

4

Previsão de Demanda

4.1

Descrição geral dos Mercados da Unidade Produtiva

A fábrica de Placa de Vedação do Grupo BETA foi a unidade escolhida para demonstrar o potencial da aplicação da ferramenta Previsão de Demanda. A unidade em estudo não faz uso de nenhum modelo de previsão de demanda, ou seja, o grupo BETA ao final de cada ano elabora uma previsão de vendas para o ano seguinte baseada no total de vendas do ano anterior e nas conjunturas mercadológicas. Normalmente, a diretoria estabelece um determinado percentual de acréscimo a ser aplicado no total das vendas para cada segmento de mercado, que servirá de base para a definição do orçamento financeiro e das metas a serem atingidas. Outro ponto a ser ressaltado é que o Grupo BETA é deficiente de um processo estruturado de comunicação e de integração das informações entre os setores do sistema produtivo como compras, vendas, marketing, produção e demais setores, como também não é estruturado nos moldes do MRP, MRPII ou ERP.

A unidade estudada produz um único tipo de produto, denominado de Placa de Vedação, material este utilizado como elemento de vedação de fluidos em diversas aplicações, tais como flanges, cabeçote de motores, compressores entre outras. A unidade possui clientes tanto no mercado interno quanto no externo. Dentro do mercado interno, encontram-se os clientes do segmento automobilístico, de juntas industriais e de manutenção. O mercado automobilístico consiste nas empresas que estampam as juntas a partir da Placa de Vedação para as montadoras, sendo denominadas de “junteiros”. Já o mercado de juntas industriais compreende outros “junteiros” que produzem as juntas para o mercado de reposição de autos e para algumas indústrias que compram as juntas já cortadas. No caso do mercado de manutenção, a abrangência é maior uma vez que envolve empresas de diversos segmentos, tais como: siderurgia, petroquímico, eletromecânica, usinas de cana-de-açúcar e álcool, dentre outras. No mercado

externo, o Grupo BETA possui clientes predominantemente do segmento de manutenção industrial, situados na Europa, Estados Unidos, América Latina e Ásia.

4.2

Fluxo de informações

As solicitações de compra do produto Placa de Vedação (denominadas de “Pedidos”) chegam diariamente e são direcionados para o setor comercial. Este, por sua vez, analisa os aspectos comerciais e financeiros e aprova ou não os pedidos. Uma vez aprovados, os Pedidos são então encaminhados para o setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP) da unidade de fabricação da Placa de Vedação. Por sua vez, o PCP após analisar os pedidos tem a responsabilidade, entre outras, de gerar as ordens de fabricação (OF) com a descrição dos produtos, quantidades e prazos e as envia para a fabricação. Um pedido pode ter mais do que uma ordem de fabricação, assim como uma ordem de fabricação pode ter mais do que um pedido.

Segundo Tubino (2007), as previsões de demanda podem ser usadas pelo PCP a médio e curto prazo para planejar o uso do sistema produtivo no sentido de usar os recursos disponíveis, definir planos de produção e de armazenagem, planos de compras e de reposição dos estoques, mão-de-obra e sequenciamento da produção.

4.3

Coleta de Dados para Previsão de Demanda

Os dados de demanda utilizados nesta tese são oriundos da base de dados históricos relativos às vendas de um período de 48 meses. A partir destes dados, uma estratificação por cada tipo de mercado foi feita, já que cada mercado atendido pela unidade de Placa de Vedação tem sua peculiaridade, de modo que os dados foram classificados por tipos de clientes/mercados semelhantes resultando nas series temporárias para cada grupo.

Por motivos estratégicos e de confidencialidade não serão revelados os nomes dos clientes/mercados, sendo adotada a seguinte nomenclatura: Mercados

do tipo A, B, C, D e E, sem com isto comprometer o estudo proposto. Os dados classificados por tipo de mercado estão apresentados nas Tabelas 2 – 6.

A análise de demanda de cada série temporal será feita utilizando o software Statgraphics Centurion para prever os períodos posteriores, e em seguida as previsões serão comparadas com as respectivas demandas reais.

Tabela 2: Dados da Demanda do Mercado Tipo A

Período	Quantidade, kg	Período	Quantidade, kg
1	111382	25	112820
2	77530	26	100180
3	124781	27	99483
4	99221	28	70198
5	95485	29	78919
6	77903	30	74609
7	69674	31	84810
8	68086	32	75028
9	69684	33	79841
10	64393	34	109066
11	83162	35	85938
12	105944	36	95862
13	111251	37	104556
14	99993	38	79729
15	100282	39	110896
16	99417	40	102498
17	76511	41	113299
18	78355	42	93055
19	83071	43	81749
20	95369	44	95766
21	81563	45	69149
22	78295	46	129474
23	96810	47	121014
24	113361	48	73650

Tabela 3: Dados da Demanda do Mercado Tipo B

Período	Quantidade, kg	Período	Quantidade, kg
1	62815	25	43959
2	102933	26	53770
3	89787	27	58744
4	85926	28	68033
5	63692	29	46196
6	79477	30	63393
7	49968	31	53433
8	110448	32	78098
9	77745	33	62270
10	56663	34	92329
11	59207	35	85609
12	94720	36	61432
13	47790	37	68399
14	75419	38	74231
15	67873	39	100251
16	61686	40	70272
17	54345	41	110061
18	71495	42	71050
19	51697	43	55852
20	93407	44	90866
21	50239	45	64640
22	43634	46	75089
23	53689	47	56270
24	58851	48	39637

Tabela 4: Dados da Demanda do Mercado Tipo C

Período	Quantidade, kg	Período	Quantidade, kg
1	40629	25	77453
2	28735	26	75161
3	28236	27	63460
4	42851	28	39828
5	12153	29	47055
6	8475	30	36689
7	13860	31	49459
8	22804	32	47114
9	13639	33	63580
10	26482	34	48178
11	88467	35	30059
12	77495	36	65556
13	51142	37	46965
14	64257	38	26619
15	46646	39	43152
16	62512	40	37868
17	172589	41	85957
18	49156	42	59220
19	27642	43	58101
20	60554	44	47401
21	45624	45	45086
22	37466	46	53777
23	56528	47	45670
24	53894	48	54100

Tabela 5: Dados da Demanda do Mercado Tipo D

Período	Quantidade, kg	Período	Quantidade, kg
1	24017	25	51716
2	26875	26	80688
3	16963	27	40505
4	32778	28	72810
5	26323	29	35306
6	68167	30	35298
7	90163	31	67211
8	57384	32	34293
9	30012	33	50114
10	44832	34	10692
11	32694	35	55381
12	25020	36	25860
13	29691	37	32864
14	35669	38	54933
15	21108	39	21658
16	31213	40	43274
17	17189	41	56061
18	29786	42	33212
19	38140	43	51998
20	14280	44	54629
21	38208	45	37000
22	51773	46	22959
23	37023	47	49447
24	47616	48	13254

Tabela 6: Dados da Demanda do Mercado Tipo E

Período	Quantidade, kg	Período	Quantidade, kg
1	58971	25	34014
2	51110	26	18127
3	90561	27	4292
4	58183	28	3699
5	29358	29	20123
6	76707	30	18797
7	79936	31	8238
8	60417	32	16561
9	23767	33	19386
10	26620	34	4441
11	60029	35	16546
12	55013	36	23947
13	11537	37	4551
14	45731	38	10964
15	28205	39	35196
16	32598	40	15064
17	34069	41	24620
18	50521	42	14884
19	20992	43	20425
20	25346	44	9885
21	18213	45	4967
22	11397	46	14222
23	10035	47	17174
24	29850	48	9633

4.4

Metodologias Propostas

Duas metodologias foram empregadas neste trabalho, sendo denominadas como “Método I” e “Método II”. O Software Statgraphics Centurion foi utilizado como instrumento para o desenvolvimento desse estudo, pois permite avaliar os diversos tipos de modelos através da comparação dos erros. Dentre os modelos existentes no software foram selecionados os seguintes tipos: Média móvel, Suavização Exponencial Simples, Modelo de Brown, Modelo de Holt, Modelo de Winter e ARIMA.

Segundo Wanke *et al.* (2006) existem duas metodologias para selecionar o melhor modelo. A primeira forma estabelece um modelo através da avaliação da série em questão e da aplicabilidade de cada modelo, já a segunda consiste na avaliação da precisão obtida com a aplicação de diversos modelos optando por aquele que apresentar o menor erro médio. Chopra & Meindl (2003) ressaltam que os erros da previsão possuem informações valiosas e devem ser analisados cuidadosamente, permitindo verificar a adequação dos modelos em uso ou propostos.

O primeiro passo do Método I consiste em determinar o “modelo proposto” Com base na premissa de seleção do melhor modelo através da avaliação dos erros médios, foram adotados como critério de seleção os erros MAPE e MAD, ou seja, o “modelo ótimo” será aquele cujos erros MAPE e MAD sejam mínimos simultaneamente. Caso essa premissa não seja conseguida, será considerado como ótimo o modelo que tiver o menor erro MAD, já que este permite avaliar o erro da previsão sem a influência dos sinais, ou seja, um erro negativo não anula um erro positivo. Com o modelo ótimo, é estimada a previsão para o período seguinte e essa é comparada posteriormente com a demanda real. Essa seqüência foi demonstrada para quatro períodos sucessivos, sendo que a série histórica utilizada para obter o modelo foi sempre atualizada com o dado da demanda real. A Figura 9 ilustra esta metodologia.

O Método II segue o mesmo procedimento do Método I, porém inclui a substituição dos pontos atípicos da série histórica. Entendem-se como pontos atípicos aqueles que distorcem o comportamento da série temporal, sendo ocasionados por variações do cenário econômico, alterações de preços nos

produtos, falhas nas compras dos insumos, deficiência no planejamento de produção, antecipação ou postergação de pedidos por motivos estratégicos, entre outros. Neste trabalho foi considerado que um ponto atípico é aquele cuja razão entre o módulo da diferença da demanda real e a previsão pela demanda real seja maior ou igual a 0,2 (Equação 45). A Figura 9 ilustra esta metodologia.

$$\text{Razão} = |(Demanda Real - Previsão)| / (Demanda Real) \geq 0,2 \quad \text{eq. (45)}$$

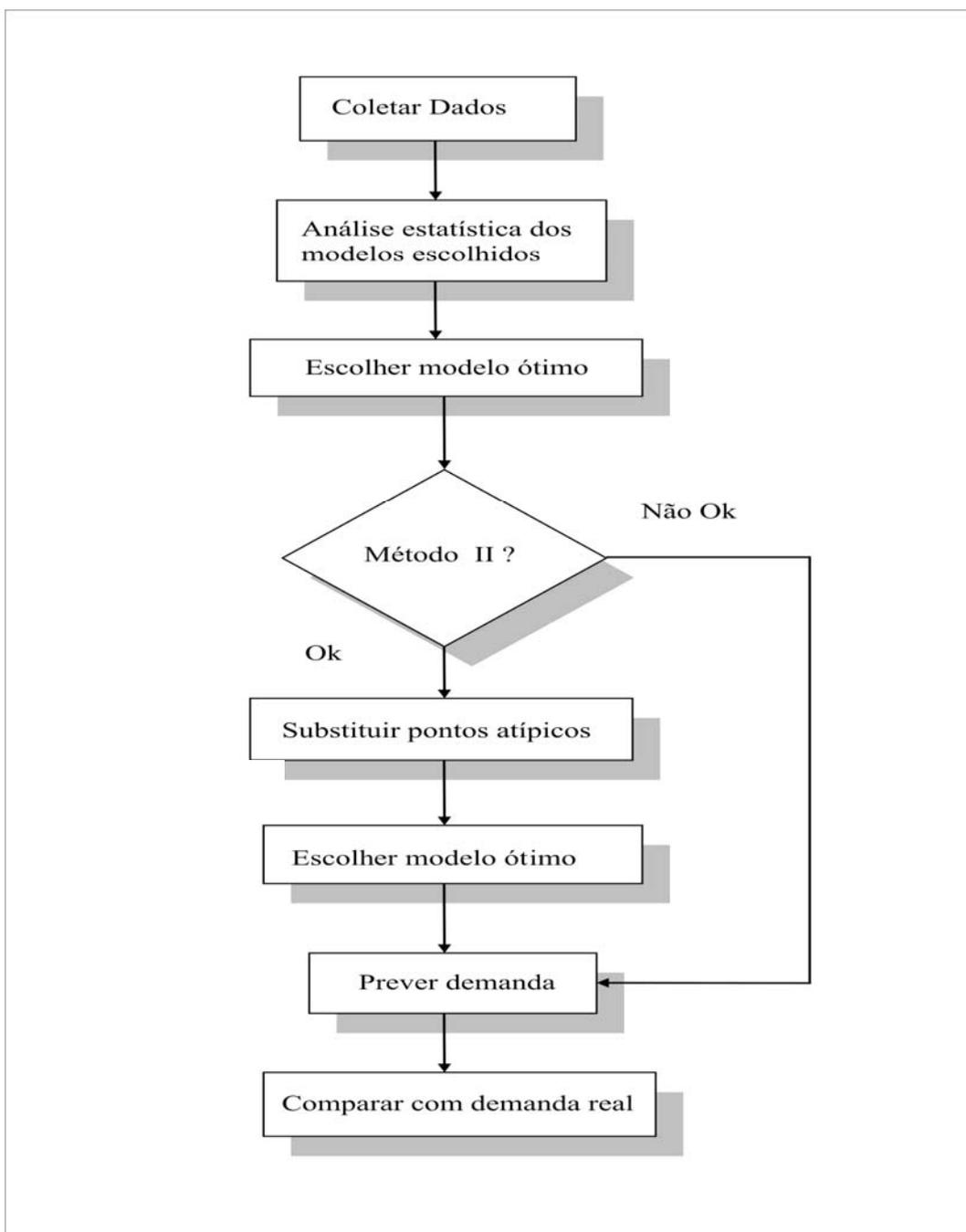


Figura 9: Descrição dos Métodos I e II

Ao final, a comparação entre os Métodos foi feita visando avaliar a influência dos erros na previsão de demanda.

4.4.1

Apresentação da Metodologia para o Mercado A

a) Método I

A Tabela 7 apresenta a comparação dos erros MAD e MAPE obtidos na análise da série temporal de 48 períodos (Tabela 2) através do uso do software Statgraphics Centurion. A partir desses resultados é possível verificar que o modelo que produziu os menores erros estimados MAD e MAPE foi o ARIMA (1,1,1). Observa-se também que dentre os modelos selecionados no estudo, o modelo de Winter nem sequer foi considerado pelo software, o que indica que a série temporal do Mercado A não apresenta sazonalidade, característica essa intrínseca desse modelo.

Tabela 7: Estimativa dos Erros MAD e MAPE para a série temporal de 48 períodos do Mercado A

Modelo	MAD	MAPE
Modelo de média móvel com 3 termos	14074	15,65
Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,0414	14666	16,14
Modelo de Brown com alfa = 0,0136	14582	16,18
Modelo de Holt com alfa = 0,154 e beta = 0,1199	15309	16,99
ARIMA(1,0,0) com constante	13352	14,96
ARIMA(0,0,0) com constante	14499	16,31
ARIMA(0,0,1) com constante	13559	15,21
ARIMA(1,1,1)	13276	14,75
ARIMA(0,1,1)	14472	15,84

A Tabela 8 e a Figura 10 apresentam a comparação dos dados reais da série temporal do mercado A com a respectiva previsão utilizando o modelo ARIMA (1,1,1). Os resultados mostram que embora o ARIMA (1,1,1) seja o

melhor modelo, os erros associados são tão significativos que produzem um resíduo elevado e relevante em relação à série.

Tabela 8: Demanda Real *versus* Previsão de Demanda - Período 1 a 48 - Mercado A

Período	Dado	Previsão	Resíduo	Período	Dado	Previsão	Resíduo
1	111382			25	112820	96595	16225
2	77530	96269	-18739	26	100180	96947	3233
3	124781	86260	38521	27	99483	93527	5956
4	99221	100613	-1392	28	70198	93518	-23320
5	95485	93451	2034	29	78919	84639	-5720
6	77903	92474	-14571	30	74609	86891	-12282
7	69674	87126	-17452	31	84810	85310	-500
8	68086	84293	-16207	32	75028	88135	-13107
9	69684	83349	-13665	33	79841	85005	-5164
10	64393	83370	-18977	34	109066	86185	22881
11	83162	81309	1853	35	85938	95034	-9096
12	105944	86594	19350	36	95862	88310	7552
13	111251	93538	17713	37	104556	91308	13248
14	99993	95565	4428	38	79729	94140	-14411
15	100282	92567	7715	39	110896	86779	24117
16	99417	92886	6531	40	102498	96207	6291
17	76511	92848	-16337	41	113299	94063	19236
18	78355	85962	-7607	42	93055	97667	-4612
19	83071	86240	-3169	43	81749	91886	-10137
20	95369	87455	7914	44	95766	88423	7343
21	81563	91126	-9563	45	69149	92554	-23405
22	78295	86984	-8689	46	129474	84416	45058
23	96810	85805	11005	47	121014	102613	18401
24	113361	91302	22059	48	73650	100827	-27177

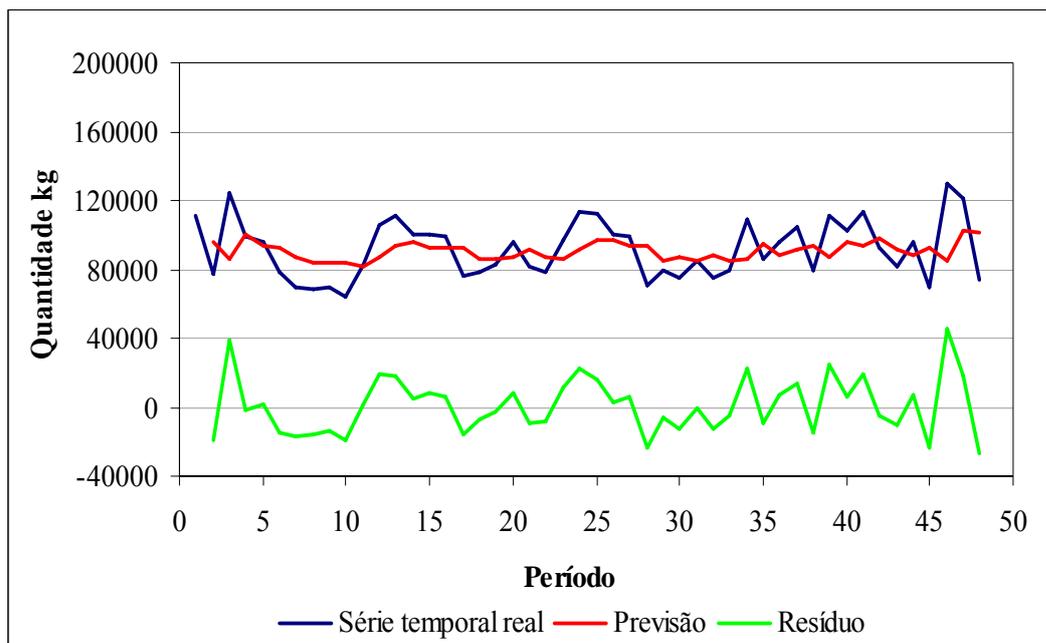


Figura 10: Demanda Real, Previsão de Demanda e Resíduo – Modelo ARIMA(1,1,1) – Mercado A: Período 1 a 48

A previsão de Demanda do Mercado A para o período 49, segundo o Modelo ARIMA (1,1,1) está apresentada na Tabela 9. Considerando o intervalo de confiança de 95%, verifica-se que o dado real encontra-se dentro da projeção para a demanda.

Tabela 9: Demanda Real versus Previsão de Demanda para o Período 49 - Mercado A

Período	Previsão	Limite Inferior	Limite Superior	Dado Real
49	86793,5	52981	120606	119150

Este roteiro foi seguido para os períodos 50, 51 e 52 sendo os resultados apresentados na Tabela 10, onde é possível verificar que o modelo ARIMA foi o que apresentou o menor MAD e MAPE para todos os períodos, e que os dados reais encontram-se dentro das projeções das respectivas previsões.

Tabela 10: Modelo Ótimo, Estimativa dos Erros MAD e MAPE e Previsão de Demanda para a série temporal do Mercado A em função do Período

Período	Modelo	MAD	MAPE	Previsão	Limite Inferior	Limite Superior	Dado Real
50	ARIMA(2,0,2) com constante	12757	14,1	85136	52985	117287	117427
51	ARIMA(1,0,0) com constante	13853	15,4	99097	65217	132977	98777
52	ARIMA(1,0,0) com constante	13579	15,1	94475	60960	127989	141213

b) Método II

A primeira parte do Método II segue a metodologia apresentada no Método I, ou seja, determina-se o modelo ótimo com base na estimativa do menor erro MAD e MAPE (Tabelas 7 e 8). Em seguida é feita a substituição dos pontos atípicos conforme critério descrito no item 4.4. A Tabela 11 apresenta os pontos atípicos que foram substituídos pelas respectivas previsões obtidas com o modelo ótimo e a Figura 11 compara a série temporal real com a série ajustada.

Tabela 11: Determinação dos pontos atípicos para o Mercado A – Período 1 a 48

Período	Dado	Previsão	Residual	razão	Período	Dado	Previsão	Residual	razão
1	111382				25	112820	96595	16225	0,14
2	77530	96269	-18739	0,24	26	100180	96947	3233	0,03
3	124781	86260	38521	0,31	27	99483	93527	5956	0,06
4	99221	100613	-1392	0,01	28	70198	93518	-23320	0,33
5	95485	93451	2034	0,02	29	78919	84639	-5720	0,07
6	77903	92474	-14571	0,19	30	74609	86891	-12282	0,16
7	69674	87126	-17452	0,25	31	84810	85310	-500	0,01
8	68086	84293	-16207	0,24	32	75028	88135	-13107	0,17
9	69684	83348	-13665	0,20	33	79841	85005	-5164	0,06
10	64393	83370	-18977	0,29	34	109066	86185	22881	0,21
11	83162	81309	1853	0,02	35	85938	95034	-9096	0,11
12	105944	86594	19350	0,18	36	95862	88310	7552	0,08
13	111251	93538	17713	0,16	37	104556	91309	13248	0,13
14	99993	95565	4428	0,04	38	79729	94140	-14411	0,18
15	100282	92567	7715	0,08	39	110896	86779	24117	0,22
16	99417	92886	6531	0,07	40	102498	96207	6291	0,06
17	76511	92848	-16337	0,21	41	113299	94063	19236	0,17
18	78355	85962	-7607	0,10	42	93055	97667	-4612	0,05
19	83071	86240	-3169	0,04	43	81749	91886	-10137	0,12
20	95369	87455	7914	0,08	44	95766	88423	7343	0,08
21	81563	91126	-9563	0,12	45	69149	92554	-23405	0,34
22	78295	86984	-8689	0,11	46	129474	84416	45058	0,35
23	96810	85805	11005	0,11	47	121014	102613	18401	0,15
24	113361	91302	22059	0,19	48	73650	100827	-27177	0,37

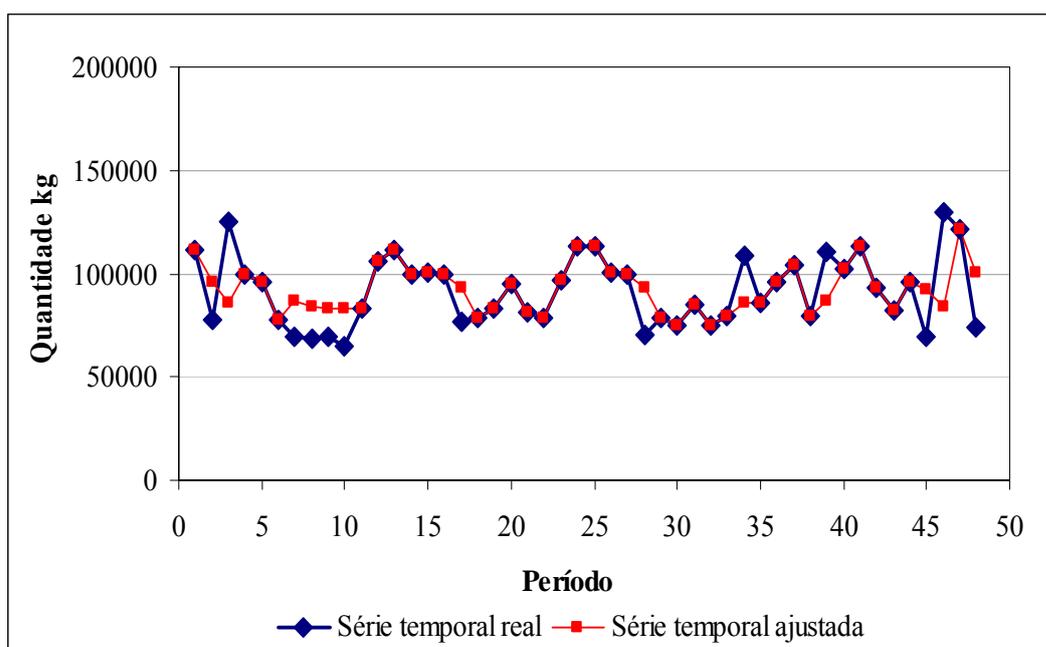


Figura 11: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado A, Período 1 a 48

A partir da série ajustada, novo modelo ótimo foi então estimado seguindo as etapas do Modelo I. A Tabela 12 apresenta os resultados para os períodos 49 a 52, onde se observa que o modelo ARIMA foi novamente o que apresentou o menor MAD e MAPE para os quatro períodos analisados, mesmo pelo Método II. Entretanto, observa-se também que os dados reais relativos aos períodos 49 e 52 ultrapassaram a projeção do limite superior da previsão.

Tabela 12: Modelo Ótimo, Estimativa dos Erros MAD e MAPE e Previsão de Demanda para a série temporal ajustada do Mercado A em função do Período.

Período	Modelo	MAD	MAPE	Previsão	Limite Inferior	Limite Superior	Dado Real
49	ARIMA(1,0,1) com constante	7836	8,43	83617	62975	104260	119150
50	ARIMA(0,0,1) com constante	8656	9,25	108630	86364	130896	117427
51	ARIMA(0,0,1) com constante	8570	9,14	97490	75360	119621	98777
52	ARIMA(0,0,2) com constante	8417	8,98	94129	72014	116243	141213

4.4.2

Comparação entre os Métodos I e II

a) Mercado A

A Tabela 13 apresenta o resumo dos resultados obtidos com a aplicação dos Métodos I e II para o mercado A. Os resultados mostram que, independente do método aplicado, o modelo ARIMA foi sempre o que apresentou os menores erros MAD e MAPE. Este resultado está de acordo com o perfil da série temporal para esse Mercado (Figura 10), ou seja, a série não apresenta os componentes de tendência e nem de sazonalidade. Além desse resultado, outro fator observado foi a significativa redução nos erros MAD e MAPE quando utilizado o Método II, o que permitiu aumentar a precisão da previsão. A demanda real esteve dentro do intervalo previsto pelo modelo II somente nos períodos 50 e 51 e ultrapassou o limite superior previsto para os períodos 49 e 52. De acordo com os especialistas, estas demandas atípicas ocorreram devido a dois fatores: (a) houve uma redução acentuada na demanda do período 48 por motivo de férias coletivas o que

acarretou em um aumento significativo na demanda do período 49; e (b) ocorrência de sucessivas paradas para manutenção nas indústrias petroquímicas, o que resultou em uma considerável elevação da demanda no período 52.

Outra característica importante observada nesta avaliação foi que o Método II produziu sempre modelos com comportamento estacionário.

Tabela 13: Previsão de Demanda para o mercado A – Métodos I e II

Período	Método	Modelo	Demanda Real	Previsão			Erro	
				médio	Min	Max	MAD	MAPE
49	I	ARIMA(1,1,1)	119150	86793	52981	120606	13275	14,75
	II	ARIMA(1,0,1) com constante		83617	62975	104260	7836	8,43
50	I	ARIMA(2,0,2) com constante	117427	85136	52985	117287	12757	14,1
	II	ARIMA(0,0,1) com constante		108630	86364	130896	8656	9,25
51	I	ARIMA(1,0,0) com constante	98777	99097	65217	132977	13853	15,4
	II	ARIMA(0,0,1) com constante		97490	75360	119621	8570	9,14
52	I	ARIMA(1,0,0) com constante	141213	94475	60960	127989	13579	15,1
	II	ARIMA(0,0,2) com constante		94129	72014	116243	8417	8,98

b) Mercado B

Os resultados do Mercado B, apresentados na Tabela 14 e na Figura 12, mostram que o Método I teve sempre como resultado o modelo ARIMA para todos os períodos estudados. Para o Método II, o modelo ARIMA, também foi o que melhor representou o comportamento da série temporal com o menor MAD e MAPE, embora no período 49, o método tenha apresentado o modelo de Média Móvel como o “modelo ótimo”. No entanto, analisando os resultados obtidos para todos os modelos, conforme apresenta a Tabela 15, observa-se que a

minimização simultânea dos erros MAD e MAPE não ocorreu, o que levou o modelo de média móvel a ser escolhido por ter o menor MAD, conforme critério definido anteriormente. É importante ressaltar que neste caso o modelo ARIMA(2,1,2), apresentou o menor MAPE e o segundo menor MAD, porém, observa-se que o intervalo de previsão obtido com o modelo ARIMA(2,1,2) foi menor e levemente deslocado no limite inferior em relação ao modelo de Média Móvel, contribuindo para uma maior precisão na previsão.

Outro fator relevante na análise da Figura 12, que justificam os modelos obtidos é que a série temporal do Mercado B tem um comportamento não estacionário, como também ausência dos componentes de tendência e de sazonalidade. A não ocorrência de eventos especiais que alterassem o comportamento da demanda nos períodos estudados contribuiu para a adequação dos modelos de previsão adotados. Observa-se que os dados reais da demanda ficaram dentro do intervalo de confiança de 95% da previsão em todos os períodos para os dois Métodos. Entretanto com a substituição dos pontos atípicos, o Método II apresentou uma significativa redução na amplitude dos erros MAD e MAPE, tendo como consequência uma maior precisão na previsão.

Tabela 14: Previsão de Demanda para o Mercado B – Métodos I e II

Período	Método	Modelo	Demanda Real	Previsão			Erro	
				médio	Min	Max	MAD	MAPE
49	I	ARIMA (2,1,2)	58675	64102	29220	98983	13080	19,93
	II	Média Móvel c/ 2 termos		66990	44842	89138	7197	10,44
		ARIMA (2,1,2)		65370	44794	85945	7339	10,39
50	I	ARIMA (2,1,2)	53572	56209	21687	90730	13131	20,10
	II	ARIMA (0,2,2)		55006	32173	77838	6978	10,27
51	I	ARIMA (2,1,2)	57509	48034	14025	82043	12782	19,53
	II	ARIMA (0,2,2)		49696	27123	72270	6861	10,11
52	I	ARIMA (1,1,2)	65565	43842	10316	77369	13009	20,00
	II	ARIMA (0,2,2)		50150	27713	72587	6872	10,17

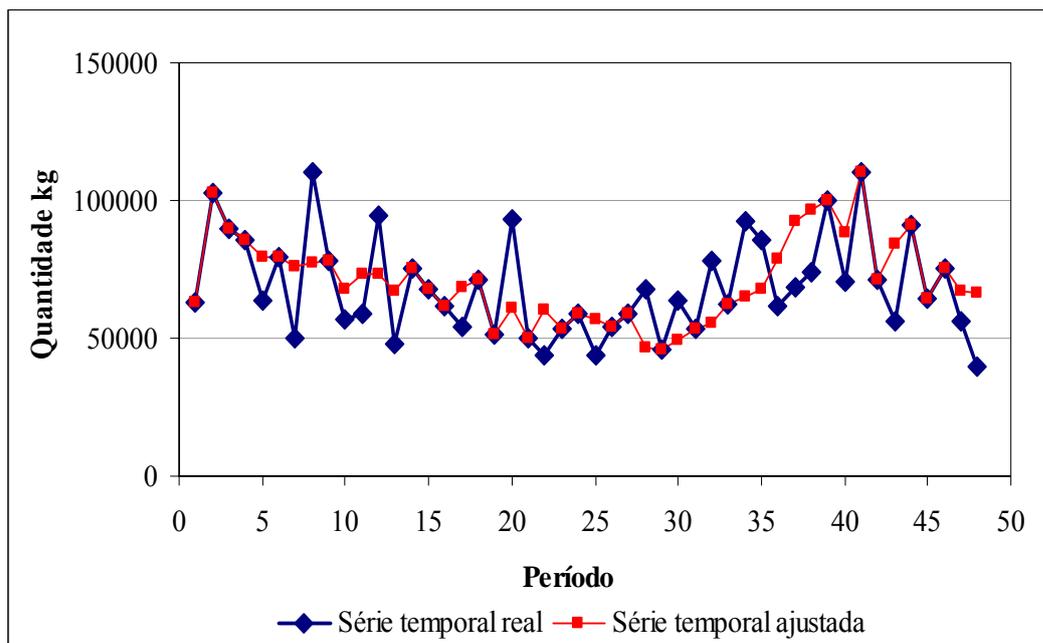


Figura 12: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado B, Período 1 a 48

Tabela 15: Estimativa dos Erros MAD e MAPE para a série temporal ajustada de 48 períodos do Mercado B

Modelo	MAD	MAPE
Modelo de média móvel com 2 termos	7196	10,43
Suavização Exponencial Simples com $\alpha = 0,5527$	7604	10,76
Modelo de Brown com $\alpha = 0,3154$	7734	11,07
Modelo de Holt com $\alpha = 0,5579$ e $\beta = 0,002$	7789	10,93
ARIMA(0,1,2)	7423	10,48
ARIMA(1,1,2)	7417	10,48
ARIMA(1,1,0)	7814	10,87
ARIMA(2,1,2)	7339	10,39

c) Mercado C

A Tabela 16 apresenta os modelos ótimos obtidos pelos Métodos I e II e os seus respectivos erros e previsões. Diferente dos mercados anteriores, o modelo ARIMA não foi escolhido como o modelo ótimo para o Método I em nenhum período, ou seja, o modelo de Suavização Exponencial Simples foi o que melhor

representou a série temporal visto que esta apresenta um forte comportamento aleatório. Com relação às previsões obtidas com este método, observa-se que a demanda real ultrapassou o limite superior do intervalo de confiança no período 51.

Após a substituição dos pontos atípicos (Método II) observa-se na Figura 13 que a série temporal deixou de ter o componente aleatório como característica marcante, o que justificou a mudança do modelo para o ARIMA (0,1,2) nos períodos 49 a 51. Este resultado sugere que a série é não estacionária, que possui o componente de média móvel e que não apresenta o componente auto-regressivo. Verifica-se também que houve uma alteração na modelagem no período 52 passando para o modelo de Suavização Exponencial Simples. A respeito da precisão das previsões, observa-se que a demanda real ultrapassou o limite superior nos períodos 50 e 51 e inferior no período 49. Visando explicar o resultado, uma consulta ao especialista da área de mercado foi feita, e este informou que o comportamento atípico nestes períodos se deve ao fato de que a empresa BETA anunciou que iria reajustar os preços no período 51. Este acontecimento fez com que o mercado desse segmento antecipasse os pedidos, tendo como consequência um aumento significativo nos períodos 50 e 51 e uma redução também significativa no período 52. Este resultado explica porque o modelo foi alterado de ARIMA para Amortecimento Exponencial Simples no período 52, ou seja, o novo modelo tentou reagir à demanda ocorrida no período 51, visto que o alfa adotado foi praticamente 1, ou seja, o modelo praticamente repetiu a demanda real do período 51 na previsão do período 52 (Tabela 16). Este fato ressalta a importância da integração entre as áreas e da parcela significativa da análise dos especialistas, já que a posse das informações no tempo real permite que possíveis ajustes sejam feitos de modo a obter maior precisão na previsão.

Tabela 16: Previsão de Demanda para o Mercado C – Métodos I e II

Período	Método	Modelo	Demanda Real	Previsão			Erro	
				médio	Min	Max	MAD	MAPE
49	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,1956	63561	51362	1096	101629	15804	38,60
	II	ARIMA (0,1,2)		55945	42438	69452	4710	10,29
50	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,1956	76277	53748	3880	103617	15730	38,21
	II	ARIMA (0,1,2)		60336	46832	73841	4767	10,31
51	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,2019	116958	58359	8599	108119	15860	37,96
	II	ARIMA (0,1,2)		75457	61371	89543	5079	10,67
52	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,2488	62703	74048	22275	125822	16646	37,93
	II	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,9999		116954	99488	134419	5855	11,34

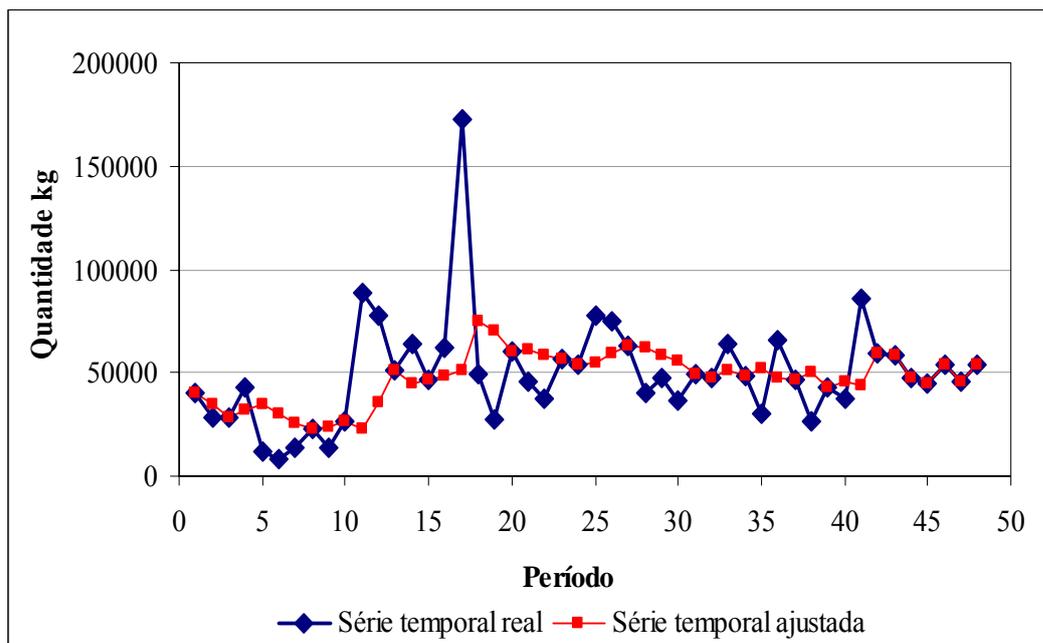


Figura 13: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado C, Período 1 a 48

d) Mercado D

As análises para o Mercado D pelos Métodos I e II estão apresentadas na Tabela 17 e Figura 14.

Do mesmo modo que no mercado anterior, o uso do Método I resultou no modelo ótimo de Suavização Exponencial Simples, ou seja, novamente verifica-se o comportamento aleatório da série temporal, porém em menor intensidade, visto que todos os coeficientes de suavização da média (α) foram menores que 0,1. Com relação às previsões verifica-se que em todos os períodos a demanda real ficou contida no intervalo de confiança, no entanto deve-se ressaltar que este método produziu intervalos de previsão bem amplos, evidenciado pelo alto valor do erro MAD.

Por outro lado, diferentes modelos foram obtidos com o uso do Método II, ou seja, para os períodos 49 e 50 o melhor modelo foi o ARIMA, enquanto que nos períodos seguintes o modelo de Suavização Exponencial Simples novamente foi considerado. Observa-se também que as previsões não se concretizaram nos períodos 50 e 52, ultrapassando o limite superior do intervalo de confiança. Como a mudança de modelo sugere que algo tenha perturbado o comportamento da série, nova consulta com os especialistas da área comercial foi realizada. Estes informaram que houve um aumento significativo na demanda de um produto

específico para um cliente que o implantou em uma nova aplicação, justamente nos períodos 50 e 52. Então, com o objetivo de confirmar se este fato foi ou não o responsável pela distorção no comportamento da série temporal ajustada, nova análise foi feita retirando-se a demanda equivalente do respectivo produto para este cliente. Os resultados obtidos para esta nova análise, apresentados na Tabela 18, mostram que o modelo ótimo é o ARIMA e que a demanda real validou a previsão para todos os períodos. Novamente é evidenciada a grande importância da integração entre as áreas de uma empresa e da participação dos especialistas do mercado em estudo de forma a garantir uma maior precisão na previsão.

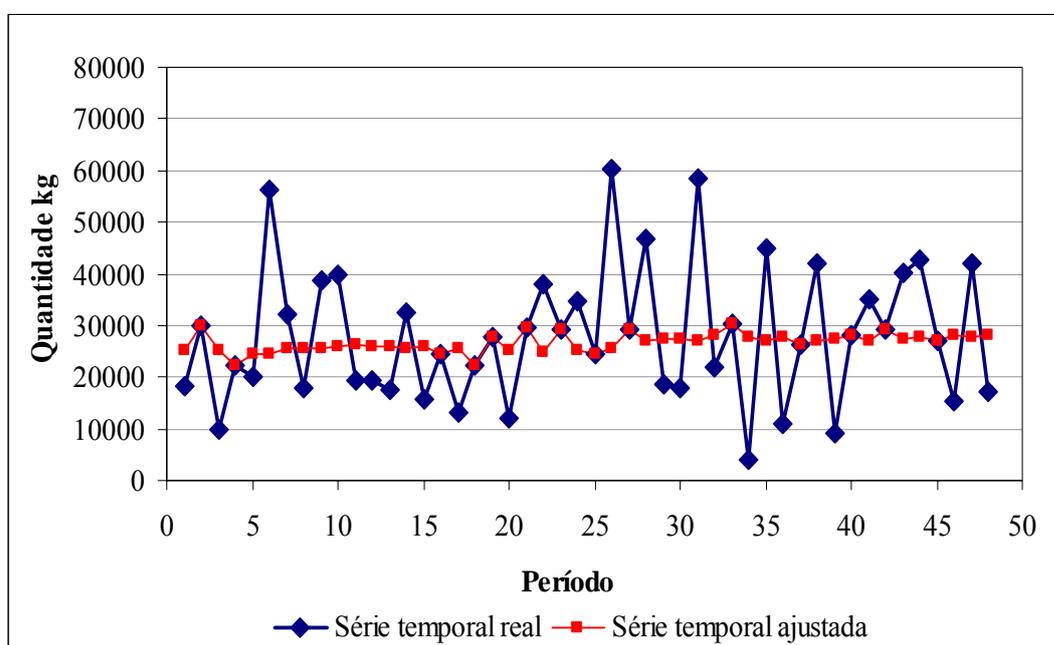


Figura 14: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado D, Período 1 a 48

Tabela 17: Previsão de Demanda para o Mercado D – Métodos I e II

Período	Método	Modelo	Demanda Real	Previsão			Erro	
				médio	Min	Max	MAD	MAPE
49	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,033	22884	27885	2150	53620	10381	53,7
	II	ARIMA (0,2,2)		28405	25065	31745	1031	3,88
50	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,0216	43245	27413	2029	52796	10243	53,0
	II	ARIMA (1,1,2)		27947	24442	31453	1142	4,33
51	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,0389	23470	29087	3467	54706	10542	57,2
	II	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,1102		28887	23284	34491	1480	5,11
52	I	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,0197	39051	27636	2387	52886	10233	52,1
	II	Suavização Exponencial Simples com alfa = 0,0811		28002	22274	33730	1575	5,51

Tabela 18: Previsão de Demanda para o Mercado D pelo Método II excluindo a demanda atípica nos períodos 50 e 52

Período	Modelo	Demanda Real	Previsão			Erro	
			médio	Min	Max	MAD	MAPE
49	ARIMA(0,2,2)	22884	28405	25065	31745	1031	3,88
50	ARIMA(1,1,2)	28645	27947	24442	31453	1142	4,33
51	ARIMA(1,1,2)	23470	26257	22789	29725	1140	4,32
52	ARIMA(2,1,1)	31351	27834	24259	31409	1152	4,38

e) Mercado E

A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos para a previsão de demanda obtida através do uso dos Métodos I e II. Para este mercado, tanto o Método I quanto o Método II, apresentaram como modelo ótimo o ARIMA(2,1,2) em todos os períodos analisados, caracterizando-se pela série histórica não ser estacionária e possuir os componentes auto-regressivo e de média móvel. Na Figura 15 também se verifica que para esta série temporal os componentes de tendência e de sazonalidade estão ausentes, o que reforça o modelo escolhido. Observa-se um decréscimo na série temporal até o período 20. Este comportamento, de acordo com os especialistas desse mercado, se deve ao fato de que a empresa BETA adotou como estratégia comercial, substituir uma família de produtos por outra de maior margem, tendo como consequência uma diminuição gradual da demanda até esse período. Novamente observa-se que a não-ocorrência de eventos especiais no horizonte de previsão contribui para a adequação dos modelos de previsão adotados. Todas as previsões contemplaram as demandas reais em todos os períodos analisados para os dois métodos, sendo que no Método II novamente após a remoção dos pontos atípicos, obteve-se uma série temporal ajustada com menores erros MAD e MAPE tendo como consequência uma maior precisão da previsão. Entretanto, observa-se que para esse mercado, mesmos com o Método II, as amplitudes dos erros MAD e MAPE estão significativamente maiores em relação aos mesmos erros dos outros mercados.

Tabela 19: Previsão de Demanda para o Mercado E – Métodos I e II

Período	Método	Modelo	Demanda Real	Previsão			Erro	
				médio	Min	Max	MAD	MAPE
49	I	ARIMA(2,1,2)	37724	7516	-25152	40185	11535	56,59
	II	ARIMA(2,1,2)		12791	-14371	39954	10160	34,98
50	I	ARIMA(2,1,2)	13627	33047	-486	66581	12087	58,19
	II	ARIMA(2,1,2)		25358	-2482	53198	10480	35,73
51	I	ARIMA(2,1,2)	22798	5022	-28595	38640	12259	59,97
	II	ARIMA(2,1,2)		19858	-7862	47578	10481	36,65
52	I	ARIMA(2,1,2)	53847	27720	-5913	61352	12342	60,27
	II	ARIMA(2,1,2)		33354	5945	60763	10320	36,09

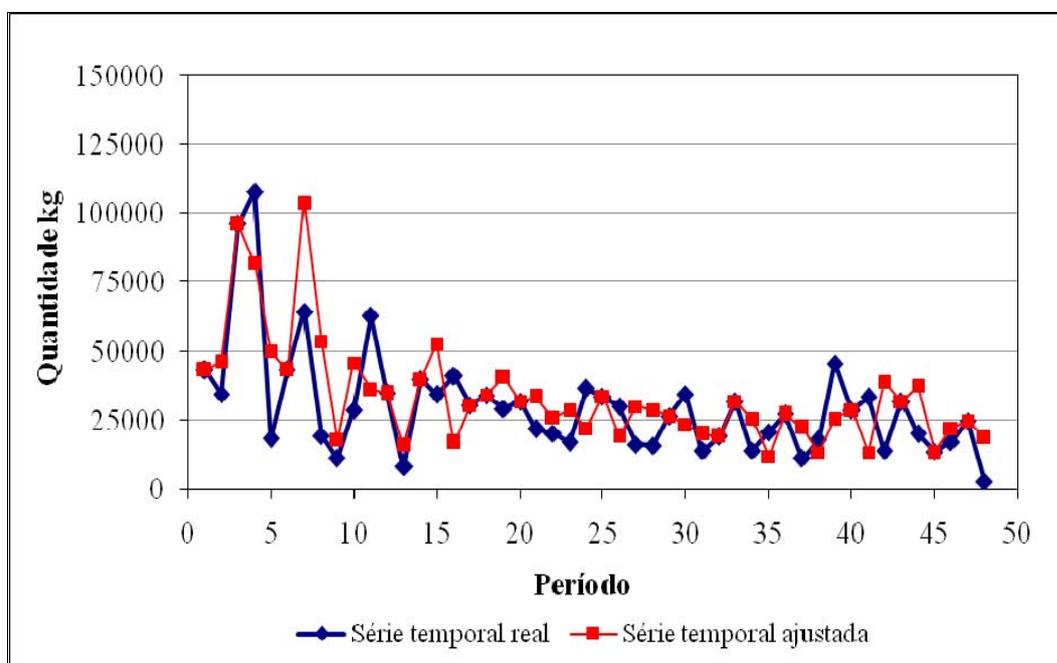


Figura 15: Comparação dos Dados Reais com a Série ajustada – Mercado E, Período 1 a 48

4.5

Considerações

Através desse estudo realizado na fábrica de Placa de Vedação do Grupo BETA foi possível demonstrar as técnicas de previsão de demanda, embora esta fábrica não faça uso de nenhuma ferramenta para prever sua demanda.

Observou-se que as previsões das séries temporais obtidas com Método II sempre foram mais precisas em todos os mercados e períodos estudados do que as

obtidas com o Método I, mostrando assim que o uso dos pontos atípicos contribui de forma negativa no processo de previsão. No entanto, mesmo essa metodologia resultou em previsões com erros MAD e MAPE expressivos, como foi visto principalmente no caso do Mercado E, ou seja, esse resultado indica que outros critérios devem ser estudados de modo a reduzir o erro.

Analisando os resultados apresentados para cada série temporal, a obtenção de um modelo de previsão ótimo nem sempre implica na obtenção de uma previsão satisfatória da demanda para o mercado modelado. Alguns casos foram ressaltados, como os Mercados A, C e D que apresentaram eventos especiais modificando o comportamento das séries no período correspondente ao horizonte de previsão, prejudicando assim a eficácia das previsões. Levando-se em consideração que esses eventos especiais eram do conhecimento dos especialistas, ressalta-se o fato da importância da integração entre as áreas e da parcela significativa da análise dos especialistas, já que a posse das informações no tempo real permite que possíveis ajustes sejam feitos de modo a obter maior precisão na previsão.

Vale mencionar também que o trabalho realizado demonstrou a grande utilidade da ferramenta previsão de demanda para a empresa. Com ela foi possível fazer uma previsão da demanda de curto prazo mais eficaz através da avaliação dos seus comportamentos, suas tendências e seus eventos especiais de modo a garantir um melhor desempenho na estratégia de planejamento e programação de produção, como por exemplo: gestão de estoques dos insumos e produtos acabados e elaboração de planos agregados de produção, principalmente pelo fato da mesma ainda não adotar as modernas técnicas propostas por especialistas para a Gestão da Cadeia de Suprimentos, ou seja, ainda não faz uso de nenhuma estratégia ou técnica de integração e gerenciamento dos processos entre os membros de sua cadeia produtiva adotando ainda uma gestão patriarcal, empírica e conservadora.