**4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Esta seção visa apresentar uma comparação entre a acurácia dos diferentes métodos e modelos utilizados para a realização de previsões e explorar possíveis determinantes para o comportamento observado. Ela está dividida em três seções. Na primeira seção serão apresentadas as medidas de acurácia com o objetivo de identificar qual método ou modelo se sobressaiu em diferentes horizontes temporais de previsão. Na segunda seção serão apresentados brevemente os resultados por estados. E, por fim, serão exploradas algumas variáveis capazes de caracterizar a diferença dos resultados entre os estados.

**4.1. Acurácia dos Métodos e Modelos – Análise Geral**

A tabela 1 apresenta o erro absoluto percentual médio (MAPE) para diferentes horizontes de previsão. Para as previsões um passo a frente, o ARIMA obteve o menor MAPE (6,4%), quase metade do valor obtido pelo Ingênuo (11,4%). Para os demais horizontes de previsão a Combinação pela Média e pela Mediana alternaram a primeira posição com valores de MAPE extremamente próximos. A Combinação pela Média foi superior em três horizontes (1-8; 1-16; 1-20) e a Combinação pela Mediana em dois (1-4; 1-12). Também merece destaque o desempenho do VAR. Apesar do MAPE relativamente alto para as previsões de um passo a frente (7,9%), seu desempenho melhorou comparativamente nos demais horizontes e obteve o terceiro menor MAPE atrás das combinações para todos os demais horizontes.

Também é possível notar a partir da análise da tabela 1 a tendência de piora na acurácia com o incremento do horizonte para todos os modelos. Esta tendência de piora é natural, no entanto, um modelo que consegue manter seu desempenho estável pode ser adequado em determinadas situações. Neste quesito, os métodos e modelos capazes de manter mais estabilidade entre os diferentes horizontes foram o VAR, a Suavização Exponencial e o Ingênuo. Em duas mudanças de horizontes o VAR foi capaz até mesmo de diminuir seu MAPE (1 para 1-4; e 1-12 para 1-16).

A figura 1 apresenta a distribuição dos erros absolutos percentuais por horizonte de previsão. Fica clara a diferença de desempenho entre os sete primeiros meses e os restantes. Não somente a mediana dos erros foi menor nos sete primeiros meses, como a variabilidade também foi significativamente menor.

TABELA 1 - Erro Absoluto Percentual Médio (MAPE) - Fora da Amostra ( maio/2013 – dez/2014, n=20 )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Método** | **Horizonte de Previsão** | | | | | |
| **1** | **Média 1-4** | **Média 1-8** | **Média 1-12** | **Média 1-16** | **Média 1-20** |
| ARIMA | 6,4% | 7,7% | 8,8% | 9,2% | 9,3% | 9,9% |
| Combinação - Média | 6,8% | 7,0% | 7,8% | 8,6% | 8,7% | 9,1% |
| Combinação - Mediana | 6,8% | 7,0% | 7,8% | 8,6% | 8,7% | 9,2% |
| STAR | 6,9% | 7,7% | 8,9% | 9,9% | 10,1% | 10,8% |
| VAR | 7,9% | 7,6% | 8,5% | 9,0% | 9,0% | 9,4% |
| Suavização Exponencial | 8,1% | 8,0% | 8,7% | 9,3% | 9,6% | 10,1% |
| Passeio Aleatório | 8,2% | 8,8% | 10,6% | 12,4% | 11,9% | 12,4% |
| LSTVAR | 8,5% | 8,1% | 9,4% | 10,6% | 11,2% | 12,2% |
| Ingênuo | 11,4% | 11,4% | 11,7% | 11,8% | 13,2% | 13,9% |

Fonte: Elaboração dos Autores

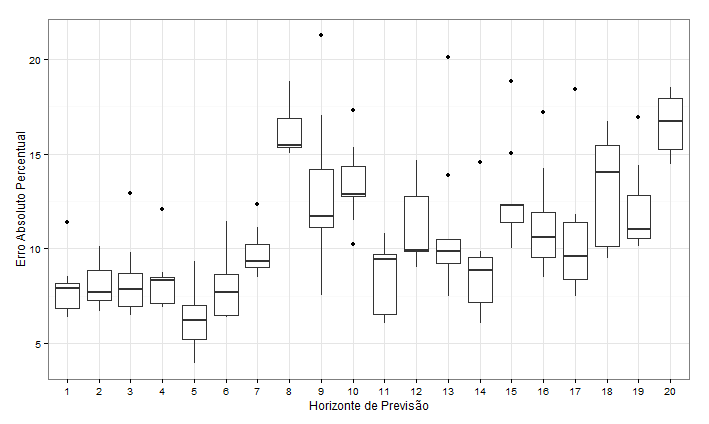


FIGURA 1 – Erros Absolutos Percentuais *versus* Horizontes de Previsão. Fonte: Elaboração dos Autores.

A tabela 1 apresenta o comportamento médio dos métodos e modelos em relação à acurácia das previsões. Entretanto, também é interessante analisarmos quais modelos tiveram o maior número de melhor acurácia para um Estado específico, desconsiderando seu comportamento médio entre os Estados. Nesse sentido, a tabela 2 apresenta o percentual de vezes que um modelo obteve o menor MAPE entre os 27 estados para diferentes horizontes de previsão. Sua interpretação é, por exemplo, que para o horizonte de previsão de um passo a frente o Passeio Aleatório teve o menor MAPE em 7,4% dos Estados.

Alguns fatos interessantes podem ser observados nessa análise. Em primeiro lugar, o Ingênuo, que obteve o maior MAPE na média para os Estados, foi um dos que mais vezes obteve o menor MAPE na análise de cada Estado, ao lado do ARIMA. No caso do Ingênuo isso implica que sua performance possui uma grande variabilidade.

TABELA 2 - % de vezes que modelo obteve menor MAPE em algum Estado - Fora da Amostra ( maio/2013 – dez/2014, n=20 )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Método** | **Horizonte de Previsão** | | | | | |
| **1** | **Média 1-4** | **Média 1-8** | **Média 1-12** | **Média 1-16** | **Média 1-20** |
| Ingênuo | 22,2% | 11,1% | 14,8% | 14,8% | 22,2% | 22,2% |
| ARIMA | 18,5% | 18,5% | 14,8% | 22,2% | 22,2% | 18,5% |
| LSTVAR | 18,5% | 11,1% | 7,4% | 3,7% | 11,1% | 14,8% |
| STAR | 14,8% | 14,8% | 7,4% | 14,8% | 11,1% | 7,4% |
| Combinação - Média | 11,1% | 14,8% | 22,2% | 3,7% | 7,4% | 11,1% |
| Passeio Aleatório | 7,4% | 11,1% | 3,7% | 3,7% | 0,0% | 0,0% |
| VAR | 3,7% | 7,4% | 11,1% | 14,8% | 11,1% | 7,4% |
| Suavização Exponencial | 3,7% | 7,4% | 11,1% | 14,8% | 7,4% | 14,8% |
| Combinação - Mediana | 0,0% | 3,7% | 7,4% | 7,4% | 7,4% | 3,7% |

Fonte: Elaboração dos Autores

**4.2. Acurácia dos Métodos e Modelos – Análise nos Estados**

A figura 2 apresenta o MAPE para o horizonte 1-20 para cada Estado e para todos os modelos estimados. O Estado do Rio Grande do Sul (RS) teve o menor MAPE (5,0%), seguido de perto de Santa Catarina (5,2%). No outro extremo, Amapá apresentou um MAPE de 21,5%. A média do MAPE para todos os Estados foi de 10,8%.

Por sua vez a tabela 3 apresenta o erro acumulado por Estado para o método ou modelo que apresentou o menor MAPE para todo o horizonte de previsão (1-20). Apesar do erro acumulado permitir o cancelamento de erros em direções opostas, ele é extremamente importante para fins de utilização das previsões da RCL para fins de cumprimento de limites legais, como por exemplo a participação da despesa total com pessoal na RCL.

Merece especial destaque o resultado dos Estados do Mato Grosso (MT) e Pernambuco (PE). Ambos estados tiveram como melhor método o Ingênuo e foram os únicos a obterem um erro percentual acumulado menor do que 1% em módulo para todos os períodos analisados.

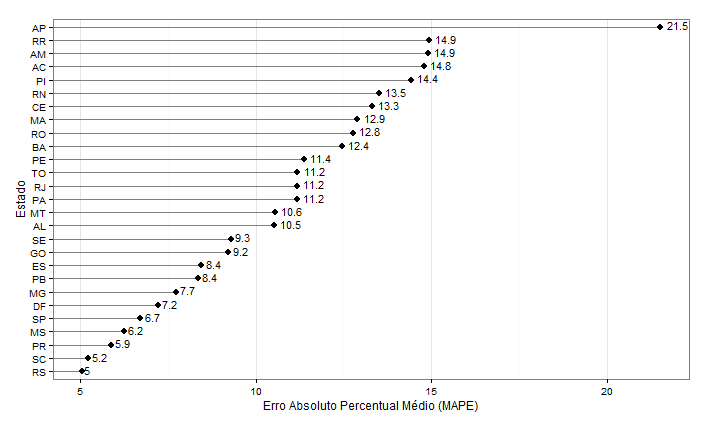


FIGURA 2 – Erro Absoluto Percentual Médio (MAPE) para o horizonte 1-20. Fonte: Elaboração do Autor.

TABELA 3 – Erro Acumulado do Método com Menor MAPE (média 1-20) por Estado - Fora da Amostra ( maio/2013 – dez/2014, n=20 ) - Em Milhões

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Estado - Melhor Método** | **Horizonte de Previsão** | | | | | | | | | | | | | |
| **1-12** | | | |  | **5-16** | | | |  | **9-20** | | | |
| **Realiz.** | **Prev.** | **Erro Acum** | **%** |  | **Realiz.** | **Prev.** | **Erro Acum** | **%** |  | **Realiz.** | **Prev.** | **Erro Acum** | **%** |
| Acre (AC) - ARIMA | 3.987,8 | 3.759,7 | 228,1 | 5,7% |  | 4.231,3 | 3.910,4 | 320,9 | 7,6% |  | 4.267,2 | 4.073,0 | 194,3 | 4,6% |
| Alagoas (AL) - Ingênuo | 5.703,6 | 5.453,6 | 250,0 | 4,4% |  | 5.808,7 | 5.537,8 | 270,9 | 4,7% |  | 5.969,7 | 5.622,0 | 347,7 | 5,8% |
| Amazonas (AM) - VAR | 11.078,2 | 10.203,9 | 874,2 | 7,9% |  | 11.129,1 | 10.641,8 | 487,3 | 4,4% |  | 11.040,0 | 11.124,5 | -84,5 | -0,8% |
| Amapá (AP) - STAR | 3.667,7 | 3.245,7 | 421,9 | 11,5% |  | 3.974,3 | 3.419,0 | 555,3 | 14,0% |  | 4.020,1 | 3.627,2 | 392,9 | 9,8% |
| Bahia (BA) - VAR | 24.353,1 | 23.190,9 | 1.162,2 | 4,8% |  | 25.909,7 | 24.033,8 | 1.875,8 | 7,2% |  | 25.870,5 | 25.009,7 | 860,8 | 3,3% |
| Ceará (CE) - ARIMA | 13.783,0 | 13.376,9 | 406,1 | 2,9% |  | 14.150,1 | 13.943,7 | 206,4 | 1,5% |  | 14.418,5 | 14.392,1 | 26,4 | 0,2% |
| Distrito Federal (DF) - ARIMA | 16.324,9 | 16.179,7 | 145,2 | 0,9% |  | 16.802,8 | 16.781,9 | 20,9 | 0,1% |  | 17.504,3 | 17.322,3 | 182,0 | 1,0% |
| Espírito Santo (ES) - Ingênuo | 11.113,6 | 11.068,2 | 45,4 | 0,4% |  | 11.545,5 | 11.171,1 | 374,4 | 3,2% |  | 11.798,3 | 11.274,1 | 524,2 | 4,4% |
| Goiás (GO) - Suavização Exponencial | 15.694,1 | 15.120,3 | 573,8 | 3,7% |  | 16.248,0 | 15.755,3 | 492,7 | 3,0% |  | 16.656,5 | 16.427,8 | 228,6 | 1,4% |
| Maranhão (MA) - LSTVAR | 9.515,6 | 9.338,5 | 177,1 | 1,9% |  | 9.964,5 | 9.666,0 | 298,5 | 3,0% |  | 10.147,5 | 10.181,3 | -33,8 | -0,3% |
| Minas Gerais (MG) - Ingênuo | 44.817,1 | 45.598,6 | -781,5 | -1,7% |  | 46.167,2 | 46.924,1 | -756,9 | -1,6% |  | 47.644,2 | 48.249,6 | -605,4 | -1,3% |
| Mato Grosso do Sul (MS) - ARIMA | 7.458,2 | 7.514,6 | -56,4 | -0,8% |  | 7.672,8 | 7.753,0 | -80,2 | -1,0% |  | 8.095,6 | 8.059,5 | 36,1 | 0,4% |
| Mato Grosso (MT) - Ingênuo | 10.348,3 | 10.302,3 | 46,1 | 0,4% |  | 10.615,1 | 10.645,6 | -30,5 | -0,3% |  | 10.927,7 | 10.989,0 | -61,3 | -0,6% |
| Pará (PA) - Combinação - Média | 13.909,8 | 13.894,5 | 15,3 | 0,1% |  | 14.666,6 | 14.398,5 | 268,1 | 1,8% |  | 15.092,5 | 15.056,8 | 35,7 | 0,2% |
| Paraíba (PB) - LSTVAR | 7.321,0 | 6.962,9 | 358,2 | 4,9% |  | 7.429,4 | 7.159,6 | 269,9 | 3,6% |  | 7.399,8 | 7.411,7 | -11,9 | -0,2% |
| Pernambuco (PE) - Ingênuo | 17.621,0 | 17.472,9 | 148,1 | 0,8% |  | 18.035,6 | 17.937,4 | 98,2 | 0,5% |  | 18.475,0 | 18.401,9 | 73,2 | 0,4% |
| Piauí (PI) - Suavização Exponencial | 5.988,2 | 5.525,3 | 462,9 | 7,7% |  | 6.103,6 | 5.738,8 | 364,8 | 6,0% |  | 6.201,5 | 5.992,6 | 208,9 | 3,4% |
| Paraná (PR) - Combinação - Mediana | 26.425,2 | 25.331,7 | 1.093,5 | 4,1% |  | 26.970,7 | 26.260,1 | 710,6 | 2,6% |  | 28.336,7 | 27.263,5 | 1.073,2 | 3,8% |
| Rio de Janeiro (RJ) - Suavização Exponencial | 47.388,3 | 44.994,8 | 2.393,6 | 5,1% |  | 47.896,3 | 45.837,2 | 2.059,1 | 4,3% |  | 46.045,5 | 46.692,5 | -646,9 | -1,4% |
| Rio Grande do Norte (RN) - Ingênuo | 7.390,9 | 7.532,7 | -141,8 | -1,9% |  | 7.384,5 | 7.750,0 | -365,5 | -4,9% |  | 7.386,1 | 7.967,3 | -581,2 | -7,9% |
| Rondônia (RO) - Combinação - Média | 5.120,7 | 4.939,9 | 180,8 | 3,5% |  | 5.340,3 | 5.047,3 | 293,0 | 5,5% |  | 5.489,3 | 5.161,1 | 328,1 | 6,0% |
| Roraima (RR) - Suavização Exponencial | 2.534,5 | 2.467,8 | 66,6 | 2,6% |  | 2.725,8 | 2.528,1 | 197,7 | 7,3% |  | 2.785,3 | 2.593,9 | 191,4 | 6,9% |
| Rio Grande do Sul (RS) - Suavização Exponencial | 27.348,1 | 27.283,9 | 64,2 | 0,2% |  | 27.691,6 | 28.071,7 | -380,1 | -1,4% |  | 28.633,5 | 28.931,0 | -297,5 | -1,0% |
| Santa Catarina (SC) - ARIMA | 16.725,9 | 16.513,4 | 212,4 | 1,3% |  | 17.351,3 | 17.139,7 | 211,7 | 1,2% |  | 17.835,5 | 17.825,5 | 10,0 | 0,1% |
| Sergipe (SE) - LSTVAR | 5.721,7 | 5.522,5 | 199,1 | 3,5% |  | 5.839,9 | 5.682,0 | 157,9 | 2,7% |  | 5.982,5 | 5.866,0 | 116,5 | 1,9% |
| São Paulo (SP) - LSTVAR | 133.955,7 | 128.714,7 | 5.241,0 | 3,9% |  | 134.129,2 | 132.054,2 | 2.075,1 | 1,5% |  | 135.630,2 | 135.299,9 | 330,3 | 0,2% |
| Tocantins (TO) - STAR | 5.636,1 | 5.220,0 | 416,1 | 7,4% |  | 5.915,1 | 5.496,9 | 418,2 | 7,1% |  | 6.071,5 | 5.834,7 | 236,7 | 3,9% |

**4.3. Acurácia dos Métodos e Modelos – Caracterização dos Resultados**

A tabela 4 apresenta o MAPE para as diferentes regiões. Foi considerada uma média dos erros absolutos de todos os métodos e modelos. É possível notar que a Região Sul possui o menor MAPE para todos os horizontes considerados. Já a região Norte possui o maior MAPE para todos os horizontes. O MAPE da região Norte chega a ser quase três vezes maior do que o da região Sul em todos os períodos. A região Sudeste teve o segundo menor MAPE na previsão um passo a frente sendo que a Centro-Oeste ficou com a segunda posição em todos os demais períodos.

TABELA 4 - Erro Absoluto Percentual Médio (MAPE) - Fora da Amostra ( maio/2013 – dez/2014, n=20 )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Região** | **Horizonte de Previsão** | | | | | |
| **1** | **Média 1-4** | **Média 1-8** | **Média 1-12** | **Média 1-16** | **Média 1-20** |
| Sul | 3,3% | 3,9% | 4,9% | 5,3% | 5,2% | 5,4% |
| Sudeste | 6,8% | 7,9% | 8,6% | 8,4% | 8,4% | 8,5% |
| Centro-Oeste | 7,0% | 5,8% | 7,2% | 7,9% | 7,7% | 8,3% |
| Nordeste | 9,2% | 7,7% | 8,8% | 10,0% | 10,6% | 11,8% |
| Norte | 9,3% | 12,0% | 12,7% | 13,9% | 14,3% | 14,5% |

Fonte: Elaboração dos Autores

A tabela 5 apresenta o MAPE para diferentes categorias dos métodos e modelos utilizados. Foi considerada uma média dos erros absolutos de todos os métodos e modelos. As categorias de cada modelo podem estão demonstradas no apêndice A. As combinações apresentaram o menor MAPE para todos os horizontes, seguidos dos modelos univariados. Interessante notar o fato de que os modelos multivariados, apesar de possuírem maior complexidade associada, não foram capazes de obter uma acurácia superior aos métodos univariados.

TABELA 5 - Erro Absoluto Percentual Médio (MAPE) - Fora da Amostra ( maio/2013 – dez/2014, n=20 )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Categoria Método** | **Horizonte de Previsão** | | | | | |
| **1** | **Média 1-4** | **Média 1-8** | **Média 1-12** | **Média 1-16** | **Média 1-20** |
| Combinação | 6,8% | 7,0% | 7,8% | 8,6% | 8,7% | 9,1% |
| Univariado | 7,1% | 7,8% | 8,8% | 9,5% | 9,7% | 10,3% |
| Multivariado | 8,2% | 7,8% | 9,0% | 9,8% | 10,1% | 10,8% |
| Benchmarking | 9,8% | 10,1% | 11,1% | 12,1% | 12,6% | 13,1% |

Fonte: Elaboração dos Autores

A tabela 6 apresenta o MAPE para diferentes níveis de participação do ICMS na RCL. Foi considerada uma média dos erros absolutos de todos os métodos e modelos. Os Estados que possuem uma participação do ICMS na RCL maior do que 74,6% tiveram o menor MAPE em todo o período considerado.

TABELA 6 - Erro Absoluto Percentual Médio (MAPE) - Fora da Amostra ( maio/2013 – dez/2014, n=20 )

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Part (%) ICMS na RCL** | **% Estados** | **Horizonte de Previsão** | | | | | |
| **1** | **Média 1-4** | **Média 1-8** | **Média 1-12** | **Média 1-16** | **Média 1-20** |
| (0.207,0.342] | 18,5% | 11,4% | 13,4% | 13,4% | 15,2% | 15,3% | 15,4% |
| (0.342,0.477] | 11,1% | 9,4% | 7,2% | 7,7% | 9,0% | 9,0% | 9,8% |
| (0.477,0.612] | 18,5% | 6,4% | 7,3% | 8,8% | 9,4% | 10,0% | 11,3% |
| (0.612,0.746] | 25,9% | 10,0% | 8,5% | 10,0% | 10,6% | 11,0% | 11,7% |
| (0.746,0.882] | 25,9% | 3,7% | 5,0% | 6,0% | 6,3% | 6,3% | 6,6% |

Fonte: Elaboração dos Autores

**APÊNDICE A – Categorias dos Métodos e Modelos**

|  |  |
| --- | --- |
| **Método** | **Categoria** |
|
| Ingênuo | Benchmarking |
| Passeio Aleatório | Benchmarking |
| Suavização Exponencial | Univariado |
| ARIMA | Univariado |
| STAR | Univariado |
| VAR | Multivariado |
| LSTVAR | Multivariado |
| Combinação - Média | Combinação |
| Combinação - Mediana | Combinação |

Fonte: Elaboração dos Autores