidenciada pela discrepância entre a arrecadação e os gastos com serviços públicos. O estudo concluiu que estratégias de diversificação de fontes de receita e melhorias na gestão fiscal poderiam contribuir para a sustentabilidade financeira dos municípios.

Leiser e Mills (2019) investigaram a relação entre a autoavaliação de gestores locais sobre a saúde fiscal de seus municípios e os indicadores financeiros convencionais utilizados para medir a condição financeira municipal. Utilizando uma abordagem mista, os autores analisam dados de uma pesquisa realizada em municípios do estado de Michigan, nos Estados Unidos. O objetivo principal foi avaliar se as percepções subjetivas dos gestores são compatíveis com as métricas objetivas normalmente utilizadas na literatura.

Os resultados indicaram que os gestores enfatizam questões de longo prazo e fatores externos, como gastos com infraestrutura, custos previdenciários e mudanças nas transferências intergovernamentais, como principais determinantes da sua percepção de saúde fiscal. No entanto, o estudo constatou que essas percepções nem sempre são bem capturadas pelos indicadores financeiros tradicionais. Além disso, os autores sugerem que as autoavaliações podem ser um complemento útil às medidas objetivas para capturar de forma mais precisa a real condição fiscal dos municípios, permitindo uma detecção mais precoce de dificuldades financeiras.

No Brasil, Sousa et al. (2019) investigaram a condição financeira dos municípios brasileiros utilizando o Teste de 10 Pontos de Brown. O estudo analisou a influência de fatores socioeconômicos, como PIB, proporção da população rural, população pobre e taxa de analfabetismo, sobre a condição financeira municipal. Os resultados revelaram disparidades regionais significativas: a região Sul apresentou a maior proporção de municípios com boa

condição financeira (54,1%), enquanto a região Nordeste concentrou a maior parcela de municípios em situação fiscal desfavorável (76,1%).

Foi constatado que municípios com maior população rural, maior proporção de população pobre e maior taxa de analfabetismo tendem a apresentar piores condições financeiras. Especificamente, um aumento de 1% na população rural reduziu a condição financeira em 1,2896 pontos, enquanto acréscimos de 1% na população pobre e na taxa de analfabetismo resultaram em reduções de 0,0247 e 0,2197 pontos, respectivamente. Esses achados demonstram a necessidade de políticas voltadas para o desenvolvimento econômico e a redução das desigualdades como meio de melhorar a saúde financeira dos municípios brasileiros.

O estudo de Garruti et al. (2025) avança na análise da previsão da condição financeira dos municípios ao utilizar a técnica de Random Forest para prever o estresse fiscal (que é parte da CFG) em municípios de Minas Gerais. O estudo analisou o período de 2016 a 2020, considerando dados financeiros e populacionais extraídos do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O modelo foi construído com 21 variáveis, predominantemente financeiras, incluindo indicadores de liquidez e endividamento, além de fatores ambientais e organizacionais. A variável dependente utilizada foi um teste de estresse fiscal baseado na capacidade do município de cobrir suas despesas com as receitas disponíveis. O modelo foi treinado com dados de dois anos e validado no ano subsequente, adotando uma abordagem de janela rolante.

Os resultados indicaram que o modelo atingiu uma acurácia média de 68,2%, podendo chegar a 85% com ajustes nos pontos de corte para reduzir a área de incerteza. O modelo demonstrou maior eficácia na previsão de estresse fiscal do que na ausência do fenômeno, com variações ao longo dos períodos analisados. Durante a pandemia de Covid-19, os resultados foram impactados, invertendo as taxas de acerto. As variáveis de liquidez foram as mais relevantes para a previsão, enquanto fatores ambientais e organizacionais tiveram menor influência. O estudo concluiu que a Random Forest é uma abordagem promissora para a previsão de estresse fiscal em municípios.

Dessa forma, a literatura existente demonstra a importância de métodos quantitativos para avaliar e prever a condição financeira de municípios. O presente estudo avança nesse campo ao aplicar a técnica de Random Forest especificamente para prever a CFG dos municípios de Minas Gerais, um estado com grande diversidade socioeconômica e importância estratégica no cenário nacional. A utilização do Teste de 10 Pontos de Brown como base para a previsão, aliada ao uso de técnicas avançadas de aprendizado de máquina, permite uma abordagem inovadora que pode contribuir significativamente para o aprimoramento da gestão pública e o desenvolvimento de políticas econômicas mais eficazes.

2.2 Lei de Responsabilidade Fiscal e Capacidade de Pagamento

A sustentabilidade financeira dos entes subnacionais no Brasil é regulamentada por mecanismos institucionais que visam garantir a responsabilidade na gestão fiscal. Entre esses mecanismos, destacam-se a Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) (Brasil, 2000) e a Capacidade de Pagamento (CAPAG) (Tesouro Transparente, 2024), que estabelecem diretrizes para a condução das finanças públicas e a avaliação da condição financeira dos estados e municípios.

A LRF, instituída pela Lei Complementar nº 101/2000, estabelece normas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal, determinando a necessidade de equilíbrio entre receitas e despesas públicas. A legislação impõe limites para gastos com pessoal, endividamento e operações de crédito, além de exigir maior transparência na execução orçamentária e prestação de contas pelos gestores públicos. A LRF também define mecanismos para contenção de

despesas em caso de deterioração das contas públicas, incluindo a limitação de empenhos e medidas corretivas para garantir o equilíbrio fiscal. O cumprimento dessas diretrizes é essencial para evitar o colapso financeiro dos municípios e garantir a continuidade da prestação de serviços essenciais à população.

Já a CAPAG, regulamentada pela Portaria Normativa MF nº 1.583/2023, é um instrumento do Tesouro Nacional utilizado para avaliar a capacidade de pagamento dos entes federativos que buscam contrair novos financiamentos com garantia da União. Essa avaliação considera três indicadores principais: (i) Endividamento, que mede a proporção da dívida consolidada em relação à Receita Corrente Líquida (RCL); (ii) Poupança Corrente, que analisa a relação entre receitas e despesas correntes para determinar a capacidade do ente de gerar recursos próprios; e (iii) Liquidez Relativa, que verifica a suficiência de caixa para cobrir obrigações financeiras de curto prazo. Com base nesses critérios, os entes são classificados em categorias que variam de "A" (melhor condição financeira) a "D" (maior risco fiscal), sendo que apenas aqueles com notas "A" ou "B" são elegíveis para novas operações de crédito com garantia da União.

A incorporação dos indicadores da LRF e da CAPAG na modelagem da Condição Financeira Governamental (CFG) permite uma avaliação mais robusta da saúde fiscal dos municípios. Além de considerar os fatores tradicionais utilizados na literatura acadêmica, a inclusão desses mecanismos garante que o modelo reflita os critérios formais utilizados pelo governo federal para monitoramento e controle da sustentabilidade financeira dos entes subnacionais.

3 Metodologia

A coleta dos dados foi realizada por meio de duas APIs. Essa abordagem permitiu a coleta eficiente em larga escala das variáveis necessárias para os 853 municípios de Minas Gerais, evitando a dificuldade e o tempo exigido por uma coleta manual.

Inicialmente, utilizou-se a API do IBGE para obter os códigos dos municípios, que são fundamentais para a coleta das variáveis presentes na SICONFI, mantido pela STN. Essa base de dados é a mesma utilizada por Sousa et al. (2019) e Garruti et al. (2025) e começou a ser publicada em 2014, mas só contém as variáveis necessárias a partir de 2015. Assim, foram coletados dados de todos os municípios brasileiros no período de 2015 a 2023.

3.1 Variável dependente

Em relação a variável dependente (teste de 10 pontos de Brown), foram coletadas 15 variáveis, que foram utilizadas para formar os 10 indicadores, cujos detalhes podem ser encontrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis do modelo utilizado

Indicador	Categorias	Fórmula	Resultado
Receita <i>per capita</i>	Receita	$\frac{Receita\ Total}{Popula\c{c}\tilde{a}o}$	Quanto menor, melhor
Representatividade da receita própria	Receita	$\frac{Receita\ Total - Transfer\ências\ Correntes}{Receita\ Total}$	Quanto maior, melhor
Participação das receitas de transferências	Receita	$\frac{Receita\ Total}{Transfer\ências\ Correntes}$	Quanto menor, melhor
Participação dos gastos operacionais	Despesa	$\frac{Receita\ Total}{Despesa\ Corrente}$	Quanto menor, melhor
Cobertura de despesas	Posição operacional	$\frac{Receita\ Total}{Despesa\ Corrente}$	Quanto maior, melhor
Recursos para cobertura de queda de arrecadação	Posição operacional	$\frac{Despesa\ Total}{Super\acute{a}vit\ Financeiro}$	Quanto maior, melhor
Recursos para cobertura de obrigações de Poupança Corrente	Posição operacional	$\frac{Receita\ Total}{Disponibilidades}$	Quanto maior, melhor
Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de Poupança Corrente	Dívida	$\frac{Obriga\c{c}\tilde{a}o\ de\ Poupan\c{c}a\ Corrente}{Receita\ Corrente\ L\acute{i}quida}$	Quanto menor, melhor
Dívida <i>per capita</i>	Dívida	$\frac{D\acute{i}vida\ Consolidada}{Popula\c{c}\tilde{a}o}$	Quanto menor, melhor
Comprometimento das receitas correntes com o endividamento	Obrigações não financiadas	$\frac{D\acute{i}vida\ Consolidada}{Receita\ Corrente\ L\acute{i}quida}$	Quanto menor, melhor

Fonte: Adaptado de Brown (1993).

Os resultados obtidos com base nos indicadores apresentados no Quadro 1 são divididos em quartis e atribuídos uma pontuação entre -1 e 2, representando o resultado parcial de cada município. Em seguida, os resultados parciais são somados, resultando em uma pontuação final que classifica os entes subnacionais em 5 categorias, conforme ilustrado na Tabela 1.

Para a realização da previsão da Condição Financeira Governamental (CFG), os municípios de Minas Gerais foram agrupados em duas categorias, com base na classificação apresentada na Tabela 1. Essa divisão permite analisar separadamente os municípios com boas condições financeiras e aqueles que enfrentam dificuldades, facilitando a construção e a interpretação dos modelos preditivos.

Tabela 1 – Classificação final em relação a pontuação

Pontuação Geral	Condição Financeira
10 ou mais	Entre as melhores
5 a 9	Melhor que a maioria
1 a 4	Na média
-4 a 0	Pior que a maioria
-5 ou menos	Entre as piores

Fonte: Adaptado de Brown (1993).

A primeira categoria, denominada Condição A, engloba os municípios com boas condições financeiras, que correspondem às classificações "Entre as melhores", "Melhor que a maioria" e "Na média" da Tabela 1. Esses municípios possuem pontuações gerais iguais ou superiores a 1, o que indica maior solidez financeira e maior capacidade de cumprir suas obrigações fiscais e manter a prestação de serviços públicos.

A segunda categoria, denominada Condição B, agrupa os municípios com más condições financeiras, abrangendo as classificações "Pior que a maioria" e "Entre as piores" da Tabela 1. Os municípios dessa categoria apresentam pontuações gerais iguais ou inferiores a 0, o que reflete uma situação fiscal mais frágil, podendo enfrentar dificuldades para equilibrar receitas e despesas e para garantir a continuidade dos serviços públicos essenciais.

Essa classificação permite uma melhor compreensão dos padrões que caracterizam os diferentes níveis de condição financeira municipal e facilita a identificação dos fatores que influenciam a situação fiscal dos municípios, auxiliando na construção de modelos preditivos mais precisos.

3.2 Variáveis independentes

Para a previsão da Condição Financeira Governamental, foram utilizadas variáveis independentes selecionadas com base em indicadores reconhecidos na literatura científica e em normativas legais do Brasil. Os indicadores empregados derivam de três principais fontes: o Teste de 10 Pontos de Brown (1993), os indicadores da Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) de 2000 e os indicadores da Capacidade de Pagamento (CAPAG), adotada pelo Tesouro Nacional.

Os 10 indicadores de Brown (1993), detalhados no Quadro 1, foram utilizados como referência por avaliarem múltiplas dimensões da situação financeira dos municípios, como receita, despesa, posição operacional, dívida e passivos não financiados. Essa abordagem é respaldada pela literatura científica, conforme demonstrado por Sousa et al. (2019) no contexto brasileiro e por Mamun e Chowdhury (2022) em nível internacional. Assim, o Teste de 10 Pontos de Brown se alinha a estudos consolidados, tornando-se uma base adequada para a modelagem preditiva.

Além dos indicadores da literatura acadêmica, foi necessário incorporar variáveis que refletem o arcabouço normativo brasileiro. Para isso, foram incluídos três indicadores da LRF (2000): Despesa com Pessoal, Dívida Consolidada e Operações de Crédito. A Lei de Responsabilidade Fiscal estabelece diretrizes para a gestão orçamentária e fiscal dos entes subnacionais, impondo limites que devem ser respeitados pelos municípios. Assim, a inclusão desses indicadores visa garantir que a modelagem esteja em conformidade com a legislação brasileira, permitindo uma análise alinhada aos critérios formais de responsabilidade fiscal.

Por fim, foram incorporados quatro indicadores da CAPAG, sistema utilizado pelo Tesouro Nacional para avaliar a capacidade de pagamento dos municípios e estados. Os indicadores selecionados foram Poupança Corrente, Liquidez Relativa, Indicador de Liquidez e Endividamento. A CAPAG é um mecanismo para determinar a viabilidade de novos endividamentos, sendo utilizada na gestão pública brasileira. Sua inclusão no modelo contribui para uma análise mais robusta da sustentabilidade financeira dos municípios, garantindo que os fatores avaliados reflitam a realidade da administração pública no Brasil.

Ao combinar metodologias científicas reconhecidas internacionalmente com normativas fiscais brasileiras, este estudo busca construir um modelo preditivo sólido e aplicável ao contexto municipal. Essa abordagem permite não apenas identificar padrões financeiros, mas também auxiliar na formulação de políticas públicas voltadas para a melhoria da gestão fiscal dos municípios.

3.3 Random Forest

Para a previsão da Condição Financeira Governamental (CFG), foi utilizado o modelo Random Forest (RF), um método de aprendizado de máquina empregado em problemas de classificação e regressão. O RF pertence à família das Árvores de Decisão e se destaca por sua robustez e capacidade de lidar com grandes volumes de dados e múltiplas variáveis independentes (Breiman, 2001).

Garruti et al. (2025) utilizaram essa técnica para prever o estresse fiscal em municípios mineiros, demonstrando sua eficácia na identificação de padrões financeiros e na antecipação de dificuldades fiscais. O estudo evidenciou que o modelo apresentou taxas de acerto superiores a 68%, sendo mais preciso na previsão de situações de estresse fiscal do que na ausência desse fenômeno.

O funcionamento do Random Forest baseia-se na construção de múltiplas árvores de decisão, cada uma treinada com uma amostra aleatória do conjunto de dados. A previsão final resulta da média ou do voto majoritário das árvores, tornando o modelo menos sensível a sobreajustes e mais estável em diferentes períodos e contextos econômicos (Breiman, 2001).

A estratégia de treinamento e teste diferente daquela utilizada por Garruti et al. (2025). No estudo deles, o modelo foi treinado com dois anos de dados e testado no ano seguinte (janela rolante), mantendo essa estrutura fixa ao longo da análise.

Neste estudo, adotou-se uma abordagem incremental. Inicialmente, utilizou-se os dados de 2015 para treinar o modelo e os dados de 2016 para teste. No entanto, é importante destacar que, no teste de 2016, as variáveis independentes correspondem a 2016, enquanto a variável dependente (VD) se refere a 2017. Da mesma forma, no teste de 2017, foram utilizadas as variáveis independentes de 2017 para prever a VD de 2018, e assim sucessivamente até 2022, quando o modelo foi treinado com dados de 2015 a 2021 e testado com os dados de 2022, em que as variáveis independentes são de 2022 e a VD de 2023.

Essa estratégia permitiu que o modelo acumulasse mais conhecimento ao longo do tempo, incorporando padrões históricos mais amplos, o que resultou em maior estabilidade na acurácia e menor variação nos resultados entre os anos analisados.

Para analisar o modelo, foi utilizado o Classification Report, que fornece métricas como acurácia, recall e F1-score. A acurácia mede a proporção de previsões corretas em relação ao total de previsões realizadas, indicando quantas vezes o modelo acertou a classificação. O recall (ou sensibilidade) avalia a capacidade do modelo de identificar corretamente os casos positivos, ou seja, quantos casos positivos reais foram classificados corretamente. Já o F1-score é uma média harmônica entre a precisão (proporção de verdadeiros positivos em relação aos positivos previstos) e o recall, sendo uma métrica balanceada que é especialmente útil em cenários com desbalanceamento de classes. Essas métricas são essenciais para avaliar o desempenho do modelo de classificação, permitindo uma análise mais robusta e detalhada dos resultados (Sandhiya & Raja, 2024).

4. Resultados

4.1 Classification report

Os resultados apresentados na Tabela 2, mostram que a acurácia média do modelo foi de 80,95%, superando os 68,2% relatados por Garruti et al. (2025). Além disso, a variação entre os anos foi menor, sugerindo que a estratégia de acumulação progressiva de treinamento ajudou a tornar as previsões mais consistentes ao longo do tempo.

Tabela 2 – Resultados da previsão da Condição Financeira Governamental (CFG)

Ano	Acurácia	Precisão (A)	Recall (A)	F1-score (A)	Precisão (B)	Recall (B)	F1-score (B)
2016	82,59%	87,44%	91,41%	89,38%	57,50%	46,94%	51,69%
2017	80,75%	92,58%	83,16%	87,62%	47,83%	69,84%	56,77%
2018	77,21%	89,63%	80,94%	85,06%	44,66%	62,16%	51,98%
2019	82,07%	88,94%	89,24%	89,09%	50,00%	49,23%	49,61%
2020	81,91%	86,54%	91,81%	89,10%	54,81%	41,01%	46,91%
2021	81,16%	85,35%	92,49%	88,78%	52,17%	34,04%	41,20%
2022	80,96%	86,67%	90,96%	88,76%	43,62%	33,33%	37,79%
Média	80,95%	88,16%	88,57%	88,26%	50,08%	48,08%	47,99%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma diferença essencial entre os dois estudos está no objetivo da previsão. Enquanto Garruti et al. (2025) buscaram prever o estresse fiscal, focando no desequilíbrio entre receitas e despesas dos municípios, este estudo propõe a previsão da Condição Financeira Governamental (CFG), um conceito mais amplo. A CFG não se limita à sustentabilidade fiscal, mas também considera a capacidade do município de manter investimentos, garantir serviços públicos essenciais e promover o bem-estar da população (Lima & Diniz, 2016).

Em comparação, Garruti et al. (2025) obtiveram uma acurácia geral que, ao contrário do esperado, não piorou com os dados da pandemia, chegando a apresentar resultados melhores durante esse período. No entanto, houve uma mudança significativa no desempenho do modelo: antes da pandemia, o modelo era mais eficaz na previsão de estresse fiscal, enquanto após 2019, passou a ser mais preciso na previsão da ausência de estresse fiscal. Em nosso estudo, não observamos uma mudança geral na acurácia, mas houve uma queda no recall para a condição B (más condições financeiras) após 2019, indicando que o modelo passou a classificar corretamente uma porcentagem menor dos municípios que realmente estavam nessa situação.

A queda na previsibilidade da categoria B a partir de 2020 pode estar associada ao impacto da Covid-19, que alterou a estrutura financeira dos municípios e pode ter introduzido fatores atípicos no comportamento fiscal. Esses resultados indicam que eventos extraordinários, como crises econômicas e sanitárias, podem afetar significativamente a capacidade preditiva dos modelos, exigindo ajustes metodológicos para considerar tais efeitos.

Além disso, embora não divulgados, foram testados os resultados utilizando a abordagem de janela rolante, como feito por Garruti et al. (2025). Os resultados obtidos com a janela rolante foram muito próximos aos da janela incremental, mas com algumas diferenças notáveis. Enquanto a janela rolante apresentou resultados mais baixos em 2018 e 2022, a janela incremental teve um desempenho melhor em 2022, embora tenha apresentado resultados mais baixos em 2018. Esses anos coincidem com eleições presidenciais no Brasil, o que pode ter introduzido variáveis atípicas no comportamento fiscal dos municípios. A janela incremental, ao contrário da janela rolante, provavelmente aprendeu com os padrões de 2018, o que pode explicar sua melhor performance em 2022. Por outro lado, a janela rolante, que não tinha dados anteriores para aprender com 2018, pode ter sido mais afetada por esses eventos atípicos.

Em síntese, a abordagem utilizada neste estudo apresentou vantagens em relação ao modelo de Garruti et al. (2025), garantindo maior acurácia e menor oscilação ao longo dos anos. No entanto, os desafios na previsão dos municípios com piores condições financeiras permanecem, especialmente em períodos de crise.

4.2 Importância das variáveis

A análise da importância das variáveis no modelo preditivo de Condição Financeira Governamental (CFG) dos municípios de Minas Gerais, entre os anos de 2016 e 2022, permite identificar padrões relevantes sobre os fatores que mais impactam a situação fiscal dos entes subnacionais. Os resultados podem ser verificados na Tabela 3, os quais estão representados em termos percentuais para todos os anos de previsão, além da média de cada variável.

Os resultados do estudo revelam que os indicadores mais importantes para a previsão da CFG dos municípios de Minas Gerais estão relacionados à liquidez, endividamento e dependência de transferências. Dentre os indicadores que apresentaram importância média acima de 5,88%, destacam-se a Representatividade da receita própria, a Participação das receitas de transferências, os Recursos para cobertura de obrigações de curto prazo, a Dívida per capita, o Comprometimento das receitas correntes com endividamento, a Liquidez relativa (CAPAG), o Indicador de liquidez (CAPAG) e o Endividamento (CAPAG). Esses resultados estão alinhados com a literatura existente, que já apontou a relevância desses fatores para a saúde financeira dos municípios.

A Representatividade da receita própria reflete a capacidade do município de gerar receitas sem depender de transferências intergovernamentais. Estudos como o de Sousa et al. (2019) já destacaram que municípios com maior dependência de transferências tendem a apresentar uma condição financeira mais frágil. Portanto, a capacidade de gerar receitas próprias é um fator crucial para a sustentabilidade financeira, pois confere maior autonomia aos municípios na gestão de seus recursos e no cumprimento de suas obrigações.

A Participação das receitas de transferências reforça a dependência dos municípios em relação aos repasses intergovernamentais. A literatura, como no estudo de Mamun e Chowdhury (2022), já apontou que essa dependência pode ser um fator de fragilidade financeira, especialmente em momentos de crise, quando os repasses podem ser reduzidos. A alta importância desse indicador no modelo sugere que a redução da dependência de transferências é um fator chave para melhorar a condição financeira dos municípios.

Os Recursos para cobertura de obrigações de curto prazo são o segundo indicador mais relevante no modelo. Eles medem a capacidade do município de cobrir suas obrigações de curto prazo com os recursos disponíveis. A literatura, como no estudo de Garruti et al. (2025), já destacou que a liquidez é um dos fatores mais importantes para prever o estresse fiscal. A alta importância desse indicador reforça a necessidade de os municípios manterem uma boa gestão de caixa para evitar problemas de liquidez.

A Dívida per capita reflete o nível de endividamento do município em relação à sua população. Estudos como o de Sousa et al. (2019) já apontaram que o endividamento excessivo pode comprometer a capacidade do município de investir em serviços públicos e cumprir suas obrigações financeiras. A alta importância desse indicador no modelo sugere que o controle do endividamento é fundamental para a sustentabilidade financeira.

O Comprometimento das receitas correntes com endividamento mede o quanto das receitas correntes do município estão comprometidas com o pagamento de dívidas. A literatura, como no estudo de Leiser e Mills (2019), já destacou que o comprometimento excessivo das receitas com o serviço da dívida pode limitar a capacidade do município de investir em serviços essenciais. A importância desse indicador no modelo reforça a necessidade de um controle rigoroso do endividamento.

A Liquidez relativa e o Indicador de liquidez, são indicadores da CAPAG que medem a capacidade do município de honrar suas obrigações de curto prazo com seus recursos disponíveis. A literatura, como no estudo de Sousa et al. (2019), já destacou que a liquidez é um dos principais fatores para a sustentabilidade financeira dos municípios. A alta importância

desses indicadores no modelo sugere que a capacidade de os municípios manterem uma boa liquidez é fundamental para evitar problemas financeiros.

Tabela 3 – Importância das Variáveis na Previsão da CFG (2016-2022)

Variável	2016 (%)	2017 (%)	2018 (%)	2019 (%)	2020 (%)	2021 (%)	2022 (%)	Média (%)
Receita per capita	4.04	6.54	5.45	4.73	5.29	5.82	6.41	5.47
Representatividade da receita própria	5.00	6.66	5.67	6.13	5.92	6.24	6.54	6.02
Participação das receitas de transferências	7.94	10.74	7.48	7.17	6.66	5.92	5.88	7.40
Participação dos gastos operacionais	10.82	4.78	3.44	3.60	4.12	3.53	3.90	4.88
Cobertura de despesas	3.21	3.26	3.87	3.68	3.08	3.09	3.15	3.34
Recursos para cobertura de queda de arrecadação	2.53	3.66	3.95	3.74	3.52	3.19	3.26	3.40
Recursos para cobertura de obrigações de curto prazo	8.99	10.22	11.92	11.31	10.76	11.04	6.15	10.05
Comprometimento das receitas correntes com obrigações financeiras	3.66	3.41	3.67	4.00	5.24	5.24	5.86	4.44
Dívida per capita	6.46	6.79	5.87	8.38	7.29	8.21	10.89	7.70
Comprometimento das receitas correntes com endividamento	7.97	4.88	5.36	6.52	5.90	5.49	5.73	5.98
Despesa com pessoal (LRF)	3.70	3.64	5.00	3.72	3.49	3.64	3.91	3.87
Dívida Consolidada (LRF)	5.55	4.96	4.40	4.77	4.82	4.39	5.80	4.96
Operações de crédito (LRF)	1.49	2.09	1.61	1.99	2.14	2.48	2.55	2.05
Poupança corrente (CAPAG)	3.59	3.79	3.71	3.17	3.24	3.56	3.64	3.53
Liquidez relativa (CAPAG)	6.19	5.77	8.76	8.73	9.17	9.11	7.85	7.94
Indicador de liquidez (CAPAG)	10.33	12.25	14.40	12.52	13.17	12.96	9.98	12.23
Endividamento (CAPAG)	8.46	6.47	5.35	5.76	6.10	6.00	8.41	6.65

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, o Endividamento da CAPAG mede o nível de dívida do município em relação à sua receita corrente líquida. A literatura, como no estudo de Leiser e Mills (2019), já destacou que o endividamento excessivo pode comprometer a capacidade do município de investir em serviços públicos. A importância desse indicador no modelo reforça a necessidade de um controle rigoroso do endividamento.

Vale destacar que nenhuma das variáveis da Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) apareceu entre as mais importantes, o que pode sugerir que, embora a LRF seja um marco normativo importante, seus indicadores podem não ser os mais relevantes para a previsão da CFG no contexto dos municípios mineiros. Isso pode estar relacionado ao fato de que a LRF se concentra mais em limites de gastos e endividamento, enquanto a CAPAG e os indicadores de Brown (1993) abordam aspectos mais amplos da saúde financeira, como a liquidez e a capacidade de pagamento.

Em síntese, os resultados reforçam a importância da liquidez, do controle do endividamento e da redução da dependência de transferências para a sustentabilidade financeira dos municípios. A inclusão dos indicadores da CAPAG no modelo permitiu uma análise mais robusta e alinhada com os critérios normativos utilizados pelo governo federal, destacando a relevância desses indicadores para a previsão da CFG. Esses achados fornecem subsídios importantes para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria da gestão fiscal e à promoção da sustentabilidade financeira dos municípios.

5 Conclusões

O presente estudo investigou a previsão da Condição Financeira Governamental (CFG) dos municípios mineiros entre 2017 e 2022, utilizando o Teste de 10 Pontos de Brown (1993) como base para a classificação e a técnica de Random Forest para modelagem preditiva. Os resultados obtidos demonstram que o modelo proposto apresentou uma acurácia média de 80,95%, superando estudos anteriores, e se mostrou mais consistente ao longo dos anos analisados.

Os achados revelaram que a CFG dos municípios mineiros é amplamente influenciada por fatores relacionados à liquidez, endividamento e dependência de transferências. Indicadores como participação das receitas de transferências, dívida per capita e liquidez relativa apresentaram elevada relevância na previsão, reforçando a importância do equilíbrio entre arrecadação própria e obrigações fiscais. A inclusão de variáveis da Capacidade de Pagamento (CAPAG) permitiu uma modelagem mais alinhada ao contexto normativo brasileiro, destacando-se como os mais importantes para a previsão da CFG.

Embora o modelo tenha apresentado um desempenho satisfatório, desafios ainda permanecem, especialmente na previsão de municípios em situação financeira mais frágil, onde o recall da categoria B foi inferior ao da categoria de municípios com boa condição financeira. Além disso, eventos extraordinários, como a pandemia de Covid-19, afetaram a capacidade preditiva do modelo, indicando a necessidade de ajustes metodológicos para lidar com cenários atípicos. Esses resultados reforçam a importância de técnicas de aprendizado de máquina para a previsão da CFG, fornecendo subsídios para o aprimoramento da gestão pública e o desenvolvimento de políticas econômicas mais eficazes.

Os resultados deste estudo reforçam a relevância do uso de técnicas de aprendizado de máquina para a previsão da CFG, fornecendo subsídios para o aprimoramento da gestão pública e o desenvolvimento de políticas econômicas mais eficazes. Como perspectivas futuras, sugere-se a incorporação de novos fatores socioeconômicos ao modelo e a aplicação de abordagens híbridas de aprendizado de máquina para melhorar a robustez das previsões.

Referências

- Brasil (2000). LEI COMPLEMENTAR Nº 101, DE 4 DE MAIO DE 2000. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Brown, K. W. (1993). The 10-point test of financial condition: Toward an easy-to-use assessment tool for smaller cities. *Government Finance Review*, 9, 21-26.
- Garruti, D. V. T., Barboza, F. L. de M., & Diniz, J. A. (2025). Utilização de Inteligência Artificial na previsão do estresse fiscal: evidências para municípios brasileiros. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 17(3), 70-84. <https://doi.org/10.14392/asaa.2024170307>
- Leiser, S., & Mills, S. (2019). Local government fiscal health: Comparing self-assessments to conventional measures. *Public Budgeting & Finance*, 39(3), 75-96. <https://doi.org/10.1111/pbaf.12226>
- Lima, S. D., & Diniz, J. A. (2016). Contabilidade pública: análise financeira governamental. *São Paulo: Atlas*, 576.

- Mamun, T. M., & Chowdhury, S. (2022). Assessing fiscal health of local governments in Bangladesh: evidence from some south-western municipalities. *Public Administration and Policy*, 25(1), 50-63. <https://doi.org/10.1108/PAP-04-2021-0027>
- Sandhiya, B., & Raja, S. K. S. (2024). Deep learning and optimized learning machine for brain tumor classification. *Biomedical Signal Processing and Control*, 89, 105778. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105778>
- Sousa, K. M. D., Leite Filho, P. A. M., & Pinhanez, M. D. M. S. F. (2019). Condição financeira e os fatores socioeconômicos dos municípios brasileiros. *Pensar Contábil*, 21(75).
- Tesouro Transparente (2024). Capacidade de Pagamento (CAPAG). <https://www.tesourotransparente.gov.br/temas/estados-e-municipios/capacidade-de-pagamento-capag>