

Comparação de Modelos de Previsão de Série Temporal com Base no ICMS Estadual

RICARDO ROCHA DE AZEVEDO

Universidade de São Paulo

JOSÉ MARCOS DA SILVA

Universidade de São Paulo

RAFAEL CONFETTI GATSIOS

Universidade de São Paulo

Resumo

O ICMS é a principal fonte de tributos dos Estados da Federação, de modo que a sua previsão de arrecadação é um fator importante para a gestão financeira desses entes. Tal importância é reforçada pela Lei de Responsabilidade Fiscal, visto a relevância do tema. Porém, os Estados não têm obtido grande acurácia em suas estimativas de arrecadação do imposto, uma vez que, em determinados períodos, a subestimação das receitas ficou entre 10% e 30% do valor efetivamente arrecadado. Dessa forma, há pouco mais de uma década, estudos vem abordando essa temática, de modo a melhorar essa previsão utilizando os modelos de séries temporais, embora não apresentem o ganho de eficiência desses modelos. Assim, esse trabalho tem como objetivo verificar se a metodologia ARIMA prevê com mais exatidão as arrecadações de ICMS do que as metodologias utilizadas pelos entes federativos. Para tanto, a amostra foi composta dos 6 Estados brasileiros (SP, MG, RJ, RS, PR e BA), os quais conjuntamente correspondem a 69,7% do ICMS arrecadado pelos 27 Estados. Assim sendo, foram estimados os valores das arrecadações para os anos de 2012 e 2013 a partir do horizonte temporal de 1995 a 2011. Os resultados apontam que a utilização do ARIMA aumentou a acurácia da previsão de arrecadação do ICMS para todos os Estados analisados. Cabe ressaltar que os modelos de séries temporais não são aconselháveis quando existem quebras estruturais de modo a alterar os aspectos macroeconômicos. Assim, cabem aos Estados a capacitação de seus funcionários para a utilização dessas metodologias de séries temporais de modo a complementar seus procedimentos de estimação da arrecadação. Por fim, apesar das séries temporais melhorarem a acurácia das estimativas, deve-se atentar para o fato de que a cada ano a série se altera e novos testes devem ser realizados para a construção de novos modelos.

Palavras chave: ICMS, Séries Temporais, ARIMA.

1 INTRODUÇÃO

O Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é a principal fonte arrecadadora dos Estados brasileiros. Considerando todas as esferas governamentais, em torno de 20% do que se é arrecadado no Brasil é proveniente do ICMS. Dessa forma, esse imposto possui significativa importância para o dimensionamento da receita e, conseqüentemente, do gasto público dos entes públicos. A importância da correta estimação das receitas pode ser observada pela Lei de Responsabilidade Fiscal (BRASIL, 2000), que preconiza em seu artigo 11 que é responsabilidade de todos os entes federativos a previsão, gestão e efetiva arrecadação dos tributos da sua competência. Assim, o correto dimensionamento da receita de ICMS é de importância vital para a saúde das contas públicas.

O desenvolvimento de estudos sobre as metodologias utilizadas na estimação das receitas públicas se justifica pois a sua previsão determinará a capacidade de gastos dos entes, que servirá de base para o valor a ser alocado nas despesas no momento da elaboração do orçamento (WORLDBANK, 2005), pois é nesse momento que os orçamentistas podem decidir superestimar ou subestimar as receitas com a finalidade de aparentar um equilíbrio orçamentário no momento da sua elaboração (RUBIN, p. 225, 2010). Portanto, a discussão sobre metodologias de previsão orçamentária se mostra como um importante controle social.

Estudos sobre o uso de modelos de séries temporais para a estimação de receitas tributárias no Brasil começaram há pouco mais de uma década, sendo ainda um fenômeno recente na literatura nacional.

O uso desse tipo de ferramentas estatísticas para a previsão das receitas ainda não é um fenômeno amplamente utilizado pelos entes públicos, que acabam adotando outros métodos para a estimação orçamentária. A Secretaria do Tesouro Nacional, órgão normatizador da contabilidade pública no país, divulgou em sua versão inicial do Manual de Receita Nacional uma metodologia baseada na série histórica de arrecadação ao longo dos anos ou meses anteriores (base de cálculo), corrigida por parâmetros de preço (efeito preço), de quantidade (efeito quantidade) e de alguma mudança de aplicação de alíquota em sua base de cálculo (efeito legislação) (STN, 2008), que não é igual aos modelos de séries temporais.

Dessa forma, considerando a importância da correta previsão das receitas orçamentárias, o presente trabalho apresenta o seguinte problema de pesquisa: a metodologia de previsão com modelos de séries temporais aumenta a acurácia das estimativas de receita de ICMS dos Estados? Ao responder o problema de pesquisa o trabalho apresenta como objetivo estimar modelos de previsão de série temporal utilizando a metodologia ARIMA e comparar as estimativas com os valores efetivamente previstos pelos Estados, avaliando assim se os modelos de séries temporais apresentam maior acurácia na previsão de receitas. Adicionalmente, a pesquisa se propõe a analisar criticamente a relevância de modelos ideais (propostos) dos trabalhos sobre séries temporais para as receitas tributárias no país.

Para a pesquisa foram analisados dados de 1995 a 2011 de seis Estados da Federação: SP, MG, RJ, RS, PR e BA, que juntos correspondem a 69,7% do ICMS total arrecadado pelos Estados brasileiros, estimando os valores dessas receitas para os anos de 2012 e 2013 por meio do uso de séries temporais, e comparando com os valores efetivamente previstos pelos Estados.

Os resultados indicam que os modelos de séries temporais apresentam maior acurácia de previsão quando comparado com as previsões realizadas pelos Estados. Assim, os resultados sugerem que a adoção da metodologia de previsão ARIMA poderia ser utilizada pelos Estados para aumentar a previsibilidade da arrecadação de ICMS.

Já a análise dos artigos sobre previsão de séries temporais permite concluir que existem dificuldades para a aplicação por parte dos Estados dos modelos encontrados, pois não bastaria a um Estado simplesmente utilizar o modelo proposto, como por exemplo um ARIMA (6,1,1), isso porque para cada novo período adicionado à análise, um novo modelo deveria ser proposto. Adicionalmente, os modelos divulgados também não poderiam ser adotados por outros Estados, visto que para cada caso uma nova modelagem seria necessária.

Além dessa introdução, o trabalho apresenta uma seção de revisão da literatura, apresentando uma revisão sobre o ICMS, metodologia de previsão ARIMA e trabalhos anteriores de previsão de receitas no Brasil com uso de séries temporais. Na sequência, é apresentada a amostra do trabalho e a metodologia utilizada na pesquisa, e por fim apresenta-se a seção de resultados do trabalho, a conclusão e as referências bibliográficas.

2 ICMS

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços de transporte intermunicipal e interestadual e de comunicações (ICMS) é um imposto de competência Estadual criado pela Constituição Federal de 1988, em seu artigo 155, inciso II. Além disso, a Lei Complementar 87 de 1996 (BRASIL, 1996), conhecida como Lei Kandir, também traz normativas sobre o ICMS, as quais não foram especificadas na Constituição.

A despeito dessa nomenclatura e regulamentação ter sido atribuída na Constituição Federal de 1988, a qual estruturou o Sistema Tributário Nacional, o Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICM) foi o seu antecessor, criado pela Emenda Constitucional 18, de 01/12/1965, substituindo o Imposto sobre Vendas e Consignações (IVC), que havia surgido na Constituição de 1934.

O IVC possuía característica de cumulatividade, ou seja, era tributado em todos os elos da cadeia pelo seu valor de venda, o que é conhecido como imposto "em cascata". Já o pagamento do ICM era realizado pelo valor agregado em cada elo, apresentando características de não cumulatividade, cuja característica foi mantida pelos legisladores ao criarem o ICMS.

Assim, o ICMS é cobrado em todos as saídas de estabelecimentos comerciais e industriais, sendo que sua base de cálculo é o valor agregado por tal estabelecimento. Além disso, a Constituição de 1988 também ampliou a base de incidência do ICMS, incorporando a produção de petróleo e derivados, serviços de telecomunicações, energia elétrica e serviços de transporte interestadual, os quais possuíam regime próprio de tributação (REZENDE, 2009).

Apesar de ter sido criada em âmbito nacional pela Constituição Federal, a competência Estadual do ICMS faz com que cada um dos 27 Estados tenham suas regras, tornando sua legislação extensa e complexa. Além disso, essa metodologia de cálculo e arrecadação gera a chamada "guerra fiscal" entre os Estados, uma vez que ocorrem disputas entre os próprios Estados para oferecerem incentivos, visando a instalação de empresas em suas jurisdições. Porém, apesar do Estado que concede benefícios ganhar mais empregos e arrecadação, na verdade o país acaba perdendo, uma vez que haverá desperdício de recursos (VARSAÑO, 1997).

No que tange à arrecadação do ICMS, ele é um dos tributos que mais arrecada no país (REZENDE, 2009). Do total de tributos arrecadados em todas as esferas governamentais, o ICMS representa, em média 20%, de 1995 a 2013, conforme demonstrado na Figura 1.

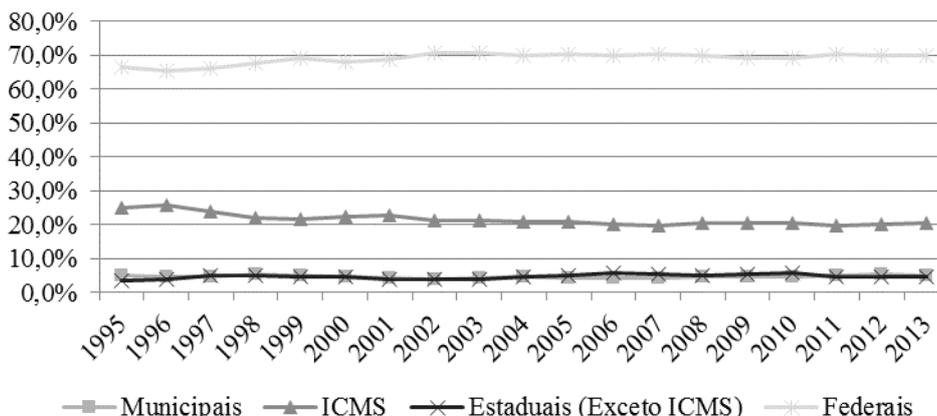


Figura 1 Evolução do Percentual de Arrecadação de Tributos no Brasil (1995 a 2013)
 Fonte: Elaborado pelos autores a partir de (IBTP, 2015)

Embora o ICMS tenha mantido suas proporções de arrecadação ao longo do tempo, o volume de arrecadação aumentou consideravelmente desde o início da série, conforme demonstrado no Figura 2.

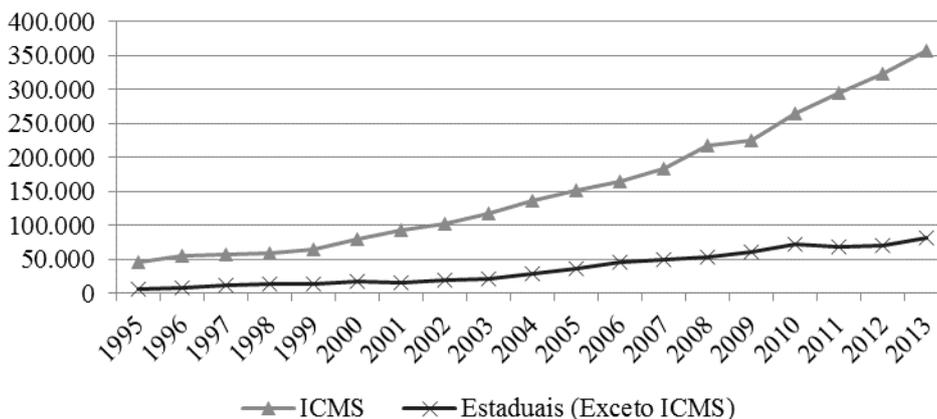


Figura 2 Evolução do Volume (R\$ milhões) de Arrecadação de Tributos no Brasil (1995 a 2013)
 Fonte: Elaborado pelos autores a partir de (IBTP, 2015)

Conforme observado na Figura 2, a arrecadação tributária de todos os entes federativos com o ICMS montava R\$ 46,5 bilhões em 1995 e passou a arrecadar R\$ 357 bilhões em 2013. Desse modo, cabe ressaltar que a arrecadação tributária de todos os entes federativos cresceram, de certa forma, na mesma proporção que o ICMS, uma vez que ele manteve a sua proporção de 20% durante o período analisado.

Desse modo, a partir dos dados expostos, nota-se a importância do ICMS no montante arrecadado em tributos no Brasil, de modo que perfaz significativa parcela dos orçamentos dos Estados da Federação e que deve estar no centro do debate orçamentário desses órgãos.

Previsão e Arrecadação do ICMS

No que tange à estimativa feita pelos Estados da Federação para a arrecadação do ICMS, encontrou-se apenas os itens que são utilizados pelo Estado de São Paulo para a referida previsão. De acordo com o Orçamento da Universidade de São Paulo (USP) para

2014(USP, 2013), o Estado de São Paulo propõe a Estimativa da Receita para 2014 em função dos seguintes itens:

- a) Arrecadação efetivamente verificada até julho de 2013;
- b) Séries históricas dos últimos 3 anos;
- c) Projeção de Arrecadação até dezembro de 2103;
- d) Projeção de uma inflação anual de 5,5%; e
- e) Crescimento do PIB paulista de 2% ao ano.

Desse modo, verifica-se que a projeção do ICMS de 2014 do Estado de São Paulo considerou a Arrecadação de ICMS do ano anterior (2013), as séries históricas dos três últimos anos, a inflação anual projetada para 2014, bem como a projeção do Produto Interno Bruto (PIB) do próprio Estado também para o ano de 2014. Embora o documento descreva quais são os itens utilizados na análise, ele não menciona a memória de cálculo para se chegar ao valor orçado de R\$ 112.562.866.667,00.

A LRF, em seu artigo 12, salienta que as previsões de receitas devem levar em consideração qualquer fator relevante que determine a arrecadação, como os efeitos das alterações nas legislações pertinentes, da variação do índice de preços e do crescimento econômico. Além disso, salienta que essas previsões devem ser acompanhadas de demonstrativos da evolução da receita do último triênio, bem como da metodologia de cálculo e das premissas utilizadas

Assim sendo, como cada Estado pode ter a sua metodologia, a Figura 3 busca evidenciar o percentual de erro de estimativa desses órgãos quando comparada à efetiva arrecadação, para o período compreendido entre 2006 e 2013.

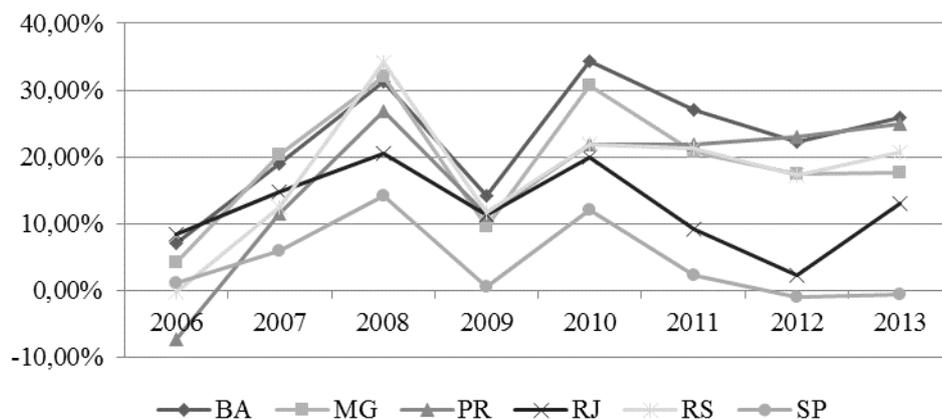


Figura 3 Percentual do Erro de Estimativa da Arrecadação de ICMS dos Estados entre 2006 e 2013

Nota: O percentual de erro foi elaborado pela fórmula: $[(arrecadação / estimativa) - 1]$

Por meio da Figura 3, observa-se que o Estado de São Paulo é o que tem menor percentual de erro de previsão durante a série, exceto pelo ano de 2006. Por outro lado, a Bahia se configura como o Estado que mais errou suas estimativas na maioria dos anos, pois em 4 deles foi o Estado que ficou em primeiro lugar (2009, 2010, 2011 e 2013) e em segundo lugar em outros três anos (2006, 2007 e 2012). Nota-se também pela figura que os Estados possuem alterações semelhantes ao longo do tempo, ou seja, suas curvas crescem e decrescem de forma, razoavelmente, de forma conjunta. Essa característica pode ser em virtude da metodologia ser semelhante entre os Estados ou até mesmo de uma conjuntura econômica,

dado que o ICMS é um tributo que está relacionado com a movimentação de mercadorias e serviços e, assim sendo, sofre os impactos das flutuações econômicas.

3 SÉRIES TEMPORAIS

A metodologia da análise de séries temporais financeiras apresenta com o objetivo a previsão de valores futuros, com base em métodos quantitativos. Os modelos de previsão evoluíram com o passar dos anos, passando de simples técnicas de regressão aos modelos não-lineares e com uso de inteligência artificial (GOOIJER; HYNDMAN, 2006).

A ferramenta de estudo para a previsão de séries de tempo com modelos paramétricos ARIMA, consolidados por Box e Jenkins (1976) apresentam o arcabouço para a construção dos modelos de previsão.

Para a utilização dessa metodologia de previsão é necessário que a série seja estacionária, caso contrário deve-se optar pela diferenciação da série, até que esse pressuposto seja atendido (WOOLDRIDGE, 2010).

Os modelos da família ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) apresentados em Engle (1982) para a modelagem de séries de inflação, tem a proposta de tratar a média da variância da série de tempo analisada, ou seja, modelar a variância condicional da amostra.

Os estudos de ARCH representaram um avanço para os modelos de previsão. Antes desses modelos a principal ferramenta de estudo para a previsão de séries de tempo eram os modelos paramétricos ARIMA, consolidados por Box e Jenkins (1976). Possibilitando assim a estimação dos modelos pela metodologia ARIMA-ARCH.

O conceito do modelo é de que não existe correlação entre os retornos da série, mas que a volatilidade apresenta memória ao longo da amostra, sendo possível a sua modelagem com a utilização de uma função quadrática (WOOLDRIDGE, 2010).

Assim, de acordo com Morettin e Toloi (2004), a metodologia ARCH denota o fato de a volatilidade ser uma variável aleatória condicional aos retornos passados, podendo ser apresentado pela equação (1):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (1)$$

Em que σ_t^2 representa a variância condicional dado o conjunto de informações disponível em $t-1$. Ainda assim, ε_{t-i} , representam os choques e são não correlacionadas serialmente. Para esse modelo ser bem definido e a variância condicional ser positiva e fracamente estacionária, as restrições paramétricas devem satisfazer:

$$\alpha_0 > 0 \text{ e } \alpha_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, p.$$

Os modelos ARCH são utilizados para modelagens mais curta, modelando a média da volatilidade apresentada pela série. Para modelos mais longos, utiliza-se a uma extensão da metodologia ARCH, os modelos GARCH, com modelagem para a variância da volatilidade apresentada (WOOLDRIDGE, 2010).

Trabalhos publicados e críticas aos modelos de séries temporais

Como colocado na introdução, não existem ainda no país muitos estudos publicados sobre a previsão de receitas orçamentárias utilizando séries temporais. As pesquisas que efetuaram previsão da receita de ICMS normalmente têm utilizado valores mensais de

arrecadação para efetuar a previsão, e focado na proposição de um “modelo ideal” para a estimação.

Há que se fazer algumas críticas quanto ao desenvolvimento de modelos ideais de séries temporais como ferramenta de estimação pelos entes públicos:

- (i) Não há generalização dos modelos encontrados. Assim, um modelo de um Estado não se aplica a outro; então não basta um outro Estado analisar a publicação de um modelo e replicá-lo, pois seus dados chegarão a outro modelo para a previsão da série temporal;
- (ii) Da mesma forma, a cada ano deverá ser construído um novo modelo, pois a série muda. Então pode-se ter um modelo para cada exercício, para um mesmo caso (Estado);
- (iii) A maioria dos trabalhos publicados não têm apresentado os valores estimados pelos casos analisados, limitando-se a comparar o valor realizado (efetivamente arrecadado) com o previsto pelo modelo. Assim, não tem sido apresentado o ganho de eficiência do modelo em relação ao cálculo efetuado sem o uso de séries temporais pelos casos;
- (iv) As séries temporais não conseguem refletir quebras estruturais, como mudanças macroeconômicas. Isso porque as séries temporais são processos estocásticos, ou não determinísticos, e referem-se a uma variável aleatória cujo valor futuro não pode ser previsto com certeza absoluta, mas apenas estimado (BUSCARIOLLI; EMERICK, 2011, p. 77).

A falta de generalização dos modelos tanto entre diferentes entes públicos, como dentro do próprio ente analisado ao se mudar os períodos pode ser verificada ao se analisar alguns modelos encontrados para a previsão nos estudos recentes (Tabela 1).

Tabela 1 Modelos de séries temporais

Análise	Modelos propostos	Fonte
ICMS do Estado de Minas Gerais	SARIMA (12,1,12)(0,1,1) ₁₂	(SANTOS; LIMA; MÁRCIA, 2006)
ICMS do Estado de Minas Gerais	ARIMA (1,0,1) e ARFIMA (1,0,36,1)	(PESSOA; CORONEL; LIMA, 2013)
ICMS do Estado da Bahia	Tendência quadrática + ar(1) ma(48) Tendência quadrática + ma(48) Tendência linear Dummy + ma(48) Tendência linear Dummy + sar(7) ma(48)	(MARQUES; UCHÔA, 2006)
ICMS do Estado do Paraná	Holt-Winters. Modelo: SARIMA (1,1,0) × (2,0,1) ₁₂	(LIEBEL; FOGLIATTO, 2005)
ICMS do Estado da Paraíba	Modelo de alisamento exponencial Holt-Winters aditivo	(DUARTE; SOUZA; GIRÃO, 2014)
ICMS do Estado do Paraná	SARIMA (2,1,0) × (0,1,1) ₁₂	(CLEMENTE; CLEMENTE, 2011)
ICMS do Estado do Rio Grande do Sul	SARIMA(0,1,1) (0,0,1) ₁₂	(SCHEFFER; SOUZA; ZANINI, 2014)

4 DADOS E AMOSTRA

A amostra do trabalho foi composta pelos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e Bahia. Os valores do ICMS arrecadados foram obtidos da base de dados do FINBRA da Secretaria do Tesouro Nacional, e as receitas de ICMS previstas pelos Estados foram coletadas por meio do Sistema de Coleta de Dados da Secretaria do Tesouro Nacional (SISTN). As previsões realizadas pelos Estados foram observadas no mês de janeiro.

A escolha dos Estados da amostra se deu pela representatividade da receita do ICMS arrecadado durante o período analisado, de 1995 a 2013, perfazendo 69,7% de todo o ICMS arrecadado, durante todo o período analisado, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 Percentual da Arrecadação de ICMS dos Estados - 1995 a 2013

Estado	Arrecadação (1995 a 2013) R\$ milhares	%	Acumulado %
SP	1.016.563.061	33,9	33,9
MG	293.843.639	9,8	43,7
RJ	284.858.6340	9,5	53,3
RS	201.187.921	6,7	60,0
PR	158.635.396	5,3	65,3
BA	132.227.343	4,4	69,7
TOTAL (27 Estados)	2.995.279.797	100	100

Nota-se que o Estado de São Paulo arrecadou um terço de todo o ICMS do país no período analisado, seguido por Minas Gerais e Rio de Janeiro, com quase 10% cada, evidenciando a região Sudeste como a maior fonte de arrecadação do ICMS, alcançando 53,3% do que foi arrecadado pelos 27 Estados da Federação. Após isso, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina¹, conjuntamente, mostram-se como a segunda região mais arrecadadora, com 6,7%, 5,3% e 3,5%, respectivamente. Por fim, a Bahia aparece como o sexto Estado com 4,4% do ICMS arrecadado no país.

Esses percentuais permaneceram razoavelmente constantes ao longo do tempo para os Estados analisados, exceto para o Estado de São Paulo, o qual arrecadava cerca de 40% do ICMS do país, de 1995 a 1998, e que declinou para 31,5% em 2013. Os demais Estados analisados não variaram ao longo do tempo, iniciando e terminando a série com o percentual estabilizado (Figura 4).

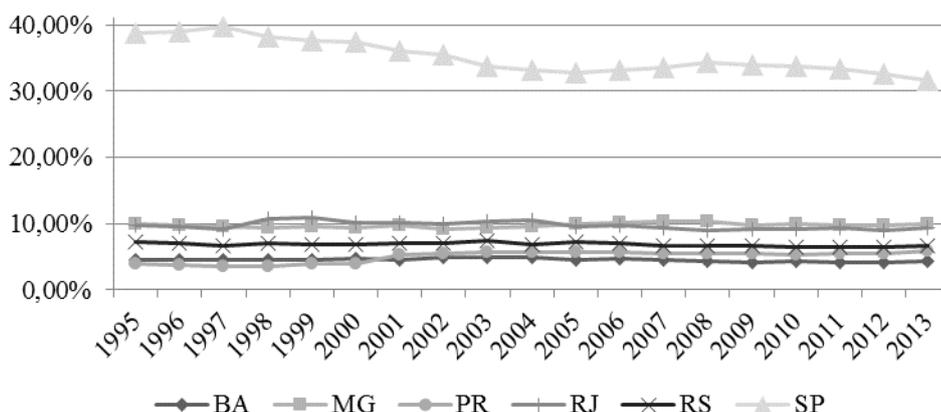


Figura 4 Evolução do Percentual de Arrecadação de ICMS dos Estados (1995 a 2013)

Apesar da relativa estabilização do percentual arrecadado pelos Estados, o volume de recursos arrecadado de ICMS cresceu vertiginosamente no período analisado, saltando de R\$ 46 bilhões, em 1995, para R\$ 357 bilhões em 2013. Registrando assim, um crescimento de mais de sete vezes em 18 anos, ou um crescimento médio de 12% ao ano. A Figura 5 demonstra esse crescimento dos Estados analisados.

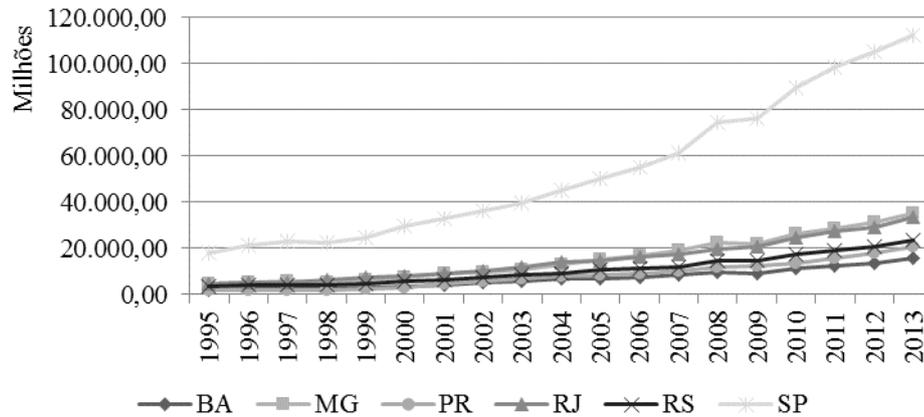


Figura 5 Evolução do Volume (R\$) de Arrecadação de ICMS dos Estados (1995 a 2013)

Por meio da Figura 5 verifica-se que todos os Estados analisados tiveram aumentos em sua arrecadação durante os anos. Destaca-se o Estado de São Paulo pelo valor arrecadado, o qual passou de uma arrecadação de ICMS de R\$ 18 bilhões em 1995 para quase R\$ 113 bilhões em 2013, aumentando em mais de 6 vezes o volume de recursos arrecadados. Porém, para melhor elucidação da comparação entre o início e o final do período de análise, foi elaborada a Figura 6.

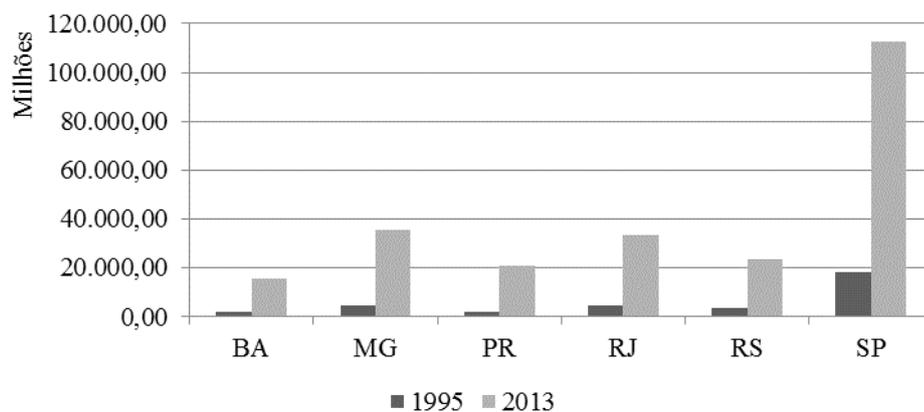


Figura 6 Arrecadação de ICMS dos Estados em 1995 e em 2013

Por meio da Figura 6, verifica-se que o Estado de Minas Gerais saltou de R\$ 4,6 bilhões para R\$ 35 bilhões, enquanto o Rio de Janeiro foi de R\$ 4,5 bilhões para R\$ 33,5 bilhões, o Rio Grande do Sul saiu de R\$ 3,4 bilhões para R\$ 23,5 bilhões, a Bahia de R\$ 2,1 bilhões para R\$ 15,7 bilhões. Por fim, o maior crescimento foi o do Paraná, o qual registrava arrecadação de R\$ 1,8 bilhões em 1995 e chegou a R\$ 20,7 bilhões em 2013, evidenciando um salto de mais de 1.000% nesses 18 anos.

5 METODOLOGIA

Após a etapa inicial de análise dos dados foram elaborados os modelos de previsão de séries temporais. Para a construção dos modelos foi utilizada a metodologia ARIMA. As previsões foram elaboradas com os dados de 1995 a 2011, com previsões para os anos de 2012 e 2013 pela metodologia de previsão estática. Para garantir a validade dos modelos utilizados foram realizados testes estatísticos de acordo com Wooldridge (2010).

Os modelos foram elaborados por meio das séries diferenciadas, pois as arrecadações de ICMS dos Estados observados não apresentam comportamento estacionário, como demonstrado pelos correlogramas das séries de arrecadação de ICMS dos Estados, Figura 7.

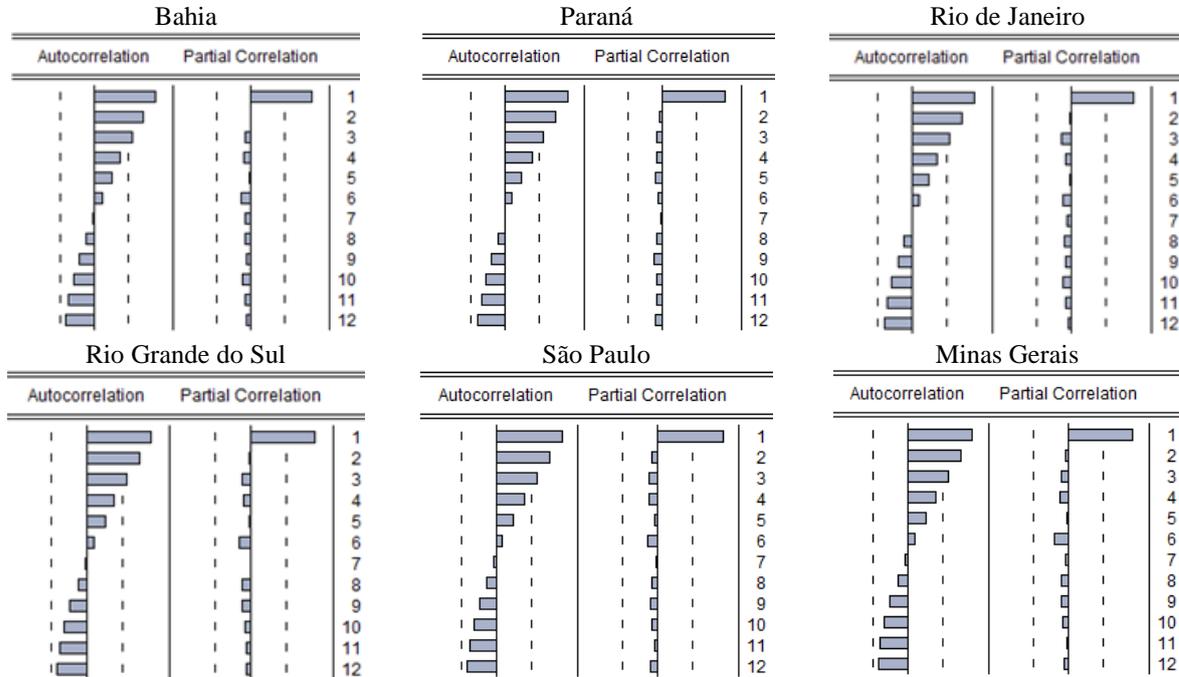


Figura 7 Correlograma das séries de arrecadação de ICMS dos Estados

Como destacado, os modelos foram elaborados por meio das séries diferenciadas de arrecadação de ICMS pelos Estados. Na Figura 8 são apresentados os comportamentos das séries diferenciadas, com destaque para o comportamento dos valores que indicam que as séries diferenciadas não apresentam raiz unitária, garantindo assim a possibilidade da utilização da metodologia ARIMA.

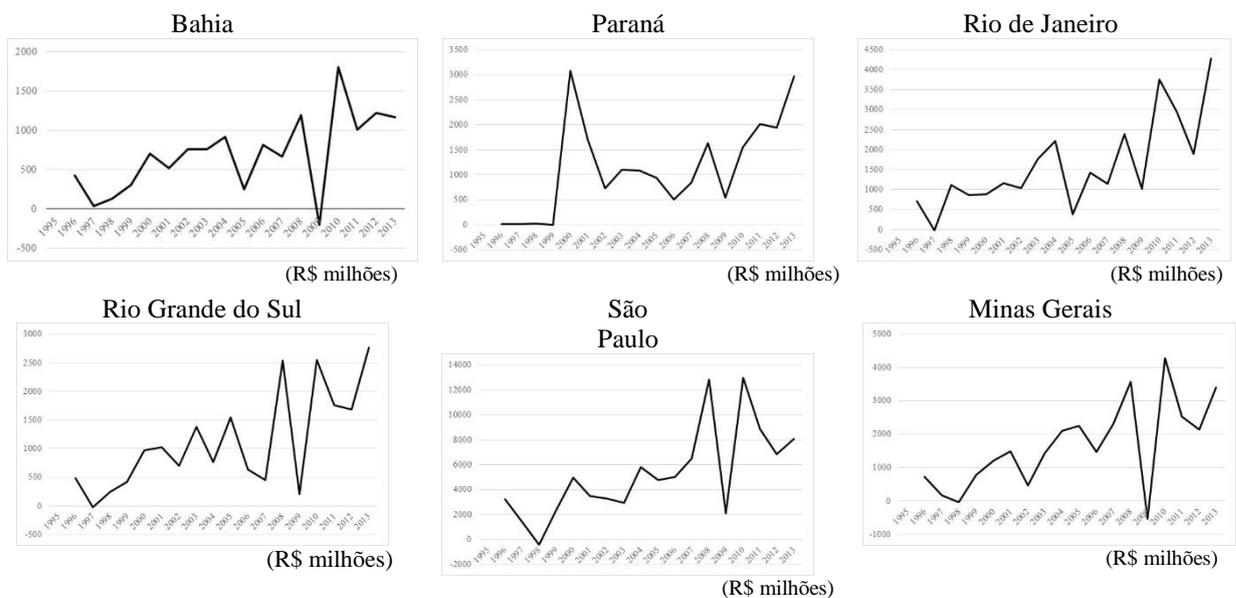


Figura 8 Séries de ICMS diferenciadas

Para cada uma das séries foram observados os correlogramas das séries e dos resíduos, testes de raiz unitária, teste de independência, análise dos resíduos ao quadrado dos modelos e teste de heterocedasticidade.

A seleção dos modelos seguiu os critérios de Akaike e Schwarz, como apresentado por Gooijer e Hyndman (2006). Esses critérios são amplamente utilizados na metodologia de séries temporais. Após esses testes, foram calculadas as estatísticas de erro dos modelos.

As estatísticas de erro foram calculadas de acordo com Gooijer & Hyndman (2006), que fizeram um estudo levantando as principais medidas de acurácia dos modelos de previsão de séries temporais.

Dentro da pesquisa os autores encontraram diversos tipos de métodos para verificar a qualidade do modelo, sendo que três com maior frequência e se mostraram mais eficientes para o objetivo proposto: MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*); RMSE (*Root Mean Square Error*) e TIC (*Coefficiente de desigualdade de Theil – Theil Inequality Coefficient*);

Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE): valor absoluto médio em percentual, verificando a margem de erro do valor estimado. Quanto menor for o seu valor, melhor é o ajuste do modelo, como demonstrado pela equação (2):

$$MAPE = \frac{100}{N} \times \sum_{i=0}^N \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i}, MAPE \geq 0 \quad (2)$$

Em que;

x_i : Série de tempo real observações;

\hat{x}_i : Série tempo estimado ou previsto;

N : Número de pontos de dados não ausentes.

Raiz quadrada do desvio quadrático médio (RMSE): Medida utilizada para as diferenças entre os valores previstos por um modelo ou um estimador e os valores efetivamente observados, sendo chamados de erros de predição, quando calculado para dados da amostra, como apresentado na equação (3):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=0}^N (x_i - \hat{x}_i)^2} \quad (3)$$

Em que;

x_i : Série de tempo real observações;

\hat{x}_i : Série tempo estimado ou previsto;

N : Número de pontos de dados não ausentes.

Coefficiente de Desigualdade de Theil (TIC): Este coeficiente sempre estará entre zero e um, com quanto menor melhor o ajuste do modelo, como demonstrado pela equação (4):

$$TIC = \frac{RMSE}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum (\hat{x}_i)^2 + \frac{1}{T} \sum (x_i)^2}} \in [0,1] \quad (4)$$

Em que;

x_i : Série de tempo real observações;

\hat{x}_i : Série tempo estimado ou previsto;

N : Número de pontos de dados não ausentes.

Por fim, como o objetivo do trabalho é a comparação entre previsões de arrecadação de ICMS realizadas pelos modelos de séries temporais comparada com as projeções

realizadas pelos Estados, utiliza-se uma medida de acurácia das estimativas de ambos os métodos, apresentada na equação (5).

$$\text{Acurácia da Previsão}_t = \left[1 - \left(\frac{\text{Previsão de arrecadação}_t}{\text{Valor Real arrecadado}_t} \right) \right] \times 100 \quad (5)$$

Em que, a Acurácia da Previsão_t representa o erro percentual entre o valor previsto e o valor arrecado pelo Estado. Assim, permite-se a comparação da acurácia das previsões dos modelos de séries temporais com as estimativas realizadas pelos Estados.

6 RESULTADOS

Após a apresentação a apresentação do referencial e da metodologia da pesquisa são apresentados os resultados das estimativas de arrecadação de ICMS por meio dos modelos de séries temporais.

Na Tabela 3 apresenta-se os modelos de séries temporais utilizados para cada um dos Estados. Como descrito na metodologia, os modelos foram desenvolvidos por meio da metodologia ARIMA. Para a garantir a validade dos modelos foram observados os correlogramas das séries e dos resíduos, testes de raiz unitária, teste de independência, análise dos resíduos ao quadrado dos modelos e teste de heterocedasticidade.

A escolha dos modelos os critérios de Arkaike e Shwarz, como apresentado por Gooijer & Hyndman (2006) e as previsões realizadas foram avaliadas de acordo com as estatísticas de erro: i) MAPE; ii) RMSE e iii) TIC (Tabela 3).

Tabela 3 Estatísticas de erro

Estado	Modelo	MAPE	RMSE - milhares	TIC
São Paulo	AR(1), MA(2)	4.82%	477.00	0.032
Minas Gerais	Tendência, AR(1), AR(2)	15.19%	490.00	0.080
Rio de Janeiro	AR(3), MA(3)	7.63%	195.00	0.029
Rio Grande do Sul	Tendência, AR(1), MA(4)	15.40%	367.00	0.086
Paraná	Tendência, MA(1)	222.22%	42.20	0.378
Bahia	Tendência, AR(1)	27.55%	72.70	0.242

Dentre as estatísticas de erro destaca-se que o MAPE e o TIC apresentam alto poder de comparação, pois não são influenciados pelos valores arrecadados de ICMS. Por outro lado, o RMSE está diretamente relacionado com a receita de ICMS dos Estados, deste modo, Estados com maiores valores arrecadados tendem a apresentar maior valores de RMSE.

Os resultados das estatísticas de erro dos modelos de previsão para os anos de 2012 e 2013 apresentam bons ajustes para a previsão de arrecadação dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Para os Estados do Paraná e Bahia nota-se modelos com menor poder preditivo.

Esses resultados podem ser explicados pelo comportamento da série, apresentado na estatística descritiva. Os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul apresentam arrecadação de ICMS sem grandes flutuações nos anos de 2012 e 2013, enquanto que os Estados do Paraná e da Bahia registraram flutuações maiores nos anos de 2012 e 2013. Essas flutuações acabam por prejudicar a qualidade de previsão dos modelos, dado que a metodologia de séries temporais utiliza a memória passada da série para efetuar as projeções.

Após a apresentação dos modelos utilizados para a previsão de arrecadação de ICMS para os anos de 2012 e 2013 na Tabela 4 são apresentados os valores arrecadados, previstos pelos Estados e os valores projetados nos anos de 2012 e 2013. Ainda assim, são apresentados

os valores da acurácia das projeções dos Estados e dos modelos de séries temporais (Tabela 4).

Tabela 4 Modelos estimados

UF	Arrecadado		Projetado - Estado				Projetado - Modelo			
	2012	2013	2012	Acurácia (%)	2013	Acurácia (%)	2012	Acurácia (%)	2013	Acurácia (%)
SP	105,289	112,702	106,417	1.1	113,432	0.6	105,259	0.03	113,086	0.3
MG	31,564	35,245	26,898	-14.8	29,972	-15.0	30,927	2.0	34,973	-0.8
RJ	29,206	33,483	28,532	-2.3	29,625	-11.5	28,933	0.9	33,517	0.1
RS	20,731	23,497	17,676	-14.7	19,462	-17.2	20,491	1.2	23,171	-1.4
PR	17,751	20,726	14,430	-18.7	16,581	-20.0	17,650	0.6	19,730	-4.8
BA	13,495	15,682	11,041	-18.2	12,465	-6.9	13,384	0.8	14,659	-6.5
Média				-11.3		-11.6		0.9		-2.2

Os resultados indicam que em média, as projeções realizadas pelos Estados são 11,3% menores do que os valores arrecadados em 2012 e 11,6% menores do que os valores arrecadados em 2013. As projeções realizadas pelos modelos de séries temporais foram em média 0,9% maiores em 2012 e 2,2% menor em 2013, quando comparadas com os valores reais. Assim, fica evidente a maior acurácia das previsões realizadas pela previsão por meio dos modelos ARIMA. Ainda assim, é importante destacar que o Estado de São Paulo obteve estimativas bem próximas do realizado, nos anos de 2012 e 2013, ainda que com menor acurácia do que as previsões dos modelos de séries temporais.

Os resultados são apresentados também na Figura 9 em que são apresentados os valores reais de ICMS arrecadados pelos Estados, as previsões realizadas pelos Estados e as estimativas dos modelos de séries temporais desenvolvidos neste trabalho.

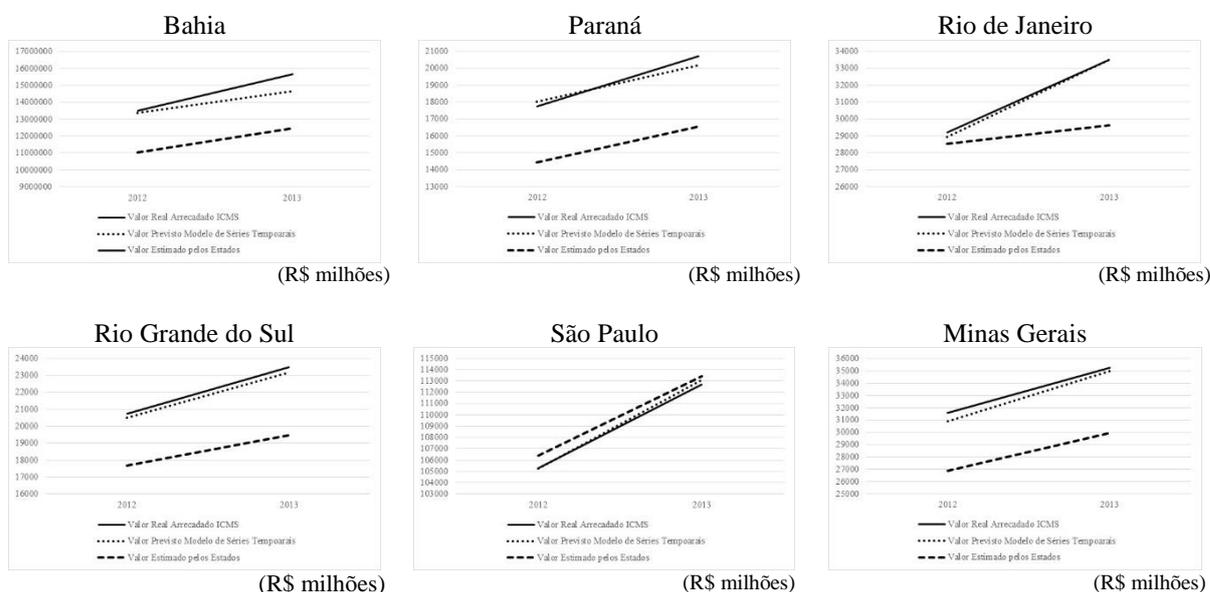


Figura 9 Valores previstos e arrecadados, 2012 e 2013

Como indicado pelas estatísticas de erro dos modelos, as projeções realizadas pelos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul apresentaram projeções mais próximas dos valores reais.

Para os estados do Paraná e da Bahia as projeções para os anos de 2013 foram as que apresentaram maior descolamento com os dados reais. A menor acurácia das previsões pode ser explicada pelo comportamento das séries de arrecadação de ICMS desses Estados, pois de acordo com Buscariolli e Emerick (2011), os modelos de séries temporais apresentam

dificuldade em refletir alterações no padrão das séries. Ainda assim, destaca-se que em todos os casos analisados as projeções realizadas pelos modelos ARIMA foram mais acuradas do que as projeções realizadas pelos Estados.

Quando comparado com os estudos realizados para o caso brasileiro para a previsão de ICMS dos Estados, (SANTOS; LIMA; MÁRCIA, 2006; PESSOA; CORONEL; LIMA, 2013; MARQUES; UCHÔA, 2006; LIEBEL; FOGLIATTO, 2005; DUARTE; SOUZA; GIRÃO, 2014; SCHEFFER; SOUZA; ZANINI, 2014), os resultados encontrados nesse trabalho não apresentam um modelo ideal de previsão de receita de ICMS para cada um dos Estados da amostra, mas sim indicam que a utilização da metodologia de séries temporais pode ser utilizada pelos Estados brasileiros para aumentar a acurácia da previsão de ICMS. Uma vez que, com o aumento da série de previsão ao longo do tempo e com mudanças econômicas seria necessário alterar o modelo ideal proposto.

Deste modo, considerando a maior acurácia das previsões realizadas pelos modelos de séries temporais, mesmo não desconsiderando as dificuldades em se utilizar a ferramenta de séries temporais para a estimação das receitas, sugere-se aos gestores a implantação dessa metodologia para futuras previsões de receita de ICMS dos Estados, aumentando assim a previsibilidade da receita futura e permitindo uma maior segurança ao gestor público na tomada de decisão.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correta previsão de receita tributária é de fundamental importância para Estados e Municípios, pois permitem ao gestor público maior segurança na tomada de decisão. Dentro do quadro de receita, destaca-se a importância do ICMS, que representa a maior parcela de receita por parte dos Estados.

No Brasil, estudos sobre o uso de modelos de séries temporais para a estimação de receitas tributárias são recentes e necessitam de maiores evidências para que sua utilização seja amplamente difundida, uma vez que as estimativas são realizadas por meio de metodologias internas dos Estados.

Dessa forma, o presente trabalho buscou analisar a acurácia das previsões dos modelos de séries temporais, comparando seus resultados com as previsões realizadas pelos Estados, com o objetivo de verificar se a utilização dessa metodologia aumenta o poder de previsão de receita. O estudo utilizou os valores arrecadados de ICMS no período de 1995 a 2013 de seis Estados da Federação: SP, MG, RJ, RS, PR e BA, que juntos correspondem a 69,7% do ICMS total arrecadado pelos Estados brasileiros. Para a estimação dos modelos foi utilizada a metodologia ARIMA, consolidada por (BOX; JENKINS, 1976).

A adequação dos modelos seguiu os critérios utilizados na literatura, observando as estatísticas de erro dos modelos pelos critérios: i) MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*); ii) RMSE (*Root Mean Square Error*) e iii) TIC (Coeficiente de desigualdade de Theil – *Theil Inequality Coefficient*).

Ainda assim, na pesquisa foi apresentada uma revisão sobre o comportamento da receita de ICMS arrecada pelos Estados. Além disso, também foi apresentada uma revisão sobre os principais trabalhos sobre previsão de receitas tributárias pela metodologia de séries temporais, assim como as principais críticas à utilização dos modelos de séries temporais para a previsão de receitas.

Os resultados indicam que os modelos de séries temporais apresentam maior acurácia de previsão quando comparado com as previsões realizadas pelos Estados. Os modelos

apresentados no trabalho obtiveram um erro de previsão médio em 2012 de 0,9% e de -2,2% em 2013, enquanto as estimativas realizadas pelos Estados apresentaram erro de -11,3% em 2012 e de -11,6% em 2013.

Assim, os resultados sugerem que a adoção da metodologia de previsão ARIMA poderia ser utilizada pelos Estados para aumentar a previsibilidade da arrecadação de ICMS, ainda que as críticas apresentadas sobre a utilização dessa metodologia para a previsão de receitas devam ser consideradas.

Os trabalhos atuais sobre previsão de arrecadação de ICMS parecem não ser úteis para uso pelos Estados para suas previsões futuras, pois se limitam a apresentar a indicação de um modelo ideal para ser utilizado, comprometendo assim as estimativas futuras, pois quando novas informações são incorporadas às séries de arrecadação de ICMS outros modelos devem ser utilizados para a previsão.

Além disso, é importante destacar que os modelos de séries temporais não são indicados quando ocorrem quebras estruturais, como mudanças macroeconômicas, pois como os modelos trabalham com os valores passados, grandes alterações não são captadas de maneira precisa por essa metodologia.

Deste modo, sugere-se aos Estados a capacitação de profissionais para desenvolver essa metodologia, uma vez que os softwares de estimação de séries requerem um treinamento especializado, e adiciona-la aos já existentes mecanismos de previsão de arrecadação de receita.

Como sugestão para futuras pesquisas, apresenta-se a possibilidade de utilização de outras metodologias de previsão de séries temporais para a previsão de receitas, com o objetivo de verificar se elas aumentam a acurácia de previsão. Ainda assim, destaca-se a possibilidade de ampliação da amostra do estudo, contemplando os demais Estados da federação, assim como outras fontes de receita tributária.

REFERÊNCIAS

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. São Francisco: Holden-Day, 1976.

BRASIL. **Lei Complementar n. 87, de 13 de setembro de 1996**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm>. Acesso em: 8 jan. 2015.

BRASIL. **Lei Complementar n. 101, de 4 de maio de 2000**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm>. Acesso em: 18 maio. 2014.

BUSCARIOLLI, B.; EMERICK, J. **Econometria com Eviews - guia essencial de conceitos e aplicações**. São Paulo: Ed. Saint Paul, 2011. p. 158

CLEMENTE, A.; CLEMENTE, L. T. Aplicação da metodologia Box-Jenkins para previsão do ICMS do estado do Paraná de agosto de 2011 a julho de 2012. **Economia & Tecnologia**, v. 27, p. 47–58, 2011.

DUARTE, F. C. DE L.; SOUZA, M. F. DE; GIRÃO, L. F. DE A. P. Previsão da Arrecadação do ICMS: uso do modelo Holt-Winters Aditivo na Paraíba. **XI Congresso de Iniciação Científica USP**, 2014.

ENGLE, R. F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987–1007, 1982.

GOOIJER, J. G. DE; HYNDMAN, R. J. 25 Years of Time Series Forecasting. **International Journal of Forecasting**, v. 22, n. 3, p. 443–473, jan. 2006.

IBTP. **Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação**. Disponível em: <<https://www.ibpt.org.br>>.

LIEBEL, M. J.; FOGLIATTO, F. S. **Método para previsão de receita tributária** XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...**Porto Alegre: 2005

MARQUES, C. A. G.; UCHÔA, C. F. A. Estimção e previsão do ICMS na Bahia. **Desenbahia**, v. 3, n. 5, p. 195–211, 2006.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2004. p. 535

PESSOA, F. DE M. C.; CORONEL, D. A.; LIMA, J. E. DE. Previsão de arrecadação de ICMS para o estado de Minas Gerais: uma comparação entre modelos ARIMA e ARFIMA. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 2, p. 47–64, 2013.

REZENDE, F. O ICMS: Como era, o que mudou ao longo do tempo, perspectivas e novas mudanças. **Cadernos Fórum Fiscal**, v. 10, p. 1–50, 2009.

RUBIN, I. S. **The Politics of Public Budgeting**. 6th. ed. Washington: Ed. CQPress, 2010. p. 330

SANTOS, C. M. DOS; LIMA, J. E. DE; MÁRCIA, C. Análise de previsões da arrecadação do ICMS no Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Administração**, v. 5, n. 4, p. 413–423, 2006.

SCHEFFER, D.; SOUZA, A. M.; ZANINI, R. R. **Utilização de modelos ARIMA para previsão da arrecadação de ICMS do Estado do Rio Grande do Sul** XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha - SPOLM. **Anais...**São Paulo: 2014

STN. **Manual de receita nacional**. Brasília: Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2008. p. 330

USP. **Orçamento da USP para 2014**. Disponível em: <http://www.usp.br/codage/files/intro_orcamento2014.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

VARSANO, R. A guerra fiscal do ICMS: quem ganha e quem perde. In: **Texto para discussão no 500 - Planejamento e Políticas Públicas**. Rio de Janeiro: IPEA, 1997. p. 18.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. 2nd. ed. Cambridge: The MIT Press, 2010.

WORLD BANK. **PEFA - Public Expenditure and Financial Accountability**. Disponível em: <<http://www.pefa.org/en/content/pefa-framework-material-1>>. Acesso em: 29 maio. 2014.

ⁱ Apesar de não constar no presente estudo, o Estado de Santa Catarina é o 7º estado arrecadador de ICMS, perfazendo um total de R\$ 105.932.684.438,32, de 1995 a 2013, o que corresponde a 3,5% do ICMS arrecadado em todo o país dentre o referido período.